

Avaliação Tecnológica e Perspectiva de Mercado em AX

Siemens S.A.

2008 / 2009

Filipe Lopes Mariano Machado Leite



Departamento de Física

Avaliação Tecnológica e Perspectiva de Mercado em AX

Siemens S.A.

2008 / 2009

2004107173 Filipe Lopes Mariano Machado Leite



Departamento de Física

Julho 2009

Orientador na FCTUC: Professor Doutor Nuno Ferreira

Supervisor na Siemens S.A.: Engenheiro Filipe Janela

Co-Supervisora na Siemens S.A.: Dra. Celina Lourenço

A presente dissertação contém informação estritamente confidencial, pelo que, não pode ser copiada, transmitida ou divulgada, na sua parte ou na totalidade, sem o expresse consentimento por escrito do autor e da Siemens Sector Healthcare.

A todos aqueles que sempre acreditaram no meu sucesso

Agradecimentos

Chegado ao fim desta etapa, deste ano diferente e longe de “casa”, não posso terminar este relatório sem antes referir quem de facto tornou tudo isto possível.

Em primeiro lugar, queria agradecer a oportunidade que me foi dada numa empresa de renome internacional, a Siemens, por me ter permitido desenvolver o meu projecto em conjunto com o Sector Healthcare.

Um sincero obrigado ao Prof. Doutor Miguel Morgado, que me guiou em tempos de desnorte e prestou apoio sempre que solicitado. Agradeço também ao Prof. Doutor Nuno Ferreira por se ter disponibilizado para ser o orientador académico.

Agradeço também ao Eng. Filipe Janela, que me demonstrou que, para além de muitas outras valias, é fundamental obter uma visão geral, interpretativa e estratégica do problema que pretendemos abordar. Um enormíssimo obrigado à Dra. Celina Lourenço, não existe espaço nesta parte dos agradecimentos para expressar o que fez por mim. Foi mais do que responsável coordenadora pelos projectos de MSc que decorriam na Siemens. Para mim, foi e será para sempre lembrada como a orientadora do meu projecto. Não sei como lhe conseguirei reaver todas aquelas horas que passou dedicada quase exclusivamente ao meu trabalho.

Aos prestadores de cuidados de saúde, que por via de técnicos, médicos, secretárias, administrativas e engenheiros, optaram por colaborar com o projecto. Sem eles, com certeza o trabalho não existiria.

Aos velhos amigos espalhados um pouco por todo o país: obrigado por aturarem tantas falhas minhas e compreenderem. Aos novos amigos que fiz dentro da Siemens e que guardarei por muito tempo juntamente com belas memórias: muito obrigado por toda a experiência, espírito de entre-ajuda e paciência. Obrigado ao David Afonso, Paula e Marisa por todo o apoio prestado.

Não me poderei esquecer dos meus colegas de estágio. Ao João, grande companheiro das directas, à Belinha e à Ana: momentos como os que passámos não se conseguem esquecer. À Dora e à Bianca, que apesar de estarem longe, também fizeram parte.

À minha família, pai, mãe e irmã, que sempre apoiaram e compreenderam as não idas à terra. Ao meu irmão e amigo, companheiro de casa durante este ano, um muito obrigado. Sem vocês, não estaria onde estou hoje, nem seria o que sou. Obrigado.

Resumo

A examinação convencional por radiação X é o método de diagnóstico mais utilizado na área da imagiologia. Para além da radiografia convencional, este tipo de radiação originou outro tipo de Meio Complementar de Diagnóstico e Terapêutica, como a tomografia computadorizada. No entanto, esta tecnologia não é totalmente segura para o ser humano, devido à agressão que a radiação X provoca. E quanto maior o tempo de vida de um equipamento que produz este tipo de radiação, maior é essa agressão. Surge assim a necessidade de analisar se esta situação ocorre em Portugal.

A partir dessa necessidade, surgiu este projecto, que visa a avaliação deste tipo de tecnologia no panorama nacional. Pretende-se que se torne num documento que contenha as principais lacunas e pontos a rever sobre o estado desta tecnologia em Portugal. No seguimento desse conhecimento, é também fundamental interpretar de forma estratégica essas lacunas para as tornar em oportunidades tecnológicas, do ponto de vista empresarial. Para isso, foram avaliados vários parâmetros e características que este tipo de tecnologia apresenta. Desses parâmetros chega-se a vários indicadores de especial importância, necessários para desenvolver as conclusões apresentadas aqui no projecto. Este trabalho conseguiu detectar variadíssimas lacunas e daí advém o seu sucesso.

Algumas das conclusões atingidas comprovam que existem Distritos que necessitam de uma atenção em relação à forma como é disponibilizada a tecnologia abordada, apresentando assim muitas possibilidades de intervenção tecnológica, para o colmatar das lacunas encontradas.

Palavras Chave (Tema): Raio-X, Avaliação Tecnológica, Estudo de Mercado

Palavras Chave (Tecnologias): Inquérito, Análise Estatística

Abstract

Conventional X-ray examination is the most frequently used diagnostic imaging method, with an elevated exams volume at a national level. Therefore, this market owns unique characteristics because of its dimension, diversity and dispersion, being relevant its evaluation and thorough study, such as in a technologic and human resources perspective but also referring to the workload. Besides that, and because this technology is not totally safe to the human being, mainly due to the kind of aggression caused by the X radiation, it is extremely important to comprehend the scope and nature, in which they are used in Portugal

This project originated from that necessity and aims the assessment of this kind of technology in a national viewpoint.

This project seeks to be a document containing the main gaps and faulty points on the state of this technology in Portugal. Following that knowledge, it is also fundamental to interpret strategically those gaps, in order to turn them into technological opportunities in a corporate perspective. To do so, several parameters and characteristics presented by this technology were evaluated. Based on those parameters, it is possible to obtain several indicators of special importance, necessary to develop the conclusions herein presented. This study managed to detect several gaps and thus, it achieved the anticipated success.

Some of the here drawn conclusions confirm the existence of Districts in need of special attention regarding on how they provide the technology here treated of, thus presenting many possibilities of technological intervention, in order to mitigate all exposed gaps.

Keywords (Theme): X-Ray, Technological Evaluation, Market Research

Keywords (Technology): Inquiry, Statistical Analysis

Índice

Agradecimentos.....	vii
Resumo.....	ix
Abstract.....	xi
Índice.....	xiii
Índice de Figuras.....	xvii
Índice de Tabelas.....	xxi
Acrónimos.....	xxiii
1 Introdução.....	1
1.1 Enquadramento.....	1
1.2 Apresentação do projecto/estágio.....	2
1.3 Tecnologias utilizadas.....	4
1.4 Contributos deste trabalho.....	4
1.5 Apresentação da empresa.....	4
1.6 Organização do relatório.....	7
2 O Raio-X.....	9
2.1 Breve história dos raios-X.....	9
2.2 Física dos raios-X.....	12
2.2.1 Propriedades dos raios-X.....	12
2.2.2 Elementos do tubo de raios-X.....	13
2.2.3 Radiação de Bremsstrahlung.....	15
2.2.4 Radiação característica.....	17
2.2.5 Efeito anódico.....	18
2.3 Radiologia convencional e formação de imagem.....	19
2.3.1 Formação da imagem.....	19
2.3.2 Contraste virtual.....	20

2.3.3	Imagem latente	20
2.3.4	Factores influenciadores na imagem	21
2.3.5	Divergência do feixe de raios-X	24
2.3.6	Processamento da cassete	26
2.4	Processamento digital de imagem	29
2.5	Radiologia digital indirecta (radiografia computadorizada).....	31
2.6	Diferenças entre radiografia digital e radiografia convencional.....	34
2.7	Protecção contra raios-X.....	35
2.8	Estado da arte dos raios-X	36
3	Metodologia	37
3.1	População e amostra.....	38
3.2	Estruturação do inquérito.....	38
3.3	Recolha de dados	39
3.4	Tratamento estatístico.....	39
4	Resultados	41
4.1	Nível de resposta ao inquérito.....	42
4.2	Recursos tecnológicos identificados.....	45
4.3	Caracterização dos recursos tecnológicos	46
4.4	Exames radiográficos.....	54
4.5	Recursos humanos associados à tecnologia	58
5	Discussão dos resultados	63
5.1	Nível de resposta ao inquérito.....	63
5.2	Recursos tecnológicos identificados.....	64
5.3	Caracterização dos recursos tecnológicos	65
5.4	Exames radiográficos.....	69
5.5	Recursos Humanos associados à tecnologia.....	71
6	Conclusões.....	75
6.1	Resumo do relatório.....	80
6.2	Objectivos realizados	80

6.3	Outros trabalhos realizados	80
6.4	Limitações	81
6.5	Apreciação final	82
	Bibliografia	85
Anexo 1	Modelo do Pedido ao Conselho de Administração	89
Anexo 2	Inquérito (Carta)	90
Anexo 3	Modelo do Pedido ao Conselho de Administração (E-mail).....	92
Anexo 4	Inquérito (On-line).....	93
Anexo 5	Envelopes utilizados para o envio e recepção de inquéritos (Carta) ...	95
Anexo 6	Tabelas	96

Índice de Figuras

Figura 2.1 A dispersão do raio-X [4].....	12
Figura 2.2 Constituintes do tubo de raios-X [4]	13
Figura 2.3 Exemplificação do ânodo fixo e do ânodo giratório [4].....	14
Figura 2.4 Interação de um electrão com os átomos [4].....	16
Figura 2.5 Gráfico que demonstra a distribuição da energia para os fotões gerados por Bremsstrahlung [4].....	16
Figura 2.6 Distribuição dos fotões no feixe de raios-X [4].....	17
Figura 2.7 Possibilidades de preenchimento da camada K, por electrões das camadas L, M e N [4].....	17
Figura 2.8 Efeito anódico [4]	18
Figura 2.9 Intensidade relativa do feixe de raios-X após trespassar o doente [10]	20
Figura 2.10 Exemplo da regra de mudança da densidade [10]	22
Figura 2.11 Exposição relativa (contraste maior ou menor) [10].....	22
Figura 2.12 Aumento da DFoFi [10].....	25
Figura 2.13 Diminuição da DOF [10].....	25
Figura 2.14 Exemplo de correcto alinhamento com o plano do filme [10]	26
Figura 2.15 Exemplo de material não processado e de material já processado [18]...	26
Figura 2.16 Exemplo de um pixel [20]	30
Figura 2.17 Exemplo de um voxel [20].....	30
Figura 2.18 Esquemática do processo de visualização utilizando IPs [24].	33
Figura 4.1 Total da amostra inicial segmentado por sectores – Público vs Privado	41
Figura 4.2 Amostra estratificada da natureza dos dados.....	42
Figura 4.3 Distribuição em absoluto (sectores Público e Privado) dos PCS da amostra	44
Figura 4.4 Distribuição em absoluto (sectores Público e Privado) dos equipamentos de raios-X.....	45

Figura 4.5 Número de equipamentos por PCS nos sectores Público e Privado	46
Figura 4.6 Número de equipamentos por 100.000 habitantes nos sectores Público e Privado	47
Figura 4.7 Idade dos equipamentos por Distrito	48
Figura 4.8 Distribuição das diferentes gama dos equipamentos por Distrito	49
Figura 4.9 Distribuição das diferentes gamas de equipamentos no país.....	49
Figura 4.10 Quota de mercado das principais marcas de produção de equipamentos de radiação X	50
Figura 4.11 Idade dos equipamentos da marca A	51
Figura 4.12 Equipamentos da marca A discriminados por intervalos de idade (a nível nacional)	51
Figura 4.13 Idade dos equipamentos da marca B.....	52
Figura 4.14 Equipamentos da marca B discriminados por intervalos de idade (a nível nacional)	52
Figura 4.15 Idade dos equipamentos da marca E.....	53
Figura 4.16 Equipamentos da marca E discriminados por intervalos de idade (a nível nacional)	53
Figura 4.17 Volume de exames anual por 1.000 habitantes em ambos os sectores ...	54
Figura 4.18 Volume de exames anual por PCS	54
Figura 4.19 Produtividade nos vários Distritos, divididos por sectores	55
Figura 4.20 Volume absoluto (sector Público mais sector Privado) de exames radiográficos por região corporal.....	56
Figura 4.21 Volume de exames radiográficos por região corporal em Portugal	56
Figura 4.22 Volume de exames radiográficos por região corporal no Distrito de Lisboa	57
Figura 4.23 Volume de exames radiográficos por região corporal no Distrito do Porto	57
Figura 4.24 Distribuição em absoluto (sectores Público e Privado) dos Médicos Radiologistas	59

Figura 4.25 Distribuição em absoluto (sectores Público e Privado) dos Técnicos Radiologistas	59
Figura 4.26 Número de Médicos Radiologistas por 100.000 habitantes	60
Figura 4.27 Número de Técnicos Radiologistas por 100.000 habitantes	60
Figura 4.28 Número de Médicos Radiologistas por PCS em cada Distrito.....	61
Figura 4.29 Número de Técnicos Radiologistas por PCS em cada Distrito	61
Figura 4.30 Número de Médicos Radiologistas por Equipamento.....	62
Figura 4.31 Número de Técnicos Radiologistas por Equipamento	62

Índice de Tabelas

<i>Tabela I Cronograma de execução do projecto.....</i>	<i>3</i>
<i>Tabela II Valores de matriz mais utilizados em medicina</i>	<i>31</i>
<i>Tabela III Tabela representativa da relação entre os picos de voltagem dos raios-X com a espessura mínima de chumbo</i>	<i>35</i>
<i>Tabela IV Recolha de dados</i>	<i>39</i>
<i>Tabela V Tabela com informação sobre a amostra por Distrito</i>	<i>43</i>
<i>Tabela VI N° PCS absoluto/N° Equipamentos absoluto/N° Equipamentos por 100.000 habitantes</i>	<i>96</i>
<i>Tabela VII Gama por Distrito</i>	<i>97</i>
<i>Tabela VIII Idade dos Equipamentos; Exames/1000 habs; Exames/PCS; Produtividade</i>	<i>98</i>
<i>Tabela IX Distribuição do número de profissionais por equipamento.....</i>	<i>99</i>
<i>Tabela X N° de Profissionais por 100.000 habitantes.....</i>	<i>100</i>
<i>Tabela XI N° de profissionais por PCS.....</i>	<i>101</i>

Acrónimos

ACSS	Administração Central do Sistema de Saúde
AX	Angiografia, Fluoroscopia e Raios-X
CCD	Charged Coupled Devices (dispositivos acoplados de carregamento unidimensionais)
CR	Radiografia Computorizada
DFoFi	Distância Foco-Filme
DOF	Distância Objecto-Filme
DR	Radiografia Digital
Equip./100.000 hab	Equipamentos por 100.000 Habitantes
Equip./PCS	Equipamentos por Prestador de Cuidado de Saúde
Exames/1000 hab	Exames Radiográficos por 1000 Habitantes
Exames/Equip.	Exames Radiográficos por Equipamento
FCT	Faculdade de Ciências e Tecnologia
H	Healthcare
HTML	HyperText Markup Language (Linguagem de Marcação de Hipertexto)
INE	Instituto Nacional de Estatística
IP	Imaging Plate
keV	Kilo Electrão Volt
mAs	MiliAmpere segundo
MB	MegaByte (unidade de medida de informação)
MCDT	Meio Complementar de Diagnóstico e Terapêutica
MR	Médicos Radiologistas
MR/100.000 hab	Médicos Radiologistas por 100.000 Habitantes
MR/Equip.	Médicos Radiologistas por Equipamento
MR/PCS	Médicos Radiologistas por Prestador de Cuidado de Saúde
NS/NR	Não Sabe/Não Responde
OMS	Organização Mundial de Saúde

PCS	Prestador de Cuidado de Saúde
pH	Potencial de Hidrogénio Iónico
RX	Raios-X
TR	Técnicos Radiologistas
TR/100.000 hab	Técnicos Radiologistas por 100.000 Habitantes
TR/Equip.	Técnicos Radiologistas por Equipamento
TR/PCS	Técnicos Radiologistas por Prestador de Cuidados de Saúde

1 Introdução

Neste capítulo será feita uma introdução ao projecto realizado, enquadrando-o na problemática existente e destacando os principais contributos do mesmo, e serão descritas as tecnologias utilizadas, bem como o contributo deste trabalho.

1.1 Enquadramento

A área de AX engloba três grandes vertentes de diagnóstico e intervenção: Angiografia, Fluoroscopia e Raios-X. Os sistemas de AX utilizam radiação X para um diagnóstico radiológico convencional ou digital e também para procedimentos terapêuticos (de intervenção).

A radiação X resulta do bombardeamento do alvo com electrões muito acelerados. Para cada órgão e tipo de exame são necessárias diferentes voltagens (kV) e correntes (mA). O feixe de raios-X, transmitido através do doente, interage com o filme radiográfico (analógico) ou com uma camada de cristais e sensores (digital) gerando uma imagem que permite distinguir estruturas e tecidos com propriedades diferentes. Durante o exame radiográfico os raios-X interagem com os tecidos através do efeito fotoeléctrico e de Compton. Em relação à probabilidade de ocorrência destes efeitos,

obtêm-se imagens radiográficas que mostram tonalidades de cor cinza bem diferenciadas; conforme a densidade, todas as estruturas internas a nível corporal surgem num tom diferente numa radiografia. Nos ossos, a radiografia ajuda a detectar fracturas, tumores, distúrbios de crescimento e postura. Nos pulmões, pode ajudar a diagnosticar pneumonia e visualizar tumores. O raio-X permite a recolha de informação anatómica e fisiológica bem como as suas mudanças.

Após efectuar uma pré-análise desta área (AX), determinou-se a necessidade de efectuar a avaliação tecnológica e perspectivação do mercado desta vertente (Radiografia).

Essa perspectivação permitirá saber se a tecnologia está a responder às necessidades actuais da procura deste meio de diagnóstico. É fundamental saber o modo como este tipo de tecnologia está a operar, avaliando a sua localização, idade, modelo, características tecnológicas, entre outros factores que se considerem estratégicos.

O número de profissionais de saúde associados à realização dos exames (técnicos e médicos radiologistas) também será tido em conta, de modo a poder avaliar a capacidade de resposta do serviço às necessidades dos utentes na área em que esses equipamentos actuam.

Sendo este tipo de MCDT (Meio Complementar de Diagnóstico e Terapêutica) o mais utilizado na área da Imagiologia, o actual mercado é vastíssimo e distinto, sendo que será necessário efectuar uma auscultação exaustiva.

1.2 Apresentação do projecto/estágio

O raio-X é o meio de diagnóstico mais utilizado no campo da Imagiologia. Assim, este mercado possui características próprias pela sua dimensão, diversidade e dispersão, sendo relevante a sua avaliação e estudo, numa perspectiva de levantamento da realidade tecnológica associada aos equipamentos de radiografia. Pretende-se fazer uma avaliação do estado actual da arte na vertente nacional, para que se obtenha uma percepção estratégica sobre a realidade do mercado, tendências e oportunidades tecnológicas.

Para chegar a estes resultados, o plano de acção definido foi o de utilizar o método do inquérito. Serão inquiridos PCS (prestadores de cuidados de saúde) públicos (hospitais e centros de saúde), privados e semi-privados, que possuam a tecnologia, para obter uma perspectiva completa do mercado.

Este método será aplicado de várias maneiras, tais como a entrevista telefónica, o e-mail (inquérito on-line) e a carta. Mediante a taxa de resposta, o método sofrerá as adaptações necessárias. Os dados a obter serão os seguintes: localização dos equipamentos, seu volume de trabalho, modelo, marca, quantidade e ano de instalação. A par desses dados, irão também ser compilados dados referentes ao volume de exames feitos às diferentes regiões do corpo, para que se possa obter uma perspectiva concreta da realidade nacional a esse nível, assim como o número de profissionais aliados a esta tecnologia.

Tabela I Cronograma de execução do projecto

Tarefa	Out.	Nov.	Dez.	Jan.	Fev.	Mar.	Abr.	Mai.	Jun.	Jul.
T1										
T2										
T3										
T4										
T5										
T6										
T7										
T8										
T9										
T10										

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: Listagem de hospitais e clínicas de saúde em Portugal

T5: Pesquisa bibliográfica de documentação necessária ao projecto

T6: Elaboração do questionário on-line

T7: Recolha de dados do questionário por telefone

T8: Recolha de dados do questionário por envio de carta

T9: Compilação e tratamento dos dados

T10: Elaboração da tese de mestrado

1.3 Tecnologias utilizadas

Para a análise estatística do projecto foi utilizado o *Microsoft Office Excel (2007)*.

Para a elaboração dos cartogramas foi utilizado o *Microsoft MapPoint Europe (2006)* para Windows.

Para a elaboração e formulação do inquérito on-line foi utilizado o *KompoZer Portable* para trabalhar com linguagem HTML e Java.

1.4 Contributos deste trabalho

Este projecto procura preencher uma lacuna existente, dado que não existem informações recentes que caracterizem esta tecnologia a nível nacional, tanto para o sector Público como para o sector Privado. Os resultados deste relatório pretendem demonstrar o quanto esta tecnologia é utilizada e como está a operar. Pretende-se também identificar a capacidade instalada no mercado, o seu nível tecnológico, a sua distribuição geográfica e as respectivas áreas de influência. Este tipo de avaliação proporciona resultados exaustivos sobre o mercado da tecnologia AX permitindo estabelecer modelos comparativos e prever potenciais necessidades em função da região de influência que servem, avaliando a sua adequabilidade numa perspectiva de médio prazo. Com esses dados, procura-se chegar a conclusões que promovam o conhecimento intrínseco do comportamento deste mercado.

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.).

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 à 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 perspectivas, 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 do relatório

Este relatório está dividido em 6 capítulos.

No primeiro capítulo é feita uma introdução ao projecto realizado, enquadrando-o na problemática existente, e também são descritas as tecnologias que foram utilizadas e o contributo que este trabalho proporciona.

O segundo capítulo destina-se à apresentação e descrição da tecnologia abordada neste projecto.

O terceiro capítulo descreve a metodologia utilizada e o porquê dessa escolha. É explicada a escolha da amostra, a estruturação do inquérito e como foram recolhidos os dados. Também é explicado como foi feito o tratamento aos dados recolhidos.

No quarto capítulo são apresentados os resultados, rácios e indicadores resultantes do tratamento estatístico. A amostra é caracterizada e os resultados interpretados.

No quinto capítulo, esses resultados são discutidos com base no cruzamento dos rácios calculados.

No sexto capítulo, parte-se das discussões resultantes do quinto capítulo e é adoptada uma postura crítica para com o resultado de todo o tratamento estatístico.

2 O Raio-X

O presente capítulo pretende apresentar e descrever a tecnologia abordada neste projecto, a radiografia convencional, bem como aspectos relevantes a ela associados, de forma a contextualizar o estudo realizado.

2.1 Breve história dos raios-X

Os raios-X foram descobertos em 1895 por Wilhelm Conrad Röntgen (1845-1923), professor na Universidade de Wuerzburg, na Alemanha. Enquanto trabalhava com um tubo de raios catódicos no seu laboratório, Röntgen observou um brilho fluorescente de cristais que estava a incidir numa mesa perto do tubo. O tubo com que Röntgen estava a trabalhar consistia num envelope de vidro (bulbo), com os eléctrodos positivo e negativo encapsulados nele. O ar no tubo foi evacuado, e quando uma alta voltagem foi aplicada, o tubo fluorescente produziu um brilho. Röntgen protegeu o tubo com papel preto pesado, e descobriu uma luz fluorescente de coloração verde gerada por um material localizado a poucos metros de distância do tubo. Röntgen concluiu estar a ser emitido um novo tipo de raios a partir do tubo, capazes de atravessar a maioria das substâncias e produzir sombras de objectos sólidos.

Röntgen também descobriu que os raios podiam atravessar o tecido humano, mas não ossos e objectos metálicos [1-3].

Uma das primeiras experiências de Röntgen, em 1895, foi um filme da mão da sua mulher, Bertha. É curioso saber que a primeira aplicação de raios-X foi para uso industrial (e não médico), pois Röntgen produziu uma radiografia dum conjunto de pesos dentro de uma caixa para mostrar aos seus colegas [1-3].

A descoberta científica de Röntgen foi algo surpreendente no meio científico, e foi recebida com extraordinário interesse pelos cientistas e mesmo pelos mais leigos na matéria. Cientistas de todo o mundo poderiam repetir a experiência, porque o tubo de raios catódicos era já muito bem compreendido naquele período. Muitos cientistas desistiram de continuar outras linhas de investigação para enveredarem pelo caminho dos misteriosos raios. Jornais e revistas diários bombardeavam o público com inúmeras histórias, algumas verdadeiras, outras fantasiadas, sobre as propriedades dos recém-descobertos raios [1-3].

A atenção do público foi capturada por estes raios invisíveis com a capacidade de atravessar matéria sólida, e que, em conjugação com uma chapa fotográfica, proporcionavam uma imagem interior dos ossos e partes do corpo. A atenção científica foi capturada pela demonstração de um comprimento de onda mais curto do que a luz. Isso gerou novas possibilidades na física, principalmente para investigar a estrutura da matéria. Muito entusiasmo foi gerado sobre potenciais aplicações destes raios como um auxílio na medicina e cirurgia. Durante o mês seguinte após o anúncio da descoberta, várias radiografias médicas foram realizadas na Europa e nos Estados Unidos, que foram usadas por cirurgiões para orientá-los nos seus trabalhos. Em Junho de 1896, apenas 6 meses após Röntgen ter anunciado a sua descoberta, raios-X estavam a ser utilizados por médicos para localizar balas nos soldados feridos em batalhas [1-3].

Até 1912, os raios-X foram utilizados sobretudo no campo da medicina e odontologia. As aplicações na área da indústria eram reduzidas até então, uma vez que as elevadas tensões necessárias resultavam frequentemente em problemas técnicos nos tubos de raios-X. No entanto, isso mudou em 1913 com o desenvolvimento do tubo de raios-X de alto vácuo por Coolidge. O tubo de alto vácuo era uma fonte de raios-X intensa e confiável, operando com energias de até 100.000 volts [1-3].

Em 1922, a radiografia industrial registou um novo avanço com o advento dos tubos de raios-X de 200.000 volts que permitiam radiografias de peças espessas de aço serem produzidas numa quantidade razoável de tempo. Em 1931, a General Electric Company

desenvolveu geradores de raios-X de 1.000.000 volts, fornecendo uma ferramenta eficaz para a radiografia industrial [1-3].

A ciência da protecção contra as radiações, ramo da Física Médica, como é mais apropriadamente denominada, cresceu fora do paralelo de descobertas de raios-X e radioactividade nos últimos anos do século 19. Investigadores, médicos, leigos e físicos criavam aparelhos geradores de raios-X e trabalhavam neles com total falta de preocupação sobre possíveis perigos. Essa falta de preocupação é perfeitamente compreensível, pois não havia ocorrido nada em experiências anteriores que sugerissem que os raios-X podiam de algum modo ser perigosos. Na verdade, o que acontecia era o caso oposto, pois quem poderia pensar que raios semelhantes à luz, mas invisíveis, que não se sentiam, ou indetectáveis pelos sentidos seriam prejudiciais à saúde das pessoas? O mais provável, pensavam alguns, era que os raios-X podiam inclusive ser benéficos para o corpo [1-3].

Inevitavelmente, a utilização generalizada e não controlada de raios-X provocaram ferimentos graves. Muitas vezes, essas lesões não foram atribuídas à exposição aos raios-X, em parte devido ao lento início dos sintomas, e simplesmente porque não havia nenhuma razão para suspeitar de raios-X como sendo a causa. Alguns investigadores que trabalharam nos primórdios dos raios-X chegaram a associar as queimaduras que aconteciam, à exposição da pele à radiação X. O primeiro aviso de possíveis efeitos adversos dos raios-X veio de Thomas Edison, William J. Morton, e Nikola Tesla, que relataram irritações nos olhos quando faziam experiências com a exposição aos raios e a substâncias fluorescentes [1-3].

Hoje, pode dizer-se que a radiação é uma das causas de doença mais exaustivamente investigadas. Embora haja ainda muito a aprender, cada vez mais se sabe sobre os danos que os mecanismos da radiação provocam nos órgãos. Na verdade, é precisamente este cúmulo quantitativo de dados sobre a resposta do corpo à dose de radiação fornecida que permite aos físicos especificar os níveis de radiação, para que médicos, científicos e utilizadores industriais possam continuar a utilizar esta tecnologia com níveis de risco não superiores, ou frequentemente menores, aos riscos associados a qualquer outra tecnologia [1-3].

Raios-X e raios gama são radiações electromagnéticas exactamente da mesma natureza da luz, mas com comprimentos de onda de origem distinta. O comprimento de onda da luz visível é da ordem de 6000 angstroms enquanto o comprimento de onda de raios-X está na faixa de um angstrom e os raios gama estão nos 0,0001 angstrom. Este

comprimento de onda é muito curto o que dá aos raios-X e aos raios gama a capacidade de poderem penetrar em materiais leves nos quais a luz não pode. Essas ondas electromagnéticas possuem um alto nível de energia e podem quebrar ligações químicas nas matérias-primas onde penetram. Se a matéria irradiada é tecido vivo, a quebra de ligações químicas pode resultar na alteração da estrutura ou numa mudança na função das células. As primeiras exposições à radiação resultaram na perda de membros e até mesmo de vidas. Homens e mulheres investigadores foram documentando informações sobre a interacção da radiação com o corpo humano. Esta informação precoce ajudou a ciência a compreender como é que a radiação electromagnética interage com os tecidos vivos [1-3].

2.2 Física dos raios-X

Os raios-X são radiações da mesma natureza da radiação gama (ondas electromagnéticas), com características semelhantes. Só diferem da radiação gama pela origem, ou seja, os raios-X não são emitidos do núcleo do átomo [1-4].

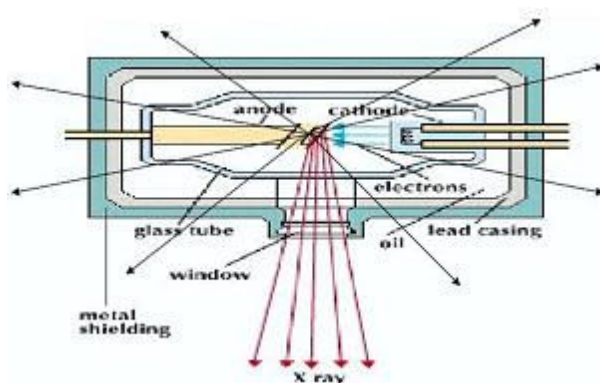


Figura 2.1 A dispersão do raio-X [4]

Os raios-X são radiações de natureza electromagnética, que se propagam no ar (ou vácuo). Essa radiação é produzida quando ocorre o bombardeamento de um material metálico de alto número atômico (tungsténio), resultando na produção de radiação X por desaceleração ou ionização [1-4].

2.2.1 Propriedades dos raios-X

Os raios-X são produzidos quando electrões em alta velocidade, provenientes do filamento aquecido, chocam com o alvo (ânodo) produzindo radiação. O feixe de raios-X pode ser considerado como uma “chuva” de fotões distribuídos de modo aleatório [1-4].

Os raios-X possuem propriedades que os tornam extremamente úteis.

- Enegrecem o filme fotográfico;
- Provocam luminescência em determinados sais metálicos;
- São radiação electromagnética, portanto não são deflectidos por campos eléctricos ou magnéticos (não possuem carga);
- Produzem radiação secundária (espalhada) ao atravessar um corpo;
- Propagam-se em linha recta e em todas as direcções;
- Atravessam um corpo tanto melhor, quanto maior for a tensão (voltagem) do tubo (kV);
- No vácuo, propagam-se com a velocidade da luz;
- Obedecem à lei do inverso do quadrado da distância ($1/r^2$), ou seja, reduzem a sua intensidade dessa forma;
- Podem provocar mudanças biológicas, que podem ser benignas ou malignas, ao interagir com sistemas biológicos.

As máquinas de raios-X foram projectadas de modo a que um grande número de electrões seja produzido e acelerado para atingir um alvo sólido com alta energia cinética. Este fenómeno ocorre num tubo de raios-X, dando-se conversão de energia eléctrica em raios-X e calor. Sendo a produção de calor um aspecto indesejável, os tubos de raios-X são projectados para maximizar a produção de raios-X e dissipar o calor tão rápido quanto possível [1-4].

2.2.2 Elementos do tubo de raios-X

O tubo de raios-X possui dois elementos principais: cátodo e ânodo [5,6].

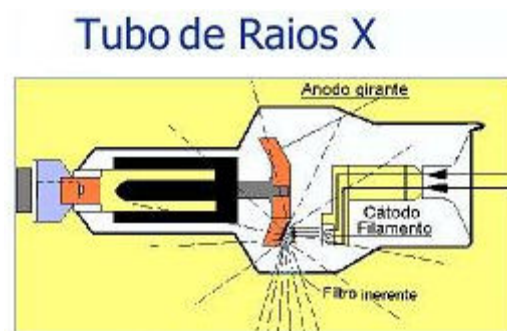


Figura 2.2 Constituintes do tubo de raios-X [4]

O cátodo é o eléctrodo negativo do tubo. É constituído por duas partes principais: o filamento e o corpo, que focalizará o feixe. A função básica do cátodo é emitir electrões e congregá-los na forma de um feixe bem definido apontado para o ânodo. Em geral, o cátodo consiste de um pequeno fio em espiral (ou filamento) dentro de uma cavidade (copo de focagem) como mostrado na **Figura 2.2** [5,6].

O filamento é normalmente feito de tungsténio toriado (com um pequeno acréscimo de tório), pois esta liga tem alto ponto de fusão e não vaporiza facilmente (a vaporização do filamento provoca o enegrecimento do interior do tubo e a consequente mudança nas características eléctricas do mesmo). A queima do filamento é, talvez, a mais provável causa da falha de um tubo [5,6].

O corpo de focagem permite focalizar os electrões que deixam o cátodo para que estes incidam directamente no ânodo. A corrente do tubo é controlada pelo grau de aquecimento do filamento (cátodo). Quanto mais aquecido o filamento, mais electrões serão emitidos e, consequentemente, maior será a corrente entre ânodo e cátodo. Assim, a corrente de filamento controla a corrente entre ânodo e cátodo [5,6].

O ânodo é o pólo positivo do tubo, serve de suporte para o alvo e actua como elemento condutor de calor. O ânodo deve ser de um material (tungsténio) de boa condutividade térmica, alto ponto de fusão e alto número atómico, de forma a otimizar a relação de perda de energia dos electrões por radiação (raios-X) e a perda de energia por aquecimento. Existem dois tipos de ânodo: ânodo fixo e ânodo giratório [5,6].

O ânodo fixo é usualmente utilizado em máquinas de baixa corrente, tais como: raios-X dentário, raios-X portátil, máquinas de radioterapia e raios-X industrial [5,6].

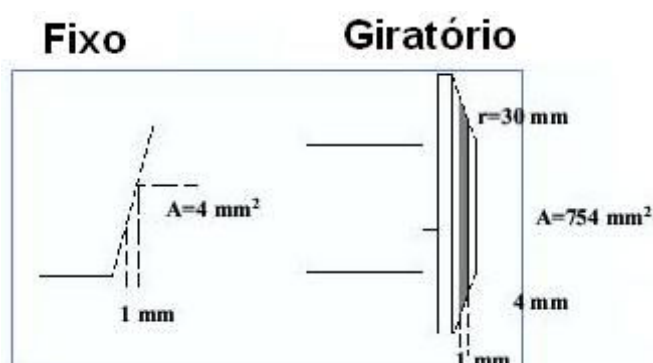


Figura 2.3 Exemplificação do ânodo fixo e do ânodo giratório [4]

O ânodo giratório é utilizado em máquinas de alta corrente, normalmente para fins de radiodiagnóstico. Este permite altas correntes pois a área de impacto dos electrões é maior. Como exemplo, tomemos um alvo fixo, cuja área de impacto é de 1 mm x 4 mm,

isto é, 4 mm². Se este alvo girar com um raio igual a 30mm, a área de impacto seria aproximadamente: 754mm²; nestas condições, o tubo giratório teria cerca de 200 vezes mais área do que o tubo fixo [4-6].

O ânodo e o cátodo ficam acondicionados no interior de um invólucro fechado (tubo ou ampola), que está acondicionado no interior do cabeçote do RX. A ampola é geralmente constituída de vidro de alta resistência e mantida em vácuo, promovendo isolamento térmico e eléctrico entre ânodo e cátodo. O cabeçote contém a ampola e demais acessórios, sendo revestido de chumbo de forma a blindar a radiação de fuga excepto numa janela radiotransparente que permite a passagem do feixe de radiação. O espaço é preenchido com óleo que actua como isolante eléctrico e térmico [4-6].

2.2.3 Radiação de Bremsstrahlung

A radiação de Bremsstrahlung é produzida quando um electrão passa próximo ao núcleo de um átomo de tungsténio, sendo atraído pelo núcleo deste e desviado da sua trajectória original. O electrão perde assim uma parte da sua energia cinética original, emitindo radiação de alta e baixa energia e diferentes comprimentos de onda, dependendo do nível de profundidade atingida pelo electrão do metal alvo. Isto significa dizer que, enquanto penetra no material, cada electrão sofre uma perda energética que irá gerar radiação (fotões) com energia e comprimento de onda também menores. Se formos considerar percentualmente a radiação produzida, veremos que 99 % dela é emitida como calor e somente 1 % possui energia com características de radiação X [7-8].

Em particular, com probabilidade reduzida, alguns electrões muito energéticos podem chocar directamente com os núcleos, convertendo toda a sua energia cinética num fóton de alta energia e frequência (a rigor, esta seria uma outra forma de gerar radiação, onde a energia do fóton gerado é igual à energia do electrão incidente, configurando-se assim como um fóton de máxima energia) [7-8].

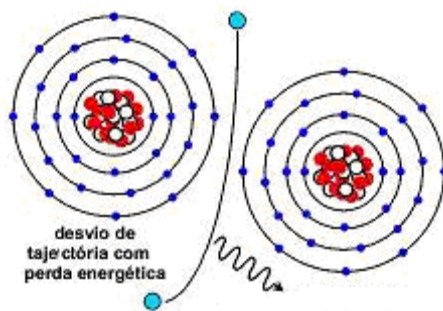


Figura 2.4 Interação de um electrão com os átomos [4]

Durante o bombardeamento do alvo, todas as possibilidades em termos de geração de fótons acontecem, na medida em que temos interações diferentes entre electrões incidentes com o material do alvo, gerando fótons de diferentes energias [7-8].

A radiação de Bremsstrahlung caracteriza-se por ter uma distribuição de energia relativa aos fótons gerados, bastante ampla, como mostra a **Figura 2.5**.

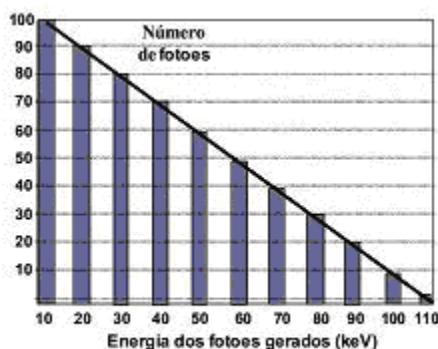


Figura 2.5 Gráfico que demonstra a distribuição da energia para os fotões gerados por Bremsstrahlung [4]

Como se pode observar pela **Figura 2.5**, a maioria dos fotões gerados possui baixa energia, sendo que somente uns poucos têm a energia equivalente à diferença de potencial (voltagem) aplicada ao tubo. Este aspecto poderá ser nocivo para o doente, uma vez que os fotões de baixa energia interagem com os tecidos vivos, sem contribuir para a formação da imagem radiográfica [7-8].

2.2.4 Radiação característica

Como já foi aqui referido, alguns fotões interagem directamente com os núcleos, convertendo toda a sua energia em radiação, sem modificar o átomo alvo, ou seja, sem ionizá-lo [9].

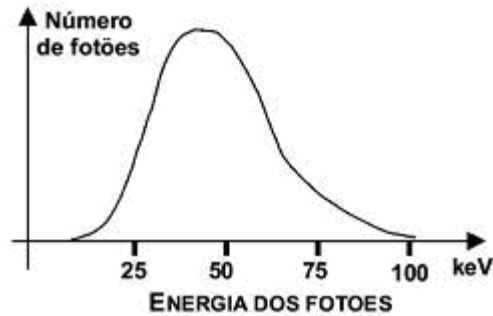


Figura 2.6 Distribuição dos fotões no feixe de raios-X [4]

No entanto, existem situações em que cada electrão pode interagir com um átomo quebrando a neutralidade (ionizando-o), e retirar-lhe electrões pertencentes à sua camada mais interna (K). Ao retirar o electrão da camada K, começa o processo de preenchimento dessa lacuna (busca de equilíbrio), por electrões de camada superiores. Dependendo da camada de onde é proveniente o electrão que ocupa agora a lacuna da camada K, vamos ter níveis de radiação diferenciados [9].

Como exemplo, vamos considerar que um electrão da camada L vai ocupar a lacuna da camada K, emitindo assim uma radiação na ordem dos 59 keV; se o electrão (que agora ocupa essa camada) vem da camada M, a energia gerada é na ordem dos 67 keV; se o electrão vem da camada N, teremos uma radiação na ordem dos 69 keV [9].

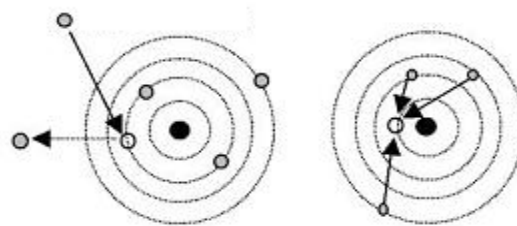


Figura 2.7 Possibilidades de preenchimento da camada K, por electrões das camadas L, M e N [4]

Quando se usa como alvo um material com o tungsténio, o bombardeamento por electrões de alta energia gera uma radiação com características específicas (radiação característica), pois esse material possui um número atómico definido (bastante alto), necessitando assim de um nível alto de energia para retirar os electrões da camada K [9].

A energia da radiação gerada por um alvo de tungstênio é da ordem dos 70 keV. A condição necessária e imprescindível para que se produza a radiação característica do tungstênio é que os fótons devem ter uma energia máxima superior a 70 keV, já que a energia de ligação da camada K é da ordem de 70 keV [9].

Cada material emite um nível definido de radiação característica, dependendo do seu número atômico. Alguns exemplos de materiais são o tungstênio (radiologia convencional) e molibdênio (mamografia), que possuem radiações características na ordem dos 70 keV e 20 keV, respectivamente [9].

2.2.5 Efeito anódico

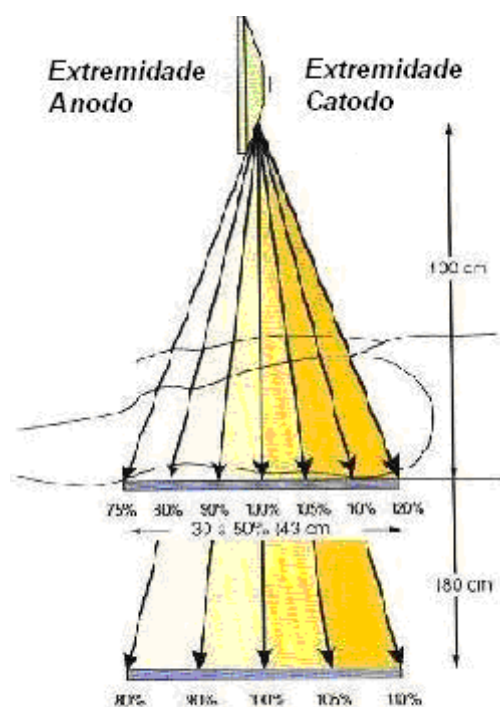


Figura 2.8 Efeito anódico [4]

O efeito anódico descreve um fenômeno no qual a intensidade da radiação emitida da extremidade do cátodo do campo de raios-X é maior do que aquela na extremidade do ânodo [4,10].

Esta diferença surge devido ao ângulo da face do ânodo, existindo maior atenuação ou absorção dos raios-X na extremidade do ânodo. A diferença na intensidade do feixe de raios-X entre cátodo e ânodo pode variar de 30% a 50% [4,10].

Na realização de estudos radiológicos do fémur, perna, úmero, coluna lombar e torácica deve-se levar em conta a influência do efeito anódico na realização das incidências radiológicas pertinentes a estes estudos [4,10].

2.3 Radiologia convencional e formação de imagem

2.3.1 Formação da imagem

Na realização de um exame radiológico, a partir da interacção dos raios-X com a matéria, a última etapa da cadeia de obtenção de uma imagem radiográfica é o registo da imagem da anatomia de interesse sobre um elemento sensível à radiação. O elemento sensor, que será o filme radiográfico, está posicionado atrás do doente, dentro de um acessório chamado chassis, que é colocado numa gaveta (porta-chassis), sob a mesa de exames. Para alguns tipos de exames, o chassis pode ser posicionado em suportes verticais acoplados ao Bucky vertical (grade anti-difusora), ou ainda sob doentes radiografados em leitos [10,11].

O filme radiográfico é pouco sensível à radiação X, pois somente 5% dos fotões incidentes são absorvidos e contribuem para a formação da imagem, sendo necessária a utilização de um outro material para detectar e registar a imagem formada pela radiação ao atravessar o doente. O melhor elemento de interacção com a radiação é o fósforo (converte ondas electromagnéticas em luz). Porém o fósforo não tem capacidade de registar a imagem por um longo período. Um acessório chamado de tela intensificadora (ecrã), composta por uma lâmina plástica coberta com fósforo, é colocada na frente do filme para converter a radiação X em luz. Assim, o filme é construído para ser sensível à luz, e não à radiação. Por esse motivo, o filme deve ser protegido da luz para que não fique inutilizado durante o manuseio, antes ou após o exame radiográfico [10,11].

2.3.2 Contraste virtual

O corpo humano apresenta índices de absorção de radiação bastante diferenciados. Sabemos, por exemplo, que para que os ossos sejam penetrados por raios-X, estes precisam de ser de maior energia do que para a penetração de tecidos moles. Após a interacção da radiação com as diferentes estruturas do corpo, emerge destas uma radiação cuja distribuição é diferente daquela que penetrou no corpo, devido ao facto de, no trajecto, haver transposto estruturas de características diferenciadas. A essa nova distribuição de energias que compõem o feixe, dá-se o nome de contraste virtual.

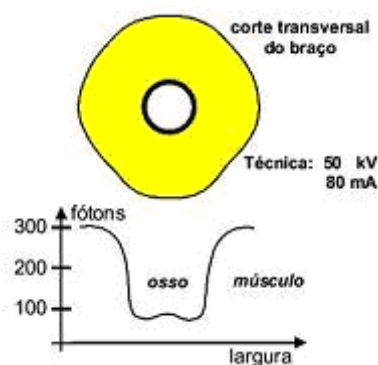


Figura 2.9 Intensidade relativa do feixe de raios-X após trespassar o doente [10]

A quantidade de contraste virtual produzida é determinada pelas características do contraste físico do objecto (número atómico, densidade e espessura) e também pelas características de penetração (espectro de energia dos fotões) do feixe de raios-X. O contraste é aumentado à medida que aumenta a penetração dos raio-X através do objecto.

2.3.3 Imagem latente

Quando o feixe de radiação emerge do doente e interage com os elementos sensíveis presentes no filme ocorre um fenómeno físico que faz a estrutura física dos micro cristais de haletos de prata do filme radiográfico ser modificada, formando o que se conhece como imagem latente. A visualização somente será possível pelo processo de revelação, que fará com que aqueles micro cristais que foram sensibilizados sofram uma redução de maneira a se transformarem em prata metálica enegrecida. É importante lembrar que a imagem já esta formada, porém não pode ser visualizada, por isso deve-se ter cuidado na sua manipulação. Apenas quando a prata for enegrecida, suspensa na gelatina, a imagem será visível na radiografia e supõe-se que conterà as informações acerca das estruturas irradiadas [12,13]

2.3.4 Factores influenciadores na imagem

Pode-se avaliar a imagem radiográfica a partir de quatro factores:

A. Densidade

B. Contraste

C. Detalhe

D. Distorção

Todos estes quatro factores e a forma como podem ser controlados ou afectados serão descritos, começando com a densidade [10,14].

A. Densidade

Definição: Densidade radiográfica (óptica) pode ser descrita como o grau de enegrecimento da radiografia processada [10,14].

Quanto maior o grau de enegrecimento, é menor a quantidade de luz que atravessará a radiografia quando colocada na frente de um negatoscópio ou de um foco de luz [10,14].

Factores de controlo: O factor primário de controlo da densidade é o mAs, que controla a quantidade de raios-X emitida pelo tubo de raios durante uma exposição. Assim, a duplicação do mAs duplicará a quantidade de raios-X emitida e a densidade [10,14].

Regra de mudança da densidade: O ajuste de corrente (mAs) deve ser alterado no mínimo 30 a 35 % para que haja uma modificação notável na densidade radiográfica. Portanto, se uma radiografia for subexposta o suficiente para ser inaceitável, um aumento de 30 a 35 % produziria uma alteração notável, mas geralmente não seria suficiente para corrigir a radiografia. Uma boa regra geral sugere que a duplicação geralmente é a alteração mínima do mAs necessário para corrigir uma radiografia subexposta (uma que seja muito clara) [10,14].



Figura 2.10 Exemplo da regra de mudança da densidade [10]

B. Contraste

Definição: O contraste radiográfico é definido como sendo a diferença de densidade em áreas adjacentes de uma radiografia ou outro receptor de imagem. Também pode ser definido como a variação na densidade. Quanto maior esta variação, maior o contraste. Quanto menor esta variação ou menor a diferença de densidade de áreas adjacentes, menor o contraste [10,14].

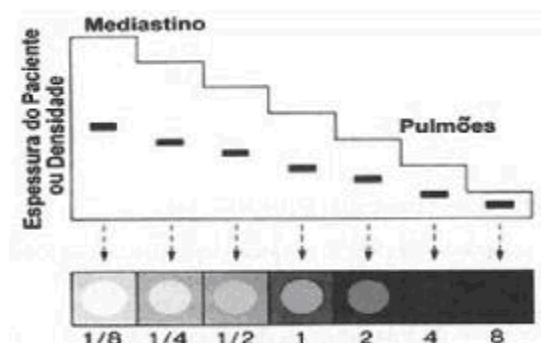


Figura 2.11 Exposição relativa (contraste maior ou menor) [10]

O objectivo ou função do contraste é tornar mais visíveis os detalhes anatómicos de uma radiografia. Portanto, o contraste radiográfico óptimo é importante, sendo essencial uma compreensão do contraste na avaliação da qualidade. Um contraste menor significa escala de cinza mais longa, menor diferença entre densidades adjacentes [10,14].

Factores de controlo: O factor de controlo primário para contraste é a alta-tensão (kV). A kV controla a energia ou a capacidade de penetração do feixe primário. Quanto maior a kV, maior a energia e mais uniforme é a penetração do feixe de raios-X nas várias

densidades de massa de todos os tecidos. Assim, maior kV produz menor variação na atenuação (absorção diferencial), resultando em menor contraste [10,14].

A alta-tensão (kV) também é um factor de controlo secundário da densidade. Maior kV, em raios-X de maior energia, produzem um aumento correspondente da densidade geral. Uma regra simples e prática afirma que um aumento de 15 % na kV produzirá aumento da densidade igual ao produto produzido pela duplicação do mAs [10,14].

Em conclusão, deve ser usada a maior kV e o menor mAs que proporcionem informação diagnóstica suficiente em cada exame radiográfico. Isto reduzirá a exposição do doente e, em geral resultará em radiografias com boas informações diagnósticas (o equipamento deve permitir) [10,14].

C. Detalhe

Definição: O detalhe pode ser definido como a nitidez de estruturas na radiografia. Essa nitidez dos detalhes da imagem é demonstrada pela clareza de linhas estruturais finas e pelas bordas de tecidos ou estruturas visíveis na imagem radiográfica. A ausência de detalhes é conhecida como ausência de nitidez.

Factores de controlo: A radiografia ideal apresentará boa nitidez da imagem. O maior impedimento para a nitidez da imagem relacionado ao posicionamento é o movimento.

Outros factores que influenciam no detalhe são o tamanho do ponto focal, DFoFi (Distância foco-filme) e DOF (Distância objecto-filme). O uso de menor ponto focal resulta numa maior nitidez geométrica, ou seja, numa imagem com melhores detalhes. Portanto, o pequeno ponto focal seleccionado no painel de controlo deve ser usado sempre que possível.

A perda de detalhes é causada com maior frequência pelo movimento, seja voluntário ou involuntário, basicamente controlado pelo uso de dispositivos de imobilização, controlo respiratório e uso de pequenos tempos de exposição.

O uso do pequeno ponto focal, a menor DOF possível e uma DFoFi maior, também melhora os detalhes registados ou a definição na radiografia conforme descrito e ilustrado adiante.

Resumindo, deve-se utilizar um pequeno ponto focal, sempre que possível, para melhorar os detalhes, utilizar também um menor tempo de exposição e uma velocidade maior de velocidade filme/ecrã para que se consiga controlar melhor os erros provocados pelo movimento voluntário e involuntário. Outros pontos possíveis que

melhoram os detalhes são o aumento da distância foco-filme e a diminuição da distância objecto-filme.

D. Distorção

Definição: O quarto factor de qualidade da imagem é a distorção, que pode ser definida como a representação errada do tamanho ou do formato do objecto projectado no meio de registo radiográfico. A ampliação é algumas vezes relacionada como um factor separado, mas, como é uma distorção do tamanho, pode ser incluída com a distorção do formato. Portanto, a distorção, seja de formato ou de tamanho, é uma representação errada do objecto verdadeiro e, como tal, é indesejável.

Entretanto, nenhuma radiografia é uma imagem exacta da parte do corpo que é radiografada. Isso é impossível porque ocorre sempre alguma ampliação e/ou distorção devido à DFoFi e à divergência do feixe de raios-X. Portanto, a distorção deve ser minimizada e controlada.

2.3.5 Divergência do feixe de raios-X

Este é um conceito básico, porém importante, a ser compreendido num estudo de posicionamento radiográfico. A divergência do feixe de raios-X ocorre porque os raios originam-se de uma fonte estreita no tubo e divergem ou espalham-se para cobrir todo o filme ou receptor de imagem [10,15,16].

O tamanho do feixe de raios-X é limitado por colimadores ajustáveis, que absorvem os raios-X periféricos dos lados, controlando, assim, o tamanho do campo de colimação. Quanto maior o campo de colimação e menor o DFoFi, maior o ângulo de divergência nas margens externas. Isso aumenta o potencial de distorção nestas margens externas [10,15,16].

A distorção, que é um erro na representação do tamanho e do formato da imagem radiográfica, pode ser minimizada por quatro factores de controlo:

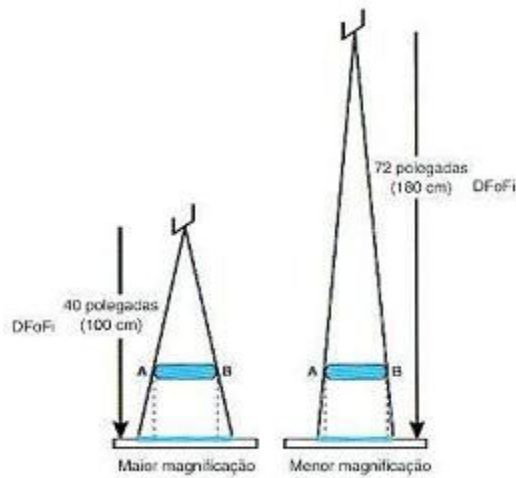


Figura 2.12 Aumento da DFOFi [10]

1. **DFOFi** – Aumento da DFOFi diminui a distorção (também aumenta a definição).

Obs.1: A distância DFOFi padrão é de 102 a 107 cm, apesar de haver estudos que flexibilizam essa distância para até 122 cm a fim de reduzir a exposição do doente e de melhorar os detalhes por minimizar a divergência do feixe. Mas em função do aumento do factor mA (aumento de 50 % na mudança de 102 para 122 cm) a distância padrão permanece acima [10,15].

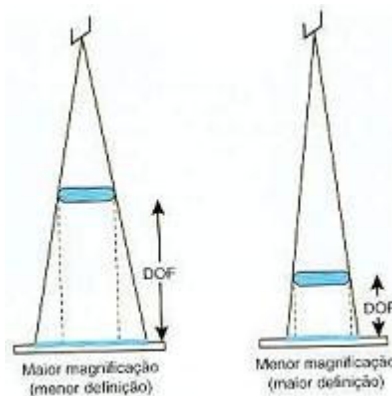


Figura 2.13 Diminuição da DOF [10]

2. **DOF** – A diminuição da DOF diminui a distorção (combinada a um pequeno ponto focal, a diminuição da DOF também aumenta a definição) [10,15].

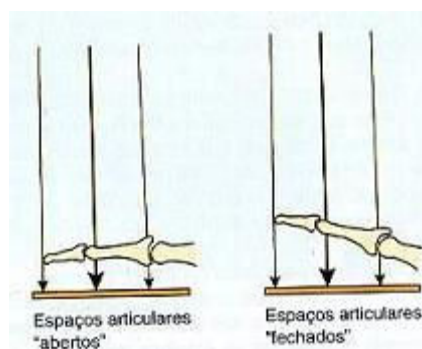


Figura 2.14 Exemplo de correcto alinhamento com o plano do filme [10]

3. Alinhamento do objecto – A distorção é diminuída com o alinhamento correcto do objecto filme (o plano do objecto está paralelo ao plano do filme) [10,15].

4. Raio Colimador – O posicionamento correcto do raio colimador reduz a distorção porque a porção mais central do feixe de raios-X com a menor divergência é melhor utilizada [10,15].

2.3.6 Processamento da cassete

Como mencionado anteriormente, o filme radiográfico consiste numa forma transparente, de cor azul-base revestida de ambos os lados com uma emulsão. A emulsão consiste em gelatina que contém cristais de halogeneto de prata microscópicos, sensíveis à radiação, tais como o brometo de prata e cloreto de prata. Quando raios-X, raios Gama ou raios luminosos atingem os cristais ou grãos, alguns dos iões Br⁻ são libertados e capturados pelos iões Ag⁺. Nesta condição, a radiografia é dita como contendo uma imagem latente (escondida), pois a mudança nos grãos é virtualmente indetectável, mas os grãos expostos estão agora mais sensíveis, podendo ser processados [17,18].

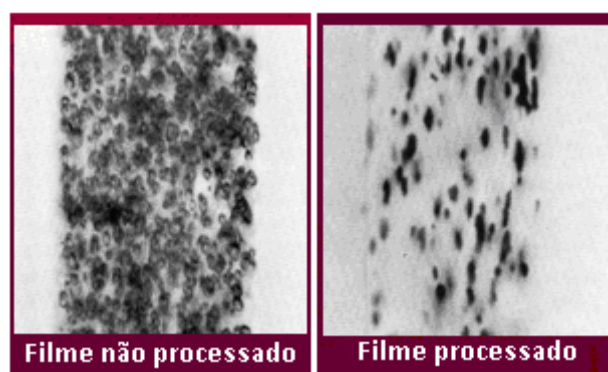


Figura 2.15 Exemplo de material não processado e de material já processado [18]

Quando o filme é transformado, é exposto a diferentes soluções químicas para controlar os períodos de tempo. O processamento do filme basicamente envolve cinco passos.

- **Processamento** – O agente processador perde electrões para ir e converter os grãos de halogeneto de prata para prata metálica. Grãos que foram expostos à radiação vão ser processados mais rapidamente, mas dado o tempo suficiente, o agente irá converter todos os iões de prata em prata metálica. É necessária uma temperatura apropriada para converter grãos de prata expostos em prata pura, mantendo os grãos de cristais de halogeneto de prata não expostos.
- **Interrupção do processamento** – o banho de interrupção simplesmente interrompe o processamento ao diluir e lavar o agente processador com água
- **Fixação** – cristais de halogeneto de prata não expostos são retirados pelo banho de fixação. O agente fixador dissolve apenas cristais de halogeneto de prata, deixando a prata metálica para trás.
- **Lavagem** – O filme é lavado com água para remover todos os tratamentos químicos.
- **Secagem** – O filme é seco para visualização.

O processamento do filme é uma ciência definida por estritas normas de concentração química, temperatura, tempo e movimento físico. Se o tratamento é feito à mão ou pela máquina de modo automático, excelentes radiografias exigem um elevado grau de coerência e controlo de qualidade [17,18].

Processamento Manual e Câmaras Escuras

O processamento manual inicia-se na câmara escura. A câmara escura deve estar localizada numa localização central, adjacente à sala de leitura e a uma razoável distância da área de exposição [17,18].

O filme deve ser localizado num compartimento apertado e leve, que é mais frequentemente um caixote de metal, o qual é usado para armazenar e proteger o filme. Deve existir uma área seca e livre de poeira e sujeira ao lado do caixote para ser utilizada como meio para carregar e descarregar o filme. Outra área, o lado húmido, deve ser utilizado para processar o filme. Este método protege o filme de qualquer água ou produtos químicos que possam estar localizados na superfície do lado molhado [17,18].

Cada passo no processamento do filme deve ser minuciosamente feito para desenvolver a imagem, limpar químicos residuais resultantes do processamento e para proporcionar tempo de vida adequado à radiografia. O objectivo do tratamento tem duas vertentes: em primeiro lugar, para produzir uma radiografia adequada para visualização e, em segundo lugar, para preparar a radiografia para ser armazenada em arquivo. As radiografias são geralmente armazenadas durante 20 anos ou mais como um registo da inspecção [17,18].

Processador automático de Avaliação

O processador automático é a peça essencial do equipamento de raios-X em todos os departamentos. O processador automático irá reduzir o tempo de processamento, quando comparado ao processamento manual, por um factor de quatro. Para acompanhar o desempenho de um processador, para além da temperatura óptima e verificações mecânicas, verificações sensitométricas e químicas devem ser feitas aos agentes processador e fixador. Controlos químicos envolvem a medição do pH dos dois agentes. Além disso, a gravidade específica e os níveis de prata do agente fixador devem ser medidos. Idealmente, o pH deve ser medido diariamente e é também importante registar as medições, pois a anotação regular dos dados fornece informações muito úteis. As medições diárias nos valores de pH dos agentes processador e fixador podem então ser relacionados entre si para observar a evolução das variações nestes valores, em comparação com o pH normal dos níveis de funcionamento a fim de identificar problemas [17,18,19].

As verificações sensitométricas podem ser efectuadas para avaliar se o desempenho dos filmes no processador automático está a ser maximizado. Estes controlos envolvem as medições do nível básico de *blur*, velocidade e gradiente média, feitas com intervalos de temperatura de 1°C. A faixa de temperatura medida depende do tipo de química em uso, se agente processador frio ou quente. Estas três medidas: nível de *blur*, velocidade e inclinação média, devem ser então relacionadas com a temperatura e comparados com os valores fornecidos pelo fabricante [17,18,19].

2.4 Processamento digital de imagem

Poder-se-á atribuir a muitos factores a multiplicação das modalidades de produção de imagens médicas, tais como a melhor compreensão dos princípios básicos da captação de imagens, aperfeiçoamento de técnicas matemáticas de reconstrução, a evolução dos computadores com o desenvolvimento de equipamentos mais baratos e mais seguros. Esta melhoria na tecnologia de computação levou a uma tendência para a geração de imagens digitais, e os exames tradicionais de raios-X podem agora ser adquiridos e processados pelo computador. A aquisição e análise de imagens digitais de raios-X formam a base do campo chamado de radiologia digital [20,21,22].

A representação de imagens na forma digital permite-nos capturar, armazenar e processar imagens na forma electrónica assim como processamos um texto num computador [20,21,22].

Uma imagem digital refere-se à função bidimensional de intensidade de luz $f(x, y)$, onde x e y denotam as coordenadas espaciais e o valor de f em qualquer ponto (x, y) é proporcional ao brilho (ou nível de cinza) da imagem naquele ponto. A imagem digital pode ser considerada como sendo uma matriz cujos índices de linhas e colunas identificam um ponto na imagem e o correspondente valor do elemento da matriz identifica o nível de cor naquele ponto. Os elementos dessa matriz digital são chamados de elementos da imagem, "*pixéis*". Para fazer a conversão da imagem em números, a imagem é subdividida numa grade, contendo milhões de quadrados de igual tamanho, sendo cada um destes associado a um valor numérico da intensidade luminosa naquele ponto. A essa grade de quadrados chamamos de "imagem matriz", e cada quadrado na imagem é chamado de *pixel*. O *pixel* é a abreviatura para "*picture element*" ou elemento de uma imagem. É a menor parte de uma imagem digital e cada um destes pontos contém informações que determinam as suas características. O *pixel* é usado como unidade de medida para descrever a dimensão geométrica de uma imagem. Quanto mais *pixéis* por polegada tiver uma imagem melhor será a qualidade ou resolução. Cada *pixel* carrega a informação sobre o nível de cinza ou outra cor que ele representa [20,21,22].

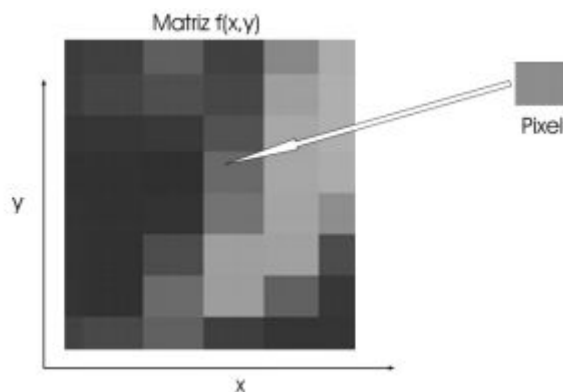


Figura 2.16 Exemplo de um pixel [20]

A representação dos detalhes de uma imagem é geralmente medida em DPI ("*dots per inch*" ou "pontos por polegada") que é expressa no formato largura x altura ou pelo número total de *pixel* verticais e horizontais existentes na imagem, como por exemplo: 800 x 600 ou 3000 x 2000 [20,21,22].

A imagem médica produzida por equipamentos que realizam cortes seccionais traz consigo uma informação de profundidade. A imagem bidimensional que se vê na tela ou filme radiográfico, quando carrega consigo este tipo de informação recebe o nome de *voxel*. Enquanto o *pixel* representa a menor quantidade de informação por unidade de medida quadrada, o *voxel* é a menor quantidade de informação que uma imagem pode ter por unidade de medida cúbica num espaço tridimensional [20,21,22].

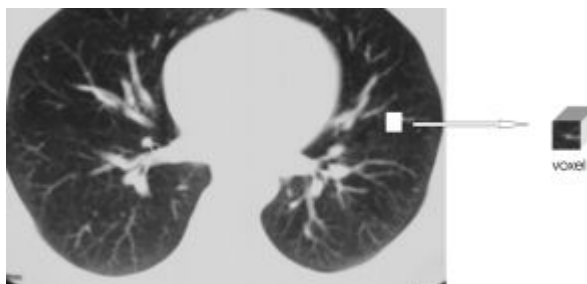


Figura 2.17 Exemplo de um voxel [20]

A fim de igualar a resolução espacial típica do filme com imagens analógicas dos exames de raios-X, uma imagem de 35 x 43 cm deve ter no mínimo 2.000 X 2.500 *pixéis*, e para capturar todas as informações de níveis de cinza, cada *pixel* deve carregar no mínimo 10 *bits* (1.024 tons de cinza). Por este método o tamanho da imagem

chegaria a 6,5 MB. Para duplicar a qualidade da resolução espacial é necessário quadruplicar o número de *pixéis* [20,21,22].

Os valores de matriz mais utilizados em medicina são:

Tabela II Valores de matriz mais utilizados em medicina

Tipo de Imagem	Resolução Típica	Espaço
Radiografia	2048 x 2048 x 12 bits	32 MB
Mamografia	4096 x 5120 x 12 bits	160 MB
TC	512 x 512 x 12 bits	15 MB
RNM	256 x 256 x 12 bits	6.3 MB
Ultra-Som	256 x 256 x 8 bits	1.5 MB
Med. Nuclear	128 x 128 x 8 bits	0.4 MB

2.5 Radiologia digital indirecta (radiografia computadorizada)

Uma placa de fósforo foto estimulável é uma tela de radiografia que contém uma classe especial de fósforos que quando expostos a raios-X, armazena a imagem latente, que pode mais tarde ser adquirida por estimulação com um feixe laser de varrimento. A luz é direccionada para um tubo com fotomultiplicadores e, à saída, o sinal eléctrico é digitalizado. O resultado final é uma projecção digital radiográfica. A placa de fósforo foto estimulável é também conhecida como sendo uma placa gráfica, placa de fósforo gráfica de armazenamento ou IP (do inglês *imaging plate*), e como cassete digital. A técnica também tem sido denominada de radiografia computadorizada (CR) (após a introdução do IP em 1981 pela empresa Fuji, que baptizou a nova técnica de FCR) [23].

Os fósforos foto estimuláveis do IP possuem uma propriedade denominada de fosforescência ou foto luminescência, que, neste contexto, significa que eles são capazes de armazenar energia de raios-X e, mais tarde, quando estimulados por luz laser, libertam energia como sendo luz emitida. Os fósforos utilizados em radiografia são misturas de três diferentes fluorohálidos de bário combinados com európio como um activador; BaFl:Eu²⁺, BaFCl:Eu²⁺, e BaFBr:Eu²⁺. Para preparar o IP para uma exposição a raios-X, a placa é exposta a uma luz intensa para apagar qualquer imagem anterior. Para imagens de raios-X, a placa é colocada numa cassete e é utilizada tal e qual uma cassete convencional num equipamento radiográfico padrão. Quando expostos a raios-X, os átomos de európio no látice cristalino de fósforo são ionizados (convertidos de 2+ para 3+), libertando um electrão. A energia dos electrões de európio está entre a banda

de valência e a banda de condução, e portanto esses electrões são facilmente levados ao maior estado energético na banda de condução. Uma vez na banda de condução, os electrões viajam livremente até que sejam capturados no chamado centro-F (uma região de halogéneo vaga), num estado meta estável com um nível energético ligeiramente inferior ao da banda de condução, mas superior ao do nível de energia inicial dos electrões de európio. O número de electrões preso é proporcional à quantidade de raios-X absorvidos localmente. Os electrões presos constituem a imagem latente. Devido ao movimento térmico, os electrões vão ser libertados lentamente das armadilhas, e a imagem latente deve ser lida sem muita demora. À temperatura ambiente, a imagem deve, contudo, ser lida até 8 horas após a exposição [23].

A leitura do IP exposto é feita por varrimento da placa com um pequeno (50-200 μm) ponto de luz de um laser hélio-neon. A luz laser estimula os electrões presos até à banda de condução, onde eles são livres para ir para os átomos de európio, deixando assim a banda de condução de alta energia regressar ao seu estado original de menor energia. A transformação de európio do estado 3+ para o 2+, envolve libertação de energia, e isso é feito através de emissão de luz. Dado que existe uma grande diferença entre a banda de condução e os átomos de európio que entre a banda de condução e os centros-F, a luz (verde) emitida tem uma energia maior do que a luz laser (vermelho) necessária para estimular os electrões presos. A diferença de onda entre as duas luzes é fundamental para a detecção da luz emitida. Ao utilizar um filtro que absorve a luz vermelha, mas que é transparente à luz verde, a luz emitida é selectivamente detectada. O raio laser varre o IP transversalmente, enquanto a placa é movida através do feixe de varredura. A luz emitida é armazenada usando uma luz guia e é alimentada a um tubo fotomultiplicador onde a luz é convertida num sinal eléctrico que é amplificado para um sinal de saída eléctrica. Este sinal é digitalizado e a imagem é armazenada num computador como uma matriz digital, cada pixel com uma escala de cinza com um determinado valor definido pela quantidade de luz emitida a partir do ponto correspondente no IP. Recentemente, dispositivos acoplados de carregamento unidimensionais (CCD – do inglês charged coupled devices) têm sido utilizados como uma alternativa ao tubo de fotomultiplicadores. O CCD é colocado sob o IP e detecta a luz emitida, uma linha completa de cada vez [23].

O IP tem uma gama dinâmica muito mais ampla do que os sistemas baseados no filme radiográfico, com uma curva característica linear, dando ao sistema uma latitude de exposição muito maior do que esses sistemas. Devido a algumas operações pré-scan realizadas antes de ver o resultado do IP, um controlo automático de ganho é

alcançado; imagens sobreexpostas são gravadas com igual "brilho" a imagens subexpostas. A quantidade de radiação necessária para o IP é, em média, o mesmo que o necessário com o filme radiográfico convencional. Devido à grande exposição de latitude e "controlo automático de ganho", as doses podem ser reduzidas, mas à custa do aumento do ruído. A densidade uniforme, não obstante o excesso ou insuficiente exposição é uma das grandes vantagens do sistema em relação aos sistemas convencionais de filme radiográfico, quase não é necessário voltar a radiografar devido aos problemas de exposição. Benefícios adicionais são aqueles comuns a todas as técnicas digitais, incluindo *postprocessing* como mudar o nível ou largura da janela, a exacta medida das distâncias, ângulos e áreas, *zooming*, *panning*, e o não menos importante, comunicação e arquivo digital [23].

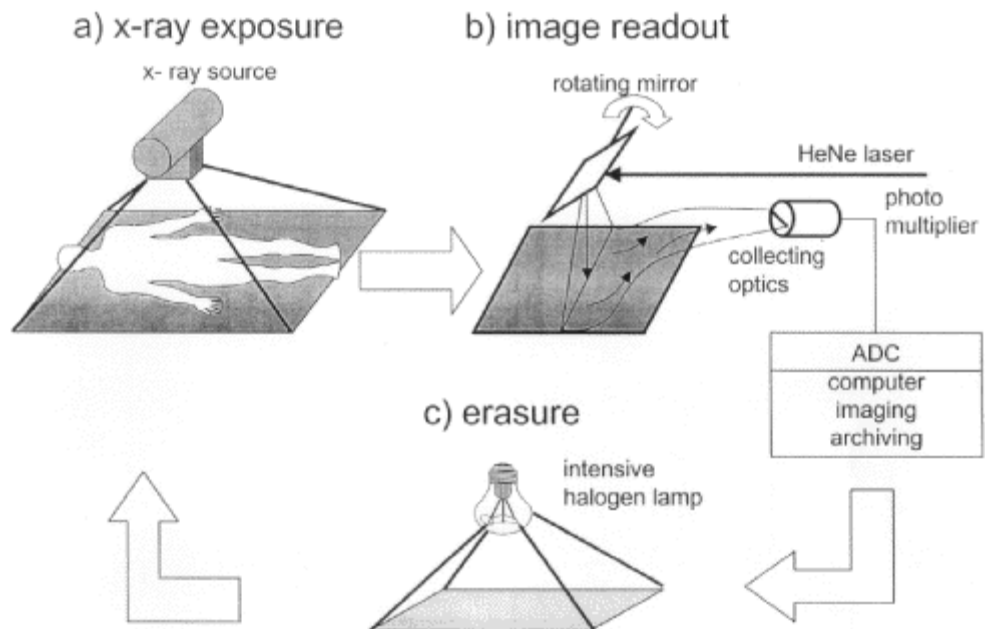


Figura 2.18 Esquemática do processo de visualização utilizando IPs [24].

2.6 Diferenças entre radiografia digital e radiografia convencional

As formas de aquisição de uma imagem radiográfica digital são duas:

Radiografia Digital – DR (do inglês: Digital Radiology) – Imagens adquiridas por aparelhos de raios-X que, ao invés de utilizar filmes radiográficos, possuem uma placa de circuitos sensíveis aos raios-X que gera uma imagem digital e a envia directamente para o computador na forma de sinais eléctricos [25].

Radiografia Computorizada – CR (do inglês Computerized Radiology) – Neste processo, utilizam-se os aparelhos de radiologia convencional (os mesmos utilizados para produzir filmes radiográficos), porém substituem-se os “chassis” com filmes radiológicos no seu interior por “chassis” com placas de fósforo [25].

Os sistemas de imagem radiográfica convencionais registam e apresentam os seus dados de uma forma analógica. Têm frequentemente exigências de exposição muito rígidas devido à gama estreita de profundidade de brilho dos filmes e hipóteses muito reduzidas de processamento de imagem. Os sistemas de radiografias digitais oferecem a possibilidade de obtenção de imagens com exigências de exposição muito menos rigorosas do que os sistemas analógicos. No sistema de aquisição convencional as imprecisões em termos de exposição provocam normalmente o aparecimento de radiografias demasiado escuras, demasiado claras ou com pouco contraste, sendo facilmente melhoradas com técnicas digitais de processamento e exibição de imagem [25].

As vantagens dos sistemas de radiografia digitais, que são também extensíveis às demais modalidades diagnósticas, podem ser divididas em quatro classes:

1º) Facilidade de exibição da imagem – Na radiografia digital a imagem vai ser mostrada num monitor de vídeo, em vez do processo tradicional de expor o filme contra a luz [25].

2º) Redução da dose de raios-X – Ajustando-se a dose para que a imagem tenha uma relação sinal-ruído conveniente, consegue-se uma diminuição real da radiação absorvida pelo doente [25].

3º) Facilidade de processamento de imagem – O aumento do contraste ou a equalização por histograma são técnicas digitais que podem ser usadas. A técnica de subtração de imagens pode remover grande parte da arquitectura de fundo não desejado, melhorando assim a visualização das características importantes da radiografia [25].

4º) Facilidade de aquisição, armazenamento e recuperação da imagem – Armazenamento em bases de dados electrónicas, facilitando a pesquisa de dados e a transmissão para longas distâncias, usando redes de comunicações de dados [25].

2.7 Protecção contra raios-X

O chumbo é o escudo mais comum contra os raios-X por causa da sua alta densidade (11340 kg/m^3), facilidade de instalação e baixo custo [26].

A tabela seguinte mostra a espessura recomendada do escudo de chumbo em função da energia dos raios-X, por recomendação do II Congresso Internacional de Radiologia [26].

Tabela III Tabela representativa da relação entre os picos de voltagem dos raios-X com a espessura mínima de chumbo

Raios-X gerados por picos de voltagem não superiores a	Espessura mínima do chumbo
75 kV	1.0 mm
100 kV	1.5 mm
125 kV	2.0 mm
150 kV	2.5 mm
175 kV	3.0 mm
200 kV	4.0 mm
225 kV	5.0 mm
300 kV	9.0 mm
400 kV	15.0 mm
500 kV	22.0 mm
600 kV	34.0 mm
900 kV	51.0 mm

2.8 Estado da arte dos raios-X

De muitas maneiras, a radiografia pouco mudou desde os primeiros dias da sua utilização. Continuamos a capturar uma imagem num filme radiográfico utilizando procedimentos e processos técnicos semelhantes aos que eram utilizados no final do século XIX. Hoje, porém, somos capazes de gerar imagens de qualidade mais elevada e maior sensibilidade através da utilização de filmes com maior qualidade com uma maior variedade de tamanhos de grão. O tratamento do filme evoluiu para um estado automatizado, produzindo qualidade mais consistente através da remoção das variáveis do processamento manual. A electrónica e os computadores permitem aos técnicos de agora capturar imagens digitalmente. A utilização de "radiografia sem filme" proporciona um meio de capturar uma imagem, melhorá-la digitalmente, e enviá-la de qualquer lugar do mundo, e arquivar uma imagem que não irá deteriorar com o tempo. Os avanços tecnológicos têm proporcionado equipamentos menores, mais leves, e muito portáteis que produzem raios-X de alta qualidade. O uso de aceleradores lineares proporciona um meio de produção de onda muito curto, radiação muito penetrante, um conceito apenas sonhado poucos anos atrás [27].

Embora o processo pouco tenha mudado, a tecnologia tem evoluído permitindo à radiografia poder ser utilizada em inúmeras áreas de inspecção. A radiografia viu ampliada o seu uso na indústria, não só para inspeccionar soldaduras e fundições, mas para inspeccionar itens como airbags e conservas de produtos alimentares. A radiografia tem encontrado utilização na indústria metalúrgica para identificação de material e em sistemas de segurança nos aeroportos e outras instalações [27].

A inspecção aos raios Gama também mudou consideravelmente desde a descoberta do elemento rádio pelos Curies. Isótopos produzidos pelo Homem de hoje são muito mais diversificados e oferecem aos técnicos uma diversidade de níveis energéticos e meias-vidas. O técnico pode seleccionar Co-60 que irá penetrar eficazmente materiais muito espessos, ou seleccionar um isótopo com energia mais baixa, tais como o Tm-170, que pode ser utilizado para inspeccionar plásticos e materiais muito finos ou de baixa densidade. Hoje, os raios gama encontram uma ampla aplicação em indústrias como a petroquímica, fundição, soldadura, e aeroespacial [27].

3 Metodologia

Neste capítulo descreve-se a metodologia utilizada para recolha de informação, sendo definida a população-alvo desta recolha e concretizada a tipologia de dados.

No sentido de alcançar os objectivos definidos, foi necessário realizar um levantamento exaustivo de dados. A informação a recolher versou não só mas também aspectos relacionados com os recursos tecnológicos e humanos associados à tecnologia em análise mas também dados referentes aos próprios exames radiográficos, e encontra-se descrita em detalhe em 3.2.

O método seleccionado para efectuar a recolha dos dados em questão foi o inquérito estatístico. Os inquéritos estatísticos são usados para recolher informação quantitativa nos campos de marketing, sondagens políticas, e pesquisa nas ciências sociais. Um inquérito pode incidir sobre opiniões ou informação factual, dependendo do seu objectivo, mas todos os inquéritos envolvem a realização de perguntas a indivíduos [28].

Na área da saúde, o inquérito é um instrumento de medida que produz dados e gera estimativas de indicadores do estado de saúde [29].

Na área da saúde, em particular no que respeita ao presente trabalho, o inquérito é uma metodologia que permite realizar uma aferição dos recursos e tecnologias existentes no

mercado da saúde, com focalização numa determinada tecnologia como o raio-x, cuja utilização está perfeitamente generalizada ao país, através de diversos PCS.

Assim o melhor método de levantamento da informação sobre a tecnologia é o inquérito directo aos PCS recolhendo-se informação. Posteriormente esta informação é processada como forma de produzir resultados e indicadores de determinadas variáveis a estudar no decurso do trabalho.

3.1 População e amostra

Como já referido, a população alvo deste inquérito contemplava todos os prestadores de cuidados de saúde dos sectores Público e Privado em Portugal, que poderiam disponibilizar o tipo de tecnologia em análise.

O levantamento efectuado permitiu identificar 587 PCS divididos da seguinte maneira: 420 pertencentes ao sector Privado e os restantes 167 do sector Público, com 88 hospitais e 79 centros de saúde. A lista de instituições foi compilada com recurso a bases de dados de Seguros Médicos [30-33], bases de dados de Administrações Regionais de Saúde, páginas amarelas, bem como outras fontes.

Pela sua dimensão, a amostra seleccionada para realização de inquérito inclui a totalidade da população identificada.

3.2 Estruturação do inquérito

Na construção do inquérito foram consultadas várias fontes para a melhor estruturação e foi considerado um conjunto de regras na sua apresentação, no sentido de motivar, evitar dúvidas e facilitar o seu preenchimento [34]:

- Deve ter uma aparência agradável com bastante espaço em branco, evitando-se o texto compacto;
- Deve ser visualmente atractivo para encorajar as respostas;
- Deve usar mais do que uma, mas não mais do que três fontes de letra;
- Deve usar cores mas não mais do que duas;
- Deve apresentar um logótipo e sombreados;
- Deve usar setas para facilitar a explicação dos filtros.

Desta forma, o inquérito desenvolvido encontrava-se segmentado nos seguintes tópicos:

- Identificação do PCS e características geográficas do PCS

- Caracterização do volume de trabalho do PCS
- Caracterização da tipologia de exames realizados no PCS na vertente de Radiografia Convencional
- Identificação do número de profissionais de saúde na instituição
- Caracterização tecnológica da instituição.

O inquérito foi desenvolvido em suporte papel, on-line e ainda script telefónico.

3.3 Recolha de dados

Para efectuar a recolha de dados junto dos vários PCS foram consideradas 3 metodologias distintas, descritas na **Tabela IV**. A razão de ter escolhido diferentes métodos para cada tipo de PCS depreende-se na experiência adquirida através da leitura de trabalhos anteriores, também de estudos de mercado. Nesses trabalhos era referido que os Hospitais, geralmente, aplicavam muita burocracia neste tipo de pedido de dados; sendo assim, definiu-se a carta para os Hospitais. Para os Centros de Saúde, como nunca havia sido feito, resolveu-se experimentar um método diferente e inovador, o questionário on-line, alojado num servidor gentilmente fornecido pelo Departamento de Física da FCT.

Tabela IV Recolha de dados

	Privados	Hospitais	Centros de Saúde
Fonte dos Contactos	Seguradoras e ARS (convencionados)	ARS e outros	ARS e outros
Vertente	Telefonema	Carta	Inquérito On-line
Seguimento	Carta ou Telefonema	Telefonema ou Inquérito On-line	Telefonema

3.4 Tratamento estatístico

Os dados recolhidos foram alvo de tratamento estatístico recorrendo ao programa informático *Microsoft Excel (Excel 2007)*, e estão sistematizados no capítulo 4. No tratamento estatístico foram consideradas bases de dados disponibilizados pelo INE, Eurostat e OMS. Para os cartogramas foi utilizado o *Microsoft MapPoint Europe (2006)*.

4 Resultados

O presente capítulo apresenta de forma sistemática os resultados obtidos, abordando 5 grandes vertentes: Nível de resposta ao inquérito, Recursos Tecnológicos identificados, Caracterização dos Recursos Tecnológicos, Exames Radiográficos e Recursos Humanos associados à tecnologia.

A amostra seleccionada incluía 587 PCS, segmentados entre o sector Privado e o sector Público (**Figura 4.1**).

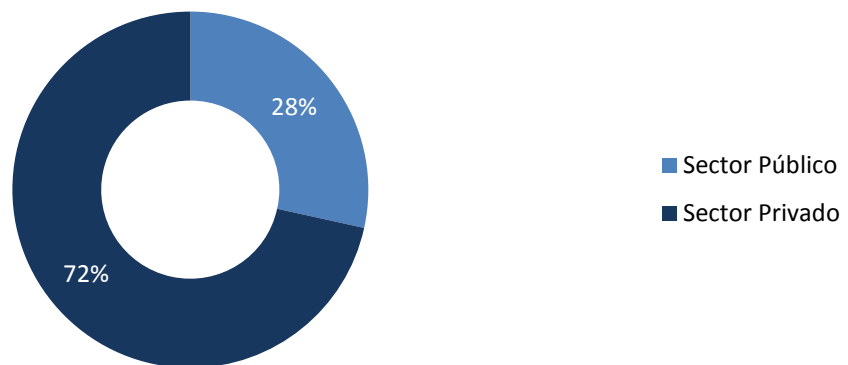


Figura 4.1 Total da amostra inicial segmentado por sectores – Público vs Privado

4.1 Nível de resposta ao inquérito

Dos 587 PCS contactados, 76,5% (449 instituições) colaboraram com o presente estudo, sendo que as 138 instituições restantes (23,5%) não disponibilizaram os dados pretendidos até ao momento. As segundas incluem 63 instituições pertencentes ao sector Público e 75 instituições pertencentes ao sector Privado.

Da totalidade de instituições que colaboraram com o presente estudo, verificou-se que 277 possuem a tecnologia em estudo (raios-X) e 164 não dispõem da tecnologia em questão (as restantes 8 não cederam os dados). Na **Figura 4.2** estão representadas as percentagens segmentadas por tipo de resposta recebida, em cada sector (Público ou Privado).

Assim, a amostra que vai ser tratada estatisticamente será composta por 277 PCS, divididos pelos sectores Público e Privado.

A não disponibilização dos restantes dados em tempo útil ocorreu por diferentes razões. No sector Público, devido a uma maior burocratização, nomeadamente a obrigatoriedade de efectuar um pedido formal para disponibilização de informação, o processo de fornecimento dos dados mostrou-se moroso, surgindo no entanto algumas excepções. No sector Privado, não foi possível recolher informação para cerca de 13% das instituições, devendo-se essa impossibilidade a situações de recusa na cedência dos dados, situações de inviabilidade do contacto identificado e/ou fornecer uma resposta atempada.

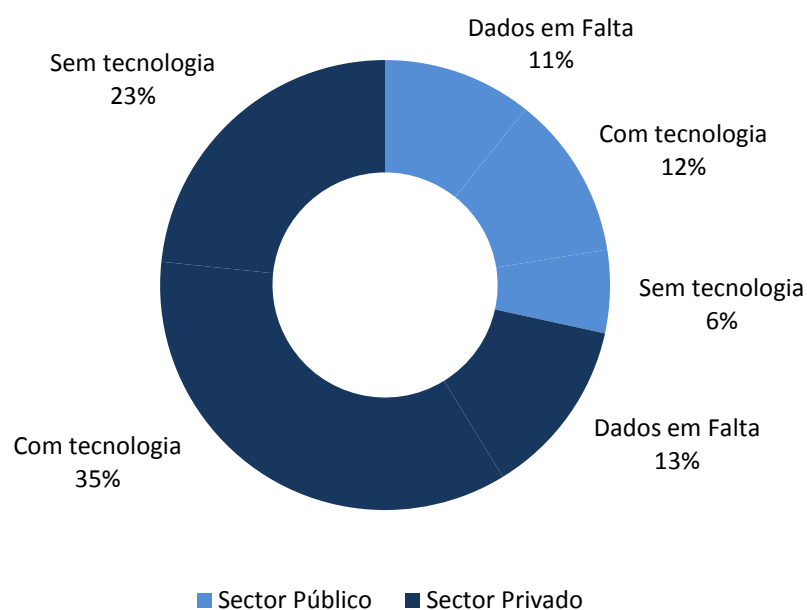


Figura 4.2 Amostra estratificada da natureza dos dados

A **Tabela V** ilustra a amostra discriminada por Distritos e as suas percentagens individuais de resposta ao pedido de colaboração. As colunas “Total de Respostas” incluem todos os PCS que responderam ao inquérito, ou seja, para além das respostas positivas, também incluem as respostas negativas (não cedência de dados). As colunas “Respostas com tecnologia” representam as percentagens dos PCS que possuem a tecnologia em relação ao total de instituições que responderam ao inquérito, positiva ou negativamente.

Tabela V Tabela com informação sobre a amostra por Distrito

	Sector Público			Sector Privado		
	Total de PCS	Total de Respostas	Respostas com tecnologia	Total de PCS	Total de Respostas	Respostas com tecnologia
Aveiro	9	78%	71%	28	79%	64%
Beja	9	67%	100%	5	100%	60%
Braga	11	18%	-	24	83%	95%
Bragança	7	71%	100%	4	100%	50%
Castelo Branco	4	50%	100%	5	100%	80%
Coimbra	12	33%	25%	9	78%	100%
Évora	15	100%	7%	10	90%	67%
Faro	8	88%	100%	18	78%	64%
Guarda	3	33%	100%	1	100%	100%
Leiria	3	100%	67%	16	81%	69%
Lisboa	21	29%	83%	122	79%	42%
Portalegre	3	67%	-	3	100%	100%
Porto	20	55%	82%	77	84%	75%
R. A. Açores	3	67%	100%	4	75%	33%
R. A. Madeira	0	-	-	9	100%	78%
Santarém	13	85%	73%	21	76%	50%
Setúbal	9	89%	50%	45	84%	42%
Viana do Castelo	4	25%	-	7	71%	40%
Vila Real	4	75%	100%	7	71%	100%
Viseu	9	89%	100%	5	100%	60%
TOTAL	167	62%	66%	420	82%	60%

Assim, 62% dos PCS do sector Público responderam positiva ou negativamente, sendo que 66% dessas instituições possuem equipamento de raios-X. No sector Privado, temos 82% de respostas, dos quais 60% utilizam a tecnologia que aqui abordamos.

Na **Figura 4.3** é apresentada a distribuição geográfica, com segmentação por Distrito, dos PCS em que foi possível confirmar a utilização da tecnologia em análise.

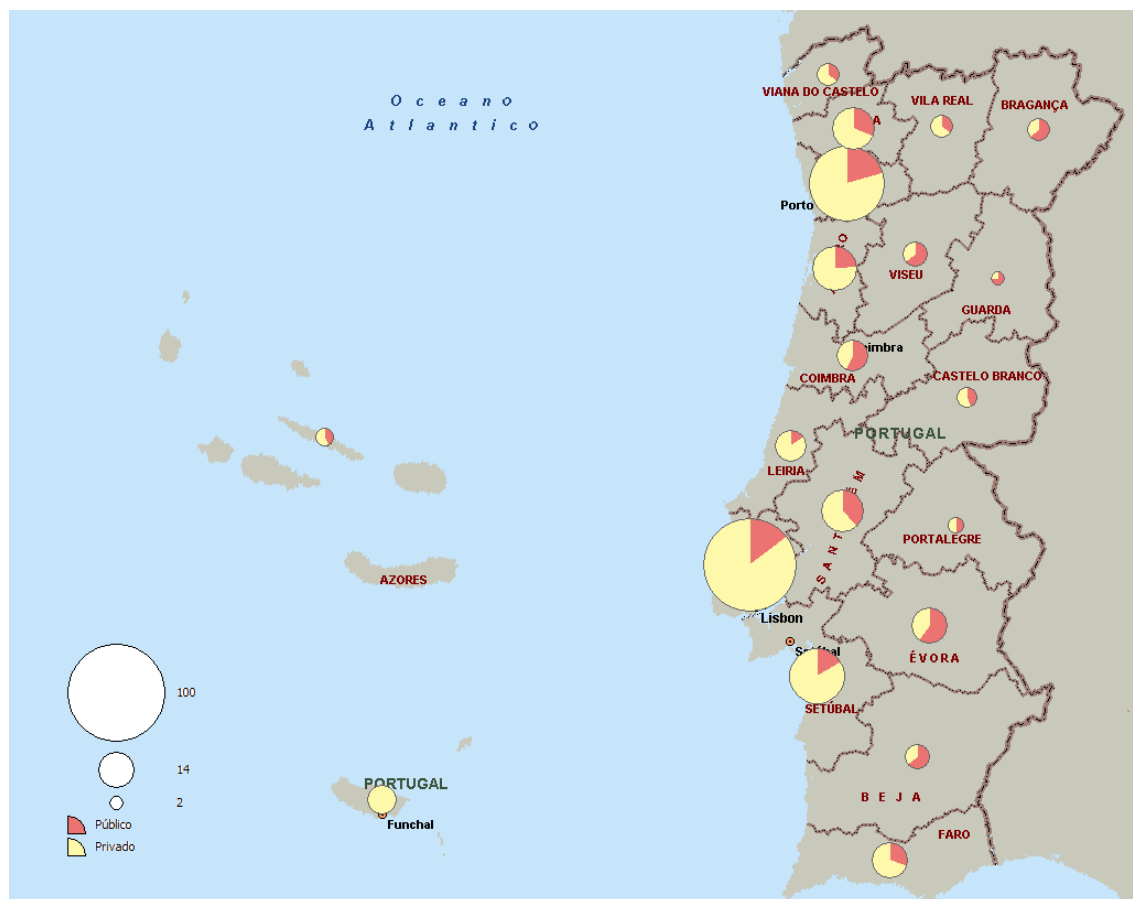


Figura 4.3 Distribuição em absoluto (sectores Público e Privado) dos PCS da amostra

4.2 Recursos tecnológicos identificados

O presente estudo procurou localizar geograficamente os recursos tecnológicos associados à radiografia convencional em Portugal.

A **Figura 4.4** apresenta a distribuição absoluta (sectores Público e Público) dos equipamentos identificados, diferenciando os sistemas associados ao sector Público e os sistemas associados ao sector Privado.

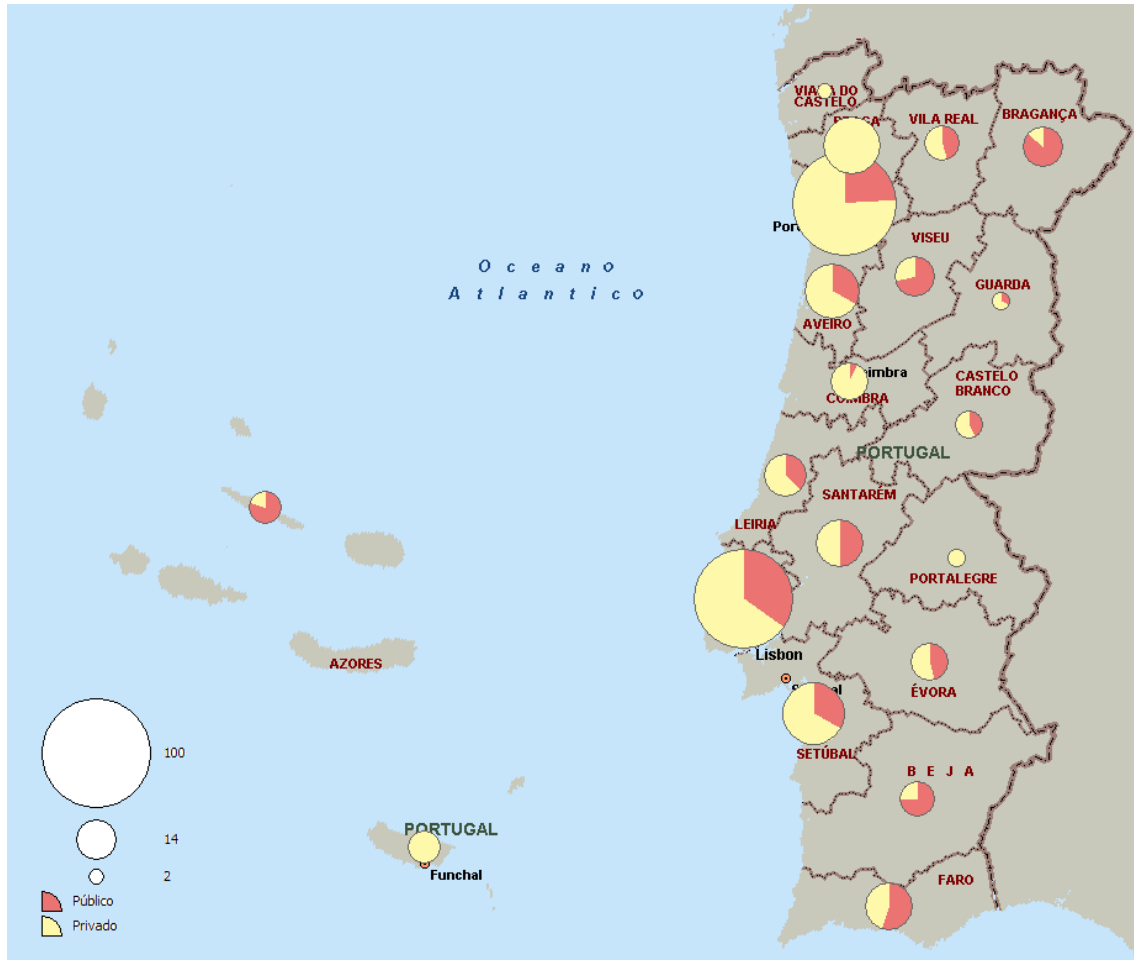


Figura 4.4 Distribui o em absoluto (sectores Público e Privado) dos equipamentos de raios-X

4.3 Caracterização dos recursos tecnológicos

Tal como é importante localizar a tecnologia no país, é também muito importante averiguar sobre o estado dessa tecnologia. Assim, nesta subsecção é apresentado o nível de disponibilidade dos equipamentos, suas características e a situação actual do mercado desta tecnologia.

Na **Figura 4.5**, é apresentada a média do número de equipamentos por PCS em ambos os sectores (sector Público e Privado).

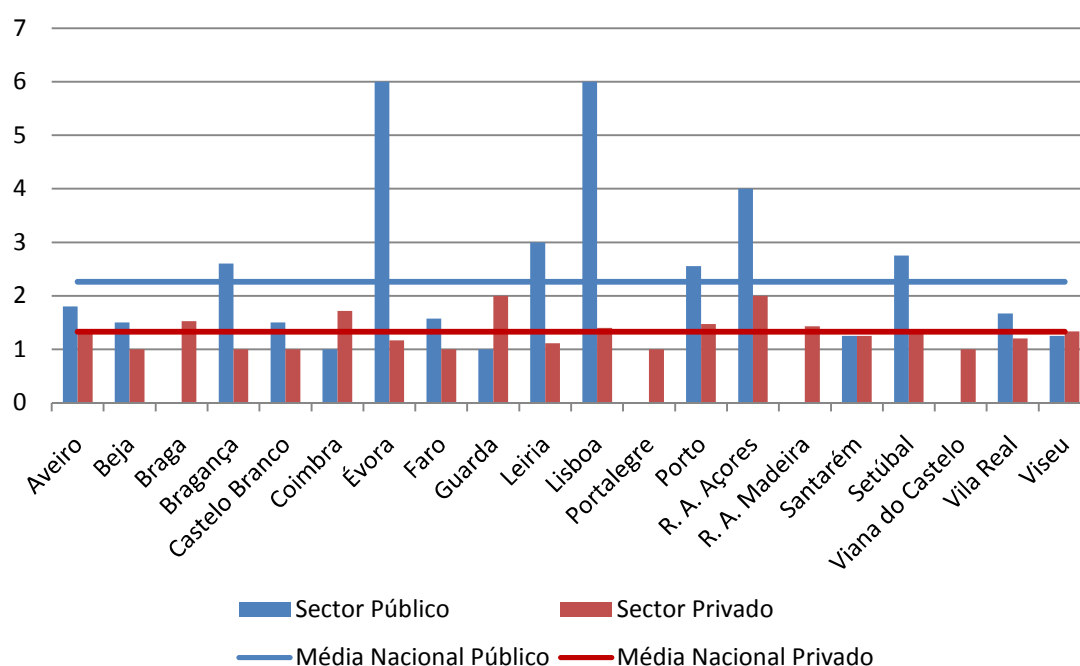


Figura 4.5 Número de equipamentos por PCS nos sectores Público e Privado

A **Figura 4.6** representa de forma gráfica, e para os vários Distritos de Portugal, o rácio entre o número de sistemas de radiografia convencional identificados em cada Distrito e o número de habitantes do mesmo [35]. A ordem de grandeza populacional utilizada foi a centena de milhar de habitantes, pois julgou-se que assim se facilitava a leitura e interpretação dos rácios apresentados.

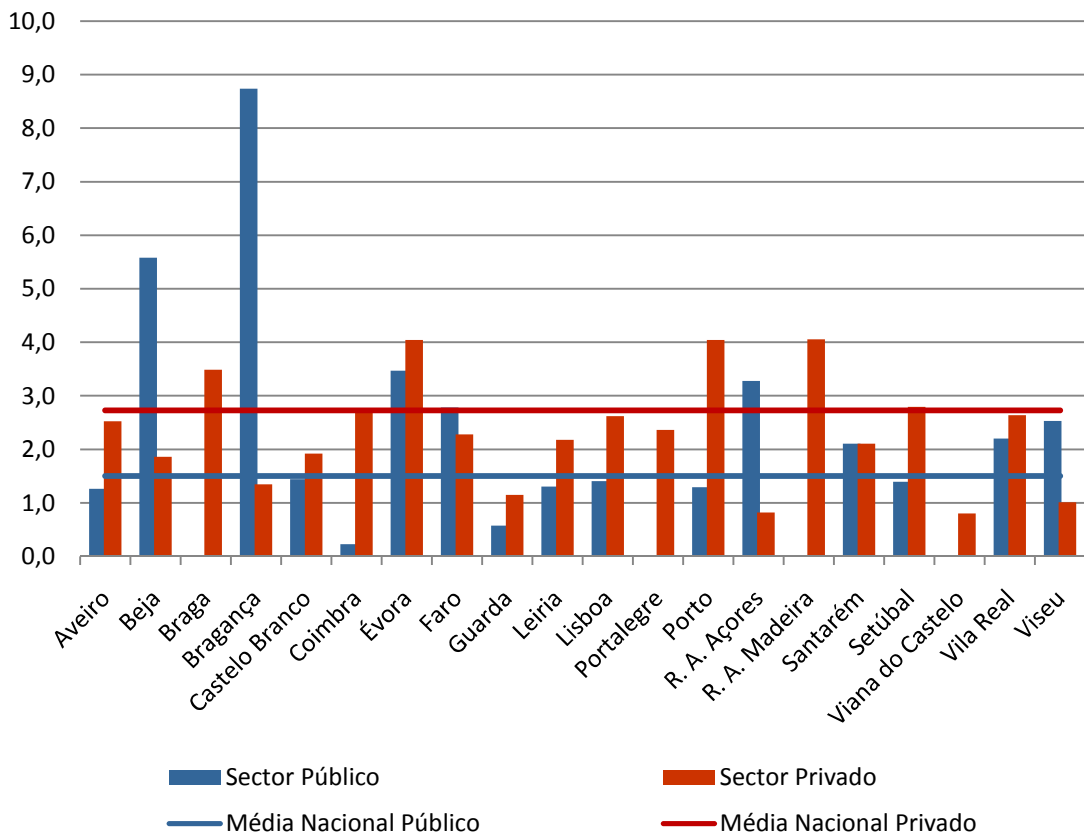


Figura 4.6 Número de equipamentos por 100.000 habitantes nos sectores Público e Privado

A Figura 4.7 apresenta a média da idade dos aparelhos, estratificada por Distrito e segmentada por sectores (Público vs Privado). É também apresentada a média nacional desses sectores. Entenda-se idade do aparelho como sendo o tempo que já passou desde que estão activos, ou seja, desde a sua instalação no PCS.

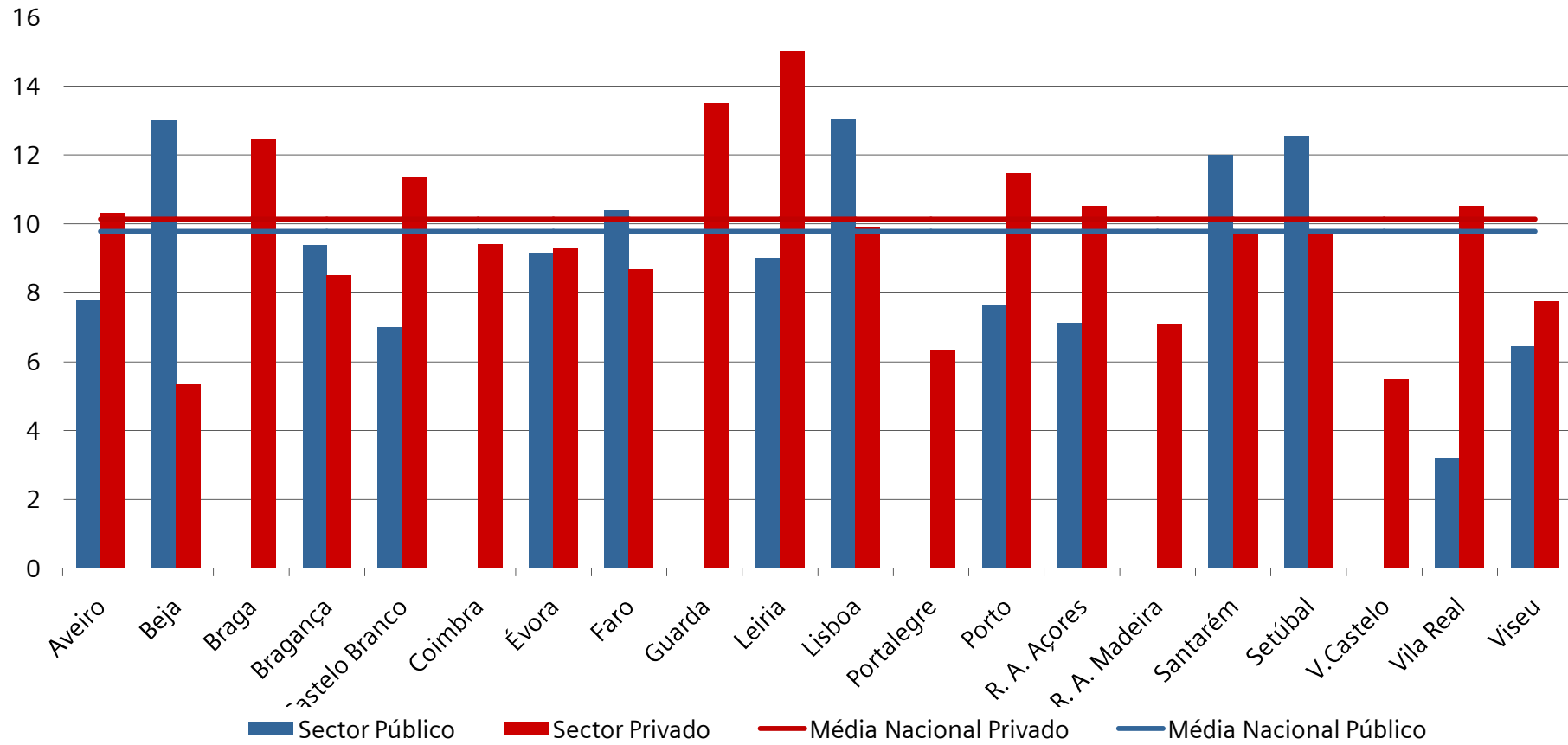


Figura 4.7 Idade dos equipamentos por Distrito

Neste estudo foram avaliados os métodos de processamento da imagem associados aos recursos tecnológicos existentes, nomeadamente sistemas analógicos, sistemas de digitalização por IPs e sistemas de aquisição directa, e suas quotas a nível nacional associados aos recursos tecnológicos. Este tipo de avaliação só existe para o sector Privado, dado que não foi obtida uma quantidade relevante de dados deste tipo no sector Público. Na **Figura 4.8** é apresentada a representação geográfica dos métodos de processamento de imagem supracitados por Distritos. Na **Figura 4.9** é onde é apresentada a presença destes métodos de processamento de imagem a nível nacional.

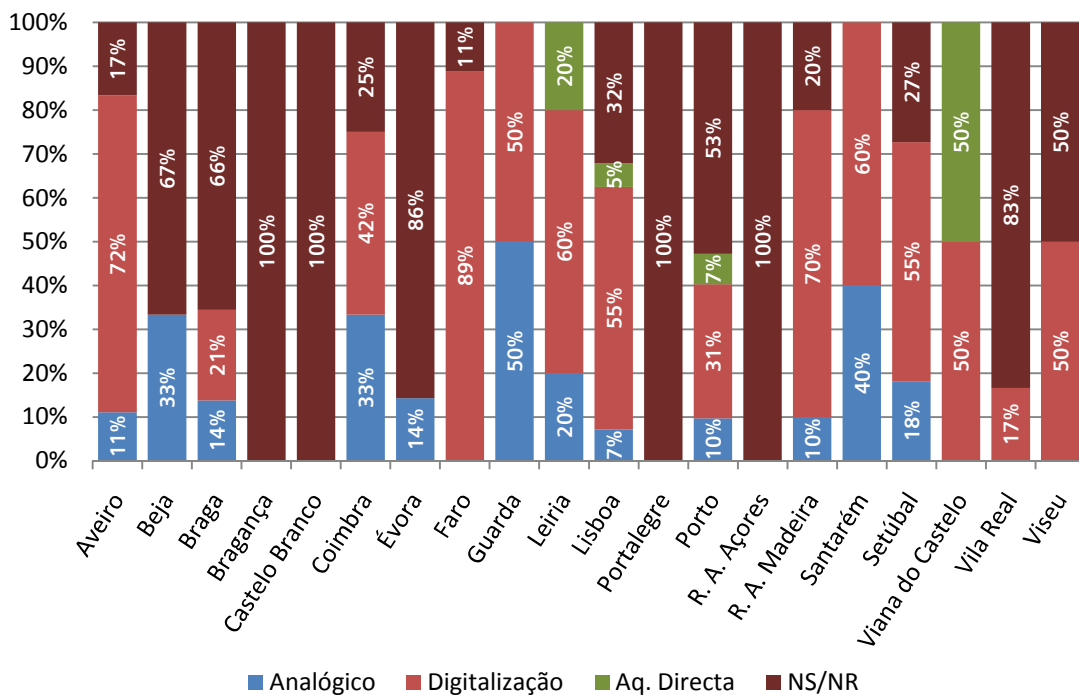


Figura 4.8 Distribuição das diferentes gama dos equipamentos por Distrito

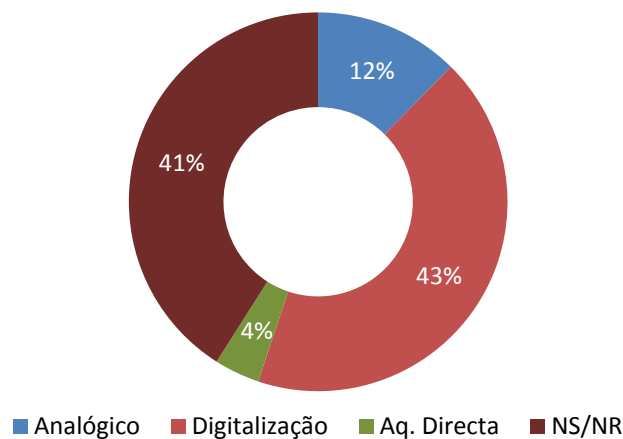


Figura 4.9 Distribuição das diferentes gamas de equipamentos no país

A fim de determinar a quota de mercado bem como características tecnológicas, procurando saber quais as marcas líder e em que proporção se encontram, fizeram-se os seguintes indicadores.

A **Figura 4.10** representa a quota de mercado nos dois sectores (Público e Privado) das marcas e/ou fabricantes com maior representatividade na amostra. Em "Outros" são englobadas todas as marcas/fabricantes que apresentam uma menor representação no mercado e são considerados também todos os equipamentos cujas instituições (que os albergam) não sabiam ou não responderam.

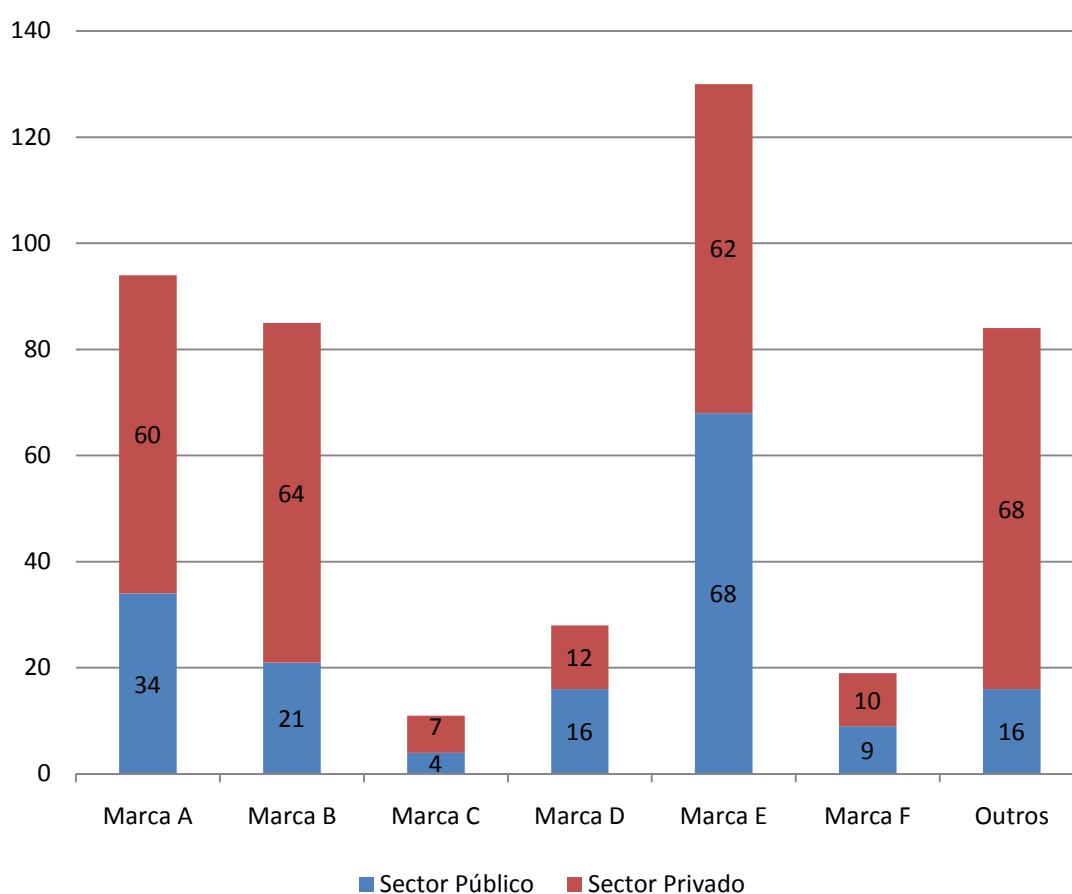


Figura 4.10 Quota de mercado das principais marcas de produção de equipamentos de radiação X

As **Figuras 4.11, 4.13 e 4.15**, apresentam as médias de idades dos equipamentos das marcas/fabricantes A, B e E nos vários Distritos de Portugal. É também apresentada, em cada uma das **Figuras**, a respectiva média nacional de idades de instalação para cada marca/fabricante. Nas **Figuras 4.12, 4.14 e 4.16** são apresentados intervalos de idade onde os equipamentos de cada marca estão inseridos. Estas marcas foram

seleccionadas por serem as mais representativas em termos de número de equipamentos neste mercado.

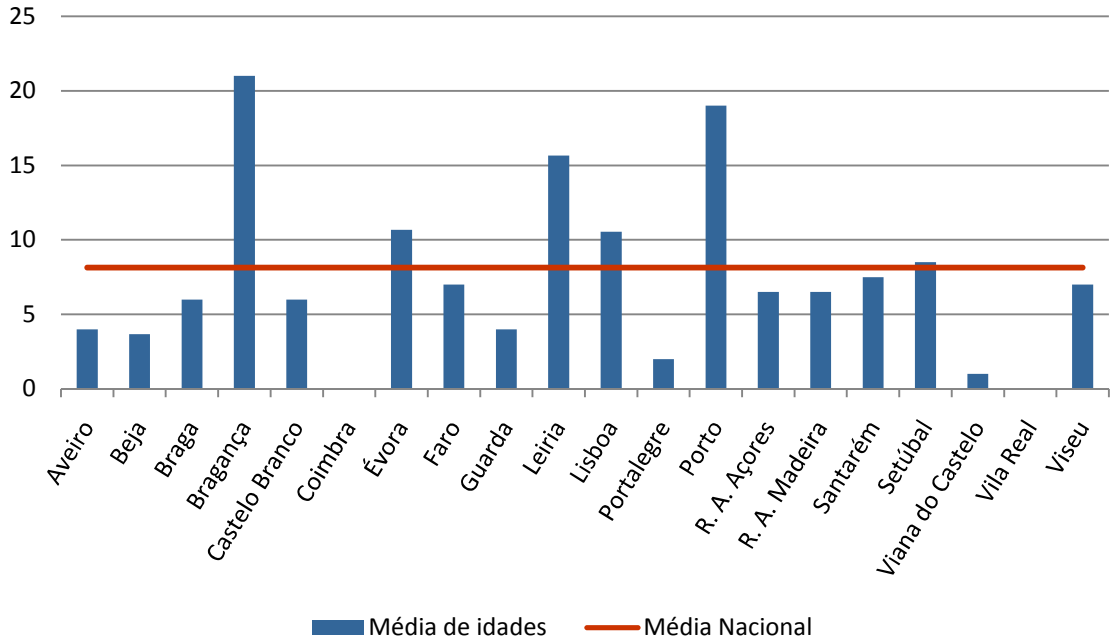


Figura 4.11 Idade dos equipamentos da marca A

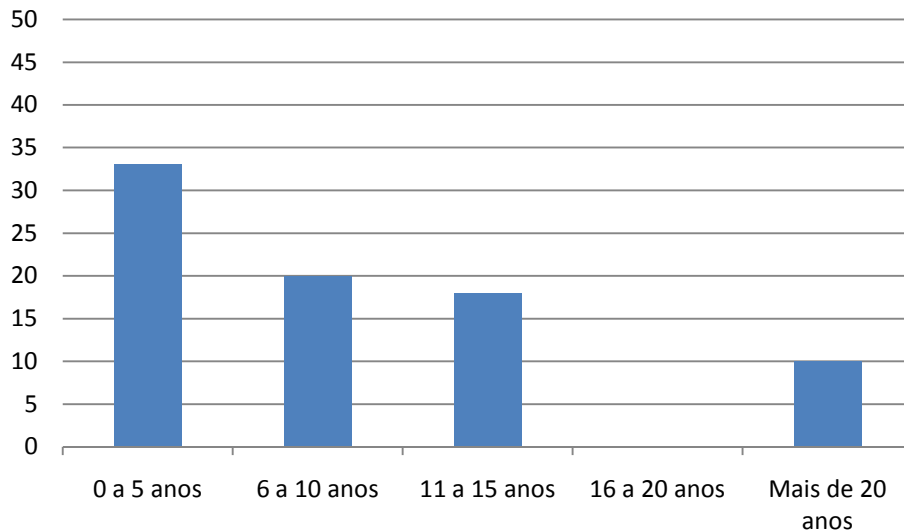


Figura 4.12 Equipamentos da marca A discriminados por intervalos de idade (a nível nacional)

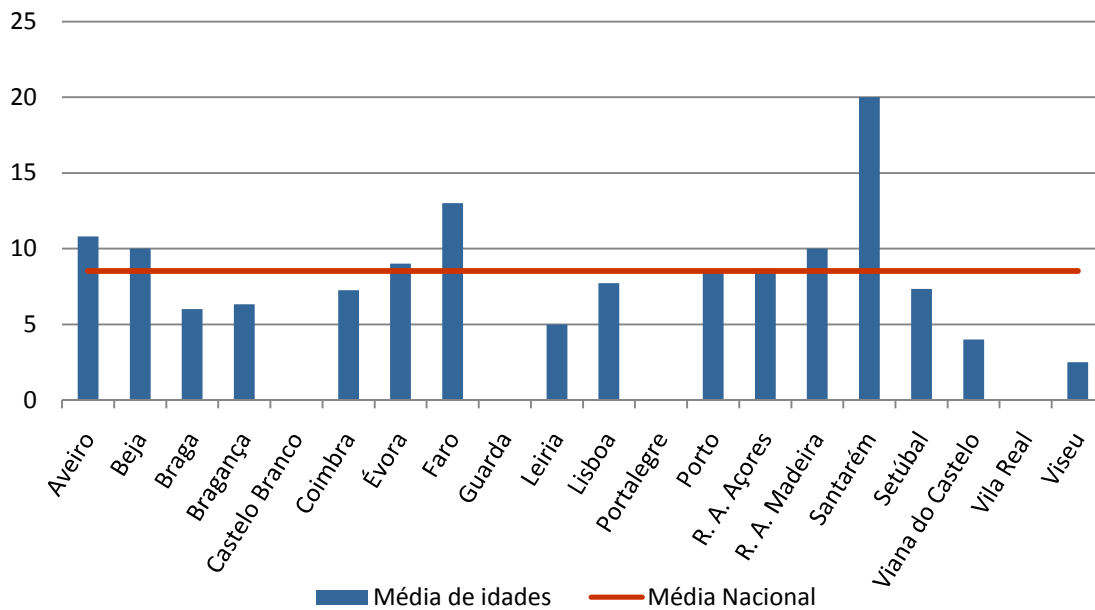


Figura 4.13 Idade dos equipamentos da marca B

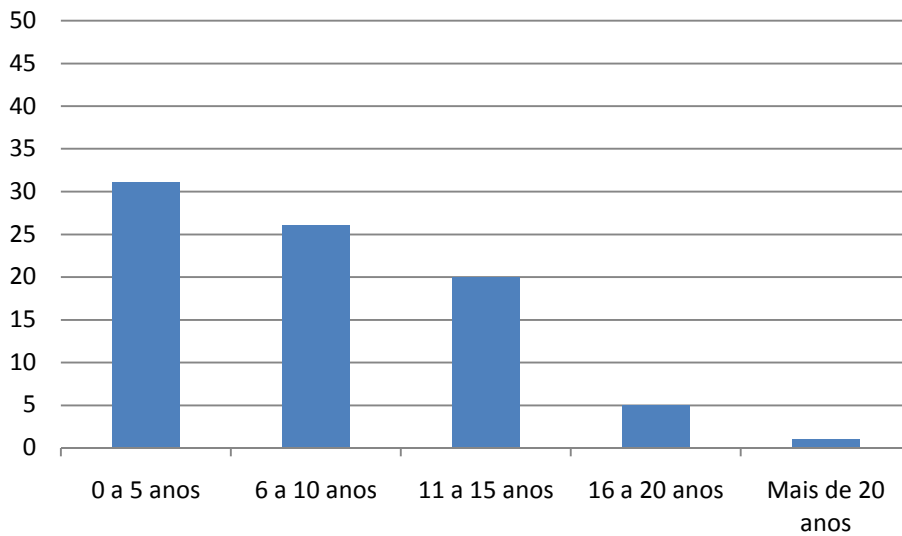


Figura 4.14 Equipamentos da marca B discriminados por intervalos de idade (a nível nacional)

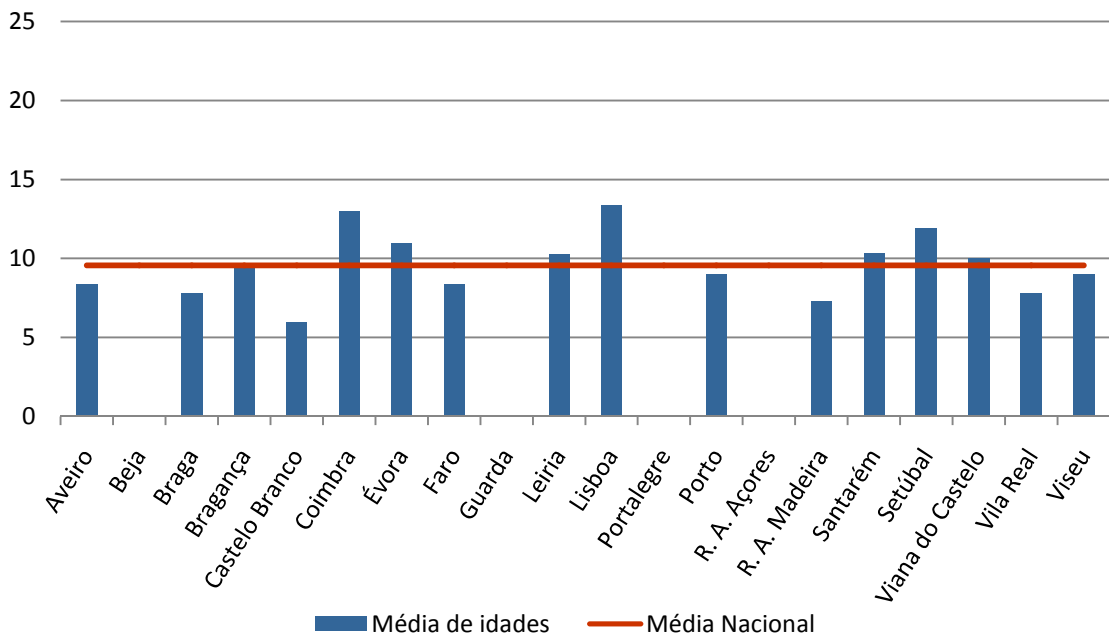


Figura 4.15 Idade dos equipamentos da marca E

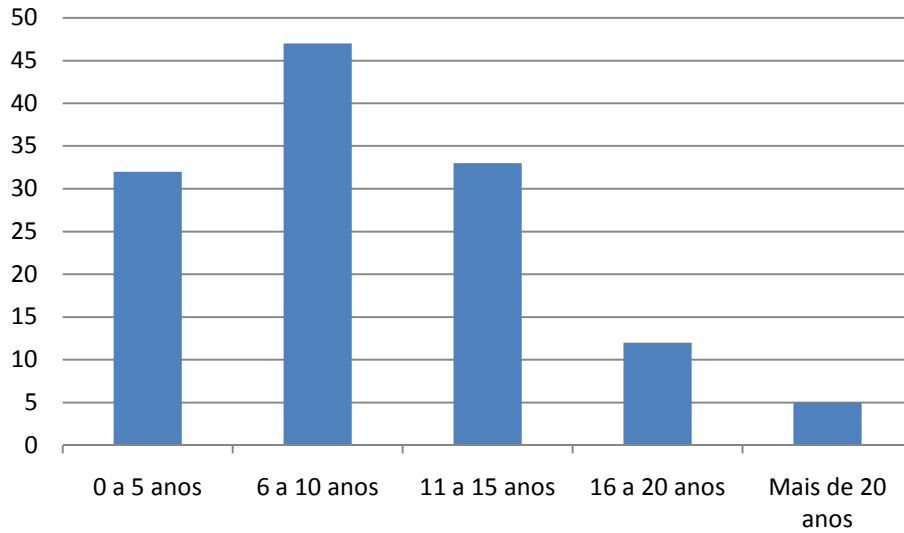


Figura 4.16 Equipamentos da marca E discriminados por intervalos de idade (a nível nacional)

4.4 Exames radiográficos

A **Figura 4.17** apresenta os valores médios do volume de exames por 1000 habitantes, novamente por Distrito e com periodicidade anual. O gráfico da **Figura 4.18** relaciona o volume de exames radiográficos anual por Distrito com os PCS localizados que fazem parte desse Distrito. Os dados são ainda segmentados em sector Público e sector Privado.

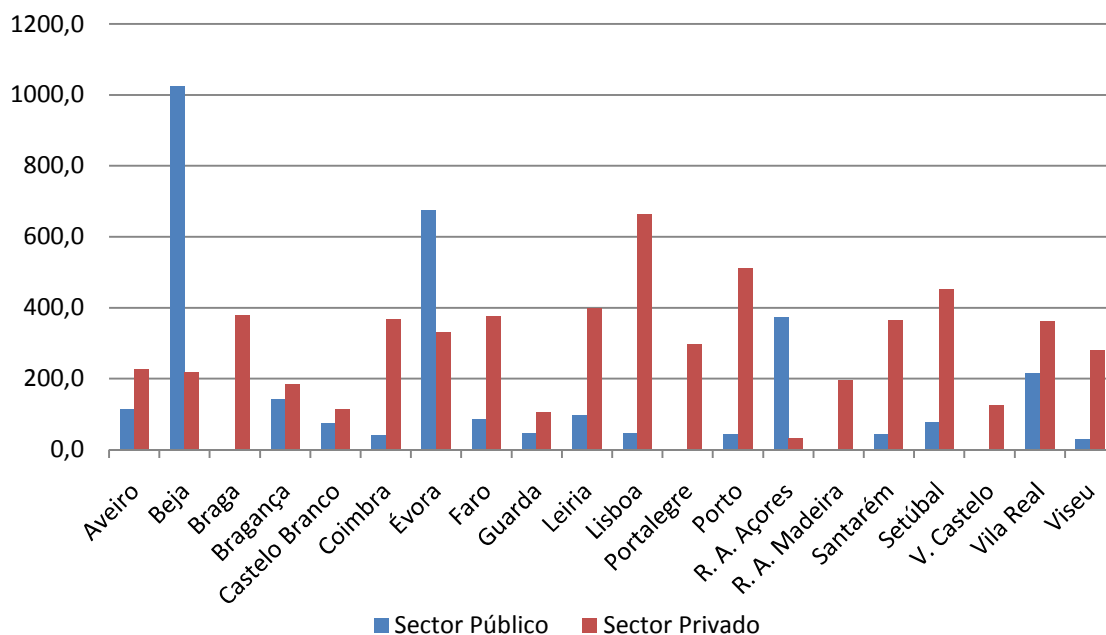


Figura 4.17 Volume de exames anual por 1.000 habitantes em ambos os sectores

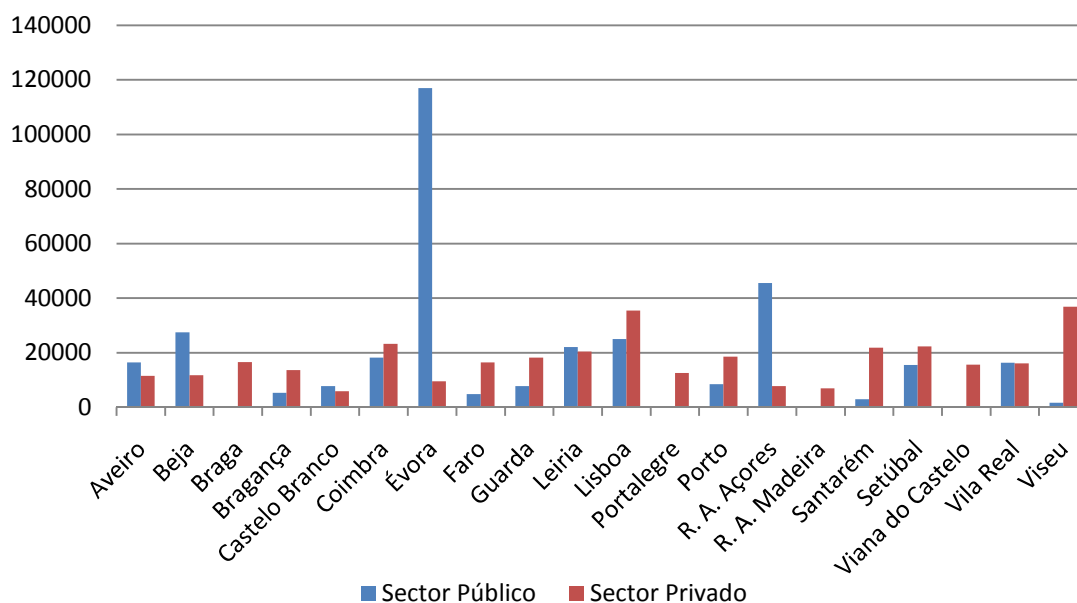


Figura 4.18 Volume de exames anual por PCS

Um método de relacionar o sector Público com o sector Privado, é o de relacionar a Produtividade de cada um. Produtividade entende-se pela relação do volume de exames pela quantidade de equipamentos existente. Este tipo de rácio permite estabelecer um grau de semelhança e singularidade entre os vários Distritos e outros indicadores importantes. A **Figura 4.19** mostra os resultados finais de Produtividade em todos os Distritos de Portugal, para os dois sectores em estudo.

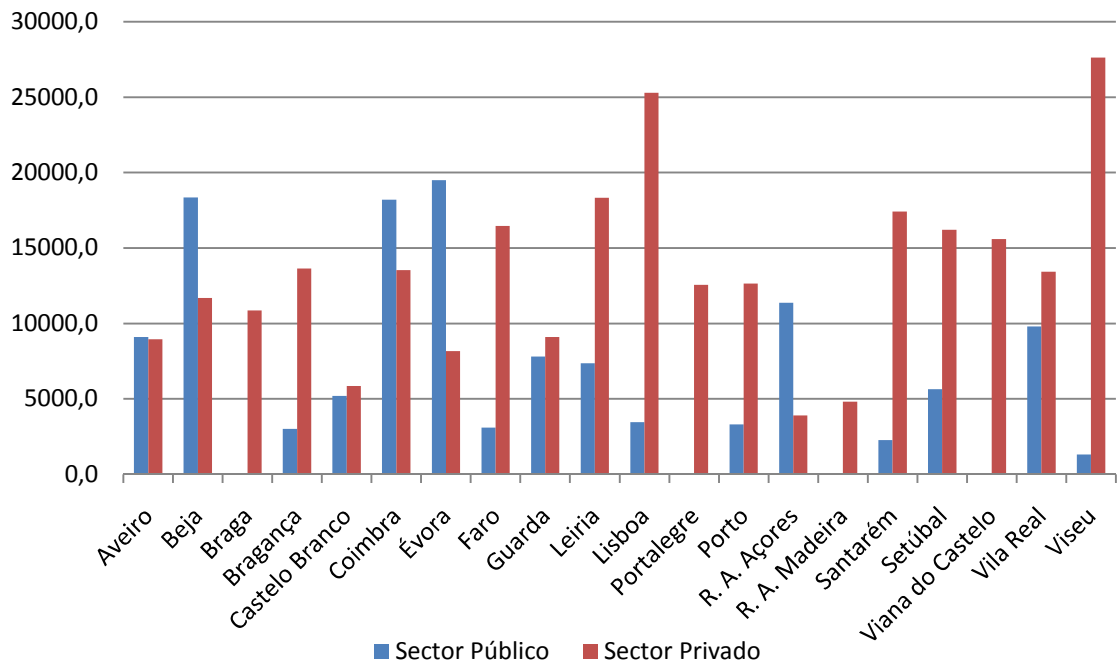


Figura 4.19 Produtividade nos vários Distritos, divididos por sectores

O volume de exames radiográficos por região corporal permite-nos analisar as principais razões que motivam a utilização deste método diagnóstico. Após analisar os dados recebidos, verificou-se que os dois Distritos mais populacionais de Portugal, Lisboa e Porto, representavam uma fatia considerável para o contributo do volume de exames radiográficos feitos em Portugal; juntos, os dois Distritos representam cerca de 48% do total de exames radiográficos feitos em Portugal. Assim, achou-se pertinente não só fazer a caracterização nacional do volume de exames radiográficos segmentados por região corporal, mas também fazer a nível mais localizado, nomeadamente os dois Distritos referidos. Nas **Figuras 4.20 e 4.21** estão representados os dados referentes a Portugal. Na primeira **Figura** este tipo de caracterização é apresentado como um todo, sem segmentação por sectores. Na última **Figura**, analisou-se o país, segmentado nos dois sectores (Público e Privado). Na **Figura 4.22** são apresentados os dados referentes ao Distrito de Lisboa. Na **Figura 4.23** apresentam-se os dados do Distrito do Porto.

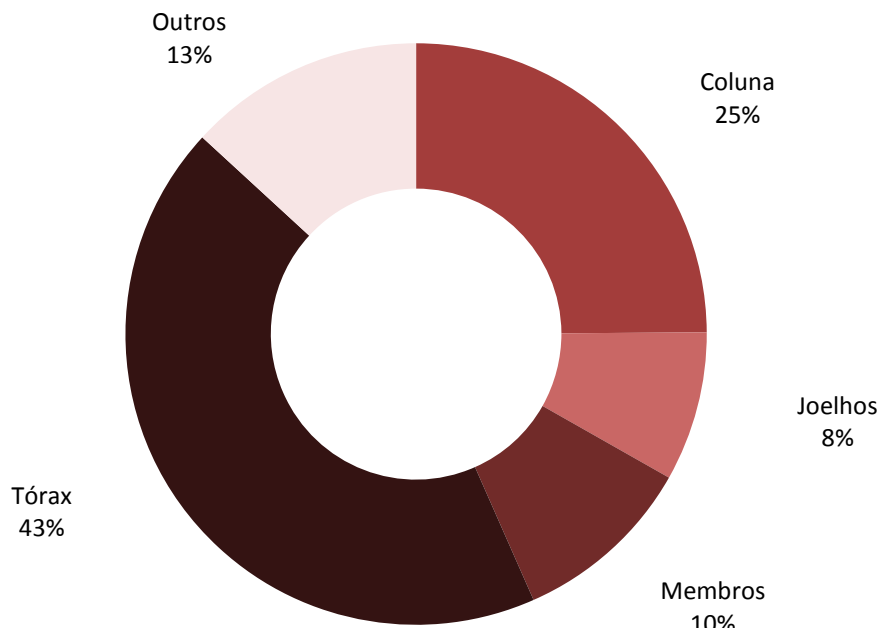


Figura 4.20 Volume absoluto (sector Público mais sector Privado) de exames radiográficos por região corporal

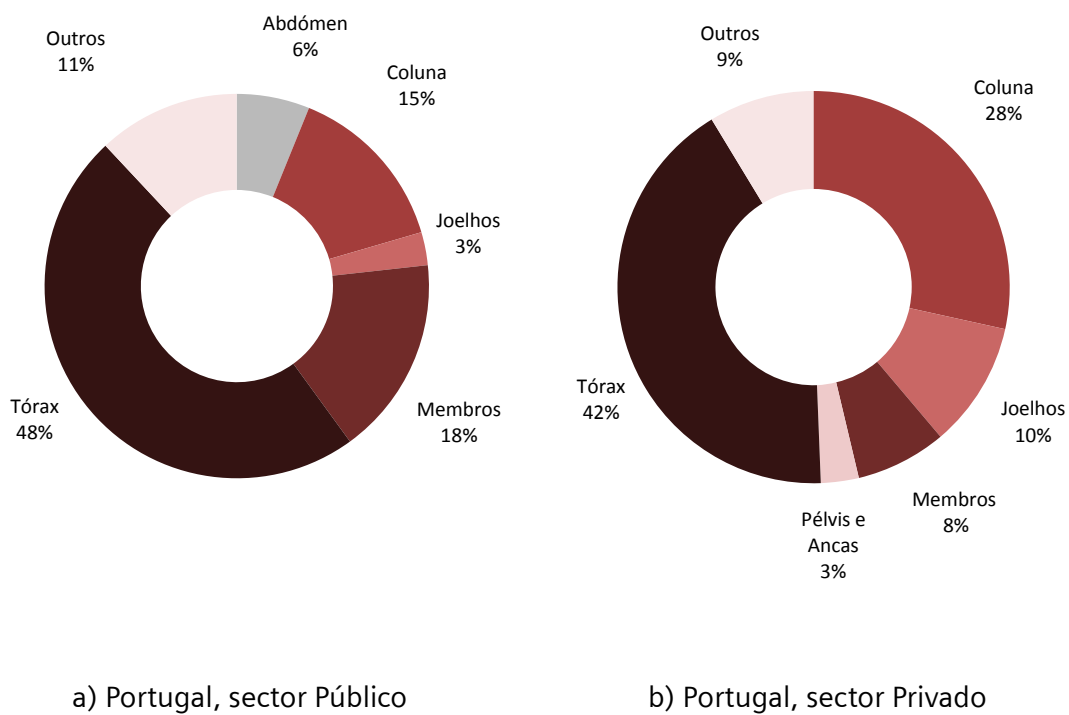
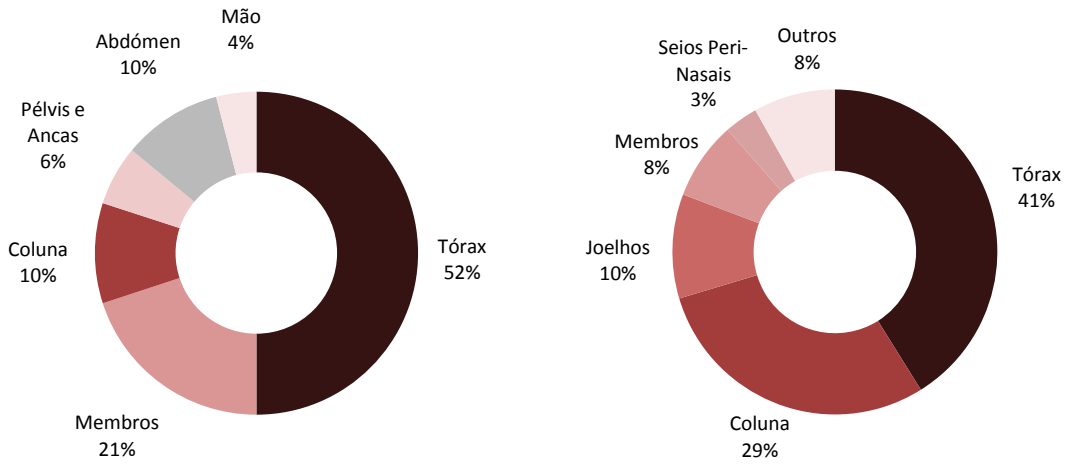


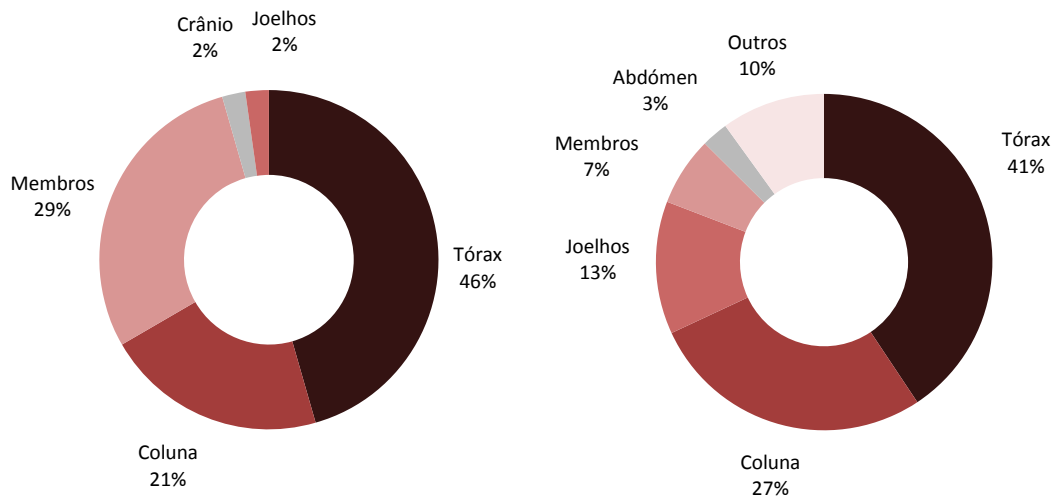
Figura 4.21 Volume de exames radiográficos por região corporal em Portugal



a) Distrito de Lisboa, sector Público

b) Distrito de Lisboa, sector Privado

Figura 4.22 Volume de exames radiográficos por região corporal no Distrito de Lisboa



a) Distrito do Porto, sector Público

b) Distrito do Porto, sector Privado

Figura 4.23 Volume de exames radiográficos por região corporal no Distrito do Porto

4.5 Recursos humanos associados à tecnologia

Por último, este estudo pretendeu ainda identificar os recursos humanos ligados à tecnologia em estudo, uma vez que estes são parte integrante e determinante nos PCS que a disponibilizam.

Os dados recolhidos permitiram identificar um total de 906 médicos radiologistas a nível nacional, assim como 1436 técnicos radiologistas. Na **Figura 4.24** apresenta-se a distribuição geográfica dos Médicos Radiologistas no País e Regiões Autónomas, e na **Figura 4.25** está representada a distribuição geográfica dos Técnicos Radiologistas. Nesta subsecção são ainda apresentados vários indicadores que relacionam o número de profissionais com outros factores. Nas **Figuras 4.26 e 4.27**, é apresentada a disponibilidade destes profissionais para com os utentes, tendo utilizada como unidade populacional a centena de milhar, de modo a facilitar a interpretação e análise dos indicadores. Nas **Figuras 4.28 e 4.29** é encontrada uma relação entre os dois tipos de profissionais e os PCS divididos por Distritos. Nas **Figuras 4.30 e 4.31** pode ver-se como estão estes profissionais colocados em relação aos equipamentos, também divididos por Distritos. Todos estes rácios e indicadores representados nas **Figuras 4.26, 4.27, 4.28, 4.29, 4.30 e 4.31** estão segmentados tanto para o sector Público como para o sector Privado.

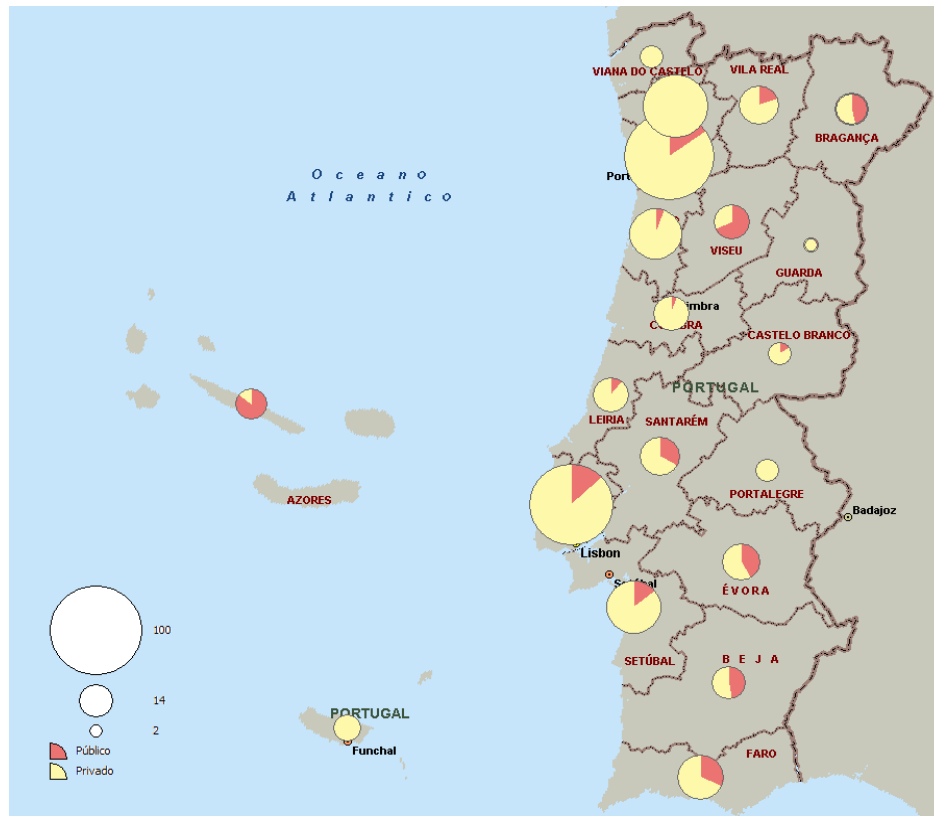


Figura 4.24 Distribuição em absoluto (sectores Público e Privado) dos Médicos Radiologistas

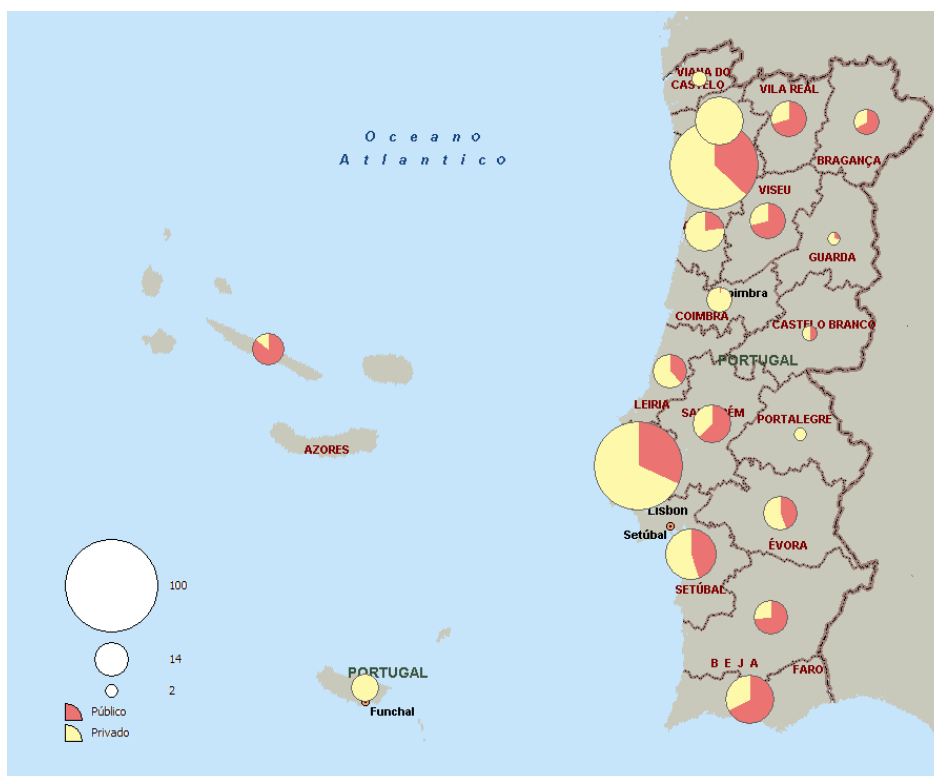


Figura 4.25 Distribuição em absoluto (sectores Público e Privado) dos Técnicos Radiologistas

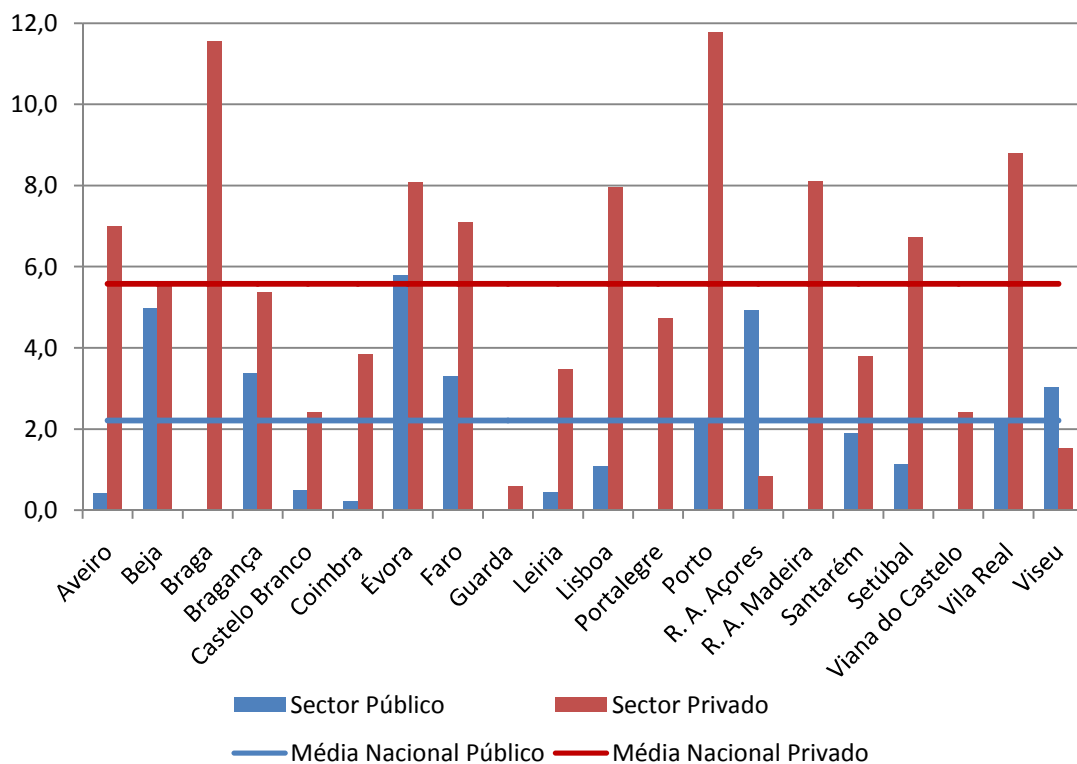


Figura 4.26 Número de Médicos Radiologistas por 100.000 habitantes

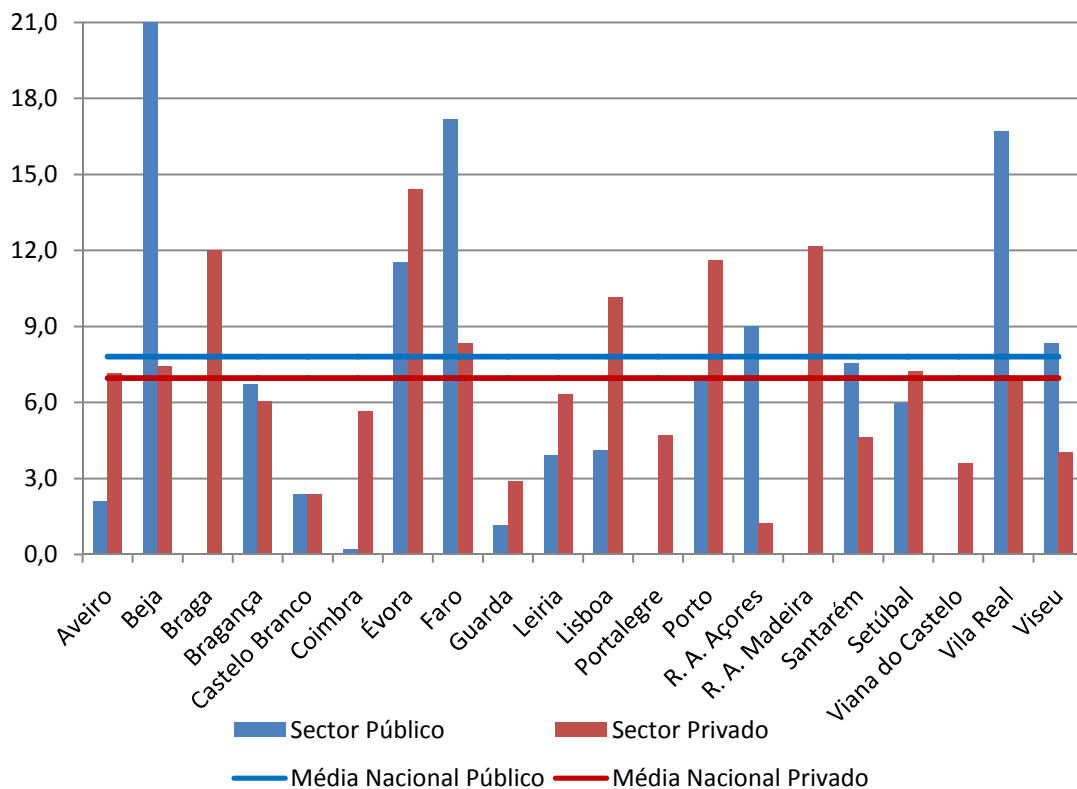


Figura 4.27 Número de Técnicos Radiologistas por 100.000 habitantes

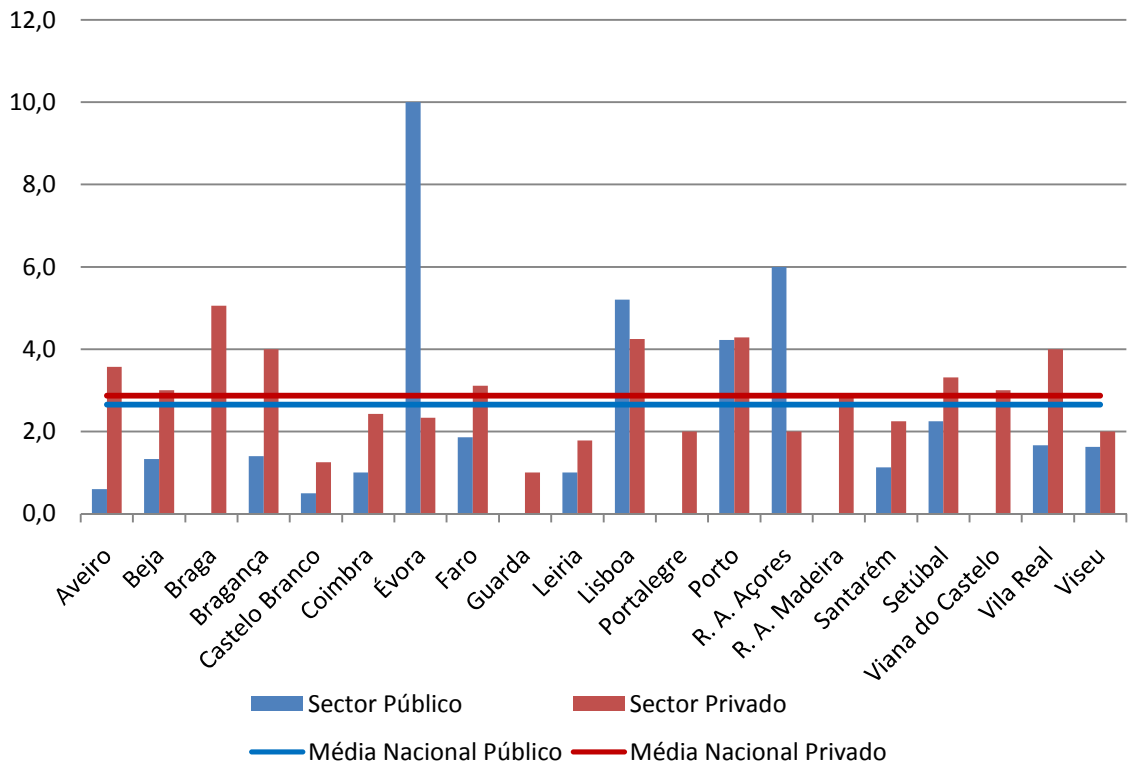


Figura 4.28 Número de Médicos Radiologistas por PCS em cada Distrito

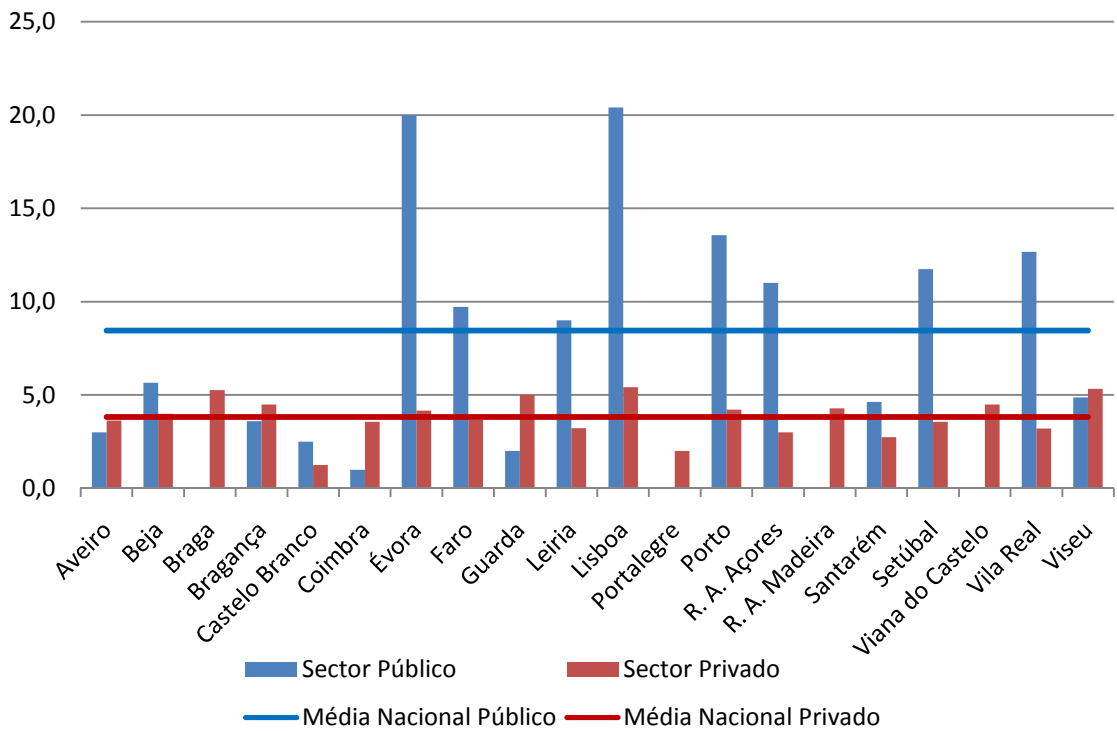


Figura 4.29 Número de Técnicos Radiologistas por PCS em cada Distrito

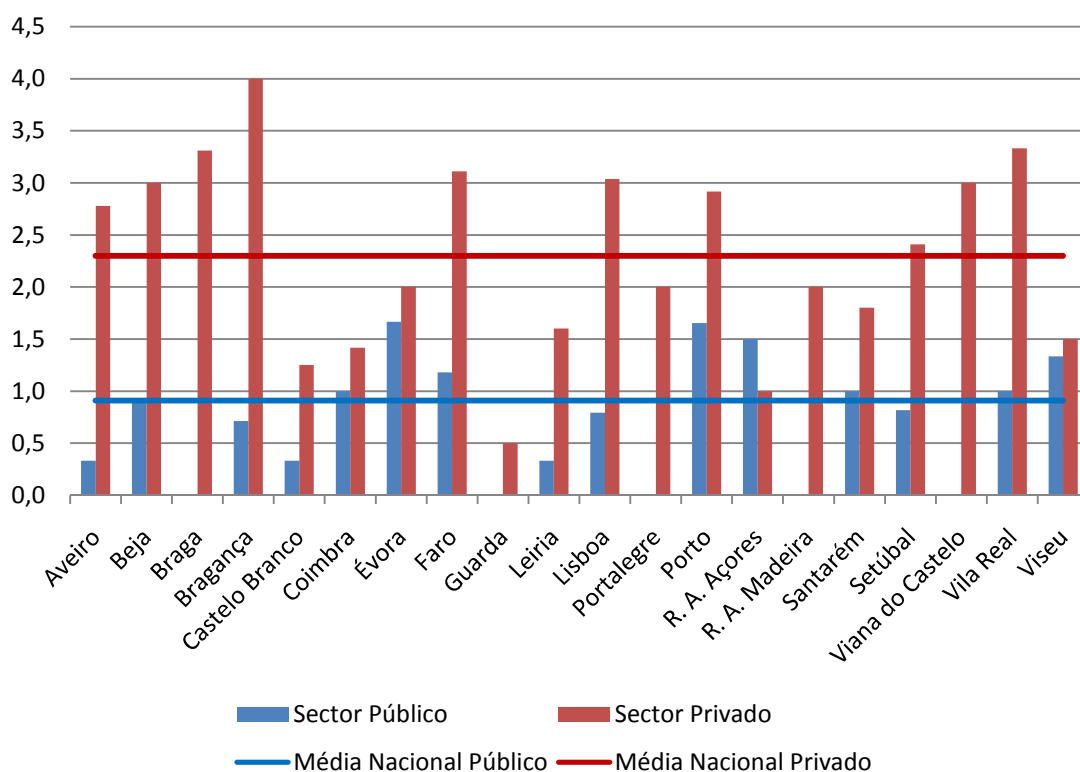


Figura 4.30 Número de Médicos Radiologistas por Equipamento

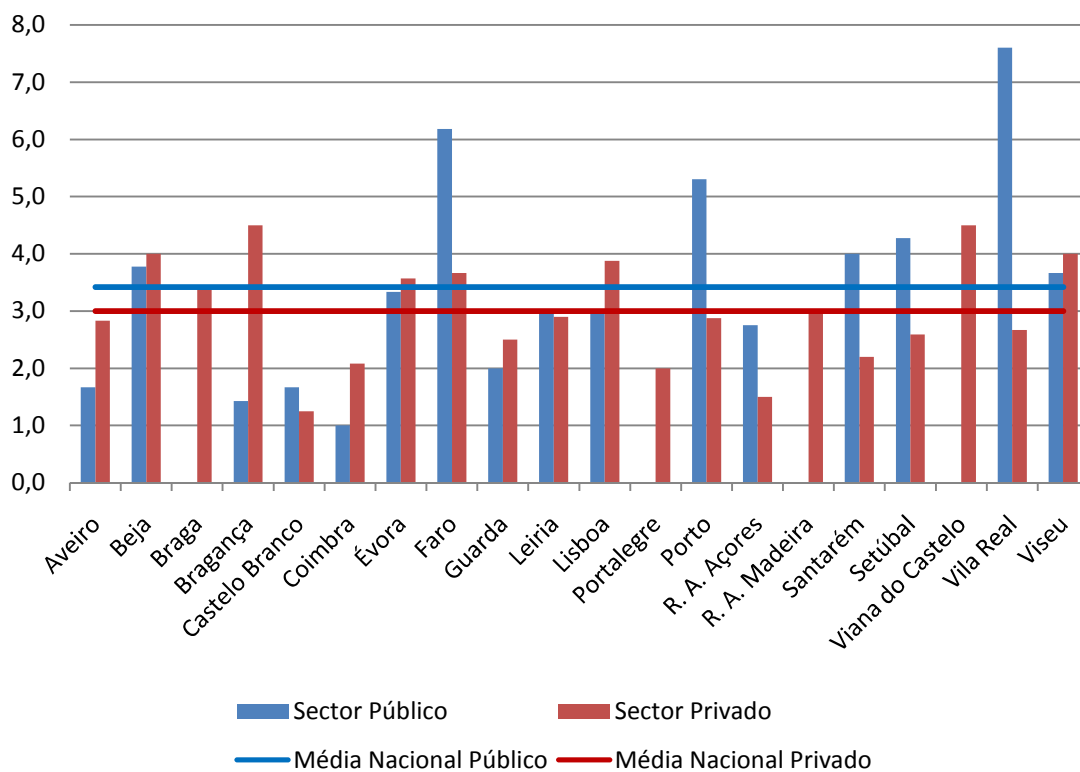


Figura 4.31 Número de Técnicos Radiologistas por Equipamento

5 Discussão dos resultados

Neste capítulo apresenta-se uma análise dos resultados sistematizados na Secção 4.1, expondo algumas considerações acerca dos mesmos.

5.1 Nível de resposta ao inquérito

A amostra de 277 PCS que utilizam a tecnologia é representativa do panorama nacional, uma vez que todas as instituições que colaboraram com o estudo representam 76,5% (dos quais 77% são pertencentes ao sector Privado e os outros 23% pertencentes ao sector Público) dos PCS identificados como população (Secção 3.1 “População e amostra”). Com essa amostra pretendeu-se produzir um conjunto de vários factores, incluindo rácios, para daí tirar ilações e conclusões sobre como está a operar o mercado da tecnologia abordada. A amostra compunha-se da seguinte maneira: 72% dos PCS pertencem ao sector Privado e os restantes 28% pertencem ao sector Público (**Figura 4.1**). Estratificando a amostra total, no sector Público temos 11% de dados em falta, 12% possuem a tecnologia e 6% não trabalham com este tipo de radiação. No sector Privado, 23% não possuem a tecnologia, 35% sim, e existem 13% dos PCS privados com dados em falta (**Figura 4.2**). A não disponibilização de dados ocorreu por diferentes razões, tal como descrito no capítulo 4.

Ao analisar a **Tabela V**, que apresenta toda a informação do nível de resposta ao projecto, verificamos que no sector Público, as instituições que integram os Distritos de Évora e Leiria evidenciaram maior receptividade ao estudo, com 100% dos PCS pertencentes à amostra a responderem. No sector Privado, foram vários os Distritos que responderam a 100% ao pedido de colaboração, sendo eles o Distrito de Beja, Bragança, Castelo Branco, Guarda, Portalegre, R. A. Madeira e Viseu. No entanto, o Distrito que forneceu maior quantidade de informação foi o Distrito de Lisboa, com 96 respostas (79%). Num panorama mais geral, e absoluto (sectores Público e Privado), encontramos a R. A. Madeira com 100% de respostas por parte dos PCS. Este valor torna-se relativo quando verificamos o número de PCS de alguns desses Distritos que constam na amostra pois cada um desses Distritos tem um número de PCS não muito relevante na amostra total. Guarda apresenta um PCS; Portalegre apresenta três; Beja, Castelo Branco e Viseu apresentam cinco cada; e o Distrito com o maior número de PCS é a R. A. Madeira, com nove. A percentagem do menor número de respostas pertence ao Distrito de Coimbra, com 55%. O Distrito de Lisboa foi o Distrito que, devendo-se ao facto de ter 143 PCS na amostra, obteve o maior número de respostas em termos quantitativos: 102 PCS responderam ao inquérito.

No cartograma representativo da distribuição de todos os PCS da amostra (**Figura 4.3**), observamos que a maior parte da amostra seleccionada encontra-se nos Distritos mais litorais de Portugal Continental, sendo uma das causas para esse facto a também localização litoral dos PCS privados. Os Distritos de Braga, Porto, Aveiro, Lisboa e Santarém apresentam um grande número de PCS privados (número superior ao número de PCS públicos), e por conseguinte, são os Distritos que mais PCS apresentam.

5.2 Recursos tecnológicos identificados

A fim de localizar a tecnologia (Equipamentos de raios-X), apresentou-se a sua distribuição absoluta (**Figura 4.4**). Existe, claramente, um número muito superior de equipamentos nos Distritos de Lisboa e Porto em relação aos outros Distritos. Nesses dois Distritos, a larga maioria dos equipamentos estão no sector Privado, sendo de se esperar, pois como se havia discutido anteriormente em 5.1 "Nível de resposta ao inquérito", um alto número de PCS privados estão no litoral de Portugal Continental. No interior do País vemos a situação inversa: número baixo de equipamentos relativamente aos Distritos com maior número, sendo que a maioria desses equipamentos encontra-se em PCS pertencentes ao sector Público. Existe uma clara diferença referente à localização dos equipamentos a nível Nacional. É no Distrito do Porto que existe a maior

parte dos equipamentos levantados neste estudo. São 21,6% dos 430 equipamentos levantados.

5.3 Caracterização dos recursos tecnológicos

O primeiro passo que foi feito para iniciar a caracterização dos Recursos Tecnológicos foi o de organizar e apresentar a média do número de equipamentos por PCS de cada Distrito. Na **Figura 4.5** são auferidas as médias para todos os Distritos. No geral, é notória a diferença entre o sector Público e Privado, sendo que este último apresenta o maior número de equipamentos por PCS, e 7 dos Distritos apresentam valores superiores à média nacional (2,26 Equip./PCS). Para o sector Privado, nota-se um equilíbrio entre as instituições, alternando entre 1 e 2 equipamentos por PCS. A fim de se poder relacionar os Distritos de modo equitativo, foi determinado um rácio relativo ao número de equipamentos por 100.000 habitantes (Equip./100.000 hab) nos dois sectores. Após análise da **Figura 4.6**, é verificado um alto número de Equip./100.000 hab (8,7) no Distrito de Bragança, para o sector Público, ficando muito acima da média desse sector, que é de 1,5. Este Distrito e o Distrito de Beja são os únicos com mais de 4,0 equipamentos por 100.000 habitantes. Relacionando os dois sectores, na maioria, o sector Privado apresenta mais equipamentos por 100.000 habitantes do que o sector Público, facto confirmado pela média desse sector (2,7) em comparação com a do sector Público (1,5), exceptuando-se nos seguintes 5 casos: Braga, Bragança, Faro, R. A. Açores e Viseu. O valor mais alto neste sector pertence à R. A. Madeira, com 4,1 equipamentos por 100.000 habitantes. São mais 2 os Distritos que ultrapassam a marca dos 4,0 Equip./100.000 hab, sendo eles os Distritos de Évora e Porto. A média nacional absoluta (sector Público mais sector Privado) situa-se nos 4,2 equipamentos por 100.000 habitantes.

Um dos principais objectivos impulsionadores deste projecto era o de procurar saber de que modo esta tecnologia está a operar, sendo que o factor da idade de instalação dos seus equipamentos é determinante para essa questão poder ser respondida. Na **Figura 4.7** são apresentados os valores calculados para todos os Distritos, e também a média nacional para cada sector. É importante realçar que alguns dos equipamentos que estão a ser analisados neste indicador, apresentam zero anos de idade, ou seja, são equipamentos instalados no corrente ano. Como não se achou relevante interpretar as idades com a unidade de meses, manteve-se a apresentação das idades em anos. Em destaque temos, para o sector Público, os quatro Distritos que igualam ou ultrapassam a marca dos 12 anos de idade de instalação: Beja, Lisboa, Santarém e Setúbal. Deste

conjunto, são os Distritos de Beja e Lisboa que possuem a média de idades mais alta, com 13,0. Para o sector Privado, são três os Distritos que apresentam valores acima dos 12,0. Braga, Guarda e Leiria, este último com a marca mais elevada, sendo de 15,0. No oposto, os Distritos de Vila Real e Beja apresentam-se como sendo os Distritos com os equipamentos mais recentes nos sectores, Vila Real no sector Público e Beja no sector Privado. Comparando as médias nacionais dos dois sectores, verifica-se que o sector Público apresenta equipamentos com idades superiores às dos equipamentos do sector Privado, em cerca de 4 meses, sendo, respectivamente, 9,78 e 10,14. A média nacional absoluta (equipamentos dos dois sectores) situa-se nos 9,91 anos de idade. Voltando ao sector Privado, alguns Distritos mostram uma média de idades dos equipamentos por volta dos 4-8 anos. Como o sector Privado é relativamente recente, não é certo que estes aparelhos tenham vindo substituir outros. É sim, correcto assumir que no período relativo aos primeiros 4 anos do século XXI tenha ocorrido uma proliferação de clínicas privadas, com aquisição de equipamento novo. Em relação aos PCS públicos, nota-se a existência de equipamentos recentes, mas na ausência, em geral, de novas instituições nesse sector, depreende-se que serão equipamentos que vieram substituir outros.

Destes dados, e vendo que alguns Distritos apresentam o parque de equipamentos instalados com idades acima das médias nacionais, pode-se discutir onde deveria ser feita uma renovação desses equipamentos. Existem 4 Distritos que apresentam os equipamentos de ambos os sectores (Público e Privado) com idades acima das médias: Lisboa, Santarém e Setúbal. 8 dos 20 Distritos apresentam equipamentos no sector Privado com idades acima da média; no Público, são 5.

Continuando na senda dos principais objectivos de trabalho, é fundamental que se segmente o mercado em termos de fornecedores de equipamentos, para definir o líder e os mais directos concorrentes neste mercado, característico pela sua diversidade. A fim de determinar a quota actual do mesmo, extraíram-se rácios dos dados recebidos.

Dado o número de equipamentos apresentado nos dados recebidos de cada uma das marcas e da diversidade das mesmas, foram definidos 6 grandes fornecedores e um "Outros", que englobará todos os dados de marcas pouco representadas na amostra total e aqueles equipamentos cuja marca não foi fornecida (casos de Não Sabe/Não Responde). Assim, a marca E destaca-se na liderança total, com 27% do total (118 equipamentos) de quota (**Figura 4.10**). Analisando na especialidade: no sector Público, é a marca E que tem o maior número de equipamentos (38% do mercado do sector); já no sector Privado, é a marca B que possui a maior representatividade (23%), pois apesar

de os “Outros” fabricantes apresentarem mais 4 equipamentos, não é correcto assumir que dominam a maior fatia do mercado, pois são constituídos por vários representantes.

Continuando com a mesma linha de orientação, procedeu-se ao estudo das idades de instalação das três marcas/fabricantes mais representativas (com maior número de equipamentos relacionado directamente entre todas as marcas/fabricantes presentes), sendo elas as marcas E, A e B. A marca A apresenta valores muito opostos; exemplificando, os Distritos de Viana do Castelo e Portalegre tem equipamentos com idades na ordem dos 1-2 anos, enquanto outros Distritos, tais como o Distrito de Bragança (que tem equipamentos com cerca de 21 anos) e o Distrito do Porto, com equipamentos com idades na ordem dos 19, possuem equipamentos com um tempo de vida substancialmente superior; no entanto a média nacional da marca A é inferior à da marca E: 8,14 (Figura 4.11). A terceira marca mais representativa, a marca B (Figura 4.13), também se apresenta com valores distritais muito similares, exceptuando o Distrito de Santarém, com a média a rondar os 20 anos de idade, e, no outro oposto, o Distrito de Viseu, com uma média baixa, pelos 2,5 anos. A média nacional desta marca fica pelos 8,51. A marca E, por outro lado, apresenta valores de idade muito equilibrados em todos os Distritos, ficando a média nacional pelos 9,57 (Figura 4.15). Assim, numa perspectiva comparativa, a marca A apresenta a média mais baixa, levando a que seja considerada a marca com uma base instalada mais recente que os mais directos competidores. A marca B surge logo em seguida, com a média de 8,51 anos e, por último, a marca líder deste mercado, a marca E, com a média mais alta de idades dos equipamentos de raios-X, sendo de 9,57 anos.

Para exercer uma leitura sobre a evolução da marca no mercado, é apresentado o número de equipamentos por intervalos de idade, para cada uma das três marcas. Na marca A (Figura 4.12), denota-se uma evolução positiva na instalação de equipamentos havendo uma falta de equipamentos com idades compreendidas entre os 16 e os 20 anos. O mesmo comportamento é presenciado na marca B (Figura 4.14). Já para a marca E (Figura 4.16), líder de mercado, com a maior quota, verifica-se um decréscimo no número de equipamentos entre os intervalos [6-10] anos e [0-5] anos.

Como já referido, esta tecnologia já é utilizada há muito tempo. Os factores de mudança e inovação actualmente são os tipos de processamento de imagem. Existem três maneiras: analogicamente, digitalmente por IPs ou por aquisição directa. Ou seja, este é um factor inevitável para este estudo, que pretende ser referência para este tipo

de tecnologia. Posto isto, procedeu-se à análise do tipo de gama dos equipamentos (**Figura 4.8**). É importante realçar que este tipo de indicador foi utilizado apenas no sector Privado, já que a grande maioria dos PCS pertencentes ao sector Público não forneceu este tipo de dados. Existem Distritos que não forneceram este tipo de informação para nenhum equipamento.

De uma forma geral, verifica-se que a Digitalização por IPs é o modo de processamento mais utilizado na generalidade dos PCS portugueses; em Faro, 89% dos equipamentos utilizam a digitalização por IPs, Aveiro tem 72% e a R. A. Madeira apresenta 70%. De seguida, surge o método analógico, associado a uma alta dose de radiação e maior frequência de filmes processados de maneira defeituosa, com uma representação mediana em alguns Distritos, chegando aos 50% no Distrito da Guarda. Por fim, a Aquisição Directa (o método menos agressivo pois não necessita do mesmo valor de doses do método Analógico, nem de incidências repetidas), que apresenta uma pequena representação, devido muito provavelmente aos altos custos para a aquisição de equipamentos com esse método processador. 50% dos equipamentos (cuja informação sobre a gama foi fornecida) do Distrito de Viana do Castelo apresentam este tipo de processamento. Continuando no mesmo indicador, mas analisando o panorama nacional (**Figura 4.9**), vemos que as ilações tiradas previamente a nível Distrital podem ser extrapoladas: a Digitalização por IPs representa a maior parte dos métodos de processamento de imagem, com 43% do total de equipamentos recebidos; 12% dos equipamentos ainda utiliza o meio mais convencional, o método Analógico; 4% já utiliza o método mais recente e eficaz, a Aquisição Directa; e os restantes 41% são equipamentos cuja informação sobre a Gama não se sabia ou não foi respondida. Uma das razões para haver uma grande percentagem de PCS que não sabem ou não respondem pode ser de que quando contactados, os profissionais não saberiam na altura a resposta. Assim, foi notório um desconhecimento a nível tecnológico, muito provavelmente resultante de um desinteresse generalizado. Denota-se que uma larga parte dos PCS contactados (41%) não dará importância ao modo de processamento dos exames radiográficos, não havendo interesse na procura da melhor qualidade de imagem e de uma maior segurança para o doente (em termos de radiação). É de certo modo preocupante, visto que Distritos como Castelo Branco, Évora, R. A. Açores e Vila Real que apresentam uma grande percentagem de falta de informação sobre a gama dos equipamentos, apresentam simultaneamente equipamentos com idades mais altas que a média nacional do sector Privado (**Figura 4.7**).

5.4 Exames radiográficos

Os rácios e indicadores a seguir apresentados são essenciais, complementando os outros factores já apresentados, para alcançar outro dos principais objectivos deste projecto, o de compreender o modo e âmbito de operação da tecnologia em análise. É estudado o volume de exames radiográficos, a produtividade dos equipamentos e a tipologia de exames por região corpórea, sendo que estes indicadores são ainda relacionados e cruzados com outros rácios/indicadores.

Ao relacionar o volume anual de exames radiográficos por 1000 habitantes (exames/1000 habs) dos dois sectores (**Figura 4.17**), é possível efectuar mais uma comparação entre o sector Público e o sector Privado. No sector Público, o valor mais alto pertence ao Distrito de Beja, com 1024,2 exames/1000 habs e o valor mais baixo pertence ao Distrito de Viseu, com apenas 30,1 exames radiográficos exames/1000 habs anualmente. Para o sector Privado, o Distrito de Lisboa apresenta o maior índice de exames radiográfico por 1000 habitantes, 663,1 exames/1000 habs sendo que o menor volume localiza-se na R. A. Açores, com apenas 32,0 exame/1000 habs anualmente. Em geral, o Distrito da Guarda é aquele que apresenta um rácio absoluto (sector Público e sector Privado) mais baixo a nível de Portugal. O total do Distrito de Viana do Castelo é menor que o total do Distrito da Guarda, mas não foi tomado em consideração por só constarem dados do sector Privado nesse Distrito.

Em relação ao volume de exames radiográficos anual efectuado por PCS (**Figura 4.18**) verifica-se que o Distrito que efectua mais exames por ano é o Distrito de Viseu, no sector Privado, processando mais de 36 mil exames por PCS anualmente. No oposto está o Distrito de Castelo Branco, com 5850,0. No sector Público, é o Distrito de Viseu que apresenta o menor número de exames processados anualmente por cada PCS, sendo de apenas 1700,4, e o Distrito de Évora a região com o maior volume de trabalho anual por PCS, com 117 mil exames. A existência deste valor tão alto é explicada pelo facto de a única instituição do sector Público que possui a tecnologia abordada no projecto ser um hospital distrital de grande dimensão, apresentando um valor elevado de volume de exames radiográficos anual, que contribui univocamente para a média do Distrito.

O rácio que relaciona a quantidade de exames anuais com o número de equipamentos, a Produtividade, é um bom método para comparar directamente o sector Público com o sector Privado, permitindo estabelecer graus de semelhança e singularidade únicos.

Como se pode verificar a partir da **Figura 4.19**, a produtividade do Distrito de Lisboa no sector Privado é de cerca de 7 vezes superior quando comparada com a produtividade no sector Público no mesmo Distrito. Este tipo de comportamento observa-se em 15 dos 20 Distritos, exceptuando-se os Distritos de Aveiro, Beja, Coimbra, Évora e R. A. Madeira. Nestes cinco Distritos, destacam-se Évora e R. A. Açores, cujos PCS pertencentes ao sector Público apresentam o dobro da produtividade dos PCS do sector Privado. Surgem vários casos extremos, situações de diferença de produtividade elevadíssimas, nomeadamente Lisboa, como já referido, com sete vezes mais; Viseu, com quase 21 vezes mais produtividade no sector Privado; e Santarém, com 7 vezes mais produtividade.

De destacar o Distrito de Viseu, efectuando o maior número de radiografias por equipamento do sector Privado, e, simultaneamente, o menor número de radiografias por equipamento no sector Público. Ainda no sector Público, é no Distrito de Évora que se fazem mais exames radiográficos por equipamento anualmente, 19500.

O volume de exames radiográficos segmentado por região corporal permite-nos analisar os principais âmbitos dos exames radiográficos. Em primeiro lugar, destaca-se o facto de que os dois maiores Distritos de Portugal (Lisboa e Porto) representam, juntos, a maior fatia da utilização nacional deste tipo de meio diagnóstico, com 48% do total de exames radiográficos. Procedeu-se a uma estratificação das regiões corporais mais examinadas em ambos os sectores nestes dois Distritos, e seguidamente, foi feito o mesmo tratamento a nível nacional.

Comparando o sector Público com o sector Privado no Distrito de Lisboa (**Figura 4.22**), verifica-se que há concordância apenas em relação à área corporal mais realizada, sendo o Tórax. Neste Distrito, os exames aos Membros e à Coluna são, respectivamente, as segunda e terceira áreas mais radiografadas no sector Público e a Coluna e os Joelhos, as segunda e terceira áreas mais radiografadas no sector Privado.

No Distrito do Porto (**Figura 4.23**), acontece uma situação semelhante, sendo o Tórax a região corporal mais radiografada nos dois sectores. Tal como no Distrito de Lisboa, as segunda e terceira áreas são diferentes para os dois casos. No sector Público temos os Membros e depois a Coluna, e no sector Privado, a Coluna e seguidamente os Joelhos.

No panorama nacional (**Figura 4.21**), os resultados apresentam o mesmo comportamento, sendo que a região mais radiografada é comum nos dois sectores, o Tórax. No sector Público, a segunda região mais radiografada são os Membros e a terceira a Coluna. No sector Privado, a segunda mais radiografada é a Coluna e a

terceira região são os Joelhos. Estes resultados replicam o comportamento identificado nos Distritos de Lisboa e Porto, o que, apesar de os resultados nacionais serem muito dependentes destes dois Distritos (como referido, estes Distritos representam 48% do volume de RX efectuado a nível nacional anualmente), leva a que se confirme a fiabilidade dos dados recolhidos neste projecto.

Ao fazer a distribuição absoluta para Portugal (sector Público e sector Privado) na **Figura 4.20**, os resultados modificam-se um pouco, verificando-se que as regiões corpóreas em que é utilizado este MCDT são, por ordem decrescente, o Tórax, a Coluna e os Membros.

5.5 Recursos Humanos associados à tecnologia

Os profissionais ligados à utilização de radiação X são parte integrante e importante nos PCS que disponibilizam esse tipo de tecnologia, sendo mandatória a presença, tanto de médicos radiologistas como técnicos radiologistas em todos os serviços de Radiologia. Os dados obtidos permitiram identificar 906 médicos radiologistas e 1436 técnicos radiologistas.

No cartograma da **Figura 4.24**, denota-se uma notória diferença de MR entre o sector Público e o sector Privado, sendo este número muito superior no sector Privado de forma generalizada por todo o país. Como excepções, destacam-se apenas o Distrito de Viseu e a R. A. Açores, que apresentam um maior número de MR no sector Público do que no sector Privado.

Em relação aos Técnicos Radiologistas, podemos analisar a localização geográfica destes profissionais no cartograma da **Figura 4.24**.

Apesar de nos Distritos de Lisboa e Porto surgirem mais técnicos no sector Privado, na maioria dos restantes os TR distribuem-se maioritariamente no sector Público.

O Distrito que se apresenta como tendo o maior número destes profissionais (técnicos e médicos) é o Distrito do Porto, que, no total de ambos os sectores (Privado e Público) apresenta 329 técnicos e 248 médicos radiologistas.

A disponibilidade dos profissionais em cada Distrito é também um factor relevante para o estudo. Assim, verificou-se que na sua maioria, os médicos radiologistas que exercem no sector Privado superam em número e disponibilidade (profissional por 100.000 habitantes) os mesmos profissionais no sector Público (**Figura 4.26**). Os 11,8 médicos radiologistas que o Distrito do Porto tem para cada 100.000 habitantes referentes àquele Distrito confirmam essa afirmação, quando relacionados com os 2,1 do sector

Público; nesse sector, Évora apresenta mais MR/100.000 habs. do que os restantes Distritos, com 5,8. Esta afirmação poderá advir de uma situação de possível duplicação do número de profissionais. Hoje em dia, muitos profissionais de saúde (há mais casos referentes aos MR do que aos TR) que operam no sector Público, também trabalham no sector Privado, não estando limitados a apenas 1 instituição. As médias evidenciam muito este caso, pois enquanto a média do sector Público situa-se nos 2,2 MR/100.000 habs, a do sector Privado apresenta 5,6, bem mais alto. Desta maneira, uma parte dos dados levantados poderão contabilizar o mesmo profissional em mais que uma instituição, por vezes em 3 instituições, influenciando largamente os dados. Também será correcto afirmar que hoje em dia há uma adesão muito grande dos MR ao sector Privado pelo facto de se praticarem melhores salários nesse sector e talvez pela mais frequente flexibilidade de horários.

No caso dos técnicos radiologistas, encontramos no sector Público uma maior prevalência do número desses profissionais (**Figura 4.27**); é o Distrito de Beja que tem o indicador mais alto deste tipo de parâmetro, existindo 21,1 técnicos radiologistas para cada 100.000 habitantes. O mais baixo apresenta-se no Distrito de Coimbra, com 0,2. Os TR que trabalham no sector Privado estão num maior grau de disponibilidade no Distrito de Évora (14,4) e num menor grau na R. A. Açores (1,2). Avaliando as duas médias, podemos confirmar o facto de que o sector Público apresenta mais TR por 100.000 habitantes do que o sector Privado; o primeiro tem 7,8 e o segundo apresenta 7,0. Para este indicador, é importante comparar com a provável duplicação dos MR do sector Público para o sector Privado. Há alguns casos em que há duplicação dos TR nos dados, pelas mesmas razões já explicadas para o caso dos MR; no entanto é certo afirmar que a maioria dos TR trabalha sob o regime de exclusividade sob o mesmo centro hospitalar, por exemplo, não havendo muita partilha destes profissionais entre os dois sectores (Público e Privado).

Avaliando o número de profissionais PCS (**Figura 4.28**), o Distrito de Évora apresenta a maior média de MR do sector Público. Novamente, salienta-se o facto de que para o sector Público do Distrito de Évora apenas está considerado um hospital de grandes dimensões, sendo o único PCS público contactado que possui a tecnologia. Castelo Branco surge com o valor mais baixo do sector Público, com apenas 0,5 MR por PCS. No sector Privado, o Distrito de Braga evidencia-se, com 5,1 MR por PCS. No oposto está o Distrito da Guarda, com 1,0 MR por PCS. Estes dados comprovam de uma forma mais perceptível a existência de um maior número de MR a exercer no sector Privado.

Relacionando os TR com os PCS, a partir da **Figura 4.29**, é comprovado que de uma forma geral, como já foi discutido, existe um número superior de TR a trabalhar no sector Público comparativamente ao sector Privado sendo que apenas 5 dos 20 Distritos apresentam um valor superior de TR no sector Privado. A nível do sector Público destaca-se novamente o Distrito de Évora, com 20,0 TR por PCS, pela mesma razão já explicitada acima, sendo que, no entanto, o valor mais alto pertence ao Distrito de Lisboa, com 22,0 TR por cada PCS. O Distrito de Coimbra apresenta o valor mais reduzido, 1,0, de TR relativos ao sector Público. No sector Privado, o Distrito de Castelo Branco dispõe de 1,3 TR/PCS, o valor mínimo, e no outro extremo surge o Distrito de Lisboa com uma média de 5,4 TR em cada PCS.

Relacionando o número de profissionais com os equipamentos disponíveis (**Figura 4.30**), verificamos, de uma forma geral e indo ao encontro das considerações anteriores, que é no sector Privado que existe um maior número médio de MR associados a cada recurso tecnológico identificado (MR/Equip.). Neste caso, surge uma excepção na R. A. Açores, que apresenta um maior número de MR por equipamento no sector Público. O Distrito de Bragança apresenta o valor mais alto, com 4,0 MR/Equip. e o Distrito da Guarda o índice mais reduzido, com 0,5 MR/Equip., ambos no sector Privado. No sector Público, os Distritos de Évora e Porto partilham a média mais elevada, com 1,7 MR/Equip., e os Distritos de Aveiro, Castelo Branco e Leiria apresentam os valores mais reduzidos, com 0,3 MR por equipamento.

Para o caso dos técnicos radiologistas, quando relacionado o número de profissionais com o número de equipamentos identificados (TR/Equip.), existe claramente uma maior incidência destes no sector Público (**Figura 4.31**). Neste sector, destaca-se o Distrito de Vila Real, com o rácio mais elevado, de 7,6 TR/Equip., e o Distrito de Coimbra que apresenta o valor do rácio mais baixo, de 1,0 TR/Equip. No sector Privado, os Distritos de Bragança e de Viana do Castelo destacam-se com 4,5 TR/Equip., o valor o mais elevado, e o Distrito de Castelo Branco com o rácio mais baixo, com 1,3 TR/Equip..

6 Conclusões

O presente trabalho tinha como objectivo primordial fazer a avaliação do estado actual da tecnologia abordada, o diagnóstico de imagem por radiação X, considerando-se que este foi atingido.

A análise e discussão de todos os resultados conduzem a conclusões de cariz estratégico, com perspectiva de visão integrada acerca de tudo o que se poderá auferir.

A amostra obtida de 76,5%, que resultou dos dados recebidos, foi considerada viável, visto que ultrapassou a meta estipulada, de 75%. No entanto, a falta de dados do sector Público (taxa de resposta de 62%) tornou-se, de certo modo condicionante para o estudo de alguns distritos, tais como Braga, Portalegre, R. A. Madeira e Viana do Castelo, sendo que também inviabilizou, neste sector, a avaliação dos métodos de processamento da imagem associados aos recursos tecnológicos utilizados. Contudo, a taxa objectivada foi atingida e ultrapassada, em grande parte devido à colaboração de cerca de 82% dos PCS pertencentes ao sector Privado, e o estudo é representativo da realidade tecnológica, a nível nacional.

Este estudo permitiu verificar que os PCS estão localizados maioritariamente nos Distritos mais litorais do país, sendo que mais de 75% dessas instituições pertencem ao sector Privado. É aceitável assumir que as instituições de cariz privado localizaram-se

estrategicamente nesses Distritos, pois é onde a maior parte da população portuguesa habita. A localização dos equipamentos de Raios-X segue a mesma linha da localização dos PCS privados, sendo que os recursos tecnológicos surgem nos Distritos ao litoral de Portugal Continental em número amplamente superior em relação à restante área do país.

Relativamente à quantidade de equipamentos disponíveis por Distrito, verifica-se existir uma grande disparidade a nível nacional. Tomando como exemplo os Distritos de Bragança e Beja, surge uma notória diferença entre os 8,7 equipamentos por 100.000 habitantes no sector Público do primeiro com os 5,6 equipamentos por 100.000 habitantes no mesmo sector, no Distrito de Beja. No entanto, os 142,0 exames radiográficos anualmente por milhar de habitantes no Distrito de Bragança *versus* os 1024,2 exames radiográficos anualmente por milhar de habitantes no Distrito de Beja, sugerem que o primeiro distrito mostra claramente um número de equipamentos superior ao necessário para as requisições que este meio de diagnóstico recebe em toda a região. Esta conclusão é confirmada quando se comparam as produtividades de cada distrito: o distrito de Beja apresenta uma produtividade anual seis vezes superior ao distrito de Bragança (18345,6 contra os 3019,0 de Bragança)

Esta tendência repete-se noutros Distritos, na sua maioria nos PCS pertencentes ao sector Público, nomeadamente os distritos de Faro, Santarém e Viseu, com um número de equipamentos por 100.000 habitantes acima da média nacional para este sector e baixos índices de produtividade. Estes distritos apresentam valores de exames radiográficos muito abaixo dos esperados por regiões capacitadas desta forma, ou seja, com grande disponibilidade de recursos tecnológicos. Isto leva a crer que os PCS destas regiões não irão apostar em tecnologias com características mais inovadoras, que permitam uma maior segurança à saúde do doente, pois o investimento nesse tipo de tecnologias não terá retorno, devido às baixas produtividades apresentadas. Assim, num prazo de 3-5 anos, os recursos tecnológicos não terão evoluído, com potenciais consequências nocivas para os doentes. A deslocalização desses equipamentos para outros PCS cuja produtividade seja alta e apresentem dificuldades em processar o volume de doentes (p.e., o distrito de Coimbra, com um equipamento por 100.000 habitantes e uma produtividade anual de 18200,0 exames radiográficos por equipamento), em particular no sector Público, poderia constituir uma mais-valia na melhoria da qualidade da prestação de cuidados de saúde.

Relativamente às idades dos aparelhos por distrito, conclui-se que os equipamentos que operam no sector Privado caracterizam-se por apresentarem uma média de idades superior à do sector Público, ainda que por apenas quatro meses. No sector Privado, mais de 50% dos distritos apresentam equipamentos com idades elevadas, nalguns casos acima dos 12 anos de idade. É preocupante pensar que alguns desses distritos, tais como o Distrito de Leiria ou o Distrito de Lisboa com 15 e 10 anos de idade média dos equipamentos, respectivamente, possuem uma elevada produtividade anual. É urgente reavaliar este tipo de comportamento e equacionar se os equipamentos estarão a trabalhar nas melhores condições, tendo em conta o elevado número de exames radiográficos processado, uma vez que poderão resultar em elevadas doses de radiação para os utentes dos PCS em questão. No caso do sector Público, verifica-se situação idêntica no Distrito de Beja. Como já foi referido, Beja apresenta um nível de produtividade alto quando comparado com os restantes distritos e com a média nacional. Aliado a esse facto, a média das idades dos equipamentos que operam nesse distrito é alta, estando acima da média nacional do sector Público (apresenta uma média de 13 anos de idade).

Outro factor avaliado foi o método de processamento da imagem associado a cada um dos equipamentos existentes em Portugal. Devido aos problemas anteriormente descritos em relação ao sector Público, capítulo 1, esta avaliação cinge-se apenas ao sector Privado. Numa análise geral aos valores apresentados por Distritos, percebe-se que, para além da enorme quantidade de respostas inconclusivas (NS/NR), a maioria dos PCS possui actualmente recursos tecnológicos que recorrem à Digitalização por IPs para processamento de imagem. Sendo uma alternativa mais fiável ao processamento analógico ao nível de repetições de incidências radiográficas (e assim diminuindo a necessidade do paciente ter de ser radiografado novamente), e de encurtar o *gap* que existe entre o processamento Analógico e a Aquisição Directa (visto que com IPs, há a possibilidade de processar a imagem do filme digitalmente), torna-se uma boa aposta para qualquer PCS que queira inovar e aumentar a qualidade dos cuidados de saúde prestados, mas, ao mesmo tempo, conter custos. No entanto, há ainda muitos equipamentos no panorama nacional (12% do total da amostra privada levantada) que continuam a processar analogicamente a imagem. Conhecendo as claras vantagens dos métodos digitais *versus* método analógico (o método analógico necessita de mais radiação, não tem a mesma qualidade, resulta em desconforto para o paciente e custos para o PCS, visto que os profissionais ficam mais ocupados com o mesmo doente),

julga-se imperativo a implementação de um rápido processo de substituição deste por métodos digitais.

Por último, merece ainda referência o facto de existir um elevado número de situações em que não foi possível identificar o método de processamento de imagem associado aos equipamentos, visto que os profissionais que colaboraram com o estudo não sabiam precisar o modo de operação dos mesmos. Este tipo de comportamento denota um grande desconhecimento por parte dos profissionais de saúde por uma das mais importantes características que um aparelho de radiação X possui, que em muito influi na qualidade dos cuidados prestados aos doentes. Pensa-se assim ser essencial a sensibilização dos PCS, e em especial, dos profissionais associados aos recursos tecnológicos que envolvem radiação X, para esta questão. Julga-se ainda ser imperativo que se reavalie este mesmo rácio para o sector Público, visto que é uma parte integrante, relevante e muito importante de todo este mercado.

O próximo ponto englobará uma avaliação do estado do mercado desta tecnologia, avaliação dos seus intervenientes e factores influenciadores. Já foi discutido que o mercado é essencialmente dominado por três grandes marcas/fabricantes: a marca E tem a maior base instalada de equipamentos, mas com uma idade maior (média de 9,57 anos de idade por equipamento); a marca A, com a segunda maior fatia do mercado, apresenta a mais baixa média de idades dos equipamentos (8,14); e a marca B, imediatamente atrás da marca A, apresenta equipamentos com uma média de idades de 8,51 anos. Analisando a média de idades ao nível dos distritos, de cada aparelho, é notória a evolução do comportamento ao longo do tempo (últimos anos) das três marcas/fabricantes aqui mencionados. A análise do número de equipamentos discriminados por intervalos de idades traz mais evidências a essa evolução. Analisando numa perspectiva geral deste indicador, é possível estabelecer uma linha comportamental da evolução destas marcas para os últimos 20 anos. Ao longo de três períodos ([6-10], [11-15] e [16-20]) a marca E terá sido superior dentro deste grupo de três marcas, com mais equipamentos vendidos que as outras duas. No entanto, nos últimos cinco anos, parece ter perdido terreno em detrimento da marca A e da marca B. Estas últimas continuaram a crescer e a aumentar a base de equipamentos instalada, solidificando as suas presenças no mercado. Em relação aos equipamentos mais recentes ([0-5] anos), pela amostra estudada, aparenta existir um equilíbrio entre as três marcas. Mas analisando e relacionando com a evolução no passado, existe a tendência para as marcas A e B continuarem o seu crescimento e a marca E ser ultrapassada e perder a liderança. Em relação à quota, calcula-se que apenas daqui a

alguns anos é que a marca E poderá deixar de ter a maior base de equipamentos instalada. Pode-se também concluir que quem evidenciou o maior aumento nestes últimos cinco anos foi a marca A, com mais 65% de equipamentos instalados, comparativamente ao período de cinco anos anterior. A marca B aumentou cerca de 19%, e no lugar oposto está a marca E, que instalou menos 32% de equipamentos relativamente ao período anterior.

Analisando agora o facto de todas as marcas apresentarem equipamentos instalados à mais de 20 anos, e sabendo que, em média, um equipamento pode ser considerado obsoleto ao fim de 10-15 anos,[36], considera-se ser importante que as três marcas procurem promover a substituição dos equipamentos instalados com mais de 15 anos. No período que se compreende entre os 16 a 20 anos, está a marca E com 12 equipamentos que poderão e deverão ser substituídos, de modo a salvaguardar a saúde dos doentes e demais intervenientes no exame radiográficos; também a marca B apresenta equipamentos com esta idade, um total de 5, e que também deverão ter como linha orientadora este tipo de comportamento sugerido. A marca A, por sua vez não apresenta nenhum equipamento com idades compreendidas neste intervalo, mas detém o maior número quando analisado o período de há mais de 20 anos: 10 equipamentos. A marca B apresenta um e a marca E apresenta cinco equipamentos. A mesma linha de acção previamente sugerida deve ser tomada como directriz para um excelente modelo de gestão de negócio.

Outro marco importante para este projecto era o de analisar os recursos humanos que estão associados à tecnologia. No que se refere aos Médicos Radiologistas, os dados recolhidos permitem concluir que estes profissionais estão concentrados, a nível geográfico, no litoral do país, zona onde se localizam grande parte dos PCS, sendo que a maioria desses profissionais integra o sector Privado. Depreende-se que isso aconteça pelas razões descritas na secção 4.5 "Recursos humanos associados à tecnologia".

No que se refere aos Técnicos Radiologistas, o cenário muda um pouco: apesar de um grande número destes profissionais exercer a sua actividade nos distritos do Litoral em PCS do Sector Privado, há uma clara superioridade nos Distritos mais interiores de Portugal Continental.

Ao relacionar o número de profissionais por equipamento com o número de exames efectuados por equipamento, é possível perceber zonas de eventual carência ou excesso de profissionais. No caso dos Médicos Radiologistas, no sector Público, os valores obtidos são relativamente uniformes a nível nacional, não existindo a percepção

de casos de carência ou excesso. Para o sector Privado, destacam-se quatro Distritos (Aveiro, Beja, Braga e Bragança) com um potencial excesso de Médicos Radiologistas, quando comparados com outros Distritos que apresentam número inferior de Médicos Radiologistas e maior produtividade. Os dados sugerem a possibilidade de haver uma redução do número de profissionais nos quatro distritos acima mencionados, otimizando e uniformizando o número de profissionais neste sector. Em relação aos Técnicos Radiologistas, no sector Público, constata-se a existência de um número relativamente elevado destes profissionais nalguns distritos quando é tida em conta a produtividade nesses mesmos distritos. No sector privado, não há casos a destacar, estando os valores muito equilibrados, na relação dos TR/Equip. com a produtividade (Exames/Equip.).

6.1 Resumo do relatório

Pretendia-se fazer uma avaliação do estado actual da arte na vertente nacional, para que se obtenha uma percepção estratégica sobre a realidade do mercado, tendências e oportunidades tecnológicas.

6.2 Objectivos realizados

A avaliação tecnológica foi efectuada com uma taxa de sucesso de 76,5%, tendo sido concretizado o que se havia definido. Através da discussão dos resultados e das conclusões foi possível produzir e obter conhecimento necessário para a perspetivação do mercado abordado.

6.3 Outros trabalhos realizados

Ao longo do estágio houve ainda lugar a três formações: o Clinical Use Cases, que me permitiu enriquecer o conhecimento acerca da tecnologia emergente das diferentes áreas que constituem a Siemens Healthcare, e quais as melhorias implementadas para a realização de procedimentos técnicos mais eficazes e adequados no diagnóstico e terapia das patologias mais emergentes; o curso de Sensibilização Ambiental, que forneceu informações sobre os comportamentos mais correctos a ter dentro e fora da empresa, para minimizar as agressões ao ambiente; e ainda o In-Vitro Diagnostics, que forneceu informação sobre o mais recente serviço de Diagnóstico do sector Healthcare. Foram também expostos dois posters referentes ao projecto nas apresentações intercalares para a cadeira de Projecto.

Foram também feitas duas participações em acções de voluntariado promovidas pelo departamento de Voluntariado & Solidariedade da empresa. Uma ida às prisões de Paços de Ferreira e de Custóias; assim como uma participação na Semana da Ciência do Agrupamento Vertical de Escolas de Perafita, leccionando matérias de Saúde, Ambiente, Energia e Electricidade a alunos, com a ajuda da Siemens Discovery Box.

6.4 Limitações

A principal limitação neste estudo foi o facto de alguns dos PCS públicos (hospitais) não terem facilitado a colaboração para com este projecto. Devido à necessidade de efectuar um pedido mais formal para este tipo de PCS, adoptou-se o método do questionário por carta, fazendo com que a recepção dos dados não fosse a mais rápida. Por constrangimentos temporais associados à própria natureza do trabalho (dissertação de mestrado) não seria possível continuar a aguardar pela recepção de mais resultados, pelo que se considerou que ao atingir uma taxa de 75% de respostas recolhidas (em função dos contactos globais realizados) a amostra recolhida era já significativa e dessa forma se poderia terminar a fase de recolha dos dados e passar para a fase de tratamento dos mesmos. Considera-se que neste aspecto teria sido eficaz reforçar telefonicamente o *approach* a estes PCS.

Outra limitação foi o facto de que nos tempos actuais a maioria dos hospitais estão integrados em Centros Hospitalares. Este facto dificultou a recepção dos dados, pois chegaram questionários com respostas únicas mas com dados gerais; muitos centros hospitalares enviaram a resposta apenas num questionário a descrever todas as unidades, sem divisão, dificultando a leitura e tratamento dos dados. Assim, devido a estes vários factores não foi possível trabalhar os dados sobre a gama dos equipamentos deste sector, por exemplo.

Em relação ao volume de RX, neste tipo de estudo, surgem discrepâncias naturalmente. Em especial nos PCS a quem foi feito o inquérito telefonicamente, o profissional que disponibilizou os dados, na sua maioria, fornece-os de acordo com a sua percepção pessoal. Na maioria desses PCS, os inquéritos foram muito rápidos na sua execução, e os valores de volume de exames radiográficos poderiam não ser os mais correctos. A solução para este possível problema é pedir a verificação informática desses dados, mas daí advirá um questionário com um tempo de execução aumentada e poderá perder eficácia. Também a altura do ano em que se faz o inquérito pode ser factor influenciador do número de exames radiográficos. Muitos profissionais apoiam a ideia

de que se o estudo fosse feito no Inverno, por exemplo, o número de exames radiográficos ao tórax iria ser muito maior do que no Verão. Também a localização geográfica do PCS influenciaria também o volume de exames radiográficos de uma dada região corporal. Por exemplo, um PCS que esteja perto de uma área industrial, reportará um número superior de exames radiográficos aos membros, por causa de fracturas devidas a acidentes de trabalho, do que um PCS que nas condições contrárias, por exemplo. Outra limitação acerca do volume de RX é o facto de muitos PCS terem fornecido o número de doentes que fazem este tipo de exame, ao invés do número de exames pedido. Após sugestões de vários profissionais do ramo (MR e TR), encontrou-se um valor que poderia fazer a conversão, sendo de 2,5 exames por doente. Este valor não é validado, apenas sugerido e criado através da experiência dos referidos profissionais que gentilmente colaboraram no estudo.

Sobre o número de exames, há ainda um ponto a referir. Os intervalos do número de exames radiográficos adoptados, que são apresentados nos inquéritos (carta, on-line e script telefónico), foram elaborados e calculados com base em documentos da ACSS (Administração Central do Sistema de Saúde) e do INE (Instituto Nacional de Estatística). No entanto, é compreendido que estes intervalos podem não ser significativos, mas sim meramente indicativos. Alguns hospitais que têm um número alto de equipamentos desta tecnologia, responderam o volume máximo apresentado "Mais de 3000", que poderá ser falacioso, pois muito provavelmente será um número bastante superior. Uma solução para este ponto falível seria a de criar mais um campo, para além dos intervalos de volumes sugeridos, em que o PCS poderia escrever um valor mais adequado ao seu volume.

6.5 Apreciação final

Tomo esta experiência como extremamente importante, significativa e contribuinte para o meu conhecimento sobre esta área. O facto de me ter sido colocado um problema, para o qual eu teria de arranjar uma solução e posteriormente tirar conclusões e ilações foi algo desafiante e trabalhoso, culminando num conhecimento mais vasto sobre o estudo, interpretação e visão de mercado, conseguindo caracterizar o seu comportamento para assim ser possível a sua perspetivação.

O ambiente profissional em que o estágio foi inserido tornou possível o cenário de Autonomia e Responsabilidade com que me regia. Sem dúvida que hoje, após esta passagem numa empresa multi-nacional com enorme dimensão e renome, possuo

estes dois valores muito mais intrínsecos à minha pessoa. O facto de estar inserido numa equipa jovem e capaz de ser crítica proporcionou o meu acesso a vários pontos de vista, abrindo-me os horizontes. A rede de conhecimentos pessoais que também surgiu foi e será deveras importante para o meu futuro.

Bibliografia

- [1] Microsoft. (s.d.). *X Ray - MS Encarta*. Obtido em 22 de Junho de 2009, de http://encarta.msn.com/encyclopedia_761579196/x_ray.html
- [2] Mulcahy, R. (1997). "Wilhelm Conrad Röntgen." *Imagine the Universe*. In *Medical Technology: Inventing the Instruments*. (pp. 73-88). NASA, Minneapolis, Minnesota: Oliver Press.
- [3] Miller, A. (s.d.). *The History of the X-Ray*. Obtido de Dr. Jeffrey McClurken's History of American Technology & Culture class at Mary Washington College: http://www.umw.edu/hisa/resources/Student%20Projects/Amy%20Miller%20--%20X-Ray/students.mwc.edu/_amill4gn/XRAY/PAGES/index-2.html
- [4] Oliveira, L. S. (s.d.). Obtido em 29 de Maio de 2009, de http://www.tecnologiaradiologica.com/materia_fisica_rx.htm
- [5] Hansen, S. P. (2008). *Generating X-Rays with Receiving Tubes*. Obtido em 29 de Maio de 2009, de <http://www.belljar.net/xray.htm>
- [6] *The Cathode Ray Tube site, X-Ray tubes*. (s.d.). Obtido em 29 de Maio de 2009, de <http://members.chello.nl/~h.dijkstra19/page5.html>
- [7] *Bremsstrahlung X-Rays*. (s.d.). Obtido em 29 de Maio de 2009, de X-rays: <http://hyperphysics.phy-astr.gsu.edu/Hbase/quantum/xrayc.html>
- [8] *Bremsstrahlung Radiation | CAS CMS*. (s.d.). Obtido em 29 de Maio de 2009, de <http://astronomy.swin.edu.au/cms/astro/cosmos/B/Bremsstrahlung+radiation>
- [9] *The Origin of Characteristic X-rays*. (s.d.). Obtido em 30 de Maio de 2009, de X-rays: Characteristic Radiation: <http://www4.nau.edu/microanalysis/microprobe/Xray-Characteristic.html>
- [10] Oliveira, L. S. (s.d.). Obtido em 30 de Maio de 2009, de Conceitos Fundamentais da Formação da Imagem Radiológica: http://www.tecnologiaradiologica.com/materia_c_imagem.htm
- [11] *X-Ray Image Formation and Contrast*. (s.d.). Obtido em 30 de Maio de 2009, de Sprawls Educational Foundation: <http://www.sprawls.org/visuals/XRAYCON/>
- [12] KORNFIELD, G. (1949). Latent-Image Distribution by X-Ray Exposures . *J. Opt. Soc. Am.* , 39, pp. 1020-1021.

- [13] *Introduction to x-ray film*. (s.d.). Obtido em 22 de Junho de 2009, de http://www.e-radiography.net/radtech//latent_image.htm
- [14] Zeng, X. (2008). Ray Detection Digital Quality and Influential Factors. *17th World Conference on Nondestructive Testing*, . Shanghai, China.
- [15] University, S. (s.d.). *X-ray Lab*. Obtido em 30 de Maio de 2009, de <http://www.stanford.edu/group/glam/xlab/XPert1/IncBeam.htm>
- [16] B.L. Henke, E. G. (Julho de 1993). X-ray interactions: photoabsorption, scattering, transmission, and reflection at $E=50-30000$ eV, $Z=1-92$. *Atomic Data and Nuclear Data Tables Vol. 54 (no.2)* , pp. 181-342.
- [17] *X-Ray Film Processing*. (s.d.). Obtido em 1 de Junho de 2009, de <http://www.tpub.com/content/armymedical/MD0954/>
- [18] *Film Processing*. (s.d.). Obtido em 1 de Junho de 2009, de NDT Resource Center: <http://www.ndt-ed.org/EducationResources/CommunityCollege/Radiography/TechCalibrations/filmprocessing.htm>
- [19] Kuranishi, M. a. (Maio de 1994). Automatic processing of patient's ID on a x-ray film with recognition technique for characters. (R. G. Jost, Ed.) *Society of Photo-Optical Instrumentation Engineers (SPIE) Conference Series* , 2165, pp. 726-731.
- [20] Fichel, M. O. (s.d.). *O que é Radiologia Digital*. Obtido em 28 de Maio de 2009, de <http://www.tecnologiaradiologica.com/digital.htm>
- [21] (2004). Digital X Ray. In D. M. Sullivan, *Chemistry: Foundations and Applications*.
- [22] GE. (s.d.). *Introduction to Digital X-Ray Technology*. Obtido em 4 de Junho de 2009, de GE Healthcare - Product Technology - -Ray: <http://www.gehealthcare.com/usen/xr/edu/products/introdigdettech.html>
- [23] GE. (s.d.). *Photostimulable phosphor plate*. Obtido em 3 de Junho de 2009, de Medcyclopaedia Standard Edition: http://www.medcyclopaedia.com/library/topics/volume_i/p/photostimulable_phosphor_plate.aspx
- [24] Seggern, H. v. (30 de Março de 1998). Photostimulable x-ray storage phosphors: a review of present understanding . *Brazilian Journal of Physics* , 29.

- [25] Fichel, M. O. (s.d.). *Saiba o que é PACS e DICOM*. Obtido em 3 de Junho de 2009, de Tecnologia Radiologica: http://www.tecnologiaradiologica.com/materia_pacs_dicom.htm
- [26] Products, A. A. (7 de Dezembro de 2008). *Lead Shielding Sheet Lead For Shielding Applications*. Obtido em 4 de Junho de 2009
- [27] Center, N. R. (s.d.). *Present State of Radiography*. Obtido em 5 de Junho de 2009, de <http://www.ndt-ed.org/EducationResources/CommunityCollege/Radiography/Introduction/presentstate.htm>
- [28] Manuela Magalhães Hill, A. H. (2000). *Investigação por Questionários*. Lisboa, Portugal: Edições Sílabo.
- [29] Instituto Nacional de Estatística, D. d. (2007). *4º Inquérito Nacional de Saúde – Documento metodológico*.
- [30] Médis. (Novembro de 2008). Obtido de <http://www.medis.com.pt/>
- [31] AdvanceCare. (Novembro de 2008). Obtido de <http://www.advancecare.pt/Advancecare/AreaPublica/Paginas/HomePage.aspx>
- [32] MultiCare. (Novembro de 2008). Obtido de http://www.multicare.pt/PresentationLayer/MC2009_Homepage.aspx
- [33] SaúdePrime. (s.d.). Obtido de <http://www.saudeprime.pt/>
- [34] Vilares, M. J. (2005). *Satisfação e Lealdade do Cliente*. Portugal: Escolar Editora.
- [35] Estatística, I. N. (2008). *Anuário Estatístico de Portugal 2007*. Instituto Nacional de Estatística, IP.
- [36] Manager, M. (6 de Julho de 2009). (C. Lourenço, Entrevistador)

Anexo 1 Modelo do Pedido ao Conselho de Administração



FCTUC DEPARTAMENTO DE FÍSICA
FACULDADE DE CIÊNCIAS E TECNOLOGIA
UNIVERSIDADE DE COIMBRA

Filipe Leite
Mestrado em Neurociências
Contactos: 91 28 123 64
filipe.mac.leite@gmail.com

O aluno Filipe Leite do Departamento de Física da Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade de Coimbra está a desenvolver, sob orientação e coordenação do Professor Doutor Nuno Ferreira, um estudo no âmbito de um projecto-piloto inserido no Mestrado Integrado em Engenharia Biomédica. O objectivo é a avaliação da tecnologia na área da Radiologia, em particular sistemas tecnológicos de aquisição de imagem por radiação X, vulga Radiografia, para que se possa realizar uma perspectiva da realidade nacional neste campo.

Para a concretização dos objectivos enunciados em epígrafe, venho solicitar a colaboração da sua instituição, através da resposta ao questionário em anexo, que poderá ser enviado pelo envelope RSF que esta carta inclui.

Agradecemos a resposta até ao próximo mês de Maio de 2009 para que o projecto possa ser concluído dentro do prazo previsto. Temos todo o interesse em proporcionar-lhe acesso aos resultados após a conclusão do mesmo.

É garantida a confidencialidade dos seus dados e o total cuidado no seu manuseamento.

Obrigado pela atenção dispensada e pelo cuidado que dará a este assunto.

Apresentando os melhores cumprimentos,

Coimbra, 21 de Janeiro de 2009


(Filipe Lopes Mariano Machado Leite)

Anexo 2 Inquérito (Carta)



Questionário

A ajuda da sua instituição é fundamental para que se possa perspectivar a realidade nacional no campo dos sistemas tecnológicos que utilizam radiação X. Por favor, preencha o seguinte questionário:

Nome da Instituição: _____

1. A instituição pertence a que Distrito? (Coloque à frente o concelho)

- | | | | |
|---|-------|---|-------|
| <input type="checkbox"/> Aveiro | _____ | <input type="checkbox"/> Lisboa | _____ |
| <input type="checkbox"/> Beja | _____ | <input type="checkbox"/> Portalegre | _____ |
| <input type="checkbox"/> Braga | _____ | <input type="checkbox"/> Porto | _____ |
| <input type="checkbox"/> Bragança | _____ | <input type="checkbox"/> Santarém | _____ |
| <input type="checkbox"/> Castelo Branco | _____ | <input type="checkbox"/> Setúbal | _____ |
| <input type="checkbox"/> Coimbra | _____ | <input type="checkbox"/> Viana do Castelo | _____ |
| <input type="checkbox"/> Évora | _____ | <input type="checkbox"/> Vila Real | _____ |
| <input type="checkbox"/> Faro | _____ | <input type="checkbox"/> Viseu | _____ |
| <input type="checkbox"/> Guarda | _____ | <input type="checkbox"/> R. A. Açores | _____ |
| <input type="checkbox"/> Leiria | _____ | <input type="checkbox"/> R. A. Madeira | _____ |

2. Por SEMANA, seleccione uma estimativa do número de radiografias efectuadas:

- | | |
|----------------------------------|---------------------------------------|
| <input type="checkbox"/> 0-50 | <input type="checkbox"/> 751-1000 |
| <input type="checkbox"/> 51-100 | <input type="checkbox"/> 1001-1500 |
| <input type="checkbox"/> 101-200 | <input type="checkbox"/> 1501-2000 |
| <input type="checkbox"/> 201-300 | <input type="checkbox"/> 2001-2500 |
| <input type="checkbox"/> 301-400 | <input type="checkbox"/> 2501-3000 |
| <input type="checkbox"/> 401-500 | <input type="checkbox"/> Mais de 3000 |
| <input type="checkbox"/> 501-750 | |

3. Indique as 3 regiões do corpo mais examinadas pelo serviço:

(1 - PRIMEIRA mais examinada; 2 - SEGUNDA mais examinada; 3 - TERCEIRA mais examinada)

Tórax	Coluna	Abdómen	Pélvis e Ancas	Membros Inferiores	Membros Superiores	Outros

4. Indique o número de profissionais associados ao serviço de Radiografia:

Nº de profissionais	Médicos Radiologistas	Técnicos Radiologistas

5. Classificação dos Raios-X na sua Instituição:

		Nº de Equipamentos	Ano(s) de Instalação
<input type="checkbox"/> GE (General Electric)	<input type="checkbox"/> Definium 8000		/ / /
	<input type="checkbox"/> Definium 6000		/ / /
	<input type="checkbox"/> Definium 5000		/ / /
	<input type="checkbox"/> Proteus XR/a		/ / /
	<input type="checkbox"/> _____		/ / /
<input type="checkbox"/> Phillips	<input type="checkbox"/> Essenta DR		/ / /
	<input type="checkbox"/> Bucky Diagnost		/ / /
	<input type="checkbox"/> Digital Diagnost		/ / /
	<input type="checkbox"/> VM/TH/VS		/ / /
	<input type="checkbox"/> _____		/ / /
<input type="checkbox"/> Shimadzu	<input type="checkbox"/> RadSpeed Safire		/ / /
	<input type="checkbox"/> RadSpeed		/ / /
	<input type="checkbox"/> EZy-RAD/RAD MAX		/ / /
	<input type="checkbox"/> Radiotex		/ / /
	<input type="checkbox"/> _____		/ / /
<input type="checkbox"/> SIEMENS	<input type="checkbox"/> Ysio		/ / /
	<input type="checkbox"/> Axiom Aristos		/ / /
	<input type="checkbox"/> Axiom Vertix		/ / /
	<input type="checkbox"/> Axiom Multix		/ / /
	<input type="checkbox"/> MULTIX		/ / /
	<input type="checkbox"/> _____		/ / /
<input type="checkbox"/> Toshiba	<input type="checkbox"/> T.Rad Plus		/ / /
	<input type="checkbox"/> iRad		/ / /
	<input type="checkbox"/> _____		/ / /
<input type="checkbox"/> Outros	<input type="checkbox"/> _____		/ / /
	<input type="checkbox"/> _____		/ / /
	<input type="checkbox"/> _____		/ / /
	<input type="checkbox"/> _____		/ / /

Obrigado pela sua colaboração!

Anexo 3 Modelo do Pedido ao Conselho de Administração (E-mail)

Filipe Leite
Mestrado em Neurociências
Contactos: 91 28 123 64
filipe.mac.leite@gmail.com

A/C
«Responsável da Instituição»
«Instituição»

O aluno Filipe Leite do Departamento de Física da Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade de Coimbra está a desenvolver, sob orientação e coordenação do Professor Doutor Nuno Ferreira, um estudo no âmbito de um projecto-piloto inserido no Mestrado Integrado em Engenharia Biomédica. O objectivo é a avaliação da tecnologia na área da Radiologia, em particular sistemas tecnológicos de aquisição de imagem por radiação X, vulga Radiografia, para que se possa realizar uma perspectiva da realidade nacional neste campo.

Para a concretização dos objectivos enunciados em epígrafe, venho solicitar a colaboração da sua instituição, através da resposta ao questionário através da Internet, no endereço <http://spin.fis.uc.pt/eb/raiosx/>

Agradecemos uma resposta célere para que o projecto possa ser concluído dentro do prazo previsto. Temos todo o interesse em proporcionar-lhe acesso aos resultados após a conclusão do mesmo.

É garantida a confidencialidade dos seus dados e o total cuidado no seu manuseamento.

Obrigado pela atenção dispensada e pelo cuidado que dará a este assunto.


Apresentando os melhores cumprimentos,

Coimbra, 25 de Março de 2009



(Filipe Lopes Mariano Machado Leite)

Anexo 4 Inquérito (On-line)



• U • C •

UNIVERSITY OF COIMBRA
UNIVERSIDADE DE COIMBRA

DEPARTAMENTO DE FÍSICA
Mestrado em Engenharia Biomédica

Questionário

A criação de boas práticas e meios é necessária para poder haver uma excelência no serviço de Radiologia. Para isso, torna-se valiosa a sua ajuda para esse desenvolvimento!

Nome da Instituição

1. A instituição pertence a que Distrito?

1.1 Distrito

Selecciona ▼

2. Por SEMANA, seleccione uma estimativa do número de radiografias efectuadas:

<input type="radio"/> 0 - 50	<input type="radio"/> 751 - 1000
<input type="radio"/> 51 - 100	<input type="radio"/> 1001 - 1500
<input type="radio"/> 101 - 200	<input type="radio"/> 1501 - 2000
<input type="radio"/> 201 - 300	<input type="radio"/> 2001 - 2500
<input type="radio"/> 301 - 400	<input type="radio"/> 2501 - 3000
<input type="radio"/> 401 - 500	<input type="radio"/> Mais de 3000
<input type="radio"/> 501 - 750	

3. Escolha as 3 regiões do corpo mais examinadas pelo serviço:

3.1 PRIMEIRA mais examinada

▼

3.2 SEGUNDA mais examinada

▼

3.3 TERCEIRA mais examinada

▼

4. Indique o número de profissionais que prestam serviço na instituição

4.1 Médicos Radiologistas

4.2 Técnicos Radiologistas

5. Classificação dos Raios-X na sua Instituição(Marca, Modelo, Idade)

5.1 GE (General Electric)

5.2 Phillips

5.3 Shimadzu

5.4 SIEMENS

5.5 Toshiba

5.6 Outras

OBRIGADO PELA SUA COLABORAÇÃO!

Enviar

Anexo 5 Envelopes utilizados para o envio e recepção de inquéritos (Carta)



Anexo 6 Tabelas

Tabela VI N° PCS absoluto/N° Equipamentos absoluto/N° Equipamentos por 100.000 habitantes

	N° PCS		N° Equipamentos		Equip. por 100.000 hab	
	Público	Privado	Público	Privado	Público	Privado
Aveiro	9	28	9	18	1,3	2,5
Beja	9	5	9	3	5,6	1,9
Braga	11	24	-	29	-	3,5
Bragança	7	4	13	2	8,7	1,3
Castelo Branco	4	5	3	4	1,4	1,9
Coimbra	12	9	1	12	0,2	2,7
Évora	15	10	6	7	3,5	4,0
Faro	8	18	11	9	2,8	2,3
Guarda	3	1	1	2	0,6	1,2
Leiria	3	16	6	10	1,3	2,2
Lisboa	21	122	30	56	1,4	2,6
Portalegre	3	3	-	3	-	2,4
Porto	20	77	23	72	1,3	4,0
R. A. Açores	3	4	8	2	3,3	0,8
R. A. Madeira	0	9	-	10	-	4,1
Santarém	13	21	10	10	2,1	2,1
Setúbal	9	45	11	22	1,4	2,8
Viana do Castelo	4	7	-	2	-	0,8
Vila Real	4	7	5	6	2,2	2,6
Viseu	9	5	10	4	2,5	1,0

Tabela VII Gama por Distrito

	Sector Privado			
	Analógico	Digitalização	Aq. Directa	NS/NR
Aveiro	2	13	0	3
Beja	1	0	0	2
Braga	4	6	0	19
Bragança	0	0	0	2
Castelo Branco	0	0	0	4
Coimbra	4	5	0	3
Évora	1	0	0	6
Faro	0	8	0	1
Guarda	1	1	0	0
Leiria	2	6	2	0
Lisboa	4	31	3	18
Portalegre	0	0	0	3
Porto	7	22	5	38
R. A. Açores	0	0	0	2
R. A. Madeira	1	7	0	2
Santarém	4	6	0	0
Setúbal	4	12	0	6
Viana do Castelo	0	1	1	0
Vila Real	0	1	0	5
Viseu	0	2	0	2

Tabela VIII Idade dos Equipamentos; Exames/1000 hab; Exames/PCS; Produtividade

	Idade dos Equipamentos		Exames/1000hab		Exames/PCS		Produtividade	
	Público	Privado	Público	Privado	Público	Privado	Público	Privado
Aveiro	7,8	10,3	114,8	225,9	16380	11514,3	9100,0	8955,6
Beja	13,0	5,3	1024,2	217,7	27518,4	11700,0	18345,6	11700,0
Braga	4,0	12,4	-	378,8	-	16575,0	-	10859,5
Bragança	9,4	8,5	142,0	183,5	5283,2	13650,0	3019,0	13650,0
Castelo Branco	7,0	11,3	75,0	112,5	7800	5850,0	5200,0	5850,0
Coimbra	-	9,4	41,2	368,3	18200	23214,3	18200,0	13541,7
Évora	9,2	9,3	676,1	330,5	117000	9533,3	19500,0	8171,4
Faro	10,4	8,7	86,0	375,0	4856,8	16466,7	3090,7	16466,7
Guarda	0,0	13,5	44,9	104,8	7800	18200,0	7800,0	9100,0
Leiria	9,0	15,0	96,2	399,0	22100	20366,7	7366,7	18330,0
Lisboa	13,0	9,9	46,9	663,1	25027,6	35409,5	3452,1	25292,5
Portalegre	-	6,3	-	296,8	-	12566,7	-	12566,7
Porto	7,6	11,5	42,7	510,9	8450	18579,2	3306,5	12644,2
R. A. Açores	7,1	10,5	372,9	32,0	45500	7800,0	11375,0	3900,0
R. A. Madeira	-	7,1	-	195,0	-	6871,4	-	4810,0
Santarém	12,0	9,8	43,0	366,5	2917,2	21775,0	2268,9	17420,0
Setúbal	12,5	9,8	78,6	452,0	15490,8	22273,3	5633,0	16198,8
Viana do Castelo	-	5,5	-	124,7	-	15600,0	-	15600,0
Vila Real	3,2	10,5	215,5	360,3	16322,8	16120,0	9793,7	13433,3
Viseu	6,4	7,8	30,1	279,8	1700,4	36833,3	1322,5	27625,0

Tabela IX Distribuição do número de profissionais por equipamento

	Médicos Radiologistas		Técnicos Radiologistas	
	Público	Privado	Público	Privado
Aveiro	0,3	2,8	1,7	2,8
Beja	0,9	3,0	3,8	4,0
Braga	-	3,3	-	3,4
Bragança	0,7	4,0	1,4	4,5
Castelo Branco	0,3	1,3	1,7	1,3
Coimbra	1,0	1,4	1,0	2,1
Évora	1,7	2,0	3,3	3,6
Faro	1,2	3,1	6,2	3,7
Guarda	0,0	0,5	2,0	2,5
Leiria	0,3	1,6	3,0	2,9
Lisboa	0,8	3,0	3,0	3,9
Portalegre	-	2,0	-	2,0
Porto	1,7	2,9	5,3	2,9
R. A. Açores	1,5	1,0	2,8	1,5
R. A. Madeira	-	2,0	-	3,0
Santarém	1,0	1,8	4,0	2,2
Setúbal	0,8	2,4	4,3	2,6
Viana do Castelo	-	3,0	-	4,5
Vila Real	1,0	3,3	7,6	2,7
Viseu	1,3	1,5	3,7	4,0

Tabela X N° de Profissionais por 100.000 habitantes

	Médicos Radiologistas		Técnicos Radiologistas	
	Público	Privado	Público	Privado
Aveiro	0,4	2,1	7,0	7,1
Beja	5,0	21,1	5,6	7,4
Braga	-	-	11,5	12,0
Bragança	3,4	6,7	5,4	6,0
Castelo Branco	0,5	2,4	2,4	2,4
Coimbra	0,2	0,2	3,9	5,7
Évora	5,8	11,6	8,1	14,4
Faro	3,3	17,2	7,1	8,4
Guarda	0	1,2	0,6	2,9
Leiria	0,4	3,9	3,5	6,3
Lisboa	1,1	4,1	8,0	10,2
Portalegre	-	-	4,7	4,7
Porto	2,1	6,8	11,8	11,6
R. A. Açores	4,9	9,0	0,8	1,2
R. A. Madeira			8,1	12,2
Santarém	1,9	7,6	3,8	4,6
Setúbal	1,1	6,0	6,7	7,2
Viana do Castelo	-	-	2,4	3,6
Vila Real	2,2	16,7	8,8	7,0
Viseu	3,0	8,4	1,5	4,1

Tabela XI N° de profissionais por PCS

	MR		TR	
	Público	Privado	Público	Privado
Aveiro	0,6	3,6	3,0	3,6
Beja	1,3	3,0	5,7	4,0
Braga	-	5,1	-	5,3
Bragança	1,3	4,0	2,5	4,5
Castelo Branco	0,5	1,3	2,5	1,3
Coimbra	1,0	2,4	1,0	3,6
Évora	10,0	2,3	20,0	4,2
Faro	1,9	3,1	9,7	3,7
Guarda	-	1,0	2,0	5,0
Leiria	1,0	1,8	9,0	3,2
Lisboa	5,8	4,3	22,0	5,4
Portalegre	-	2,0	-	2,0
Porto	4,2	4,3	13,6	4,2
R. A. Açores	6,0	2,0	11,0	3,0
R. A. Madeira	-	2,9	-	4,3
Santarém	1,3	2,3	5,1	2,8
Setúbal	2,3	3,3	11,8	3,6
Viana do Castelo	-	3,0	-	4,5
Vila Real	1,7	4,0	12,7	3,2
Viseu	1,7	2,0	4,7	5,3