

Dosimetria das Exposições em Imagiologia Clínica

Ricardo Pinho

ricardo.manuel.spinho@gmail.com

TESE DE MESTRADO

Orientador no ISEP:

DOUTOR CARLOS VINHAIS
Departamento de Física – ISEP

Orientadora na Instituição:

MESTRE MARIA DO CARMO BAPTISTA
Departamento de Física – Dr. Campos Costa

MCIM – Mestrado em Computação e Instrumentação Médica

Instituto Superior de Engenharia do Porto

Porto, 16 de Outubro de 2011

Agradecimentos

O desenvolvimento desta tese requereu muito empenho, dedicação e pesquisa de forma a poder-se atingir os objectivos propostos. O presente documento resulta assim de todo esse esforço e de uma aprendizagem contínua ao longo de dois anos. Aproveito por isso para agradecer a algumas pessoas que me ajudaram e me motivaram para continuar a trabalhar aumentando a minha vontade de aprender e crescer, não apenas em termos de conhecimento.

Aos meus pais pelo apoio incondicional que me deram e pelo exemplo que são para mim, pelos valores de humildade, de esforço e dedicação que me passaram e que me permitem ser hoje a pessoa que sou.

Ao meu orientador no ISEP, Doutor Carlos Vinhais, pelos seus sábios e experientes pareceres, pela determinação em levar este projecto a "bom porto" e pela disposição total em me ajudar em qualquer momento, mesmo nas alturas mais complicadas.

À minha orientadora no Dr. Campos Costa, Mestre Maria do Carmo, por compreender as minhas limitações de horários, por ter sempre a porta aberta para me receber e por estar, também ela, sempre disponível para ajudar orientando-me no que devia ser a aplicação. Aproveito para agradecer a todos os colaboradores do Dr. Campos Costa que me ajudaram, em especial ao Eng^o Luís Silva e a Téc. Maria Alice.

Aos Eng^a Joana Araújo e Eng^o Nuno Fernandes, pelo companheirismo demonstrado ao longo destes dois anos e pelo apoio.

Por fim, não menos importante, à Eng^a Ana Bacelo, companheira em todos os momentos, companheira e ombro amigo nos momentos mais difíceis, nas horas de desalento e acima de tudo pelo apoio que me deu.

A todos mencionados anteriormente e a todos os outros não mencionados e que de uma maneira ou de outra me ajudaram no desenvolvimento deste projecto, os meus sinceros agradecimentos.

Resumo

A importância da radiação ionizante na prática médica, não só como diagnóstico mas também como terapia, ganhou, no último meio século, uma importância fulcral. Devido aos efeitos secundários da radiação ao ser humano, torna-se fundamental definir regras para aumentar a segurança de todos os seus utilizadores, surgindo assim a radioprotecção. Nesse sentido a Comunidade Europeia da Energia Atómica (EURATOM) define directrizes para os países membros da Comunidade Europeia de forma a poder orientá-los nesse processo.

Torna-se assim importante registar e monitorizar os valores de dose de radiação num exame radiológico para o aumento de segurança dos pacientes e técnicos.

O presente trabalho desenvolvido no âmbito da disciplina anual Dissertação/Projecto/Estágio Profissional do Mestrado em Computação e Instrumentação Médica teve como objectivo registar esses valores através da comunicação com medidores de doses.

À luz do dia-a-dia da Dr. Campos Costa - Consultório de Tomografia Computarizada S.A, é apresentada nesta tese uma aplicação computacional capaz de obter os valores de dose de um estudo radiológico a um paciente e guardá-los numa base de dados projectada exclusivamente para esse fim.

Os resultados obtidos são animadores uma vez que provam ser possível automatizar a monitorização desses valores através de aplicações com ferramentas capazes de auxiliar os responsáveis por essa monitorização em qualquer centro clínico.

Abstract

The importance of ionizing radiation in medical practice, not only in diagnosis but also in therapy, won in the last half century, a central importance. Due to side effects of radiation upon human beings, it becomes important to define rules to increase the security of all its users, thus appearing the radiation protection. In that way the European Atomic Energy Community (EURATOM) sets guidelines for member countries of the European Community in order to guide them in this process.

So, become important to record the values of radiation dose in radiologic examination to increase the safety for patient and technicians.

The present work was developed under the annual subject Thesis/Project/Internship Professional Master of Medical and Computing and Instrumentation, with the purpose to record radiation doses.

In the light of day-to-day on imaging center Dr. Campos Costa - Consultório de Tomografia Computarizada S.A, is shown in this thesis a computer application capable to get the radiation dose values in a radiological study of a patient and store them in a database designed exclusively for this purpose.

The results obtained are encouraging since it proves to be possible to automate the monitoring of those values through applications with tools that can assist those responsible for such monitoring in any clinical center.

Conteúdo

Agradecimentos	iv
Resumo	vi
Abstract	viii
Conteúdo	xi
Lista de Figuras	xiv
Lista de Tabelas	xvi
1. Introdução	1
1.1 Radiação e Dosimetria	1
1.2 Objectivos e Motivação	2
1.3 Contribuições	2
1.4 Organização da Tese	3
2. Dosimetria em Imagiologia Médica	5
2.1 Radiação Ionizante	5
2.1.1 A Descoberta dos raios-X	5
2.1.2 Produção de raios-X	6
2.1.3 Grandezas e Unidades em Dosimetria	9
2.2 Efeitos Biológicos da Radiação Ionizante	11
2.2.1 Classificação	11
2.2.2 Efeitos Biológicos	11
2.3 Radioprotecção	13
2.3.1 Princípios da Radioprotecção	14
2.3.2 Legislação	17
2.4 Dosimetria em Radiologia	20
2.4.1 Dose Area Product (DAP)	20
2.4.2 Entrance Surface Dose (ESD)	22
2.5 Medidores de Radiação	23

2.5.1	Detectores e Dosímetros	23
2.5.2	Câmaras de Ionização	26
3.	Medidor de DAP - DIAMENTOR	31
3.1	DIAMENTOR C2	31
3.1.1	Paineis de Controlo	32
3.1.2	Calibração	34
3.1.3	Especificações Técnicas	35
3.2	Interface com o Computador	37
3.2.1	Protocolo de Transmissão RS232	37
3.2.2	Comunicação com o DIAMENTOR C2	41
3.3	Testes Iniciais do DIAMENTOR C2	42
4.	Dosimetria na Clínica Dr. Campos Costa	45
4.1	Clínica Dr. Campos Costa	45
4.2	Desenho e Estruturação da Base de Dados	47
4.2.1	Intervenientes	47
4.2.2	Casos de Uso	48
4.2.3	Implementação da Base de Dados	51
4.3	Implementação	60
4.3.1	Ferramentas Computacionais	60
4.3.2	Interface Gráfica com o Utilizador	65
5.	A Aplicação IONIZE	69
5.1	Desenvolvimento da Aplicação	69
5.2	Instalação da Aplicação	74
5.3	Funcionalidades da Aplicação	77
5.3.1	Interface com o Utilizador	77
5.3.2	Testes e Validação	92
5.4	Optimização da Aplicação	93
5.4.1	Problemas Detectados e Resolvidos	93
5.4.2	Optimização e Correções Futuras	96
6.	Conclusões	99
	Bibliografia	101
	Apêndices	103
A.	Telegramas para a comunicação com o DIAMENTOR C2	105
B.	Descrição dos casos de uso	109

C. Instalação Apache2.2, MySQL e do PHP-GTK2	121
C.1 Instalação e configuração do Apache 2.2	121
C.2 Instalação do PHP 5.3.6	121
C.3 Instalação e configuração do MySQL 5.5.13	124
C.4 Instalação e Configuração do Módulo IONIZE Broker	126
C.4.1 Instalação PHP-GTK2	126
C.4.2 Adicionar Tarefa	126
D. Formulários para testes e validações	129

Lista de Figuras

2.1	A Descoberta	6
2.2	Tubo de raios-X	7
2.3	Ampola do tubo de raios-X	7
2.4	Dispersão feixe de raios-X	9
2.5	Efeitos da radiação ionizante	12
2.6	Princípios da radioprotecção.	13
2.7	Tipo de exposições	14
2.8	Blindagem para a radiação ionizante	16
2.9	Medição DAP	21
2.10	Detectores de ionização	24
2.11	Detectores de cintilação	24
2.12	Dosímetros	25
2.13	Funcionamento básico das câmaras de ionização [1].	26
2.14	Ionização de uma câmara de gás [1].	28
3.1	Câmara de ionização do DIAMENTOR C2	32
3.2	Ilustração da confirmação da calibração do equipamento [2].	32
3.3	Painel frontal do DIAMENTOR C2	33
3.4	Painel Traseiro do DIAMENTOR C2	34
3.5	Interface frontal do programa DiaSoft da PTW - Freiburg.	37
3.6	Canais de comunicação	38
3.7	Esquema de envio de dados [3].	39
3.8	Bit de paridade [3].	41
3.9	Hello-World DIAMENTOR.	43
4.1	Disposições das salas	47
4.2	Tipo de montagem salas	48
4.3	Ligações MPLS	49
4.4	Esquema da ligação das diferentes base de dados.	50
4.5	Diagrama de casos de uso.	52
4.6	Estrutura da base de dados.	53
4.7	Tabelas patient e app_workers	55
4.8	Tabelas dap_receiver e dap_receiver_temp	55

4.9	Tabelas sobre o estudo	56
4.10	Tabelas locals e rooms	57
4.11	Tabelas app_version e db_alive	58
4.12	Tabelas para a sincronização	58
4.13	Tabelas worklist e save_filter	60
4.14	Interface gráfica	66
5.1	Logotipo aplicação IONIZE.	69
5.2	ViewPad 10 [4].	71
5.3	Fluxograma de comunicação série	72
5.4	Directório IONIZE	76
5.5	Instalação da base de dados	76
5.6	IONIZE no ViewPad10	78
5.7	Interface IONIZE - Menu Login.	78
5.8	Menu Edit Filter	80
5.9	Filtragem	81
5.10	Menu New Study	82
5.11	Menu Study Running	82
5.12	Interface IONIZE - Menu Validate DAP Value.	83
5.13	Menu View Process	84
5.14	Menu Local Settings	84
5.15	Menu View Locals	87
5.16	Menu New Local	88
5.17	Delete Local	89
5.18	Menu Rooms	89
5.19	Menu View Users	90
5.20	Menu New User	91
C.1	Instalação Apache 2.2	122
C.2	Instalação PHP 5.3.6	123
C.3	Instalação MySQL	124
C.4	Configuração MySQL	125
C.5	Configuração MySQL	125
C.6	Instalação MySQL - Root	125
C.7	Instalação PHP-GTK2.	126
C.8	Criação de Tarefa.	127
C.9	Propriedades da tarefa	127

Lista de Tabelas

2.1	Produção de raios-X	8
3.1	Especificações Técnicas [2].	36
3.2	Funções pinos conector RS232 de ligação ao DIAMENTOR C2 [5].	42
3.3	Telegramas para testes com DIAMENTOR C2	42
A.1	Telegramas de configurações	106
A.2	Telegramas de calibração e correcção [5].	106
A.3	Telegramas para a medição dos valores de DAP [5].	107
A.4	Telegramas de erro [5].	107
B.19	Caso de uso: Create Room.	109
B.20	Caso de uso: View Users.	109
B.1	Worklist	110
B.2	Caso de uso: Edit Filter.	110
B.3	Caso de uso: Save Filter.	111
B.4	Caso de uso: Start/ Restart Study.	111
B.5	Caso de uso: Validate Total Dose.	112
B.6	Caso de uso: View Patient Process.	112
B.7	Caso de uso: Search by Study Information.	112
B.8	Caso de uso: Patient Process.	113
B.9	Caso de uso: Personal Definition.	113
B.10	Caso de uso: Login.	113
B.11	Caso de uso: Logout.	114
B.12	Caso de uso: View Locals.	114
B.13	Caso de uso: Delete Local.	114
B.14	Caso de uso: Edit Local.	115
B.15	Caso de uso: Create Local.	115
B.16	Caso de uso: View Rooms.	115
B.17	Caso de uso: Delete Room.	116
B.18	Caso de uso: Edit Room.	116
B.21	Caso de uso: Delete User.	117
B.22	Caso de uso: Edit User.	117

B.23 Caso de uso: Create User.	117
B.24 Caso de uso: Application Definition.	118
B.25 Caso de uso: Database Synchronizaton.	118
B.26 Caso de uso: Alert Menssage.	119
D.1 Verificação Funcional ao software.	130
D.2 Verificação Estrutural ao software.	131

Capítulo 1

Introdução

1.1 Radiação e Dosimetria

O descobrimento dos raios-X [6] em 1895 pelo físico Wilhelm Conrad Röntgen trouxe grandes avanços para a medicina em especial para o diagnóstico médico. Há muito tempo que este tipo de radiação é usado no mundo médico e também já há algum tempo que as suas limitações (efeitos nas células humanas) são conhecidos. Tornou-se então necessário desenvolver medidas para o controlo dessa radiação definindo-se normas básicas de segurança relativas à protecção da saúde pública, dos profissionais de saúde e dos próprios pacientes. Baseado nas directivas comunitárias EURATOM, o Ministério da Saúde desenvolveu acções na área de protecção contra radiações, ficando à Direcção Geral da Saúde a promoção e a coordenação das medidas destinadas a assegurar em todo o território nacional a protecção das pessoas e bens que, directa ou indirectamente, possam sofrer os efeitos da exposição a radiações. O objectivo deste trabalho foi o desenvolvimento de uma aplicação capaz de registar os valores de dose das exposições e armazená-las numa base de dados. Dessa forma será possível monitorizar os valores dessa radiação informando o paciente dos respectivos níveis ao longo dos vários estudos que este possa efectuar.

Pretende-se que esta aplicação seja, além do mais, uma boa ferramenta de apoio na área de monitorização de doses sendo uma aplicação simples e com um funcionamento intuitivo tornando-se indispensável não só para o médico mas também para o técnico de radiologia.

1.2 Objectivos e Motivação

A área da imagiologia médica foi sempre uma área que me despertou grande interesse devido à sua importância no mundo médico, uma vez ser uma ferramenta necessária no diagnóstico. No entanto a radiação tem efeitos secundários indesejáveis, pelo que se torna importante minimizar o mais possível esses efeitos.

Desenvolver uma aplicação computacional que responda em concreto ao problema e pensada exclusivamente para esse fim foi um desafio para mim. Sempre pretendi aprofundar conhecimentos na comunicação de software com equipamentos, pelo que entendo que este projecto foi uma boa oportunidade para desenvolver e aprofundar conhecimentos nessa vertente. Além disso, desenvolver um projecto de software requer uma dedicação constante ao problema de forma a poder responder o melhor possível aos requisitos impostos. Por isso foi também um projecto importante para rever alguns conceitos da engenharia de software e por à prova a minha capacidade de responder a um projecto desta envergadura.

Em termos de objectivos, a aplicação deverá ser capaz de ler valores de dose dum medidor de DAP (DIAMENTOR C2), armazenar esses valores numa base de dados, sendo possível fazer a monitorização dos valores de dose aplicados aos pacientes num estudo radiológico.

A aplicação terá ainda de ser uma ferramenta útil para qualquer centro clínico idêntico ao consultório Dr. Campos Costa, sendo implementada funcionalidade de ajudem os utilizadores no seu dia-a-dia. Terá de ser capaz de ser simples, intuitiva e a mais automática possível de forma a não alterar significativamente o fluxo de trabalho dos utilizados.

1.3 Contribuições

Ao desenvolver este projecto, que resultou numa aplicação, contribuí para responder às preocupações do consultório Dr. Campos Costa que se interessa em melhorar constantemente a qualidade de serviços prestados aos seus utentes. O objectivo não seria apenas desenvolver uma simples aplicação de medição de valores de dose de exposições mas uma aplicação capaz de ser uma ferramenta indispensável para a monitorização de doses indo ao encontro das recomendações do Ministério da Saúde. Dessa forma contribuí não só para o consultório Dr. Campos Costa mas também para a saúde da comunidade em geral que tarda em compreender os riscos da radiação ionizante, em particular os raios-X.

A aplicação, num sentido mais técnico, poderá ser utilizada noutra centro clínico diferente do consultório Dr. Campos Costa, sem que seja necessárias grandes alterações à estrutura desta, pois foi pensada e desenvolvida para ser o mais independente do local onde se encontra implementada. Consegue ser também bastante abrangente uma vez que é repleta de funcionalidade de apoio (como alertas e rotinas próprias de funcionamento), não só para o técnico de radiologia mas também para o administrador do sistema, responsável por monitorizar o estado da aplicação fazendo a sua configuração e manutenção.

1.4 Organização da Tese

Este documento está dividido em seis capítulos que darão ao leitor o conhecimento do trabalho desenvolvido.

- No Capítulo 2, **Dosimetria em Imagiologia Médica**, serão abordados alguns conceitos teóricos acerca da radiação ionizante, como a sua descoberta, aplicação, em particular na imagiologia médica, efeitos da radiação ionizante e forma de nos protegermos desses efeitos.
- O Capítulo 3, **Medidor de DAP - DIAMENTOR**, tem como objectivo explicar ao leitor o que é o Diamentor e especificar as suas características, como o interface com o computador, o protocolo de comunicação proprietário do equipamento e a forma de utilização.
- No Capítulo 4, **Dosimetria no Dr. Campos Costa**, será descrito toda a estrutura do consultório Dr. Campos Costa e a forma como está desenvolvida a aplicação e a estrutura da base de dados. Será neste capítulo que o problema será especificado assim como todos os métodos implementados para lhe dar resposta.
- O Capítulo 5, **Aplicação IONIZE**, tem como objectivo mostrar o resultado de todo o trabalho e a forma encontrada para responder aos requisitos abordados no capítulo anterior. Será abordado também a forma como a aplicação funciona e como se utiliza e a forma como esta é instalada.
- O capítulo 6, com o nome **Conclusões**, será, como o próprio nome indica, para concluir toda a utilidade do trabalho, trabalho futuro que poderá ser feito para melhorar a aplicação e a utilidade da aplicação no terreno.

Dosimetria em Imagiologia Médica

Neste capítulo serão abordados alguns princípios físicos da radiação ionizante (em particular dos raios-X), a forma como estes foram descobertos, as suas aplicações, em particular na imagiologia médica. Além disso serão abordados os efeitos prejudiciais secundários do uso da radiação ionizante e formas de nos protegermos desses efeitos.

2.1 Radiação Ionizante

2.1.1 A Descoberta dos raios-X

A descoberta dos raios-X aconteceu acidentalmente em Novembro de 1895 quando W. C. Roentgen fazia experiências no seu laboratório na cidade alemã de Wuzburg. Durante essas experiências verificou a presença de um tipo de raio desconhecido ao qual não sabia explicar a sua origem, dando-lhe por isso o nome de "X" [7]. O cientista alemão ficou fascinado e entusiasmado com a sua descoberta e em menos de um mês conseguiu desenvolver um equipamento capaz de produzir esse tipo de radiação, registando diversas vezes, em filme, a mão da sua mulher Bertha. Esta seria a primeira radiografia de um ser humano.

Na Figura 2.1 (a) é possível verificar o primeiro equipamento usado em experiências com raios-X usado para obter a primeira radiografia de um ser humano, Figura 2.1 (c). A descoberta dos raios-X foi um ponto de partida para a descoberta da radioatividade, que aconteceu (mais uma vez acidentalmente) quando por esquecimento, uma rocha de Urânio foi deixado sobre um filme fotográfico não exposto. Este esquecimento levou à descoberta de um fenómeno interessante, o filme foi "queimado" por algo, na época chamada de raios ou radiações. Depois essa descoberta veio a ser

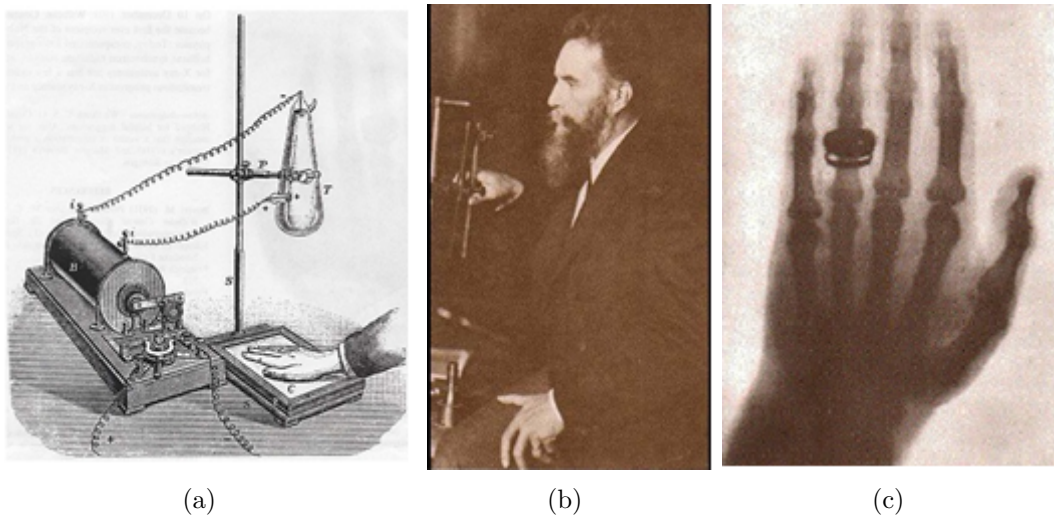


Fig. 2.1: (a) Primeiro equipamento usado em experiências com raios-X; (b) Retrato de W. C. Roentgen; (c) Primeira radiografia de um ser humano [8].

chamada de radioatividade e todos os elementos que apresentam essa propriedade foram chamados de elementos radioativos. O termo radioatividade veio do latim *radius* (significa "raio") e é definida como a desintegração espontânea do núcleo atômico de alguns elementos, resultando em emissão da radiação, radiação essa que é prejudicial aos seres vivos, como humanos e animais, uma vez que danifica a estrutura das células, sendo o dano provocado pela radiação diretamente proporcional ao nível de radiação recebido. No entanto, a radiação é usada hoje em dia em muitas aplicações como é o caso de produção de imagens para diagnóstico médico e para o tratamento de cancro, onde uma dose controlada de radiação é aplicada ao paciente de forma a destruir a estrutura das células cancerígenas [7]. A radiação é emitida por muitos outros elementos além do Urânio, Rádio, Potássio, Carbono e Iodo, sendo estes apenas alguns exemplos desses elementos classificados como radioativos.

2.1.2 Produção de raios-X

Como mostra a Figura 2.2, a produção de raios-X é efectuada através de equipamentos preparados para o efeito. Esses equipamentos são constituídos por três componentes importantes e fundamentais [9].

- Tubo de raios-X
- Gerador de alta tensão
- Painel de controlo

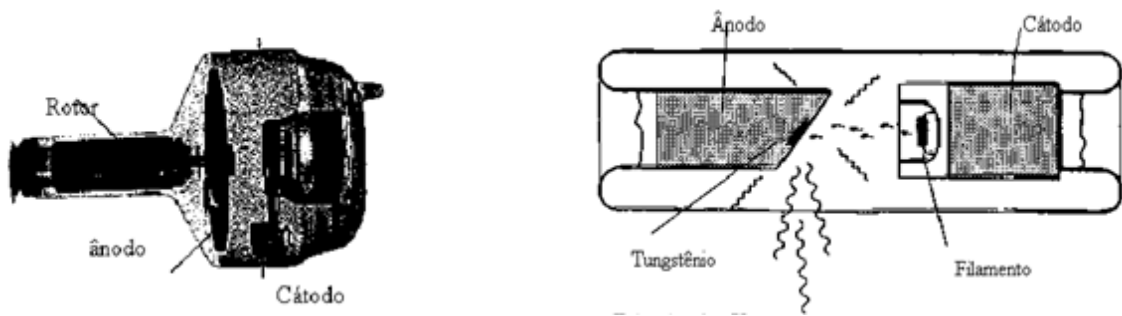


Fig. 2.2: Tubo de raios-X e seu componentes [10].

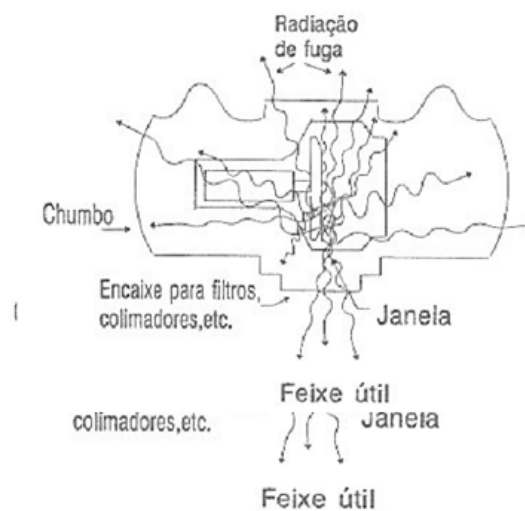


Fig. 2.3: Ampola do tubo de raios-X[10].

O tubo de raios-X é constituído por um tubo em vidro sob vácuo, chamado de ampola. A ampola contém no seu interior o cátodo e o ânodo. A função da ampola é fornecer isolamento térmico e eléctrico entre as diferentes partes. Além disso, a ampola possui uma zona denominada de janela. A janela é a zona por onde irão passar os raios-X produzidos. A janela tem uma espessura inferior relativamente à espessura da restante ampola para que a absorção dos raios-X gerados seja reduzida. O tubo de raios-X é por sua vez colocado dentro de um invólucro protector revestido de chumbo, chamada de ampola, de forma a reduzir a radiação espalhada, como podemos ver na Figura 2.3. O cátodo é o pólo negativo do tubo de raios-X. Divide-se em duas partes, o filamento e o colimador. O filamento é um fio de Tungsténio com a forma de uma espiral, que emite electrões devido ao seu aquecimento. O colimador tem como objectivo evitar a dispersão dos electrões produzidos no filamento. O ânodo é o pólo positivo do tubo de raios-X. Existem dois tipos de ânodos, o ânodo

fixo, indicado para uso com tubos de baixas correntes (equipamentos odontológicos e transportáveis) e o ânodo rotativo que é utilizado em tubos de raios-X de alta intensidade. Na Tabela 2.1 encontra-se uma relação de valores, para um alvo em Tungsténio.

Tab. 2.1: Produção de raios-X e % de calor num tubo convencional [10].

Ddp(kV)	%calor	% raios-X
60	99.5	0.5
200	99	1
4000	60	40

Da Tabela 2.1 pode-se afirmar que cerca de 95% da energia do electrões incidentes no alvo é convertida em calor o qual precisa ser dissipado rapidamente de forma a não fundir o ânodo. O alvo, normalmente em Tungsténio, é a área do ânodo onde irá ocorrer o impacto dos electrões. O Tungsténio é usado devido às seguintes características:

- Elevado número atómico ($Z=74$), o que implica em grande eficiência de produção de raios-X e maior energia;
- Condutividade térmica quase igual a do cobre, o que resulta numa rápida dissipação do calor produzido;
- Elevado ponto de fusão ($3370\text{ }^{\circ}\text{C}$);
- Baixa taxa de evaporação (para evitar metalização do vidro da ampola);
- Elevada resistência física quando aquecido.

No entanto, existem outros materiais que também podem ser usados como ânodos: É o caso do Molibdénio ($Z=42$) e Ródio ($Z=44$). Normalmente estes materiais são usados por fabricantes de mamógrafos. A produção dos raios-X [9] não é feita em toda a área do ânodo, mas apenas uma pequena região, chamada de ponto focal, é que está envolvida nessa produção. O tamanho do ponto focal está relacionado com a resolução e com a dissipação de calor. Quanto menor o ponto focal, melhor será a sua resolução. Por outro lado, quando maior for a sua área, mais facilmente dissipará o calor. Devido à inclinação da superfície do alvo, os electrões que o atingem terão de atravessar diferentes espessuras do alvo. Os raios-X são produzidos em várias profundidades do alvo e conseqüentemente sofrem atenuações diferentes. Quanto

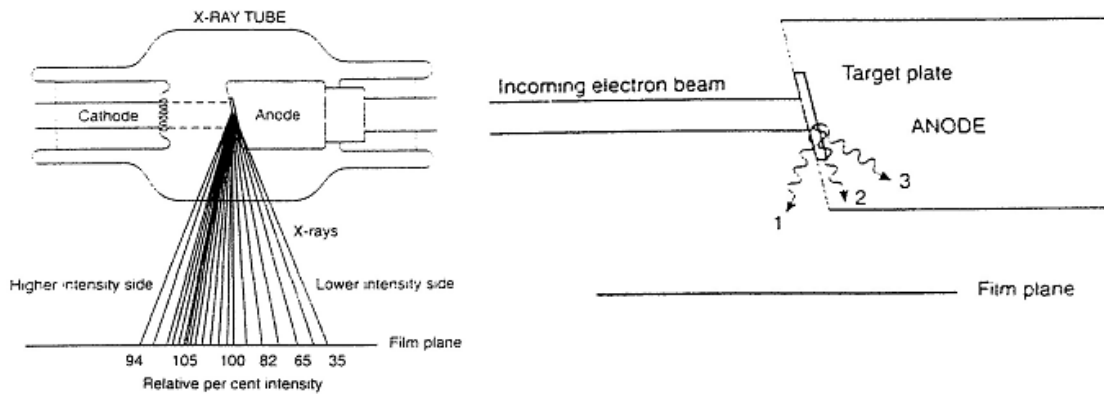


Fig. 2.4: Dispersão típica de um feixe de raios-X [10].

mais espesso, maior é a absorção. Isto resulta numa intensidade que é maior no lado cátodo do que do ânodo, como se pode ver na Figura 2.4.

2.1.3 Grandezas e Unidades em Dosimetria

Actividade

Como em todos os sistemas físicos, só é possível referenciar a intensidade da radiação quando se conhece e entende as suas grandezas e unidades. A importância de se quantificar essa radiação tornou-se evidente logo após a descoberta dos raios-X (século XIX). Existem várias tipos de grandezas cada uma descrevendo situações diferentes. A primeira grandeza abordada é a *actividade* [11], em concreto a actividade média.

A actividade média representa o número de núcleos de uma amostra radioactiva que sofrem desintegração por unidade de tempo. Em termos matemáticos a actividade pode ser expressa por:

$$A = \frac{N}{\Delta t}, \quad (2.1)$$

em que N corresponde ao número de desintegrações de uma amostra e Δt representa o intervalo de tempo considerado. A unidade de actividade do Sistema Internacional (SI) é o Becquerel (Bq) sendo que $1 \text{ Bq} = 1 \text{ s}^{-1}$. No entanto existe uma unidade mais antiga que historicamente foi definida como o número médio de desintegrações por segundo de uma grama do elemento ^{226}Ra (isótopo de Rádio), é o Curie (Ci) e que equivale $1 \text{ Ci} = 3.7 \times 10^{10} \text{ Bq}$.

Exposição

A outra grandeza associada à medição de radiação é a *exposição* [11]. A exposição representa a quantidade de carga eléctrica, gerada pela radiação de fótons, por unidade de massa de ar. Em termos matemáticos pode ser expressa como o quociente do número total de cargas de um determinado sinal, produzidas num certo volume de ar, pela massa contida nesse mesmo volume.

$$X = \frac{|Carga\ produzida\ num\ certo\ volume\ de\ ar|}{Unidadedemassa\ contida\ nesse\ volume}. \quad (2.2)$$

Inicialmente a exposição era quantificada em Roentgen (R) sendo que neste momento a unidade do SI para a exposição é quantificada como a quantidade de raios-X ou gama que produz, num 1 kg de ar, iões correspondentes a 1 C de carga eléctrica de cada sinal. Considera-se que $1 R = 2.58 \times 10^{-4} C/kg$. Para representar a quantidade de radiação que uma pessoa recebeu, observou-se que a energia depositada por uma determinada quantidade de radiação (expressa em R ou em C/kg) em diferentes materiais não era a mesma. Definiu-se por isso uma nova grandeza, a *dose* [11]. Esta dividia em dois grupos a *dose absorvida* e a *dose equivalente*. A dose absorvida representa a quantidade de energia média cedida pela radiação ionizante, por unidade de massa de matéria. Essa grandeza é definida para qualquer tipo de radiação ionizante em qualquer meio por onde ela se desloque. A unidade do SI é o *gray* (Gy) que equivale à unidade joule por quilograma (J/kg), ou seja $1 Gy = 1 J/kg$. Pode-se verificar que a unidade de dose absorvida mede a energia depositada no meio, por exemplo o corpo humano, enquanto a grandeza exposição mede a energia absorvida no ar, sendo também chamada de dose no ar. Para fins de protecção radiológica e na gama de energias habitualmente utilizadas nas práticas médicas, pode-se considerar 1 R aproximadamente igual a 0.01 Gy, ou ainda, 1 C/kg igual a 38.8 Gy [11]. A dose equivalente é uma medida da equivalência em energia absorvida pelo tecido biológico e é obtida através do produto entre a dose absorvida e o factor de qualidade, que expressa a proporcionalidade entre o dano sofrido e o número de ionizações produzidas por unidade de comprimento do meio onde a radiação se propaga. É um factor adimensional e assume diferentes valores para os diferentes tipos de radiação ionizante, valendo 1 para as radiações X, β e γ e 20 para as radiações α . A unidade do SI é o sievert (Sv), sendo que o factor de conversão entre o Sv e o J/kg é $1 Sv = 1 J/kg$.

2.2 Efeitos Biológicos da Radiação Ionizante

2.2.1 Classificação

Desde da descoberta dos raios-X, e conseqüentemente da radiação ionizante, os investigadores perceberam que a radiação é muito perigosa, principalmente após a 2ª Guerra Mundial, com as explosões atômicas nas cidades japonesas de Hiroshima e Nagasaki. No processo de interação da radiação com a matéria ocorrem sempre ionização ou excitação dos átomos e moléculas provocando modificação nas moléculas, apesar de estas alterações por vezes serem temporárias. A alteração mais grave acontece quando existe alteração da estrutura do DNA. Os efeitos resultantes da duração da exposição à radiação ionizante são classificados [12] da seguinte forma:

- **Efeitos físicos:** exposições de duração de 10^{-13} s.
- **Efeitos químicos:** exposições de duração de 10^{-10} s.
- **Efeitos biológicos:** acumulação de exposições de muitos anos, é a resposta natural do organismo a um agente agressor não resultando necessariamente uma doença, poderá ocorrer por exemplo uma redução do nível de leucócitos no sangue.
- **Efeitos orgânicos:** A prova da existência de tipo de efeitos são as doenças. Por exemplo incapacidade de recuperação do organismo devido a frequência ou quantidade dos efeitos biológicos, por exemplo, catarata, cancro ou leucemia.

Na Figura 2.5 encontram-se representados esses efeitos, demonstrando que a radiação ionizante tem efeitos secundário e que estes devem ser minimizados.

2.2.2 Efeitos Biológicos

Os efeitos biológicos da radiação ionizante [14] podem ser classificados segundo a dose absorvida (estocásticos ou determinísticos), o tempo de manifestação (imediatos ou tardios) e ao nível de dano (somáticos ou genéricos):

- Os **efeitos estocásticos** levam à transformação celular. A sua causa deve-se à alteração aleatória no DNA de uma única célula que irá transmitir às células filhas essa alteração de DNA. Quando o dano ocorre numa célula germinativa, podem ocorrer efeitos genéticos ou hereditários. O dano pode ser causado por uma dose mínima de radiação, não apresentado por isso limiar de dose (D_{th}).

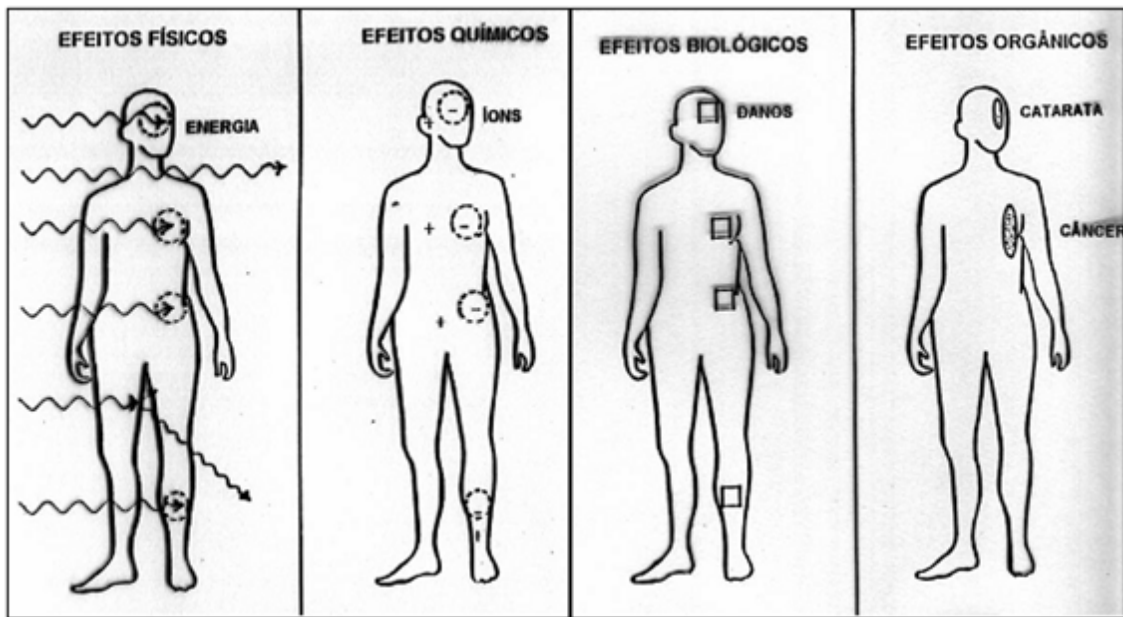


Fig. 2.5: Efeitos da radiação ionizante nos seres humanos [13].

Tumores altamente malignos podem surgir com a incidência de uma dose baixa e outros benignos por doses altas. A gravidade é constante e independente da dose, sendo que a probabilidade de ocorrência está relacionada com a dose. Um dos grandes problemas deste tipo de efeitos está relacionado com a dificuldade de serem medidos experimentalmente, devido ao longo período de latência. A severidade de um determinado tipo de cancro não é afectada pela dose, mas sim, pelo tipo e localização da condição maligna.

- Os **efeitos determinísticos** levam a morte celular, existe um limiar de dose (os danos não surgem abaixo de uma determinada dose (D_{th})). A probabilidade de ocorrência e a sua gravidade está directamente relacionada com o aumento da dose. São exemplos de efeitos determinísticos a catarata, leucopenia, náuseas, anemia, esterilidade, hemorragia, eritema ou necrose. A morte de um pequeno número de células de um tecido, resultante da exposição à radiação, normalmente não traz nenhuma consequência clínica observável. Para indivíduos saudáveis, dependendo do tecido irradiado, nenhum apresentará dano para doses de até centenas ou milhares de miliSieverts. Acima de um valor de dose (limiar), o número de indivíduos manifestando o efeito aumentará rapidamente até atingir o valor unitário (100%). Isto decorre das diferenças de sensibilidade entre os indivíduos.



Fig. 2.6: Princípios da radioprotecção.

- Os **efeitos somáticos** são aqueles que afectam apenas no indivíduo irradiado. Podem ser divididos em efeitos imediatos e tardios. Os efeitos imediatos são os efeitos que ocorrem num período de horas até algumas semanas após a irradiação. Os efeitos tardios são efeitos que ocorrem vários meses ou anos após a exposição à radiação. Outro problema da exposição à radiação ionizante acontece nas grávidas uma vez que essa exposição além de ser prejudicial à grávida é também prejudicial ao feto ou ao embrião.
- Nos **efeitos genéticos** os danos provocados nas células que participam do processo reprodutivo de indivíduos que foram expostos à radiação, podem resultar em efeitos ou mal formações nos indivíduos da sua descendência.

2.3 Radioprotecção

Conhecendo os efeitos da radiação ionizante nos seres humanos, tornou-se necessário definir regras de protecção de forma a evitar esses efeitos. Dessa forma surgiu a *Radioprotecção* [15]. Os objectivos da radioprotecção são a prevenção ou diminuição dos efeitos somáticos e a redução da deteriorações genéticas das várias gerações de indivíduos, onde o problema das exposições crónicas adquire um importância fundamental. Considera-se que a dose acumulada num período de vários anos seja o factor preponderante, mesmo que as doses intermitentes recebidas durante esse período sejam pequenas. As doses resultantes dos tratamentos médicos com raios-X, não são contabilizadas nas doses acumuladas. Dessa forma, recomenda-se aos médicos que tenham o máximo cuidado no uso dos raios-X e demais radiações ionizantes, para evitar exposições desnecessárias.

A radioprotecção define assim três princípios básicos que são ilustrados na Figura 2.6:

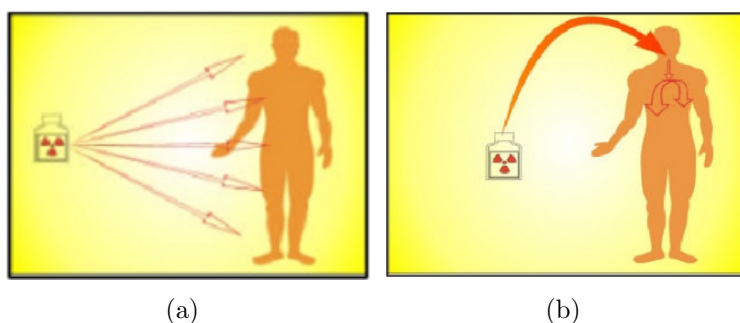


Fig. 2.7: Tipo de exposições à radiação ionizante: (a) Exposição externa; (b) Exposição Interna [16].

- **Justificação**

Qualquer prática envolvendo radiação ou exposição deve ser justificada em relação a outras alternativas e produzir um benefício líquido positivo para a sociedade.

- **Optimização**

O projecto, o planeamento do uso e a operação de instalação e de fontes de radiação devem ser feitos de modo a garantir que as exposições sejam tão reduzidas quanto razoavelmente exequível, levando-se em consideração factores sociais e económicos. É conhecido como conceito ALARA: As Low As Reasonably Achivable.

- **Limitação da Dose Individual**

As doses individuais de trabalhadores e de indivíduos do público não devem exceder os limites anuais de dose equivalente estabelecidos na legislação.

2.3.1 Princípios da Radioprotecção

Modos de exposição

O uso de fontes de radiação [16] pode resultar na exposição das pessoas a essa radiação. Os riscos a que estão expostos os indivíduos irradiados, dependem de diversos factores relacionados com as características das fontes de radiação e das relações das pessoas com as fontes, ou seja, tempo de permanência junto à fonte e distância entre a fonte de radiação e o indivíduo exposto. Para se limitar adequadamente as

doses de radiação, é preciso conhecer e controlar as exposições aos diferentes tipos de fontes.

A exposição é "definida" como a irradiação externa ou interna de pessoas, com radiação ionizante. Portanto, os modos de exposição podem ser classificados em exposição interna ou externa ao corpo do indivíduo irradiado. Entende-se por *exposição externa* aquela em que a fonte de radiação, equipamentos de raios-X ou fontes radioactivas, estão fora do corpo da pessoa irradiada. Este modo de exposição ocorre sempre que são manipuladas as fontes de radiação, sejam seladas ou abertas em que a dose recebida devido a essa exposição dependerá de factores como a actividade da fonte, energia da radiação, tempo de exposição, distância fonte/indivíduo e a utilização de blindagens.

Entende-se por *exposição interna* aquela em que a fonte de radiação está dentro do corpo da pessoa irradiada. Neste caso, a fonte de radiação deve ser necessariamente um radioisótopo depositado em um órgão ou tecido do corpo.

De seguida serão apresentadas medidas práticas de protecção radiológica que devem ser adoptadas para assegurar o cumprimento dos limites de dose. No estabelecimento dessas medidas deve-se considerar o tipo de fonte radioactiva, a actividade desta, a sua energia e os modos de exposição. A Figura 2.7 representa esquematicamente os modos de exposição falados anteriormente.

Na protecção [16] contra a irradiação externa, a dose equivalente recebida pelo indivíduo é uma função da taxa de dose no início da irradiação e da sua variação com o decorrer do tempo de irradiação. Desta forma existem duas maneiras de se reduzir a dose equivalente, ou seja, fornecer-lhe protecção adequada. A primeira considera a variação do tempo de irradiação e a segunda considera a redução da taxa de dose, conseguida por redução da actividade da fonte, aumento da distância fonte/indivíduo ou com o uso de blindagem. Será examinado a seguir, com mais detalhes, como esta redução da dose pode ser obtida.

Redução do tempo de irradiação

Sabe-se que a dose recebida por irradiação externa é directamente proporcional ao tempo. Quanto maior o tempo de irradiação maior a dose recebida. Caso seja necessário o trabalho em áreas com níveis da radiação elevados, para que as doses recebidas não excedam aos limites estabelecidos, é necessário planear detalhadamente a tarefa a ser executada, a fim de minimizar o tempo de exposição e controlar o tempo de permanência no local de trabalho.

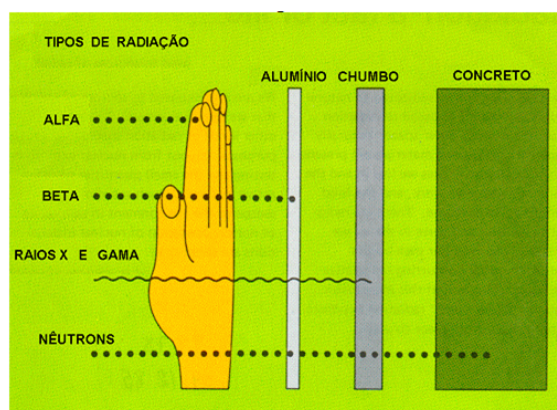


Fig. 2.8: Uso de blindagem nas diferentes radiações ionizantes [16].

Redução da actividade da fonte

A redução da actividade da fonte pode ser conseguida diminuindo-se a quantidade do material radioactivo manipulado. Esta redução pode ser obtida, por exemplo, dividindo-se a fonte em amostras com actividades menores. Outro procedimento para redução da actividade de uma fonte é armazená-la para que ocorra o decaimento radioactivo do material. Para tal é necessário ter locais adequados para armazenamento do material, de acordo com suas características.

Aumento da distância fonte/indivíduo

A dose de radiação recebida por um indivíduo é inversamente proporcional ao quadrado da distância entre o indivíduo e a fonte, ou seja, à medida que um indivíduo se afasta da fonte de radiação, a dose por ele recebida diminuirá. Conhecendo-se, portanto, a taxa de dose a uma determinada distância da fonte, pode-se calcular a taxa de dose resultante em qualquer distância. Na prática, o aumento da distância fonte/indivíduo, durante a manipulação de substâncias radioactivas, é conseguido por meio da utilização de pinças e garras.

Uso de blindagem

Denomina-se *blindagem* [16] a todo sistema destinado a atenuar um campo de radiação por interposição de um meio material entre a fonte de radiação e as pessoas ou objectos a proteger, como pode ser observado na Figura 2.8, sendo a blindagem o método mais importante de protecção contra a irradiação externa. O método mais prático para a estimativa da espessura da blindagem para a radiação X e gama é a utilização do conceito da HVL (Half Value Layer). O HVL de um material utilizado

para a blindagem é a espessura necessária para reduzir a intensidade da radiação para metade. A selecção dos materiais a serem utilizados numa blindagem dependerá das condições técnicas e económicas. Para a radiação α e X, usa-se chumbo, a espessura dependerá da actividade da fonte e da energia da radiação emitida. Também são usados o betão, ferro, urânio e outros materiais de alta densidade. Para a radiação β , normalmente usa-se 1 cm de lucite ou outro material plástico seguido de uma folha de chumbo de 1 cm de espessura, que é usado para blindar a radiação dispersa. Para fontes de baixa actividade a folha de chumbo pode ser dispensada.

2.3.2 Legislação

Na União Europeia (EU) existe uma organização que regula toda a actividade à volta da radiação ionizantes definindo directrizes que são adoptados pelos estados membros, a European Atomic Energy Community (EURATOM) - www.euratom.org. Foi criada com o objectivo de coordenar os estados membros nos seus programas de pesquisa pacífica da radiação ionizante. Em Portugal, as directrizes dessa organização servem de base para a criação de leis, para a regularização deste tipo de actividade [17].

Decreto-Lei n.º 227/2008 de 25 de Novembro

A revisão das normas de base, incluídas na Directiva n.º 96/29/EURATOM, do Conselho, de 13 de Maio, e a evolução dos princípios aplicáveis às exposições radiológicas médicas contempladas na Directiva n.º 97/43/EURATOM, do Conselho, de 30 de Junho, reforçam e tornam mais abrangentes os princípios e as normas que regem as acções a desenvolver na protecção operacional dos profissionais expostos, na protecção da saúde da população, bem como as medidas fundamentais relativas à protecção radiológica das pessoas submetidas a exames e tratamentos médicos.

Neste sentido, a Directiva n.º 97/43/EURATOM, do Conselho, de 30 de Junho, estabelece a obrigatoriedade de intervenção de um especialista em física médica em determinadas áreas radiológicas médicas e "especialista em física médica" como sendo um perito em física das radiações ou em tecnologia das radiações aplicada às exposições previstas na directiva em questão, cuja formação e competência sejam reconhecidas pelas autoridades competentes e que, quando necessário, actue ou dê parecer sobre a dosimetria a aplicar ao paciente, o desenvolvimento e a utilização de técnicas e equipamentos complexos, a optimização, a garantia de qualidade, incluindo o controlo de qualidade, e sobre outros assuntos relacionados com a protecção contra radiações em relação às exposições radiológicas abrangidas pela mesma

directiva.

A transposição desta Directiva para o direito interno foi efectuada pelo Decreto-Lei n.º 180/2002, de 8 de Agosto, para além de incluir o "especialista em física médica", introduz o "físico qualificado em física médica" como sendo um licenciado em Física ou Engenharia Física por uma universidade, com formação em física das radiações ou em tecnologia das radiações aplicada às exposições previstas no decreto-lei em questão, de acordo com a legislação relativa à carreira dos técnicos superiores de saúde, ramo de física hospitalar, ou de investigação que lhe corresponda.

Este decreto-lei implica, ainda, que a utilização de radiações ionizantes em actos médicos só possa ser feita sob a responsabilidade de médicos habilitados, isto é, que tenham adquirido uma especialização em protecção contra radiações, apresentando, no que se refere à sua formação, conteúdos condizentes com os constantes no Decreto-Lei n.º 167/2002, de 18 de Julho, que aprova o regime jurídico do licenciamento das entidades prestadoras de serviços na área da protecção radiológica e transpõe para a ordem jurídica interna disposições relativas às matérias de dosimetria e de formação da Directiva n.º 96/29/EURATOM, do Conselho, de 13 de Maio, que fixa as normas de base de segurança relativas à protecção sanitária da população e dos trabalhadores contra os perigos resultantes das radiações ionizantes.

Na Directiva n.º 96/29/EURATOM, do Conselho, de 13 de Maio, estabelece-se a possibilidade de recurso a "peritos qualificados", quer em matéria de limitação das doses em exposições que requerem autorização especial, quer na aplicação dos princípios fundamentais de protecção operacional dos trabalhadores, aprendizes e estudantes expostos para efeitos de práticas, definindo "perito qualificado" como sendo a pessoa dotada dos conhecimentos e formação necessários para efectuar exames físicos, técnicos ou radioquímicos que permitam avaliar doses, e para dar conselhos de forma a garantir uma protecção eficaz dos indivíduos e o funcionamento correcto do equipamento de protecção, e cuja qualificação é reconhecida pelas autoridades competentes. Pode ser atribuída a um perito qualificado a responsabilidade técnica em matéria de protecção contra as radiações de trabalhadores e membros do público. Sendo certo que na área médica pode admitir-se que as competências de um perito qualificado podem ser exercidas por um especialista em física médica. Nas restantes áreas os profissionais envolvidos carecem de formação e qualificação profissionais para exercerem cabalmente as funções de protecção radiológica correspondentes ao seu tipo de actividade. Assim, o presente decreto-lei visa colmatar as lacunas relativamente a profissionais qualificados em protecção radiológica, bem como completar a transposição para o direito interno nesta matéria, tendo em conta a evolução do

processo normativo seguido. Em conformidade com tal objectivo, define-se o regime jurídico aplicável à qualificação profissional em protecção radiológica, abordando os perfis funcionais, as condições de acesso à formação específica e respectivos planos de formação, bem como as normas específicas de emissão de certificados de qualificação profissional e as condições de homologação dos respectivos cursos de formação profissional.

Decreto-Lei n.º 222/2008 de 17 de Novembro

O Tratado que institui a Comunidade Europeia de Energia Atómica (EURATOM) prevê o estabelecimento de normas básicas de segurança relativas à protecção da saúde, dos trabalhadores e da população em geral, contra os perigos resultantes das radiações ionizantes. Uma vez que a saúde pública é uma das áreas mais afectadas pela acção dos diversos tipos de radiações, compete ao Ministério da Saúde desenvolver acções na área de protecção contra radiações, incumbindo à Direcção-Geral da Saúde a promoção e a coordenação das medidas destinadas a assegurar em todo o território nacional a protecção de pessoas e bens que, directa ou indirectamente, possam sofrer os efeitos da exposição a radiações.

Estas matérias foram contempladas no Decreto Regulamentar n.º 9/90, de 19 de Abril, na redacção que lhe foi dada pelo Decreto Regulamentar n.º 3/92, de 6 de Março, que, dando execução ao Decreto-Lei n.º 348/89, de 12 de Outubro, estabelece os princípios e normas de base por que devem reger-se as acções a desenvolver na área da protecção contra as radiações ionizantes. O desenvolvimento dos conhecimentos científicos permitiu a revisão das referidas normas de base, que foram incluídas na Directiva n.º 96/29/EURATOM, do Conselho, de 13 de Maio, que fixa as normas de segurança de base relativas à protecção sanitária da população e dos trabalhadores contra os perigos resultantes das radiações ionizantes.

Esta directiva foi parcialmente transposta para a legislação nacional pelos Decretos -Leis n.os 165/2002, de 17 de Julho, 167/2002, de 18 de Julho, 174/2002, de 25 de Julho, e 140/2005, de 17 de Agosto.

Destaca-se de entre estes diplomas o Decreto -Lei n.º 165/2002, de 17 de Julho, que estabelece as competências dos organismos intervenientes na área da protecção contra as radiações ionizantes, bem como os princípios gerais de protecção.

A Directiva n.º 96/29/EURATOM, do Conselho, de 13 de Maio, prevê ainda o estabelecimento de limites de dose para membros do público e para os trabalhadores profissionalmente expostos, aprendizes e membros do público bem como outras considerações de igual importância relativamente à protecção e segurança contra os perigos resultantes da utilização das radiações ionizantes. As disposições da Directiva

n.º 96/29/EURATOM, do Conselho, de 13 de Maio, encontrava -se já parcialmente transposta pelo Decreto -Lei n.º 180/2002, de 8 de Agosto, que transpôs a Directiva n.º 97/43/EURATOM, mas com âmbito limitado às exposições radiológicas médicas. O presente decreto-lei transpõe para ordenamento jurídico interno os limites de dose previstos na Directiva n.º 96/29/EURATOM, do Conselho, de 13 de Maio, e aplica-se à exposição dos membros do público às radiações ionizantes de origem artificial, bem como aos trabalhadores profissionalmente expostos e aprendizes, sendo estabelecidos uma série de critérios específicos para a protecção dos mesmos.

A existência de legislação que regulamente este tipo de actividade é importante na medida que aumenta a segurança do uso da radiação ionizante, além de que orienta os diversos utilizadores da radiação fornecendo-lhe importantes directrizes.

2.4 Dosimetria em Radiologia

2.4.1 Dose Area Product (DAP)

O DAP (Dose Area Product) [18, 19] contém mais informação do que a medição normal de dose, pois representa não só a quantidade da dose mas também a área do tecido humano irradiado. O DAP é medido em Gray centímetros quadrados ($Gy.cm^2$). De uma forma genérica, os medidores de DAP são câmaras de ionização com um sistema de medida eléctrico. Durante a sua utilização, a câmara de ionização é colocada perpendicular ao eixo central do feixe de raios-X e num local de forma a interceptar completamente toda a área do feixe. A medição do DAP, em combinação com o tamanho do campo de raios-X pode ser usado para determinar a dose média produzida por um feixe de um raios-X em qualquer ponto anterior da localização da câmara de ionização.

A leitura do DAP pode ser alterada modificando os factores da exposição (kVp, mA, tempo de exposição). Os medidores de DAP já existem há muitos anos e os seus defensores são da opinião que o valor de DAP é um melhor indicador do risco da radiação do que a dose à superfície de entrada (ESD). O DAP mostrou uma forte correlação com a energia total incidente ao paciente, que está relacionada com a dose eficaz. O uso do DAP tem alguns problemas associados e conhecidos. Um deles é a montagem e esquema de uma medição DAP, Figura 2.9(b), uma vez que pode alterar o valor de DAP se, por exemplo, algum tipo de material for colocado entre a câmara de ionização e o paciente. Nessa altura o paciente irá receber menos dose do que aquela que foi registada pelo medidor.

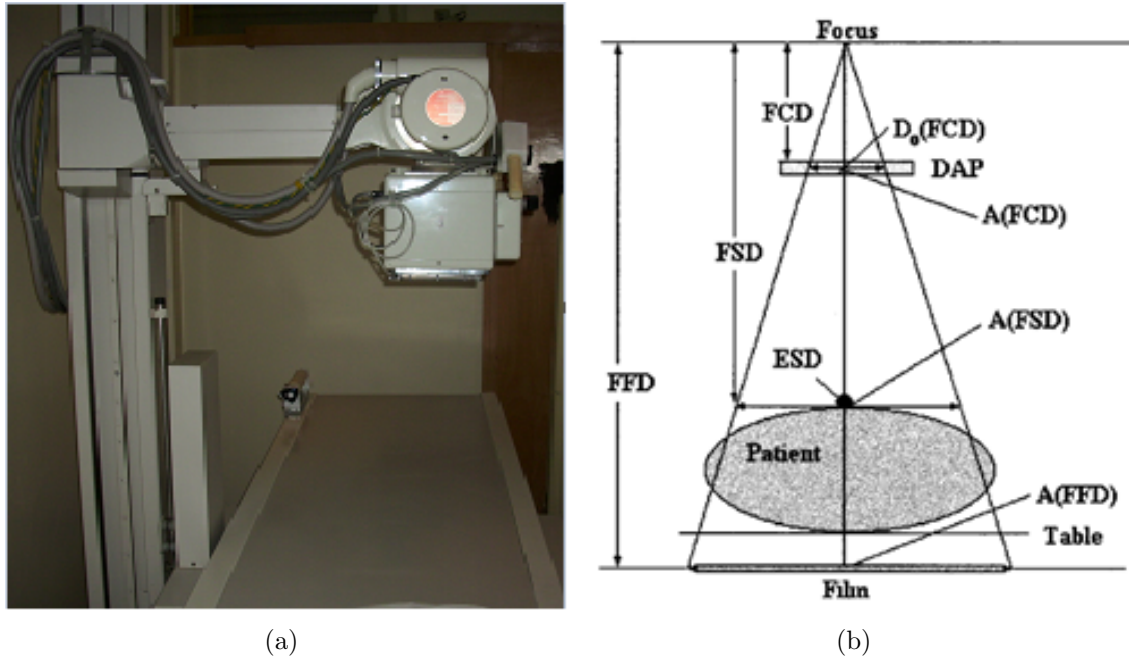


Fig. 2.9: Montagem e esquema de um medidor DAP [18].

A distância entre foco dos raios-X e a câmara de ionização do medidor de DAP (ou seja até ao limite do sistema de colimação), do foco até à superfície do paciente e do foco à posição do filme, são respectivamente, FCD , FSD e FFD . D_0 representa a dose absorvida no ar e A representa a área do campo de raios-X na distância especificada dentro dos parênteses ou seja FCD .

O cálculo do valor de DAP é então feito através do produto da dose absorvida multiplicada pela área irradiada e é independente de qualquer distância ao foco. As seguintes equações permitem calcular o valor de DAP através dos vários parâmetros indicados na Figura 2.9(b).

$$DAP = D_{FCD}(ar) \times A_{FCD}. \quad (2.3)$$

$$DAP = D_{FSD}(ar) \times A_{FSD}. \quad (2.4)$$

$$DAP = \left(\frac{ESD}{BSF} \right) \times A_{FSD}. \quad (2.5)$$

$$DAP = \left(\frac{ESD}{BSF} \right) \times A_{FFD} \times \left(\frac{FSD}{FFD} \right)^2. \quad (2.6)$$

$$DAP = \left(\frac{ESD}{BSF} \right) \times A_{FFD} \times \left(\frac{FSD}{FFD} \right)^2. \quad (2.7)$$

Em que BSF representa a estimativa de dose "reflectida" (*backscattered*). A dose efectiva pode assim ser determinada através da forma indirecta:

$$E(mSv) = DAP(mGy * cm^2) \times CC_{DAP}(mSv/mGy * cm^2). \quad (2.8)$$

Para cada projecção de raios-X (incidência), CC_{DAP} corresponde a um parâmetro em função da filtragem e voltagem aplicada. Este parâmetro é apresentado no relatório 262-1995 da National Radiological Protection Board [18] (NRPB).

2.4.2 Entrance Surface Dose (ESD)

O Entrance Surface Dose (ESD) é definida como a dose absorvida no ar no centro do feixe, incluindo a radiação "reflectida", conhecida como radiação *backscattered*. O ESD pode ser facilmente medido por um detector termoluminescente (TLD) ou por um SDM (skin dose monitor), mas uma estimativa do ESD pode ser obtida através da multiplicação da dose absorvida no ar por uma aproximação da radiação "reflectida". Na falta de um dosimetro termoluminescente apropriado para a medição do ESD, uma estimativa viável pode ser obtida registando os dados de exposição para uma determinada incidência e a dose estimada absorvida no ar, em combinação com valores que representem a radiação reflectida [18, 19].

$$ESD_{(mGy)} = output \times \left(\frac{kV}{kV_{REF}} \right)^2 \times \left(\frac{100}{FSD} \right)^2 \times mAs \times BSF, \quad (2.9)$$

onde $output$ é a saída do tubo de raio X à kV_{REF} (tensão de referência), à distância

de 100 cm normalizado por mAs (mGy/mAs). kV é a tensão do tubo, mAs é o produto da corrente do tubo pelo tempo de exposição. FSD é a distância do foco até à superfície do paciente e BSF valor que representa a radiação "reflectida". De forma similar ao DAP, a dose efectiva pode ser determinada através de:

$$E(mSv) = ESD(mGy) \times CC_{ESD}(mSv/mGy), \quad (2.10)$$

onde CC_{ESD} corresponder ao coeficiente de conversão relacionado com os valores de ESD e dose efectiva. Esse valor é apresentado no relatório 262-1995 da National Radiological Protection Board (NRPB) [18].

2.5 Medidores de Radiação

A detecção e medição das radiações são fundamentais para a radioprotecção, tanto para obtenção de medidas precisas, quanto para a avaliação do grau de risco envolvido em actividades com exposições à radiação. A radiação por si só não pode ser medida directamente. Portanto, a detecção é realizada pela análise dos efeitos produzidos pela radiação quando esta interage com um material. Muitos detectores utilizados na radioprotecção são de origem electrónica e indicam a intensidade da radiação num determinado ponto e num determinado instante de tempo. São principalmente os detectores de ionização, os detectores de cintilação e os detectores semicondutores. Existem também os detectores que indicam a radiação total a que uma pessoa foi exposta. Estes instrumentos são chamados dosímetros [15].

2.5.1 Detectores e Dosímetros

Detectores de ionização

Nos detectores por ionização [16], a radiação incidente cria pares de iões no volume de medida do detector. Este volume de "medida" é preenchido com um gás ou uma mistura de gases. A quantidade de pares de iões criados é "contada" num dispositivo de medida da corrente eléctrica. Como exemplos deste tipo de detector pode-se citar a câmara de ionização (abordado mais à frente), o contador proporcional e o contador Geiger-Muller. Na Figura 2.10 pode-se observar um exemplo de detector de ionização, bem como um esquema do princípio de funcionamento.

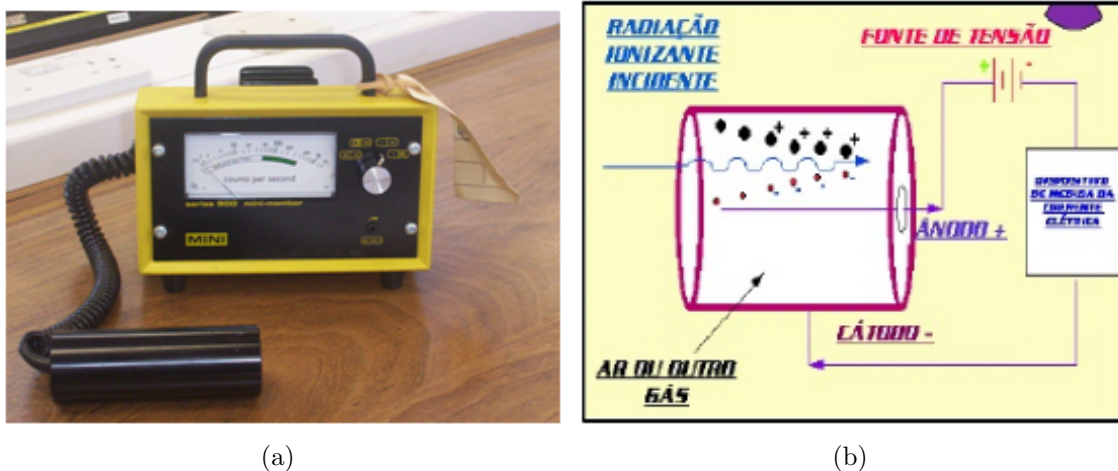


Fig. 2.10: Detectores de radiação por ionização: (a) Imagem de um detector de radiação por ionização; (b) Princípios de funcionamento [16].

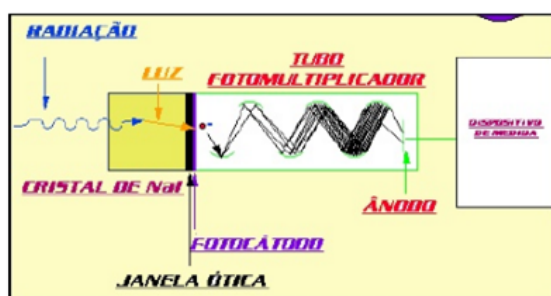


Fig. 2.11: Princípios de funcionamento dos detectores de cintilação [16].

Detectores de cintilação

Os detectores de cintilação [16] baseiam-se na propriedade de fluorescência ou cintilação, que é o fenómeno observado em certas substâncias que emitem luz quando bombardeadas por um feixe de radiação ionizante. As cintilações produzidas pela radiação nos cristais cintiladores são amplificadas numa válvula foto multiplicadora, que gera um pulso eléctrico que é medido. Os detectores de Iodeto de Sódio (NaI) enquadram-se nesta categoria. Na Figura 2.11 pode-se observar um esquema de funcionamento de um detector de cintilação.

Dosímetros

A dosimetria [16] é a avaliação quantitativa da dose de radiação recebida pelo corpo humano. Os dosímetros são os instrumentos utilizados para esta avaliação, e indicam a exposição ou a dose absorvida total a que uma pessoa foi submetida. As principais

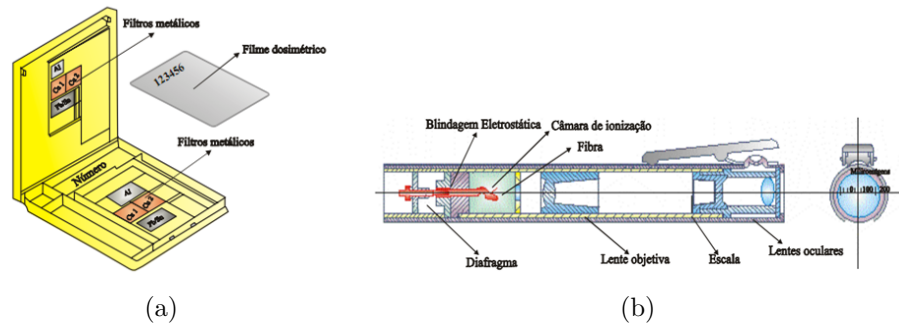


Fig. 2.12: Dosímetros: (a) Dosímetro TLD; (b) Dosímetros de bolso [15].

características que um bom dosímetro deve apresentar são: resposta independente da energia da radiação incidente, cobrir um grande intervalo de dose e pequeno, leve, de fácil utilização, confortável para o uso e económico quanto ao fabrico.

Até hoje não existe um dosímetro que preencha todos esses requisitos de forma ideal, mas apenas parcialmente. Os principais tipos de dosímetros são: fotográfico, termoluminescente (TLD), câmara de ionização de bolso (caneta dosimétrica) e mais recentemente, os dosímetros com tecnologia óptica, os OSL (Optically Stimulated Luminescence).

O dosímetro fotográfico é um dos detectores de radiação mais simples que existem. É constituído por filme (chapa fotográfica) acondicionado numa embalagem de protecção, que protege a parte fotossensível contra os efeitos da luz, agentes químicos e mecânicos. Esta embalagem contém pequenos discos metálicos que funcionam como filtros que permitem a estimativa da dose e uma distinção entre os vários tipos de radiação.

Os filmes dosimétricos utilizam a propriedade das radiações ionizantes de sensibilizarem as chapas fotográficas. Mediante a medida do grau de escurecimento da película revelada, pode-se relaciona-lo com a quantidade de radiação absorvida, e desta forma avaliar a dose recebida pelo indivíduo. Os filmes dosimétricos oferecem a vantagem de assegurar uma informação permanente (podem ser arquivados), permitindo desta forma que as medidas, se necessário, sejam repetidas. As desvantagens são decorrentes das influências das condições ambientais que podem afectar sua resposta, tais como temperatura, humidade e o desaparecimento do escurecimento com o tempo.

Os dosímetros termoluminescentes (TLD), representados na Figura 2.12(a) são cristais que, quando irradiados, armazenam a energia da radiação incidente. Se este dosímetro for aquecido, a uma dada temperatura, após ter sido irradiado, a energia armazenada

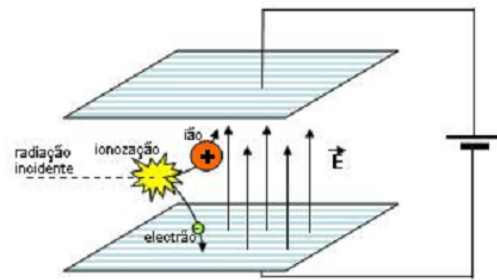


Fig. 2.13: Funcionamento básico das câmaras de ionização [1].

será liberada com emissão de luz, fenómeno conhecido como termoluminescência. A quantidade de luz emitida durante o aquecimento é proporcional à dose absorvida pelo dosímetro.

Os dosímetros TLD têm o formato de pastilhas e, geralmente, são utilizados num estojo que acomoda vários filtros, com a mesma finalidade daqueles utilizados nos dosímetros fotográficos. Os TLD apresentam pouca dependência energética e quase nenhuma dependência direccional, mas a informação armazenada só pode ser avaliada uma única vez. A grande vantagem desses dosímetros é que podem ser reutilizados. Os dosímetros de bolso, que podem ser observados na Figura 2.12(b), do tamanho de uma caneta comum, chamados por isso de canetas dosimétricas, são utilizados como dosímetros complementares, quando é necessária uma medida directa e rápida, permitindo ao utilizador verificar a dose a que foi submetido durante um determinado trabalho.

2.5.2 Câmaras de Ionização

O funcionamento básico das câmaras de ionização [20] está ilustrado na Figura 2.13. Um gás é mantido entre as placas de um condensador. Entre as placas aplica-se uma tensão e gera-se um campo eléctrico entre elas. Quando uma partícula radioactiva (alfa, beta ou gama) ioniza um dos átomos do gás, gera-se um electrão e um íon positivo. Se o campo for suficientemente forte os electrões e iões não se recombinam e migram em direcção às placas com carga de sentido oposto ao seu.

Consideremos agora um caso particular [1], em que o gás é ar. A energia média de ionização para o ar (média sobre os diferentes componentes do ar) é 34 eV.

Suponhamos que uma partícula radioactiva de 10^6 eV entra na câmara. Esta partícula vai ionizar um número de átomos dado pela equação:

$$N = \frac{E_R}{E_I} = \frac{10^6}{34} \simeq 3 \times 10^4. \quad (2.11)$$

Em que E_R equivale à energia da radiação e E_I à energia de ionização. Formar-se-ão portanto aproximadamente 30.000 pares electrão-ião. Os electrões dirigem-se para a placa positiva (ânodo) e os iões para a placa negativa (cátodo). Os electrões têm maior mobilidade que os iões porque estes são muito mais massivos ("pesados"). Quando a carga correspondente a estes electrões deposita-se na placa positiva, gera-se uma tensão extra aos terminais do circuito das placas (isto é, esta tensão sobrepõe-se à alta tensão aplicada às placas para fazer a ionização). Essa tensão é dada pela equação habitual dos condensadores:

$$Q = CV \Leftrightarrow V = \frac{Q}{C} \quad (2.12)$$

Na equação 2.12, Q representa a carga dos electrões,

$$Q = N * e = 3 \times 10^4 * e = 5.7 \times 10^{-15}C, \quad (2.13)$$

e , representa a carga elementar. A capacidade C tem se ser calculada para um caso particular.

Supondo que as placas têm dimensão de $10 \times 10 \text{ cm}^2$ (área $A = 10^{-2}m^2$), com uma separação de $d = 1 \text{ cm}$, então segundo a equação:

$$C = \varepsilon_0 \frac{A}{d} = 8.9 \times 10^{-12}F, \quad (2.14)$$

em que $\varepsilon_0 = 8.85 \times 10^{-12}F/m$ é a permissividade do vazio. Finalmente vem, que a tensão originada pelos electrões aos terminais da placa é dada por:

$$V = \frac{5.7 \times 10^{-15}}{8.9 \times 10^{-12}} = 0.6mV. \quad (2.15)$$

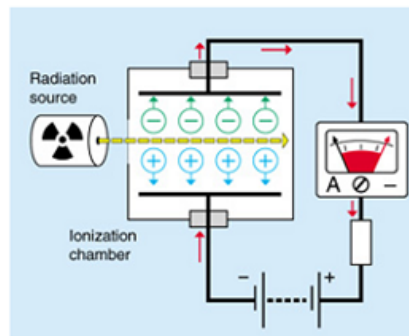


Fig. 2.14: Ionização de uma câmara de gás [1].

Esta tensão é muito pequena, e tem de ser amplificada. Se a radiação incidente for de 2 MeV, o sinal do detector passa a ser aproximadamente 1.2 mV. Portanto o sinal é proporcional à energia da radiação. Para uma câmara de ionização, o sinal é proporcional à energia da partícula radioactiva e o sinal não depende da tensão aplicada às placas.

Relativamente ao tempo de resposta deste tipo de detectores, os valores típicos são os seguintes:

- Tensão aplicada: 100 V
- Velocidade dos iões $\simeq 1$ m/s

Para uma distância de 1 cm temos portanto um tempo de resposta de 0.01 s. Se quiséssemos fazer contagens de radiação com este detector estaríamos limitados a valores da ordem de 100 partículas por segundo. Para valores superiores a estes os sinais sobrepor-se-iam e não seria possível discriminá-los individualmente. Ora, uma amostra de 1 μCi (valor típico de uma fonte radioactiva relativamente fraca) tem 3.7×10^4 decaimentos por segundo, muito mais do que o valor limite referido de 100. Concluindo, as câmaras de ionização não são aptas para fazer a contagem dos decaimentos de uma amostra radioactiva. Servem no entanto para monitorizar a radiação. Em ambientes radioactivos a tensão gerada nas placas é diferente de zero, indicando a presença de partículas radioactivas.

O circuito eléctrico genérico de uma câmara de ionização está esquematizado na Figura 2.14.

Note-se que a tensão entre as placas gera uma diferença de potencial no sentido $\oplus \rightarrow \ominus$ dos terminais das baterias, enquanto a diferença de potencial originada pela deposição de iões e electrões nas placas tem o sentido oposto. Por isso pode-se introduzir um amperímetro no circuito e medir a corrente gerada pelos iões e

electrões (a tensão de polarização das placas não gera corrente). Assim, a corrente medida é proporcional à actividade da fonte e à energia das radiações.

Medidor de DAP - DIAMENTOR

O DIAMENTOR C2 é um equipamento para medição do produto área-dose (DAP). Este capítulo será dedicado ao DIAMENTOR C2, às suas funcionalidades e potencialidades assim como a forma de utilização deste equipamento, cuidados a ter, entre outros assuntos.

3.1 DIAMENTOR C2

O DIAMENTOR C2 [2] é um equipamento fabricado de acordo com a norma IEC60580, que especifica o desempenho e teste deste tipo de medidores. Os objetivos principais da norma são o de estabelecer requisitos de performance satisfatórios para este tipo de equipamento padronizando assim os métodos de determinação desses valores em conformidade com o nível de desempenho falado anteriormente.

A medição do valor de DAP é feita através de uma câmara de ionização, Figura 3.1(a), instalada permanente na unidade de raios-X, Figura 3.1(b). O DIAMENTOR C2 contém duas entradas separadas de medição permitindo a medição em simultâneo do valor de DAP em dois tubos de raios-X. Pode ser por isso usado em duas salas de exames diferentes podendo ser controlado apenas num local uma vez que cada porta pode ser reiniciada separadamente não afectando o valor de leitura da outra entrada. Além disso o valor medido pode ser impresso separadamente. Na Figura 3.4 pode-se ver o painel traseiro do DIAMENTOR C2 onde podemos ver as ligações das duas câmaras de ionização para a leitura da dose.

O DIAMENTOR C2 é calibrado electronicamente de fábrica devendo o equipamento ser enviado à PTW-Freiburg (fabricante do equipamento) sempre que o valor de controlo estiver fora dos parâmetros aceitáveis, conforme indicado no manual



Fig. 3.1: Câmara de ionização do DIAMENTOR C2: (a) Desmontada; (b) Montada uma unidade de raios-X

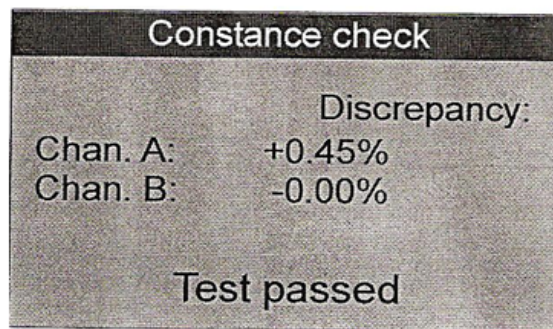


Fig. 3.2: Ilustração da confirmação da calibração do equipamento [2].

de utilizador. De acordo com as recomendações do fabricante, o valor de controlo deverá ser verificado diariamente. Para verificar manualmente o valor de controlo é necessário ligar o equipamento, aguardar cerca de 10 s. Carregar durante 2s na tecla TEST até que apareça o resultado do teste conforme a Figura 3.2. Caso o valor esteja dentro dos parâmetros aceitáveis, obter-se-á "Test passed" caso não esteja nos parâmetros correctos obter-se-á "Test failed". O resultado desaparecerá automaticamente ao fim de 8 s.

3.1.1 Painéis de Controlo

O painel de controlo do DIAMENTOR C2 é simples sendo que alguns dos botões tem mais do que uma funcionalidade. O painel frontal é constituído pelos seguintes botões, que podemos ver ilustrado na Figura 3.3, enquanto que o painel traseiro está ilustrado na Figura 3.4.

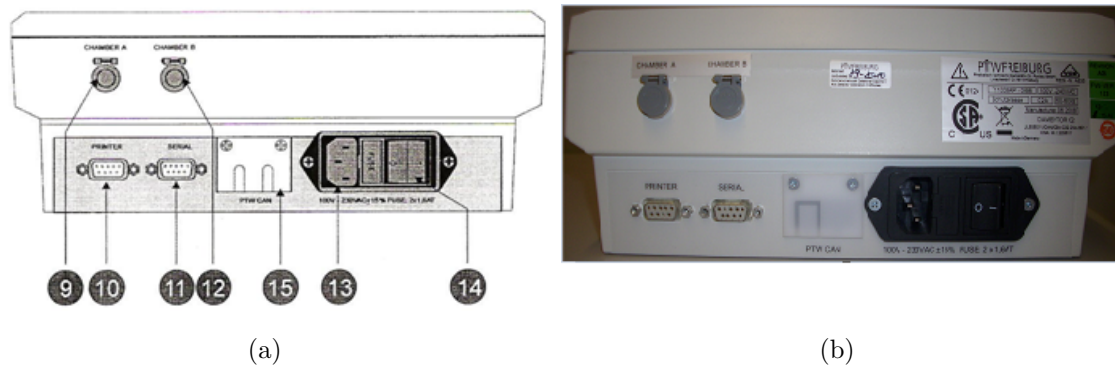


Fig. 3.4: Painel Traseiro do DIAMENTOR C2: (a) Esquema [2]; (b) Fotografia.

B.

6. **FEED** - Tecla para avançar manualmente o rolo de impressão na impressora.
7. Patilha de acesso ao compartimento do papel.
8. **PRINT B** - Tecla para imprimir os valores lidos na entrada B. No modo "Bi-plane" serão impressos os valores lidos quer na entrada B quer na entrada A.
9. Entrada de conexão do canal A.
10. Entrada de conexão para uma impressora externa (apenas utilizar os equipamentos homologado pelo fabricante)
11. Entrada de conexão RS232 para PC.
12. Entrada de conexão do canal B.
13. Entrada de alimentação e compartimento de fusível.
14. Interruptor de ligação do equipamento.
15. Interface PTW-CAN - Controller area-network bus(específico do fabricante).

3.1.2 Calibração

Todos os equipamentos que efectuam medições devem de ser devidamente calibrados para que os valores por ele medidos sejam válidos. Segundo o manual do DIAMENTOR C2 existem dois tipos de calibração que são feitos no equipamento. Existe a

calibração electrónica e a calibração radiológica. A calibração electrónica [2] é efectuada apenas pelo fabricante nas suas instalações. É possível verificar o estado do equipamento através da constante de verificação que já foi descrito anteriormente. Se os parâmetros estiverem fora do intervalo admissível, o equipamento deverá então retornar ao fabricante (PTW-Freiburg) para reparação e respectiva calibração. Esses procedimentos são efectuados com equipamentos específicos, nos seus laboratórios de calibração e não podem ser efectuado no local, daí a necessidade de ser enviado para o fabricante. É feita em períodos de tempo regulares (mínimo de 2 em 2 anos). Normalmente é contactado o representante no país ou região onde foi adquirido o equipamento. Este por sua vez contacta o fabricante e agenda o período de calibração. Nessa data o equipamento é enviado para a fábrica sendo que a sua calibração não será superior a uma semana, para um equipamento apenas.

A calibração radiológica pode ser feita nas instalações do fabricante ou então pode ser feita no local onde o equipamento se encontra instalado. As recomendações do fabricante apontam para que este tipo de calibração seja efectuado a cada ano, caso não seja feito pelo fabricante, ou então a cada dois anos se esta for efectuada nos laboratórios do fabricante.

3.1.3 Especificações Técnicas

Existem no mercado alguns equipamentos com o mesmo objectivo do DIAMENTOR C2. Torna-se por isso importante conhecer as suas características, listadas na Tabela 3.1. Devido à possibilidade de conectar simultaneamente duas câmaras de ionização, o DIAMENTOR C2 permite fazer uma série de combinações adoptando-se à maneira de trabalhar de cada instituição que tenha adquirido este equipamento. É possível medir dose de radiação apenas de uma ampola de raios-X ligando uma câmara de ionização ao canal A ou ao canal B. Além disso, é possível medir, com duas câmaras de ionização, duas ampolas de raios-X ligando cada uma delas ao canal A e canal B. Essa monitorização poderá ser feita na mesma sala, onde estejam por exemplo uma ampola "fixa" e uma "móvel", ou em duas salas distintas em que apenas exista uma ampola de Raios-X.

Tab. 3.1: Especificações Técnicas [2].

Designação do equipamento e uso	DIAMENTOR C2, medidor do produto da área com a dose de acordo com a norma IEC60580.
Número de canais de medição	2
Princípio de medição	Detecção da radiação através de câmaras de ionização, processamento analógico e digital do sinal, leitura no LCD (display)
Quantidades de Medida	Produto da Área com a Dose Taxa do Produto da Área com a Dose
Produto da Área com a Dose (DAP)	
<i>Unidades possíveis</i>	cGycm ² , Rcm ² , μGym ²
<i>Intervalo de Medição</i>	0.1 μGym ² a 10 ⁶ μGym ²
<i>Resolução</i>	0.01 μGym ²
<i>Precisão</i>	+/- 1 dígito
<i>Linearidade</i>	< 2.5% +/- 1 dígito
<i>Perda</i>	< 1 dígito/h
<i>Tempo de estabilização</i>	10s
Taxa do Produto da Área com a Dose	
<i>Unidades possíveis</i>	cGycm ² /s, Rcm ² /s, μGym ² /s
<i>Intervalo de Medição</i>	0.1 μGym ² /s até 10 ⁶ μGym ² /s
<i>Resolução</i>	0.01 μGym ² /s
Pronto para medição	10s depois da inicialização
Tempo de aquecimento	5 min
Voltagem da câmara	400 V +/- 2.5 %
Limitação de corrente da voltagem da câmara	< 100 μA
Fonte de corrente	
<i>Tensão nominal</i>	(100...240) V AC, (50...60) Hz
<i>Fusíveis</i>	2 x 1.6 A
<i>Classe de protecção</i>	I de acordo com a norma IEC60601
<i>Potência de consumo</i>	10 W
Câmaras de Ionização	
<i>Tipo</i>	Câmaras padrão PTW-DIAMENTOR
<i>Direcção de referência para radiação incidente</i>	Vertical à superfície da câmara
<i>Sensibilidade</i>	0.556 nC/μGym ² a 1.25 nC/μGym ²
<i>Faixa nominal útil do tamanho do campo</i>	< 450 mm x 450 mm
<i>Distância dos eléctrodos</i>	6 mm

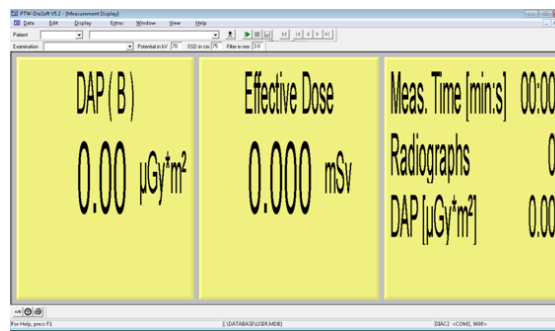


Fig. 3.5: Interface frontal do programa DiaSoft da PTW - Freiburg.

3.2 Interface com o Computador

Uma das potencialidades do DIAMENTOR C2 é a possibilidade de ligação a um computador. A PTW - Freiburg (fabricante do DIAMENTOR C2) disponibiliza no mercado um software de ligação ao DIAMENTOR registando as doses de radiação medidas. A Figura 3.5 ilustra esse software. O software tem o nome de PTW - DiaSoft V5.2 e é um software que funciona exclusivamente no sistema operativo Microsoft Windows e pode ser obtido junto do fabricante.

3.2.1 Protocolo de Transmissão RS232

A comunicação de dados [3] é importante em qualquer "sistema inteligente". A distância que um dado sinal percorre nesses sistemas pode variar em muitos aspectos, como a distância ou o tamanho de informação a transmitir. Em sistemas em que essas distâncias não ultrapassam os milímetros ou os centímetros de distância, um dado sinal pode ser transmitido directamente. No entanto, frequentemente os dados são enviados para locais com distâncias maiores que as grandezas referidas anteriormente, sendo mais difícil controlar a integridade da informação que chega ao destinatário, devido a distorções eléctricas dos sinais e de ruídos adicionados ao sinal que se propagam através do meio de transmissão.

Canais de Comunicação

Um *canal de comunicação* não deixa de ser um caminho sobre o qual a informação pode circular. Este canal pode ser definido por uma linha física (cabo) que conecta os diferentes dispositivos de comunicação. Na comunicação destes tipos de sistemas (comunicação digital), a informação é representada por *bits* de dados individuais, que podem ser encapsulados em mensagens de vários *bits*. Um *byte* (conjunto de 8 *bits*)

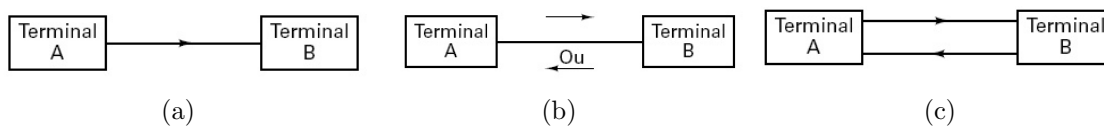


Fig. 3.6: Canais de comunicação: (a) Transmissão simplex - Transmissão apenas numa direcção; (b) Half-duplex - Transmissão em ambos os sentidos mas alternadamente, (c) Full-duplex - Transmissão em ambos os sentidos simultaneamente [3].

é um exemplo de uma unidade de mensagem que pode ser trocada através de um canal de comunicação. Um conjunto de *bytes* pode ser agrupado num "frame" ou outra unidade de mensagem de um nível superior. Esses múltiplos níveis de encapsulamento facilitam o reconhecimento de mensagens e interconexões de dados complexos.

Existem 3 tipos de canais de comunicação de dados. O canal onde a direcção da transmissão de dados é inalterada é denominado como *canal simplex*, ilustrado na Figura 3.6(a). Um exemplo claro de um canal simplex é na emissão de ondas de uma estação de rádio, porque essa transmite o sinal para os ouvintes e nunca é permitido a transmissão inversa.

Um *canal half-duplex*, representado na Figura 3.6(b), é um canal físico simples no qual a direcção pode ser revertida. As mensagens podem ser trocadas por ambos os intervenientes, no entanto a transmissão é feita alternadamente, se o terminal A está a enviar dados, o terminal B terá obrigatoriamente de estar a receber. Um exemplo usado para ilustrar este tipo de comunicação é o das chamadas telefónicas. Enquanto um indivíduo fala o outro escuta, depois de uma pausa o outro indivíduo fala e o primeiro indivíduo escuta. Falar ao mesmo tempo resultará inevitavelmente em sons que poderão não ser compreendidos.

Por último existe o *canal full-duplex*, representado na Figura 3.6(c), que permite que os dados sejam trocados simultaneamente e em ambos os sentidos. É constituído por dois canais simplex, um canal para envio dos dados e outro para recepção, ambos conectados ao mesmo sistema ou terminal.

Comunicação Série

Normalmente, as mensagens trocadas entre os diferentes sistemas ou terminais são mensagens constituídas por uma certa quantidade de *bytes*, logo não é prático transferir todos os *bits* da mensagem ao mesmo tempo. Sendo assim a mensagem é dividida em partes menores e transmitida sequencialmente. Existem duas formas

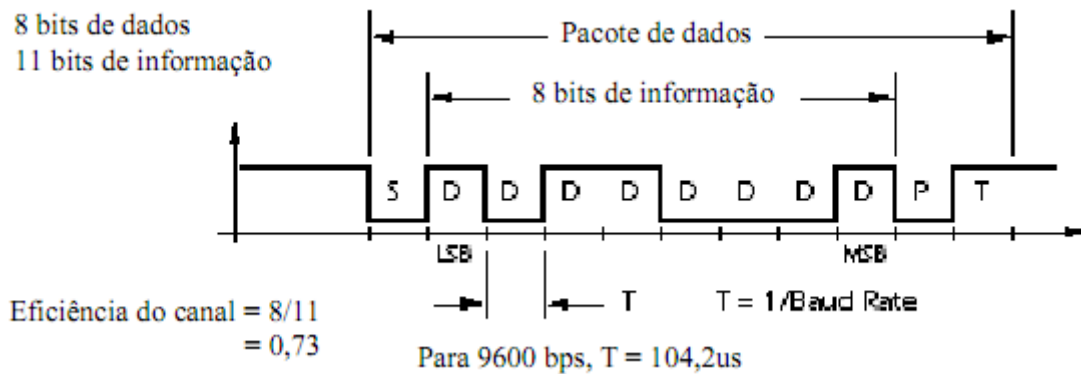


Fig. 3.7: Esquema de envio de dados [3].

possíveis de fazer essa transmissão. A transmissão bit-série divide os dados em *bits* e envia-os pelo canal de comunicação. Cada *bit* representa uma parte da mensagem. Os *bits* individuais são então organizados no destino (sistema receptor) para compor a mensagem original.

A transmissão byte-série divide os dados em conjuntos de 8 *bits* e envia-os através de 8 canais paralelos. Desta forma a transmissão byte-série consegue ser 8 vezes mais rápida que a transmissão série. No entanto é necessário 8 canais de comunicação e o custo poderá não compensar o ganho na velocidade.

Taxa de Transmissão (*Baud Rate*)

A taxa de transferência, representada na Figura 3.7, conhecida como *Baud Rate*, refere-se à velocidade com que os dados são enviados através do canal de comunicação e é medido em transições eléctricas por segundo. Segundo a norma EIA232, ocorre uma transição de sinal por *bit*. Nesse caso, uma taxa de 9600 bauds corresponderá a uma transferência de 9600 *bits* por segundo, ou um período de aproximadamente, $104 \mu\text{s}$ ($1/9600 \text{ s}$). Normalmente, os dados a serem enviados pelo canal de comunicação não são enviados de uma maneira uniforme mas sim enviados em pacotes com informação regulares seguidos de uma pausa, como está representado na Figura 3.7. O sistema receptor deverá saber o momento adequado para ler os *bits* e saber exactamente quando um pacote começa e quanto tempo decorre entre os diferentes *bits* constituintes da mensagem. Uma vez conhecida essa temporização, considera-se o sistema receptor sincronizado com o sistema transmissor sendo que a transferência de dados é possível. Caso existam falhas de mau sincronismo durante a transmissão é muito provável que ocorra corrupção ou perda dos dados.

Para evitar essa situação foram desenvolvidas duas técnicas que garantem a sin-

cronização correcta. Nos *sistemas síncronos*, diferentes canais são usados para transmitir simultaneamente dados e a informação de tempo. O canal de temporização transmite impulsos de "clock" para o receptor. Através da recepção de um impulso de "clock", o receptor lê o canal de dados e armazena o valor do *bit* encontrado naquele momento.

Nos *sistemas assíncronos*, a informação é trocada apenas por um canal de comunicação. O transmissor e o receptor devem ser configurados antecipadamente para que a comunicação seja estabelecida. Um clock preciso no receptor irá gerar um sinal interno que deverá de ser igual (ou muito próximo) ao do transmissor. Os dados são enviados em pequenos pacotes de *bits*.

O comprimento dos pacotes de dados enviados é menor nos sistemas assíncronos para minimizar o risco de diferenças entre os clocks do emissor e do receptor. A cada novo pacote enviado, o "start bit" inicializa a sincronização fazendo com que seja possível uma pausa longa entre pacotes.

Código ASCII

Os caracteres enviados por uma interface série seguem normalmente o padrão ASCII (American Standard Code for Information Interchange) de 7 bits.

O ASCII é um código numérico que representa os caracteres, usando uma escala decimal de 0 a 127. Esses números decimais são então convertidos pelo computador para binários e processa fazendo com que este processe o comando enviado. Alguns dos caracteres não podem ser impressos (código 0 a 31), pois representavam comandos para computadores antigos. Os caracteres não imprimíveis (0 a 31) são muitas vezes utilizados por diversos protocolos de comunicação.

Checksum e Paridade

Ruídos e distúrbios eléctricos momentâneos podem causar alterações nos dados quando estão a ser transmitidos pelos canais de comunicação. Se o receptor não detectar essa alteração fará com que a mensagem recebida seja incorrecta podendo causar problemas graves visto que o sistema receptor não compreendeu a mensagem enviada. O *bit de paridade* [3] é adicionado ao pacote de dados com o propósito de detecção de erro. Na técnica de paridade-par ("even-parity"), o valor do bit de paridade é escolhido de tal forma que o número total de dígitos '1' dos dados adicionado ao bit de paridade do pacote seja sempre um número par. Na recepção do pacote, a paridade do dado precisa ser recalculada pelo hardware local e comparada com o

Dado	Bit de Paridade
10110010	0
10001010	1

Fig. 3.8: Bit de paridade [3].

bit de paridade recebido com os dados. Se qualquer bit mudar de estado, a paridade não irá coincidir, e um erro será detectado. Contudo, uma análise estatística dos erros de comunicação de dados tem mostrado que um erro com bit simples é muito mais provável que erros em múltiplos bits na presença de ruído aleatório. Portanto, a paridade é um método confiável de detecção de erro. Na Figura 3.8 encontra-se representado um exemplo do uso do bit de paridade. Outro método de detecção de erro envolve o cálculo de um "checksum" quando mensagens com mais de um byte são transmitidas pelo canal de comunicação. Nesse caso, os pacotes que constituem uma mensagem são adicionados aritmeticamente. Um número de checksum é adicionado à sequência do pacote de dados de tal forma que a soma dos dados mais o checksum é zero.

Quando recebido, os dados devem ser adicionados pelo processador local. Se a soma do pacote der resultado diferente de zero, ocorreu um erro. Na ocorrência de erros é improvável (mas não impossível) que qualquer corrupção de dados resulte em checksum igual a zero. Podem ocorrer erros que não sejam apenas detectados, mas também sejam corrigidos se um código adicional for adicionado à sequência de dados do pacote. A correção de erros numa transmissão diminui a eficiência do canal, e o resultado é uma queda na transmissão.

3.2.2 Comunicação com o DIAMENTOR C2

O DIAMENTOR C2 oferece um interface de comunicação permitindo ligá-lo com outros sistemas. A interface de comunicação do DIAMENTOR C2 é o interface RS232 com as seguintes configurações:

- **Baud Rates:** 4800 ou 9600
- **Código:** 8 Bits
- **Bit de paragem:** 1
- **Paridade:** Nenhuma

Tab. 3.2: Funções pinos conector RS232 de ligação ao DIAMENTOR C2 [5].

No Pino	Função	Descrição
2	TxD	Transmissão de Dados
3	RxD	Recepção de Dados
4	DSR	Ligação internamente ao pino 6
5	GND	Sinal de terra
6	DTR	Ligação internamente ao pino 4
7	CTS	Sem função
8	RTS	Sem função

Faz uso de uma porta DB9 (saída com 9 pinos) sendo que estes estão configurados de acordo com a Tabela 3.2.

Entre o DIAMENTOR C2 e o computador [5], os dados são trocados em forma de telegramas ASCII terminando com os caracteres especiais CR (Carriage Return)/LF (Line Feed). O protocolo de comunicação não tem implementado nenhum fluxo de controlo (Handshake). O DIAMENTOR C2 apenas responderá a telegramas enviados pelo computador sendo que não irá enviar telegramas espontaneamente. Caso seja enviado um telegrama inválido para o DIAMENTOR C2, este irá responder enviando um telegrama de erro. No manual do protocolo do DIAMENTOR C2 estão definidas vários telegramas para efectuar diversas acções. Isso permite um total controlo do DIAMENTOR C2 através do computador. No Apêndice A estão apresentados os diferentes telegramas e respectivas acções que podem ser utilizados para a comunicação com o DIAMENTOR C2.

3.3 Testes Iniciais do DIAMENTOR C2

Tab. 3.3: Telegramas escolhidos para alguns testes com o DIAMENTOR C2 [5].

Telegramas	Função
AAA	Obter valor da porta A
BBB	Obter valor da porta B
SER	Obter o número de série do DIAMENTOR C2
MSA	Obter o numero da porta A em <i>stream mode</i>

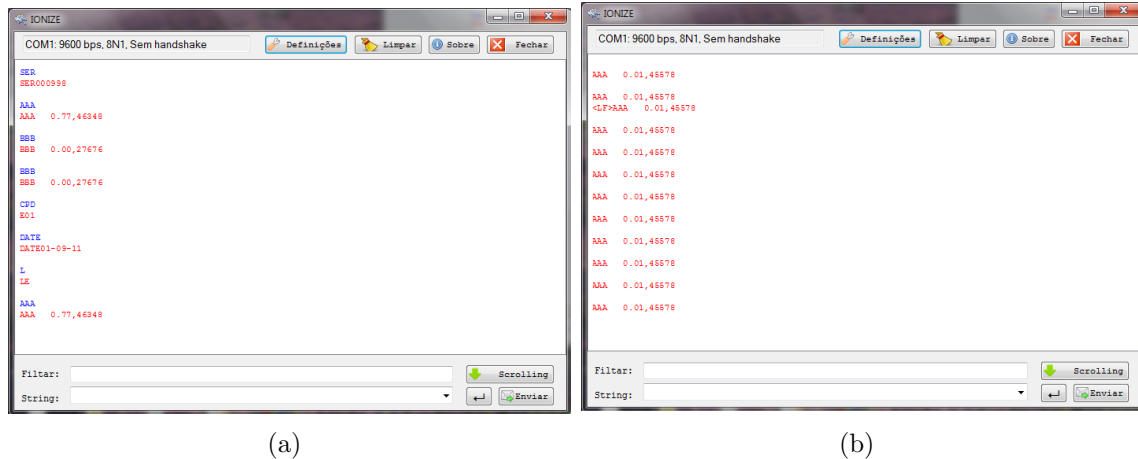


Fig. 3.9: Hello-World DIAMENTOR.

Algumas verificações de comunicação com o DIAMENTOR C2 foram efectuados de forma a verificar se era possível desenvolver uma aplicação com base nesses testes. Para esse fim foi usado uma aplicação Open Source desenvolvida em C# e que foi posteriormente melhorado no seu aspecto e algumas funcionalidades para dar origem ao módulo IONIZE Debugger [21]. De todos os telegramas existentes para a comunicação com o DIAMENTOR C2, ilustrados no Apêndice A foram escolhidos os telegramas apresentados na Tabela 3.3.

A cor azul representa o telegrama enviado pela aplicação e a cor vermelha a resposta do DIAMENTOR. Na Figura 3.9 (b) existem apenas telegramas retornados a vermelho uma vez que foi usado o telegrama *MSA*.

Os testes iniciais provaram ser fácil a comunicação com o DIAMENTOR C2 existindo por isso um bom ponto de partida.

Apesar de serem testes simples, estes foram importantes para antigir os objectivos propostos pois permitiram entender o protocolo de comunicação proprietário do DIAMENTOR C2 além de entender os fundamentos da comunicação RS232.

Dosimetria na Clínica Dr. Campos Costa

4.1 Clínica Dr. Campos Costa

O desenvolvimento de uma aplicação informática para a monitorização das exposições em imagiologia clínica, foi feito em parceria com a Dr. Campos Costa - Consultório de Tomografia Computarizada, S.A [22]. Este consultório conta com mais de 67 anos de experiência na área da saúde, em particular na área da imagiologia, guiando a sua actuação através de uma procura da excelência clínica, elevados níveis de serviço e constante adaptação de moderna tecnologia ao serviço de medicina.

A Dr. Campos Costa iniciou a sua actividade na Rua de Avis, no Porto, em 1943 pelos irmãos Dr. José Alfredo Campos Costa e Dr. Amadeu Campos Costa. Em 1986, torna-se pioneiro na área da mamografia por digitalização directa e 3 anos mais tarde, entra na era moderna da Imagiologia, introduzindo as valências de Ecografia, Tomografia Computarizada e Ressonância Magnética, pela mão do Dr. Ricardo Campos Costa, filho do Dr. Amadeu Campos Costa. Em 1996, inicia-se a expansão da Dr. Campos Costa no Norte do país, inaugurando diversas unidades fora do Grande Porto.

Em 2006, entra numa nova fase, com a integração no Grupo José de Mello Saúde, passando a fazer parte do maior grupo ibérico de saúde. A parte visível desta integração é a Unidade de Matosinhos, inserida no Instituto Cuf Diagnóstico e Tratamento, e a Unidade do Hospital Cuf Porto. Há cerca de dois anos, a Dr. Campos Costa inicia-se na Medicina Nuclear, na unidade de Matosinhos e de Viana do Castelo, alargando assim a oferta de serviços. A Dr. Campos Costa conta já com 13 unidades físicas espalhadas no Norte do país, desde São João da Madeira até Monção e uma unidade de telerradiologia, a MedWeb. Realiza cerca de 500.000 exames por ano, sendo líder

em volume no Norte de Portugal.

No âmbito da excelência da prestação de serviços, as unidades Dr. Campos Costa são o único prestador de Imagiologia Clínica com Certificação do Serviço (ERS 3004:2007, pela APCER), em que para além da qualidade do sistema de gestão da empresa, existem garantias objectivas do cumprimento das exigências dos seus clientes.

Princípios de Orientação que a Dr. Campos Costa se rege.

- Prestar um serviço de elevada qualidade em todas as circunstâncias, orientando todas as actividades em função das necessidades e expectativas dos clientes.
- Adoptar práticas que busquem a melhoria contínua dos serviços prestados, gerir os recursos de forma eficiente e criar valor para os doentes, colaboradores, titular e sociedade em geral.
- Proporcionar satisfação e realização profissional a todos os colaboradores

Valores da instituição

- **Dignidade:** Ter comportamento ético e de respeito pelo doente - cada pessoa tem um valor único e direito a ser respeitada na sua privacidade, crenças e valores.
- **Integridade:** Aceitar responsabilidade pelas suas acções, dizendo o que fazem e fazendo o que dizem.
- **Serviço:** Desejo de ter um papel positivo na vida das pessoas e orientando todas as actividades em função das necessidades e expectativas dos doentes.
- **Excelência:** Empenho em prestar serviços de elevada qualidade técnica e humana e em melhorar o seu desempenho de forma contínua.

Neste momento a Dr. Campos Costa tem sobre a sua alçada dez salas¹ equipadas, espalhadas pelo território nacional com equipamentos de raios-X, tendo instalado por essas dez salas nove equipamentos DIAMENTOR C2. A esses nove DIAMENTOR C2 estão ligadas 12 câmaras de ionização que registam a dose recebida por incidência em 12 ampolas de raios-X.

Devido à dimensão desta instituição, tornou-se necessário armazenar os valores de dose das incidências dos estudos radiológicos de forma a respeitar as directrizes da EURATOM.

¹ **Salas** - Considera-se salas o espaço físico equipado com um dispositivo de raios-X e a(s) sua(s) respectiva(s) ampola(s).

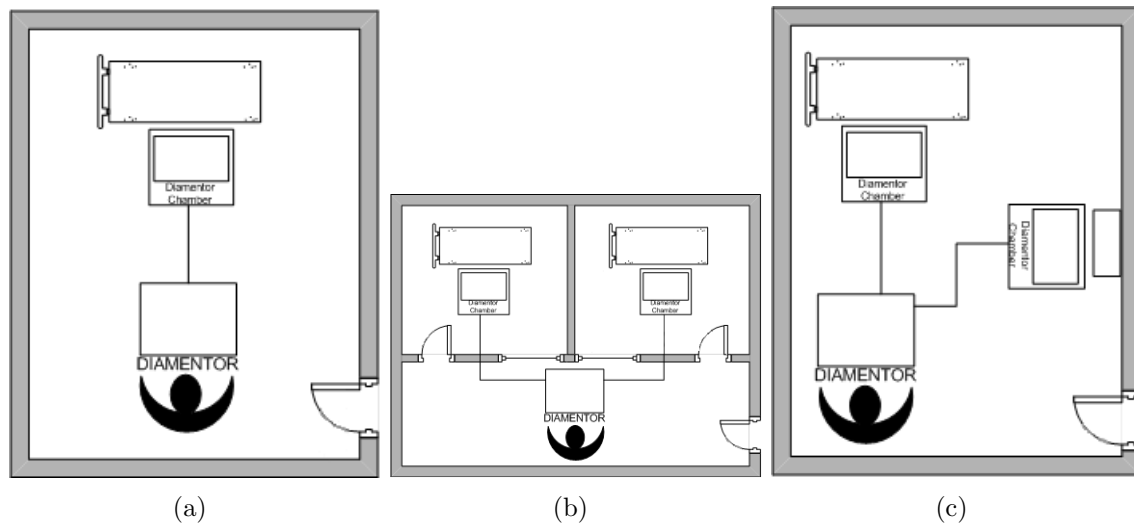


Fig. 4.1: Disposições das salas: (a) Unicamente uma ampola ligada ao DIAMENTOR C2; (b) Duas ampolas, em salas distintas, ligadas ao DIAMENTOR C2; (c) Duas ampolas ligadas simultaneamente ao DIAMENTOR C2, mas na mesma sala.

4.2 Desenho e Estruturação da Base de Dados

4.2.1 Intervenientes

Diariamente a Dr. Campos Costa recebe cerca de 270 pessoas para a realização de exames de raios-X envolvendo cerca de 30 colaboradores especializados em radiologia.

Em termos de infra-estruturas, como já foi referido anteriormente, existem 10 salas em que a disposição destas ao longo dos vários pólos da Dr. Campos Costa influenciou a criação da aplicação. Das referidas resultaram três arranjos. O primeiro consiste unicamente numa ampola ligada ao DIAMENTOR C2, Figura 4.1(a) e Figura 4.2(a), o segundo, em duas ampolas, em salas distintas, ligadas ao DIAMENTOR C2, ou seja, um DIAMENTOR C2 partilhado para duas salas, Figura 4.1(b) e Figura 4.2(b), e por fim, o terceiro com duas ampolas ligadas simultaneamente ao DIAMENTOR C2 na mesma sala, Figura 4.1(c) e Figura 4.2(c).

Para o desenvolvimento do projecto de monitorização de doses foi necessário contemplar dois tipos de utilizadores criando funcionalidades distintas entre si de forma a apoiá-los no seu dia-a-dia.

O *nível técnico*, com a responsabilidade da realização do estudo radiológico em si e o *nível administrador* com funcionalidades de alertas e sincronizações automáticas de

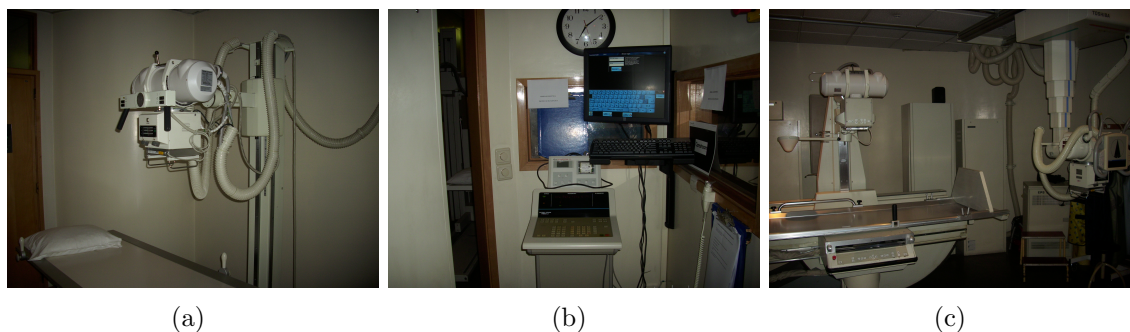


Fig. 4.2: Tipo de montagem salas: (a) Sala com uma câmara de ionização ligada a um DIAMENTOR C2; (b) Entrada para duas salas que partilham o mesmo DIAMENTOR C2; (c) Sala com duas câmaras de ionização ligadas simultaneamente ao mesmo DIAMENTOR C2.

base dados, de forma a controlar a redundância dos dados. Este tipo de utilizador terá como responsabilidade configurar a aplicação de forma a que esta funcione de acordo com a disposição da sala onde se encontra instalada assim como configurar os parâmetros de comunicação com o DIAMENTOR C2 entre outros abordados posteriormente.

Desta forma abrange-se todos os intervenientes e todas as suas reais necessidades.

4.2.2 Casos de Uso

O objectivo fundamental deste projecto é criar uma aplicação capaz de comunicar com o DIAMENTOR C2 registando os valores de dose de radiação dos estudos de radiologia. Quando um estudo é registado no RIS (Radiology Information System) é criado um ficheiro com extensão .msi (ficheiro do tipo Windows Installer) que contém a informação do estudo. A aplicação lê esse ficheiro e actualiza a base de dados. O técnico de radiologia, consulta uma lista de trabalho e dá ordem de início ao estudo, escolhendo o número de incidências previstas para o estudo, sendo que a comunicação com o DIAMENTOR C2 é aberta automaticamente. A cada incidência obtida a aplicação é capaz de registar o valor de DAP guardando-o. Quando o número de incidências detectadas pela aplicação atinge o número de incidência introduzido pelo técnico de radiologia, a comunicação com o DIAMENTOR C2 é fechada automaticamente sendo no entanto possível fazer mais incidências se o técnico de radiologia assim entender. Findo o estudo o este verifica a dose de radiação total do estudo que foi obtida e registada. Este campo de informação pode ser editado ou corrigido pelo responsável pela protecção radiológica do Departamento de

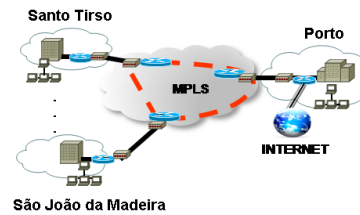


Fig. 4.3: Exemplo de montagem de uma MPLS.

Física Médica da Dr. Campos Costa. Durante a execução do estudo as restantes opções da aplicação estão bloqueadas. Uma vez terminado este processo, a aplicação encaminha automaticamente o técnico para a lista de trabalho onde poderá iniciar todo o processo para o paciente seguinte.

O administrador da aplicação, após autenticar-se, tem acesso apenas a configurações da aplicação. Pode configurar as definições locais definindo a comunicação com a porta série do DIAMENTOR C2. Além disso pode fazer a gestão de utilizadores, de locais ou salas que incluem funcionalidades de consulta, criação e edição.

Para ambos os tipos de utilizador está previsto que estes possam fazer a consulta dos processos dos pacientes verificando todo o histórico de exames e consultando para cada estudo, o valor da dose de radiação de cada incidência e o respectivo valor total do estudo.

Está também criado um "Super Utilizador" que detém todas as funcionalidades dos utilizadores Técnico e Administrador. Em termos de funcionamento em "background", a aplicação também foi dotada de funcionalidades capazes de a tornar mais robusta e abrangente. Numa abordagem normal seria habitual ter apenas uma base de dados e todas as instalações da aplicação alimentariam essa base de dados em tempo real, podendo sobrecarregar a rede. Aliado a este problema está também a comunicação dos diferentes locais com a base de dados (entenda-se locais como centros clínicos ou cidades fisicamente separados), apesar de essa comunicação estar assegurada por um sistema MPLS (Multi Protocol Label Switching), representado na Figura 4.3, nada garante que não possa haver falhas nessa comunicação, bloqueando naturalmente o funcionamento desta. Para evitar esses problemas foi previsto e implementado um sistema de base de dados global e local. A ideia é (ver Figura 4.4) fazer com que todos os valores obtidos pelo DIAMENTOR C2 sejam guardados localmente e que a determinado dia e hora seja realizado o sincronismo com a base de dados global, ficando esta com toda a informação das diferentes bases de dados locais instaladas nas diferentes salas dos diferentes locais. Caso a comunicação com

a base de dados global falhe, a aplicação passa a funcionar em modo de emergência. Funcionalidades como a gestão de utilizadores ou salas ficam bloqueadas e apenas é possível obter valores DAP do DIAMENTOR C2. Uma vez que a comunicação com o servidor (que poderá conter também a base de dados global) pode falhar, a aplicação tem previsto um formulário que permitirá ao técnico de radiologia registar o estudo podendo continuar a desenvolver as suas funções normalmente. Sempre que a aplicação passa a funcionar em modo de emergência é enviado um email para um endereço definido pelo o administrador na altura da instalação da aplicação.

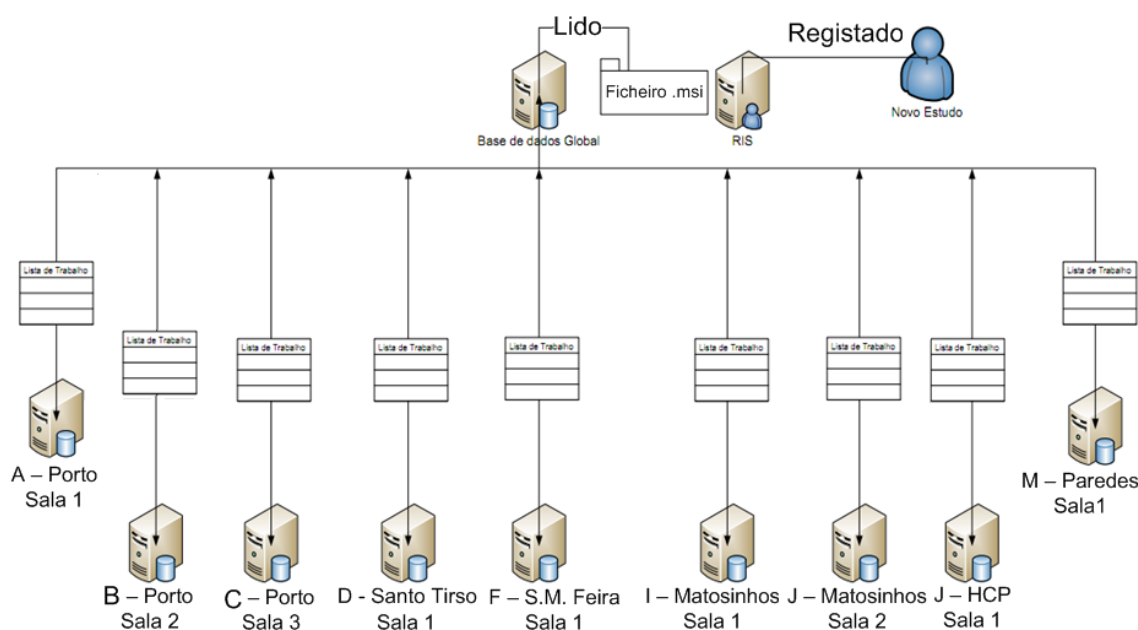


Fig. 4.4: Esquema da ligação das diferentes base de dados.

A altura do sincronismo com a base de dados global deverá ser configurada para cada instalação pelo administrador, definindo se a aplicação fará o sincronismo automaticamente (independentemente se o utilizador está ou não a usar a aplicação) ou de modo manual em que a aplicação perguntará ao utilizador a altura para fazer o sincronismo podendo este ser adiado por um determinado período de tempo igualmente definido.

Definições como o dia e hora de sincronismo da base de dados, o endereço de email que receberá os alertas de falha de comunicação, o local e a sala onde está instalada a aplicação, o número de série do DIAMENTOR C2 e das câmaras de ionização usadas, as definições da porta série estão armazenadas no disco local do computador num ficheiro XML.

A Figura 4.4 representa um esquema resumido e exemplificativo de como as diferentes instalações comunicam com a base de dados global. Sempre que o técnico acede à lista de trabalho a base de dados irá enviar os novos estudos registados no RIS, previamente transmitidos para a base de dados global através de um ficheiro com extensão .msi. Esse ficheiro, como foi lido anteriormente, é enviado para o servidor onde está instalada a base de dados global, através de uma pasta partilhada, e a aplicação, através do seu módulo IONIZE Broker, lê o ficheiro e cria o registo na base de dados.

As setas bidireccionais existentes na Figura 4.4 significam que a comunicação é realizada em ambos os sentidos acontecendo em dois momentos distintos. O primeiro foi referido no parágrafo anterior e o segundo no contexto do sincronismo das bases de dados.

Diagrama de casos de uso

Na Figura 4.5 está representado o diagrama de casos de uso da aplicação de uma forma resumida respondendo aos requisitos inicialmente propostos. É importante referir que todos os casos de uso dependem da autenticação feita pelo utilizador, apesar de não estar representado na figura devido à complexidade em que se tornaria o esquema. A descrição completa de todos os casos de uso podem ser encontrados no Apêndice B.

4.2.3 Implementação da Base de Dados

A criação da estrutura da base de dados é um passo importante no desenvolvimento de uma aplicação. Estruturar correctamente a base de dados permitirá trabalhar sobre esta de uma maneira mais prática e rápida e facilitar a sua manutenção.

O tipo de base de dados escolhido foi o MySQL que é um sistema de base de dados robusta capaz de dar uma boa resposta em situações de elevada exigência.

Aproveitando a ferramenta disponibilizada no site oficial do MySQL, utilizou o MySQL Workbench que através de uma interface gráfica intuitiva permitiu criar toda a estrutura da base de dados.

Na Figura 4.6 está uma visão geral das tabelas usadas pela aplicação e a forma como estas se relacionam entre si, criando relações de chaves primárias (campos únicos na tabela) tornando assim a base de dados mais robusta.

Os símbolos usados representam:

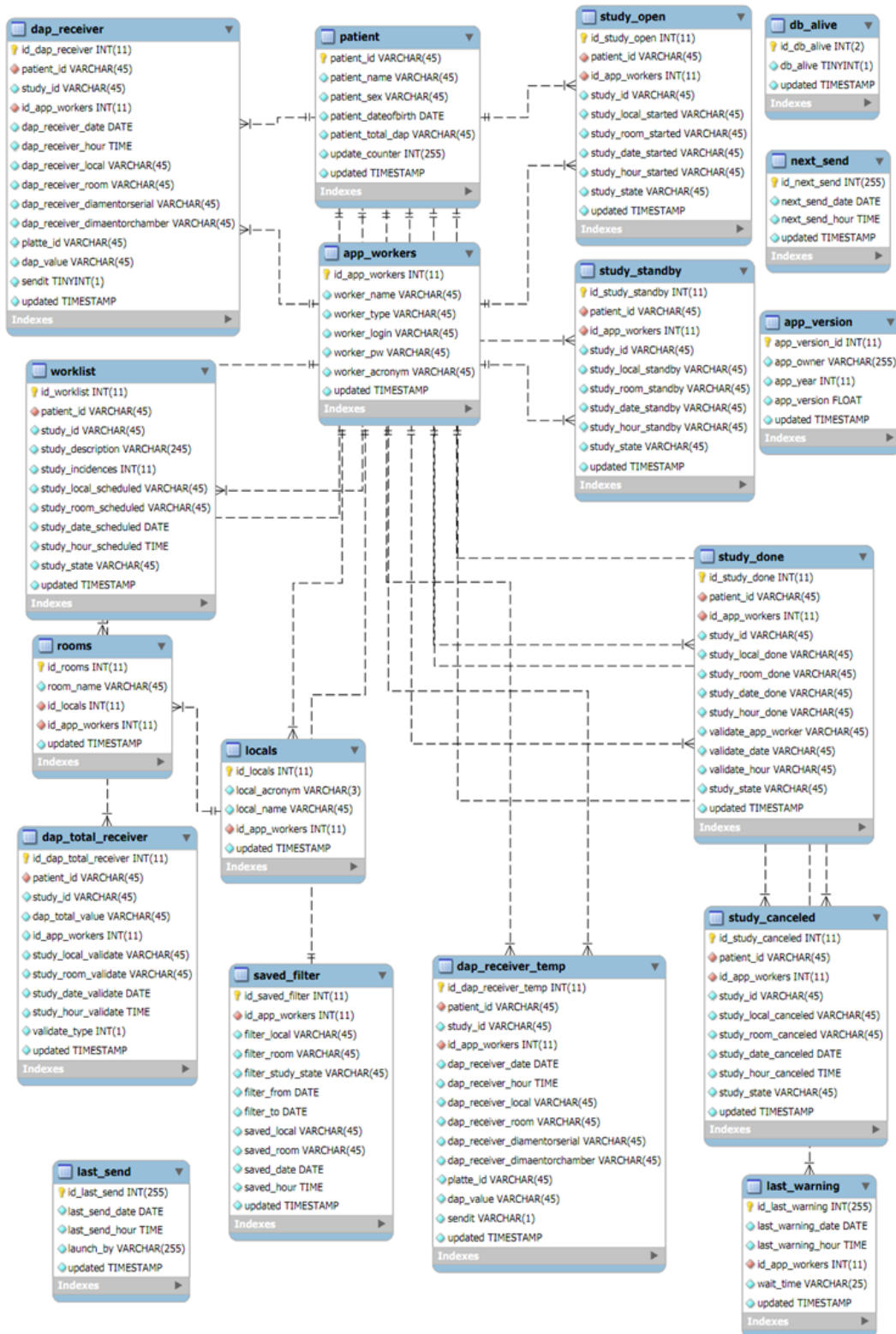







Fig. 4.6: Estrutura da base de dados.

-  ⇒ Chave primária da tabela
-  ⇒ Chave estrangeira da tabela
-  ⇒ Relações um para um
-  ⇒ Relações um para muitos
-  ⇒ Relações muitos para muitos

Para a criação da base de dados foram adoptadas algumas regras de forma a manter a coerência ao longo de todo o projecto das quais deve-se destacar:

- Nome das tabelas escritas sempre em minúsculas e usando o Inglês;
- Quando necessário mais que uma palavra para o nome da tabela as palavras foram unidas com o "underscore" (exemplo: **study_open**);
- O nome dos campos seguiu as mesmas regras para a denominação das tabelas;
- Todas as tabelas contêm o campo *updated* que é actualizado com a data e hora em que é executada uma acção na tabela alterando ou adicionando registos;
- Todas as tabelas contêm uma chave primária sendo que em todas elas (à excepção da tabela **patient**) a chave é um inteiro auto incrementável. Além disso todos os campos que obedecem às regras descritas neste ponto (serem chaves de inteiros auto incrementáveis) são compostos da palavra *id* seguido do "underscore" seguido do nome da tabela em que estes campos são chaves primárias. Por exemplo na tabela **study_open** a chave primária é *id_study_open*;
- Nas tabelas em que se entendeu necessário, foi colocado o campo *id_app_worker* de forma a registar o utilizador que criou determinado registo ou o último utilizador que alterou determinado registo.

patient e app_workers

Sendo um dos objectivos da aplicação registar os valores de dose de um determinado paciente num exame radiológico, a tabela **patient** (Figura 4.7(a)), torna-se uma das tabelas principais na base de dados. Como a aplicação é utilizada por diferentes utilizadores com diferentes permissões, é importante registar os utilizadores que poderão utilizar a aplicação aproveitando também para registar todas as acções feitas por esses utilizadores. Para evitar alguns problemas de segurança, nomeadamente

The image shows two screenshots of a database schema tool. Screenshot (a) shows the 'patient' table with columns: patient_id VARCHAR(45), patient_name VARCHAR(45), patient_sex VARCHAR(45), patient_dateofbirth DATE, patient_total_dap VARCHAR(45), update_counter INT(255), and updated TIMESTAMP. Screenshot (b) shows the 'app_workers' table with columns: id_app_workers INT(11), worker_name VARCHAR(45), worker_type VARCHAR(45), worker_login VARCHAR(45), worker_pw VARCHAR(45), worker_acronym VARCHAR(45), and updated TIMESTAMP. Both screenshots have an 'Indexes' section at the bottom.

Fig. 4.7: Tabelas : (a) patient; (b) app_workers.

através de "SQL Injection", a tabela de utilizadores não tem o nome habitual ou que intuitivamente é dado à tabela que contém os utilizadores da aplicação (como users ou user, etc). Daí ter sido escolhido a denominação **app_workers**, Figura 4.7(b).

dap_receiver e dap_receiver_temp

The image shows two screenshots of a database schema tool. Screenshot (a) shows the 'dap_receiver' table with columns: id_dap_receiver INT(11), patient_id VARCHAR(45), study_id VARCHAR(45), id_app_workers INT(11), dap_receiver_date DATE, dap_receiver_hour TIME, dap_receiver_local VARCHAR(45), dap_receiver_room VARCHAR(45), dap_receiver_diamentorserial VARCHAR(45), dap_receiver_dimaentorchamber VARCHAR(45), platte_id VARCHAR(45), dap_value VARCHAR(45), sendit TINYINT(1), and updated TIMESTAMP. Screenshot (b) shows the 'dap_receiver_temp' table with columns: id_dap_receiver_temp INT(11), patient_id VARCHAR(45), study_id VARCHAR(45), id_app_workers INT(11), dap_receiver_date DATE, dap_receiver_hour TIME, dap_receiver_local VARCHAR(45), dap_receiver_room VARCHAR(45), dap_receiver_diamentorserial VARCHAR(45), dap_receiver_dimaentorchamber VARCHAR(45), platte_id VARCHAR(45), dap_value VARCHAR(45), sendit VARCHAR(1), and updated TIMESTAMP. Both screenshots have an 'Indexes' section at the bottom.

Fig. 4.8: Estrutura das tabelas: (a) dap_receiver ; (b) dap_receiver_temp.

Durante a execução do estudo os valores de dose são arquivados, inicialmente na tabela **dap_receiver_temp** e posteriormente na tabela **dap_receiver**, Figura 4.8(a). Considerando que a cada incidência corresponder um valor de dose associada é fácil de entender que a cada incidência será criada uma linha nas tabelas faladas anteri-

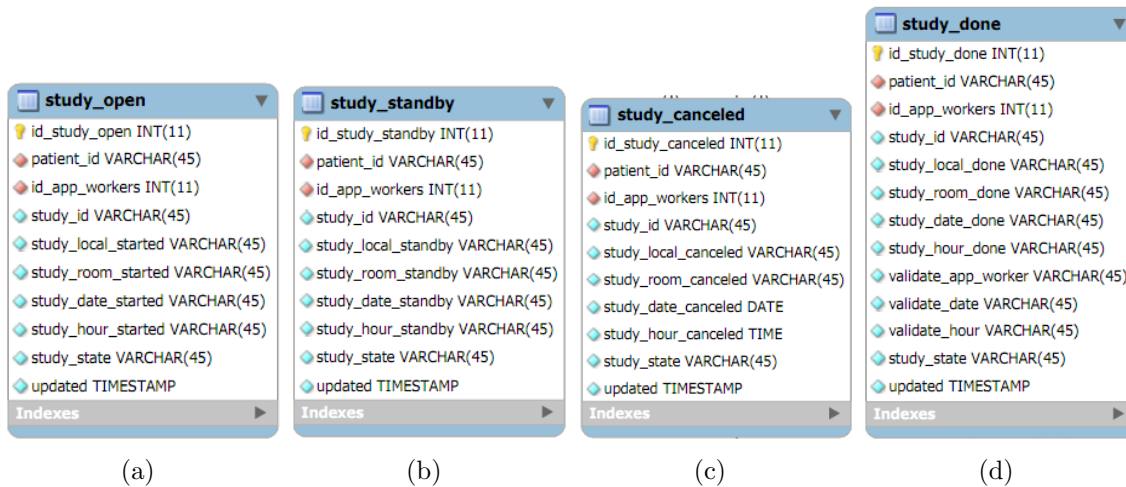


Fig. 4.9: Tabelas sobre o estudo: (a) `study_open`; (b) `study_standby`, (c) `study_canceled`, (d) `study_done`.

ormente. A soma do campo `dap_value` (comum em ambas as tabelas) será o valor total de dose do estudo. Como se pode verificar na Figura 4.8 os campos das tabelas são iguais. Durante a realização do estudo, os valores de dose são registados inicialmente na tabela `dap_receiver_temp`, Figura 4.8(b). Quando o estudo muda de estado os valores são transferidos para a tabela `dap_receiver`, sendo que esses valores são apagados da tabela `dap_receiver_temp`. Esta foi a forma encontrada para responder aos requisitos do sistema uma vez que o estudo pode ser interrompido a qualquer momento e quando retomado, a aplicação terá de saber exactamente quantas incidências já foram feitas anteriormente para determinado estudo. Contudo esse conhecimento não poderá afectar a leitura de novas incidências. Na estruturação da base de dados foi deixado alguma margem para trabalho futuro, que não foi desenvolvido nesta versão da aplicação, é o caso do campo `platte_id`. Na versão actual este campo não é preenchido mas poderá ser interessante criar um rotina que irá associar o código do chassi usado para obter a imagem ao valor de dose obtido podendo mais tarde, vir essa informação inserida no cabeçalho da imagem em formato DICOM (Digital Imaging and Communications in Medicine).

`study_open`, `study_standby`, `study_canceled` e `study_done`

De forma a criar um registo de tudo o que aconteceu ao estudo, foram criadas quatro tabelas (Figura 4.9) onde será inserida informação útil para atingir esse objectivo. Quando um estudo é retomado ou iniciado, é criada um registo na tabela `study_open`, Figura 4.9(a). De idêntico modo à tabela `study_open` a tabela `study_standby`,

Figura 4.9(b), tem como objectivo registar as acções de paragem feitas a um determinado estudo.

Irá ser criado um registo na tabela **study_cancelled**, Figura 4.9(c), quando um estudo é cancelado. No entanto quando existem valores de dose para esse estudo o exame, deixa de ser possível fazer o seu cancelamento.

Por último, quando o exame é concluído o utilizador deverá validar o valor de dose obtido pela aplicação criando um registo na tabela **study_done**, Figura 4.9(d). Na estruturação da base de dados foi deixado alguma margem para trabalho futuro que não foi desenvolvido nesta versão da aplicação. É o caso do campo *validate_app_worker*. Na versão actual este campo é preenchido de igual modo ao campo *id_app_workers*, em que poderá ser interessante criar uma rotina de validação automática em que este valor seja validado pela aplicação assumindo o campo *validate_app_worker* um valor diferente do campo *id_app_workers*.

locals e rooms

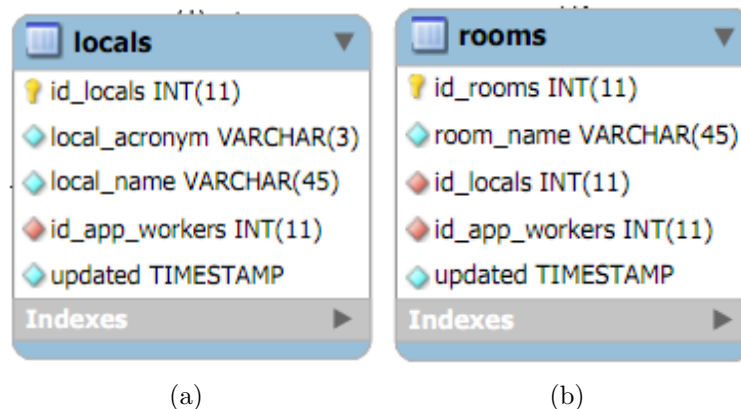


Fig. 4.10: Tabelas locals e rooms: (a) locals; (b) rooms.

O objectivo da tabela **locals**, Figura 4.10(a), é arquivar os locais/ clínicas/ hospitais onde a aplicação pode ser usada utilizando essa informação para ser registada nas outras tabelas. É importante salientar que o campo *local_acronym* representa o código do local, sendo que deverá ser igual ao código enviado pelo RIS.

A tabela **rooms**, Figura 4.10(b), depende da tabela **locals**. Sendo que o seu objectivo é guardar todas as salas onde a aplicação IONIZE está instalada.

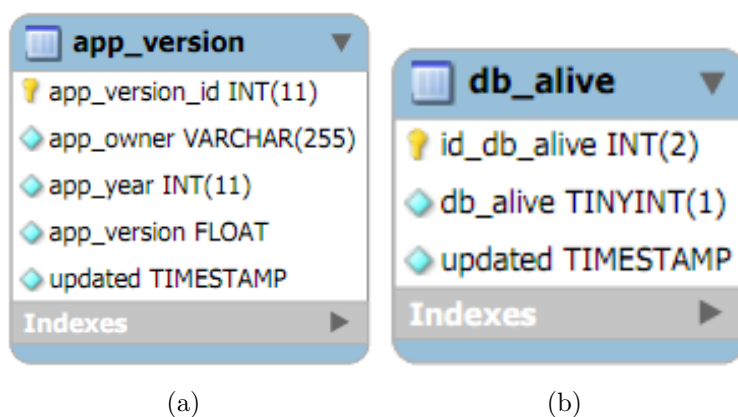


Fig. 4.11: Tabela `app_version` e `db_alive`: (a) `app_version`, (b) `db_alive`.

`app_version` e `db_alive`

Quando uma aplicação é criada é normal que esta sofra alterações e correcções ao longo do tempo. A tabela **app_version**, Figura 4.11(a), tem como objectivo registar em que versão se encontra a base de dados e conseqüentemente o código fonte da aplicação. O campo *app_owner* contém informação que aparecerá no rodapé da aplicação.

Uma vez que a aplicação IONIZE pode funcionar com duas base de dados (base de dados global e local) a função da tabela **db_alive**, Figura 4.11(b), é registar se existe comunicação com a base de dados global ou não.

`next_send`, `last_send` e `last_warning`

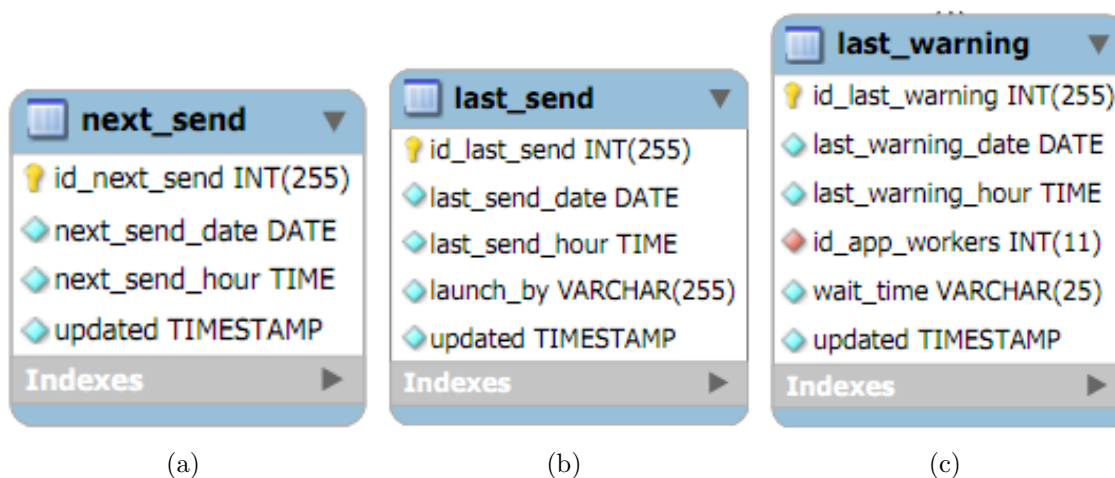


Fig. 4.12: Tabelas para a sincronização: (a) `next_send`, (b) `last_send`, (c) `last_warning`.

Caso a aplicação esteja a funcionar com as bases de dados global e local, é preciso ter a base de dados global com toda a informação mais actualizada possível. Dessa forma foi criada uma funcionalidade de agendamento em que a partir de determinada hora no determinado dia é sincronizada a base de dados local com a global. A tabela **next_send**, Figura 4.12(a), tem como objectivo registar quando será feita a próxima sincronização. Será acrescentada um novo registo à tabela sempre que a sincronização tenha sido feita com sucesso informando o sistema da próxima sincronização. O cálculo da próxima sincronização terá como base a informação contida no ficheiro XML guardado no disco local de cada computador onde está instalada a aplicação. É importante referir que caso a data e hora actual ultrapasse a data e hora dos campos *next_send_date* e *next_send_hour* a sincronização será feita imediatamente. No entanto, para evitar problemas, esta verificação é apenas feita quando o utilizador inicia a aplicação.

Sempre que uma sincronização é feita, é criado um registo na tabela **last_send**, Figura 4.12(b). Dessa forma é possível saber quando foi a última vez que foi feita a sincronização. Se o administrador da aplicação não tiver cuidado no agendamento da sincronização, essa sincronização pode ocorrer durante um período de intensa utilização da aplicação. Como tal, a sincronização poderá ocorrer de forma automática ou de forma manual. Na forma automática a sincronização ocorrerá independentemente da utilização da aplicação enquanto no modo manual perguntará ao utilizador se pode ocorrer a sincronização das bases de dados. O campo *launch_by* representa quem "autorizou" a sincronização.

Conforme explicado anteriormente, relativamente à sincronização ocorrer de forma automática ou manual, quando está a funcionar no modo manual a aplicação irá perguntar se é possível fazer a sincronização. Caso não seja possível, o utilizador deverá informar a aplicação quando poderá fazer a sincronização criando nessa altura um registo na tabela **last_warning**, Figura 4.12(c).

worklist e save_filter

A tabela **worklist**, Figura 4.13(a), será alimentada através do módulo IONIZE Broker, com a ligação ao RIS ou quando funciona em modo de emergência através de um formulário criado na própria aplicação. É a partir desta tabela que toda a acção de registar os valores de dose é desplotada. Antes de iniciar um determinado estudo o utilizador deverá escolher esse estudo no meio de uma série de outros estudos. Para ajudar a essa pesquisa foi criada uma funcionalidade que permitirá ao

The image shows two database table schemas side-by-side. Table (a) is named 'worklist' and contains the following fields: id_worklist (INT(11)), patient_id (VARCHAR(45)), study_id (VARCHAR(45)), study_description (VARCHAR(245)), study_incidences (INT(11)), study_local_scheduled (VARCHAR(45)), study_room_scheduled (VARCHAR(45)), study_date_scheduled (DATE), study_hour_scheduled (TIME), study_state (VARCHAR(45)), and updated (TIMESTAMP). Table (b) is named 'saved_filter' and contains the following fields: id_saved_filter (INT(11)), id_app_workers (INT(11)), filter_local (VARCHAR(45)), filter_room (VARCHAR(45)), filter_study_state (VARCHAR(45)), filter_from (DATE), filter_to (DATE), saved_local (VARCHAR(45)), saved_room (VARCHAR(45)), saved_date (DATE), saved_hour (TIME), and updated (TIMESTAMP). Both tables have an 'Indexes' section at the bottom of their respective panels.

Table	Field Name	Field Type
(a) worklist	id_worklist	INT(11)
	patient_id	VARCHAR(45)
	study_id	VARCHAR(45)
	study_description	VARCHAR(245)
	study_incidences	INT(11)
	study_local_scheduled	VARCHAR(45)
	study_room_scheduled	VARCHAR(45)
	study_date_scheduled	DATE
	study_hour_scheduled	TIME
	study_state	VARCHAR(45)
	updated	TIMESTAMP
(b) saved_filter	id_saved_filter	INT(11)
	id_app_workers	INT(11)
	filter_local	VARCHAR(45)
	filter_room	VARCHAR(45)
	filter_study_state	VARCHAR(45)
	filter_from	DATE
	filter_to	DATE
	saved_local	VARCHAR(45)
	saved_room	VARCHAR(45)
	saved_date	DATE
	saved_hour	TIME
updated	TIMESTAMP	

Fig. 4.13: Tabelas: (a) worklist, (b) save_filter.

utilizador gravar um determinado filtro de forma a pré-filtrar todos os estudos da tabela **worklist** quando este acede à **lista de trabalho**. É importante referir que essa pesquisa será feita sobre a tabela **worklist**. A estrutura da tabela **save_filter** está representada na Figura 4.13(b).

4.3 Implementação

4.3.1 Ferramentas Computacionais

O desenvolvimento da aplicação requer a escolha da linguagem de programação apropriada para os requisitos pré-definidos. No presente subcapítulo apresenta-se uma pequena introdução para as diferentes linguagens/ tecnologias usadas.

HTML

O HTML (“HiperText Markup Language”) [23] foi criada para produzir páginas web. Foi criado por Tim Berners Lee em 1989 no CERN.

O HTML não é uma linguagem de programação na medida que não oferece estruturas essenciais para realizar operações e controlo de fluxo. É uma linguagem declarativa criada para estruturar páginas *web* através de marcadores que descrevem a função

dos blocos de texto.

Com HTML, é fácil criar interfaces sofisticadas para o utilizador usando recursos de formulário como botões, caixas de texto, caixas de selecção, entres outros. Através dos formulários é possível enviar dados para um servidor de forma a estes serem processados. O HTML não permite processamento local [24].

É importante compreender que a linguagem HTML é um standard, quer dizer que se trata de recomendações publicadas por um consórcio internacional, o World Wide Web Consortium (W3C).

Contudo, por mais definidas que sejam as especificações, existe sempre uma margem de interpretação por parte dos navegadores, o que explica que uma mesma página web possa ser interpretadas diferentemente dum navegador Internet para outro.

Além disso, acontece às vezes que certos editores de software acrescentem instruções HTML proprietários, quer dizer, não fazendo parte das especificações do W3C. Assim, páginas web que contêm este tipo de instrução poderão ser interpretadas perfeitamente num navegador e serão total ou parcialmente ilegíveis noutros, daí a necessidade de criar páginas web que respeitem as recomendações do W3C para permitir a sua consulta por um maior número de pessoas.

JavaScript

A primeira tecnologia proposta como extensão verdadeira do HTML foi JavaScript [24], este faz parte da página e pode interagir com todos os seus componentes, como formulários e imagens, inclusivé com os *plug-ins* e *applets*. É a melhor solução para realizar tarefas simples que não compensam o esforço de desenvolver um applet ou plug-in. Hoje, com mais recursos e mais estável, o JavaScript tem ocupado lugares antes ocupados por applets e plug-ins em vários serviços on-line.

O Javascript é uma linguagem de programação interpretada criada em 1995 por Brendan Eich como uma extensão do HTML. É uma linguagem baseada em objectos. O Javascript oferece recursos interactivos que faltam no HTML e permite a criação de páginas interactivas e dinâmicas, que são interpretadas localmente pelo browser, sem precisar de recorrer a uma execução remota no lado do servidor.

PHP

O PHP (Hypertext Preprocessor) [25] é a linguagem de programação mais usada no desenvolvimento da aplicação IONIZE. Foi criada em 1994 por Rasmus Lerdof e

inicialmente tinha o nome Personal Home Page.

O PHP é uma linguagem de script open source de uso geral muito utilizada e especialmente vocacionada para o desenvolvimento de aplicações Web integrado dentro de código HTML. O código PHP é delimitado por tags iniciais e finais:

```
<?php echo "Hello PHP"; ?>
```

Assim permitem-lhe saber quando começa e termina um bloco de código PHP.

A grande diferença do PHP para, por exemplo Javascript é que o código é executado no servidor, gerando HTML que é então enviado para o cliente. O cliente recebe os resultados da execução desse bloco, mas não sabe como é o código fonte. É possível ainda configurar o servidor para processar todos os seus ficheiros HTML como PHP, e então não há forma de saber se está a ser usado o PHP. [25]

A vantagem de utilizar o PHP, está no facto de este ser extremamente simples para um programador "inexperiente", mas oferece muitos recursos para o programador profissional pois é focado para ser uma linguagem de script do lado do servidor. Portanto, é possível fazer ainda mais que outro programa CGI(Common Gateway Interface - É um standard para transmitir dados entre um servidor web e uma aplicação externa) [26] como:

- Obter dados de formulários
- Gerar páginas com conteúdo dinâmico
- Enviar e receber cookies

Os scripts PHP podem ser utilizados como scripts no lado do servidor (server-side). Esta é a forma de uso principal e mais tradicional do PHP. Para isso, é necessário um interpretador de PHP (como CGI ou módulo), um servidor web e um browser. Além disso, pode ser usado como script de linha de comando, fazendo com que um script PHP funcione sem um servidor web ou browser, sendo necessário apenas o interpretador. Esse tipo de uso é ideal para script executados usando o cron ou o Agendador de Tarefas (no Windows). Esses scripts podem ser usados também para rotinas de processamento de texto.

Pode ser ainda usado como aplicações desktop. O PHP provavelmente não é a melhor linguagem para criação de aplicações desktop com interfaces gráficas, mas pode ser usado para tal, sendo necessário usar o PHP-GTK (abordado adiante) para desenvolver aplicações desktop multi-plataformas. O PHP-GTK é uma extensão do PHP, não disponibilizada na distribuição oficial.

O PHP é uma linguagem multi-plataforma sendo compatível com a maioria dos sistemas operativos como o Windows, o Linux ou o Mac OS X.

Apesar de não ter sido originalmente concebida como uma linguagem de programação orientada a objecto (OOP), o PHP na sua versão mais recente (PHP 5) permite ao programador optar por uma programação estrutural ou por uma programação orientada a objectos ou ainda por uma mistura dos dois.

Outra grande vantagem da utilização do PHP é a possibilidade de conexão a inúmeras bases de dados que suportem ODBC (Open DataBase Connection) sendo por isso compatível com MySQL, Oracle, SQLite, MS-SQL, entre outras.

Tem ainda o suporte para comunicação com outros serviços utilizando protocolos como o POP3, sendo ainda capaz de fazer a leitura de ficheiros XML [27] (eXtensible Markup Language - Desenvolvido para transportar e guardar informação).

CSS

Cascading Style Sheets (ou simplesmente CSS) [28] é uma linguagem de estilo que define o layout de documentos HTML. Por exemplo, com o CSS é possível controlar o tipo de letra do texto da página, as cores, margens, linhas, imagens de fundo, posicionamento de tabela, etc.

Quando o HTML foi desenvolvido este era apenas utilizado para estruturar texto. Um autor podia marcar o seu texto definindo "isto é um cabeçalho" ou "isto é um parágrafo" usando respectivamente as tags como `<h1>` e `<p>`. À medida que a web foi ganhando popularidade, sentiu-se a necessidade de encontrar formas de construir layouts para os documentos online. Para colmatar essas necessidades, os fabricantes dos navegadores (que na altura restringiam-se apenas ao NetScape e ao Internet Explorer) inventaram novas tags HTML (tais como a tag ``) que se diferenciavam das tags originais do HTML pelo motivo de se destinarem ao layout da página e não ao conteúdo. No entanto esta situação não foi capaz de solucionar o problema porque as tags que foram introduzidas muitas vezes apenas eram interpretadas por browsers específicos tornando-se recorrente encontrar páginas web contendo avisos com "Página otimizada para o browser X".

A CSS foi então desenvolvida para resolver situações desse género, colocando à disposição meios sofisticados de projectar layouts suportados por todos os navegadores. Ao mesmo tempo a separação dos estilos de apresentação da marcação dos conteúdos torna a manutenção muito mais fácil de fazer.

A grande vantagem do CSS prende-se com o controlo do layout de vários documen-

tos a partir de uma simples folhas de estilo, maior precisão no controlo do layout, aplicação de diferentes layouts para servir diferentes situações, entre outros.

MySQL

O MySQL [29] é um sistema de gestão de dados relacionais, suporta SQL, é open source e é largamente utilizado a nível mundial, contando com mais de 5 milhões de instalações activas. Foi criado na Suécia por dois suecos e um finlandês: David Axmark, Allan Larsson e Michael "Monty" Widenius, que têm trabalhado juntos desde a década de 1980. No dia 16 de Janeiro de 2008, a MySQL AB, criadora do MySQL foi adquirida pela Sun Microsystems e mais tarde, no dia 20 de Abril de 2009 a Oracle compra a Sun Microsystems e todos os seus produtos, incluindo o MySQL. De todas as suas características, deve-se destacar a sua portabilidade (suporta praticamente qualquer plataforma), a sua compatibilidade (existem drivers ODBC, JDBC e .NET e módulos de interface para diversas linguagens de programação, como JAVA, C/C++, Python, Perl, PHP e Ruby), excelente desempenho e estabilidade, pouco exigente quanto a recursos de hardware, facilidade de uso e suporte a vários tipos de tabelas.

O sucesso do MySQL deve-se em grande medida à fácil integração com o PHP incluído, quase que obrigatoriamente, nos pacotes de domínio de sites da Internet oferecidos actualmente. Empresas como Yahoo! Finance, MP3.com, Motorola, NASA, Silicon Graphics e Texas Instruments usam o MySQL em aplicações de missão crítica.

Uma característica fundamental do MySQL, e que talvez esteja na origem do seu sucesso, é ser desenvolvido em código aberto e funcionar num grande número de sistemas operativos como o Windows, Linux ou Mac OS X. É reconhecido pelo seu desempenho e robustez e também por ser multi-tarefa e multi-utilizador. A própria Wikipedia, usando o programa MediaWiki, utiliza o MySQL como base de dados, demonstrando que é possível utilizá-lo em sistemas de produção de exigência elevada e em aplicações sofisticadas.

PHPGTK2

O PHPGTK [30], é constituído pelo GTK e pelo PHP, sendo por isso necessário fazer uma pequena abordagem ao GTK.

O GTK (GIMP ToolKit) foi originalmente desenvolvido para o GIMP (GNU Image

Manipulation Program), o software para edição de imagens mais conhecido para Linux. O GTK tem crescido muito desde o início do projecto e hoje é utilizado como parte central do Gnome, uma das interfaces gráficas e plataformas de desenvolvimento mais utilizadas para Linux. O GTK+ também tem sido utilizado para o BeOS e Win32, fazendo da linguagem a escolha perfeita para o desenvolvimento de aplicações gráficas livres ou comerciais, uma vez que é licenciado sob a GNU/GPL (General Public License). O PHP-GTK foi criado em março de 2001, por Andrei Zmievski, um usbequistanês que vive e trabalha nos Estados Unidos. Assim como muitos projectos em software livre, este também começou com uma motivação inicial um pouco peculiar: *"Fiz, porque queria ver se era possível"*, nas palavras do autor que se inspirou muito noutro projecto já existente, o PyGTK (ligação entre a linguagem Python e GTK). O PHP-GTK é uma "language binding", ou seja, é uma ligação entre duas linguagens já existentes, a linguagem PHP e a biblioteca GTK. Logo, o PHP-GTK é o próprio PHP, com mais recursos. O PHP-GTK é a primeira extensão da linguagem PHP que permite escrever aplicações client-side com GUI (Graphical User Interface). Foi escrita, em parte, para provar que o PHP é uma linguagem completa e de grandes propósitos. A ligação do PHP com o GTK gera uma ferramenta multiplataforma que funciona tanto em ambientes Linux como Windows.

Utilizando PHP-GTK, é possível criar uma aplicação que possui conectividade com o servidor (base de dados, acesso à arquivos etc.), como todos os outros programas escritos em PHP, mas que, pelo facto de correr no computador do cliente, também tem total acesso aos recursos deste (executar aplicações, escrever arquivos e aceder a dispositivos locais). Para tanto, o PHP-GTK precisa ser instalado em cada computador cliente que executará uma aplicação PHP-GTK.

4.3.2 Interface Gráfica com o Utilizador

A interface desenvolvida para a aplicação, que pode ser observada na Figura 4.14, tem como base a simplicidade indo ao encontro do objectivo de obter uma aplicação simples e intuitiva para o utilizador. Uma vez que a aplicação será instalada num *tablet*, o interface das funcionalidades para o utilizador tipo técnico é baseado em botões grandes. Em termos de cor, foi escolhido o fundo branco e o cinzento sendo ainda escolhido para as abas as cores do logótipo da Dr. Campos Costa. Na parte superior temos à esquerda a informação do utilizador autenticado na aplicação, o

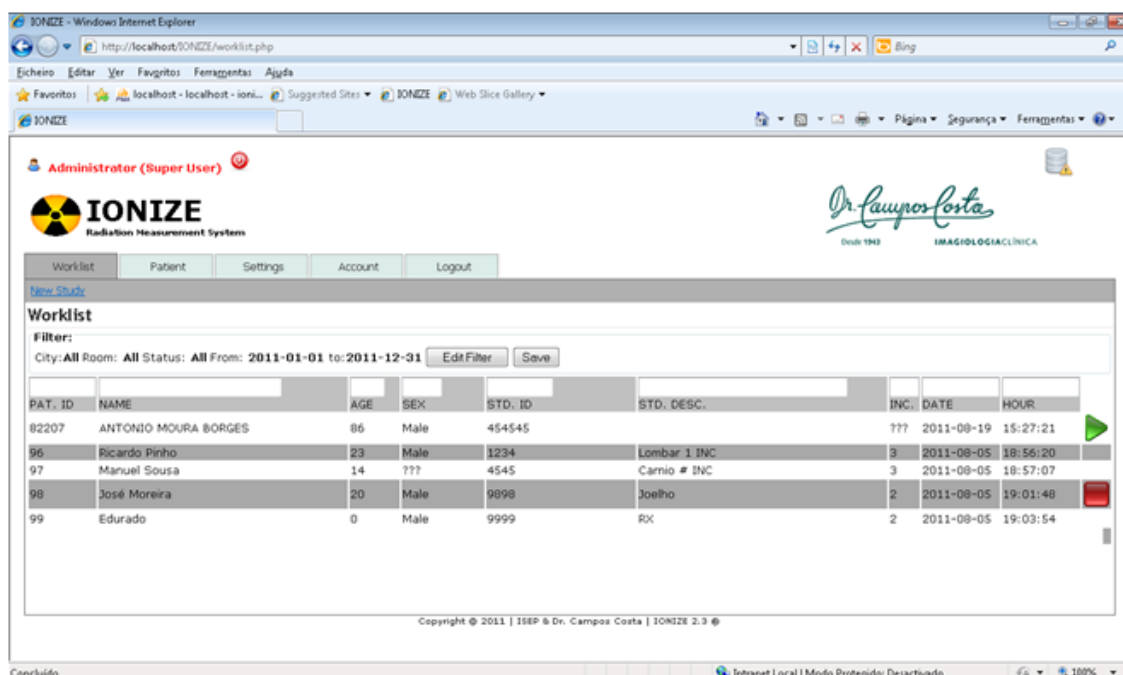


Fig. 4.14: Interface gráfica com o utilizador.

nome da aplicação e logótipo. Na parte superior direita o logótipo da Dr. Campos Costa. O menu das funcionalidade é baseado num sistema de abas, para ser fácil para o sistema touch screen, e na barra imediatamente abaixo as funcionalidades para o respectivo menu.

O conteúdo do menu é limitado por um quadrado de linha simples e cor cinzenta, delimitando o espaço do menu. Na parte superior do menu temos uma rápida denominação da funcionalidade do menu, de forma a ajudar o utilizador a localizar-se nas diferentes funcionalidades.

Na parte inferior do quadrado que delimita o conteúdo da funcionalidade temos o rodapé que contém algumas informações resumidas sobre a aplicação, como o ano em que foi concluído o seu desenvolvimento, as instituições que ajudaram ao seu desenvolvimento e a versão da instalação. A denominação para a versão da aplicação é dada segundo o formato:

numero1.numero2

Ambos os números são inteiros e incrementados sempre que há uma alteração à aplicação. O *numero 1* diz respeito a alterações da interface da aplicação ou a profundas mudanças na estrutura do funcionamento da aplicação enquanto o *numero*

2 diz respeito a correcções de erros e bugs detectados ao longo do tempo. Até a data a aplicação IONIZE encontra-se na versão 2.6.

A Aplicação IONIZE

A aplicação IONIZE desenvolvida neste projecto é uma aplicação que permite medir valores de dose de um estudo radiológico e que arquivará esses valores associando-os aos respectivos pacientes.

Neste capítulo são abordados os aspectos técnicos relacionados com a criação da aplicação como as tecnologias usadas, o hardware testado e o hardware para produção. Será também apresentada a forma de instalação da aplicação, as suas funcionalidades, os testes e validação da aplicação além da sua optimização.

O logótipo da aplicação IONIZE, mostrado na Figura 5.1, é por isso o símbolo de radiação ionizante, lembrando a importância que a aplicação terá no controle dessa radiação nos pacientes expostos.

5.1 Desenvolvimento da Aplicação

A aplicação IONIZE foi desenvolvida em PHP e completada com outras tecnologias como o HTML ou o JavaScript, uma vez que consegue cumprir os requisitos propostos e foi uma forma de mostrar uma vez mais a potencialidade da linguagem.



Fig. 5.1: Logotipo aplicação IONIZE.

Como qualquer outra aplicação PHP esta necessita de correr sobre um servidor web, ter instalado o PHP e no caso da aplicação, ter instalado uma base de dados. Além disso precisa de um navegador de internet, vulgarmente conhecido como *browser*. No caso da aplicação IONIZE, como esta requer a comunicação com a porta série foi utilizado para esse fim uma extensão *shareware* para o PHP conhecido de *PHP Serial* [31] feita por Cosmin Buhu.

Ao longo do desenvolvimento da aplicação foram testadas muitas tecnologias e muitas combinações de tecnologias e plataformas. Foi testado o desenvolvimento utilizando o WampServer 2.1 que é um pacote de programas do tipo WAMP (Windows, Apache, MySQL, PHP), utilizado browsers como o FireFox 5, o Internet Explorer 8 ou o Google Chrome. Além disso foram feitos testes nos sistemas operativos Windows 7 Professional e Ubuntu 9.10. No caso do Ubuntu, o web server utilizado foi o XAMPP 1.7.4 que é um conjunto de softwares do tipo LAMP (Linux, Apache, MySQL, PHP).

Após todos estes testes foi escolhida a seguinte combinação de tecnologias e software:

- Web Server: Apache 2.2.19 com extensão do PHP versão 5.3.6
- Base de dados: MySQL 5.5.13
- Sistema Operativo: Windows 7 Professional
- Browser: Internet Explorer 8
- Outras extensões: PHP-GTK2

O web server foi instalado independente do PHP e da base de dados para uma maior flexibilidade. Dessa forma é possível resolver qualquer problema independentemente, impedindo que a resolução desse problema afecte o restante sistema.

Em termos de hardware, importa, referir que o desenvolvimento não foi feito num computador idêntico nem tão pouco igual aos computadores que serão utilizados para a produção.

Devido à falta de espaço nas salas onde estarão instalados os DIAMENTOR's C2, foi escolhido um *tablet* para funcionar com a aplicação. O tablet escolhido foi o ViewPad 10 [4] da ViewSonic.

As características resumidas do ViewPad 10, ilustrado na Figura 5.2, são:

- Resolução máxima do ecrã: 1024x600
- Sistema operativo: Windows 7 e Android 2.2



Fig. 5.2: ViewPad 10 [4].

- Funcionamento em rede: Wi-Fi (802.11 b/g/n), Bluetooth 2.1 + EDR (Enhanced Data Rate)
- Ligações USB (Universal Serial Bus)

Como o ViewPad não tem porta série é necessário utilizar um cabo conversor porta USB em porta série.

Comunicação com a porta série

A comunicação com o DIAMENTOR C2 (Figura 5.3) será iniciada com a função *com_ptw*. Esta função receberá a identificação do estudo (*\$study_id*), o número de incidências previsto para o estudo (*\$no_incidence*) e caso a configuração da montagem do DIAMENTOR C2 tenha duas câmaras de ionização ligadas em simultâneo, mas que lêem individualmente duas ampolas em salas distintas, será enviado a porta a ser lida (*\$port_to_read*). Inicialmente será lida as tabelas da base de dados, através da identificação do estudo, retirando informações como:

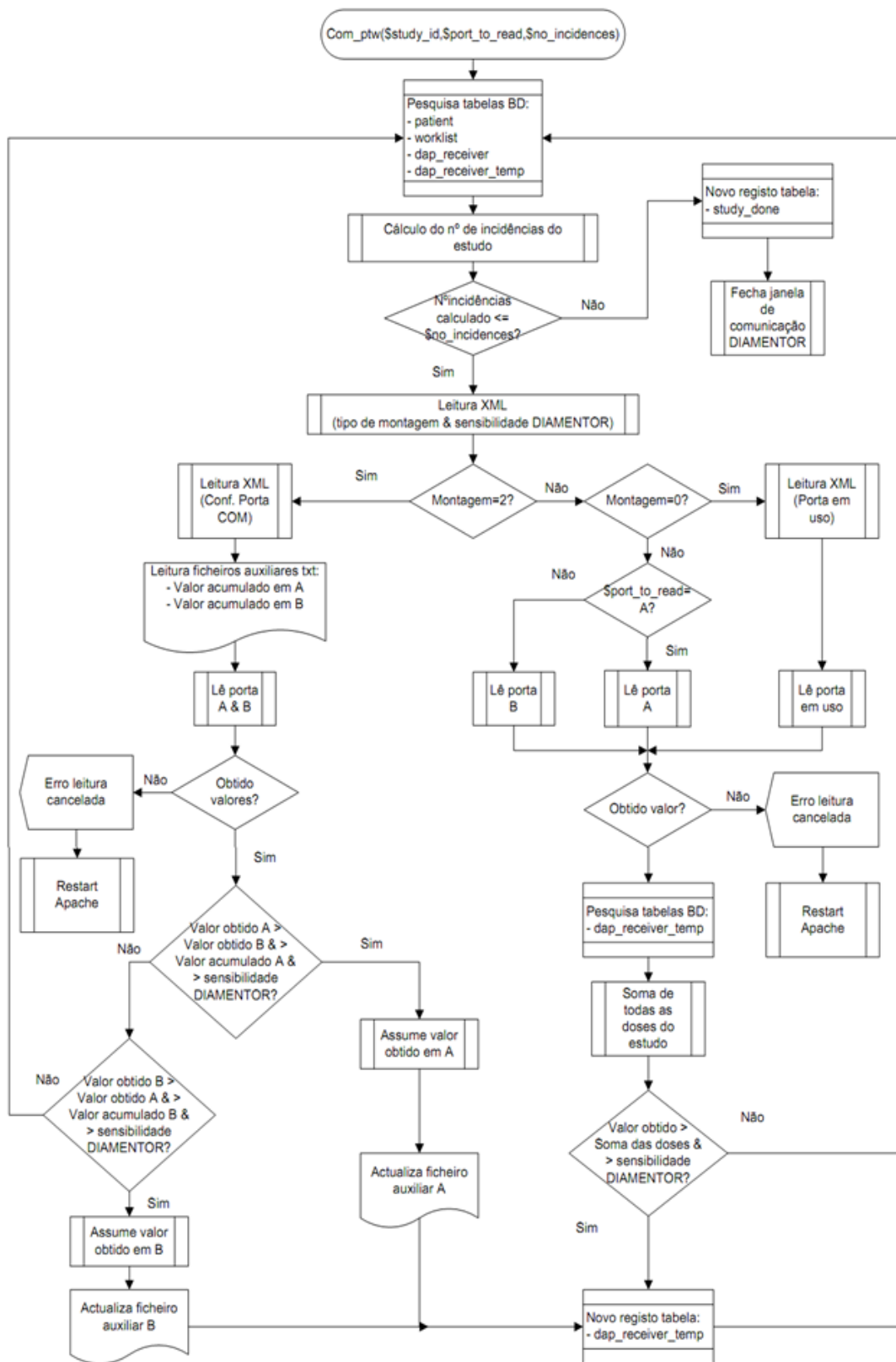


Fig. 5.3: Fluxograma comunicação série com o DIAMENTOR C2.

- Nome, data de nascimento e sexo;
- Estado do estudo;
- Valores DAP já recebidos (caso existam) através da tabela **dap_receiver**;
- Valores DAP já recebidos (caso existam) através da tabela **dap_receiver_temp**;

São somados todos os registos das tabelas **dap_receiver** e **dap_receiver_temp** para saber o número de incidências já realizadas no estudo.

Caso o número de incidências calculada não seja menor ou igual ao número de incidência previsto para o estudo (*\$no_incidences*) é registado na tabela **study_done**. A conclusão do estudo é terminada automaticamente, finalizando a comunicação com o DIAMENTOR C2. Caso contrário, é lido o ficheiro XML com as definições locais retirando os valores:

- Tipo de montagem do DIAMENTOR C2;
- Sensibilidade do DIAMENTOR C2;

Se a montagem for do tipo igual a 2, que significa ter duas câmaras de ionização na mesma sala que lêem ampolas diferentes, é lido novamente o ficheiro XML retirando as definições para a comunicação com a porta série.

Depois são lidos os ficheiros auxiliares com o valor acumulado de DAP de cada porta, que será zero se for a primeira incidência. De seguida são lidas ambas as portas do DIAMENTOR C2 (porta A e porta B).

Se não forem obtidos valores é dado uma mensagem de erro, terminado a comunicação com o DIAMENTOR C2 e reiniciado o Apache localmente. Se forem obtidos valores, é feita a comparação entre os valores obtidos das portas. Se o valor obtido na porta A for maior do valor obtido na porta B e maior que o valor acumulado da porta A e maior que a sensibilidade do DIAMENTOR C2 (valor para o qual serão assumidas leituras superiores a esse valor) é assumido o valor lido na porta A como o valor de DAP da actual incidência. Nessa situação é actualizado o ficheiro auxiliar da porta A e criado um registo na tabela **dap_receiver_temp**. Por sua vez, se o valor obtido na porta A for menor que o valor obtido na porta B, é feita a mesma verificação para a porta B e caso não se verifique a condição essa leitura é rejeitada. Sendo a leitura válida, é actualizado o ficheiro auxiliar da porta A ou porta B e criado um registo na tabela **dap_receiver_temp**.

Na situação em que a montagem é do tipo igual a 0, que é ter apenas uma câmara

de ionização que mede a radiação de uma ampola ligada ao DIAMENTOR C2 numa sala. É lido o ficheiro XML, para indicar qual a porta activa e obtido valor de DAP. Caso a montagem não seja igual a 0 é lido a variável *\$port_to_read* e obtido o valor de DAP.

Após obtenção do valor de DAP é feita uma pesquisa à base de dados somando todos os valores de DAP de todas as incidências do estudo e se esse valor for superior ao valor obtido e superior à sensibilidade do DIAMENTOR C2 é criado um novo registo na tabela **dap_receiver_temp**. É repetido todo o processo até que o número de incidências lidas sejam superior às incidências previstas.

5.2 Instalação da Aplicação

Uma vez que a aplicação IONIZE funciona com base em outras tecnologias é necessário instalá-las primeiro. Nesta secção será abordado a forma como deverão ser instaladas essas tecnologias. A instalação é feita a partir de um computador com o Windows 7 instalado e com o Internet Explorer 8. Antes da instalação o utilizador deverá verificar se tem na sua posse:

Pasta "IONIZE Instalation Files"contendo:

- IONIZE - Local Folder
- IONIZE - Source Folder
- IONIZE_broker
- IONIZE Debbuger
- phpMyAdmin-3.4.2-all-languages
- php_ser++.dll
- Ficheiro PHP info.php
- Os executáveis:
 - httpd-2.2.19-win32-x86-no_ssl.msi
 - php-5.3.6-Win32-VC9-x86.msi
 - mysql-5.5.13-win32.msi
 - mysql-gui-tools-5.0-r17-win32.msi
 - php-gtk2c.exe

A instalação do Apache2.2, MySQL e do PHP-GTK2 encontram-se explicadas no Apêndice C.

Instalação da extensão do PHP para leitura da porta série (php_ser++.dll)

Após instalar os serviços Apache2.2 e MySQL, descritos no Apêndice C, deve-se proceder à instalação do ficheiro **php_ser++.dll**. Para isso deve-se:

1. Ir a pasta drive:\PHP_install_folder\ext\ e colocar o ficheiro **php_ser++.dll**
2. Localizar o ficheiro **php.ini**, normalmente localizado em drive:\PHP_install_folder\, e acrescentar a seguinte linha **extension=php_ser++.dll** na secção *Dynamic Extensions*.

Gravar e fechar o ficheiro **php.ini**.

Instalação directório local IONIZE

Este passo é importante para o funcionamento da aplicação. Uma vez que foi escolhido o Windows como sistema operativo onde correrá a aplicação, o caminho para a pasta local IONIZE foi fixado no código fonte.

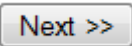
Criar pasta IONIZE no directório C:\, ficando: "C:\IONIZE". Copiar o conteúdo da pasta IONIZE - Local Folder para a pasta criada anteriormente.

Instalação do código fonte da aplicação

1. Criar pasta **IONIZE** no directório **htdocs**.
2. Copiar conteúdo da pasta IONIZE - Source Folder para a pasta criada anteriormente.

Na Figura 5.4 está representada o conteúdo da pasta IONIZE - Source Folder e que deverá ser copiada para o directório **htdocs**.

Criação da estrutura da base de dados IONIZE

Executar no browser o ficheiro **install.php** que se encontra em **IONIZE/install/install.php**, ficando o endereço *http://localhost/IONIZE/install/install.php*. Deverá obter o formulário da Figura 5.5: Deve-se preencher os dados pedidos no formulário e carregar no botão  .

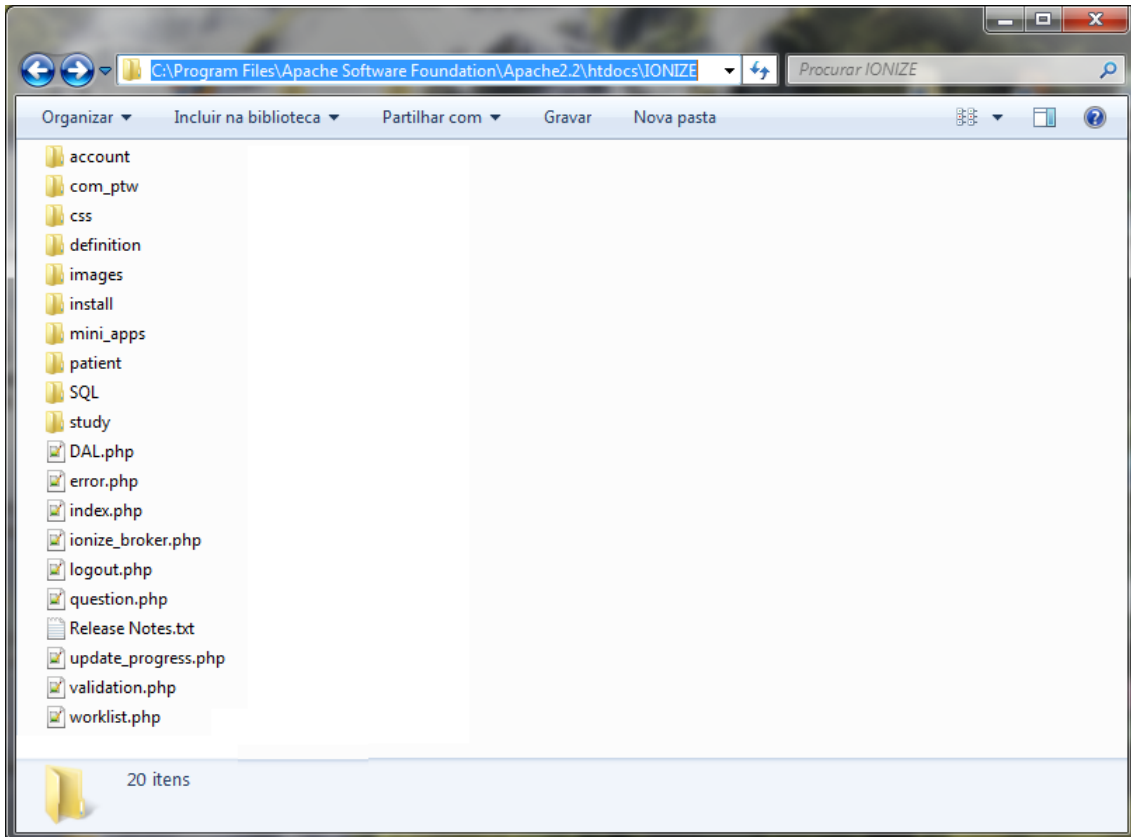


Fig. 5.4: Directório de instalação IONIZE.



Fig. 5.5: Instalação da base de dados IONIZE.

Aceder ao menu Login

Por fim deverá aceder ao ficheiro **index.php** através do caminho:

`http://localhost/IONIZE/index.php`

para iniciar a aplicação IONIZE. Aquando da criação da base de dados, é criado um utilizador com todos os privilégios esse utilizador tem as seguintes credenciais:

- Login: admin
- Password: admin123

É recomendável que se altere a palavra-chave desse utilizador e crie um utilizador com permissões mais limitadas para utilizar a aplicação.

Módulo IONIZE Broker

O módulo IONIZE Broker tem como objectivo fazer a ligação com o RIS da Dr. Campos Costa. A sua instalação e configuração está descrita no Apêndice C.4. A instalação deste módulo deverá ser feita apenas uma única vez e apenas no computador com a instalação da base de dados global.

5.3 Funcionalidades da Aplicação

5.3.1 Interface com o Utilizador

De seguida será mostrado os menus da aplicação IONIZE explicando o objectivo e funcionalidades de cada menu, respondendo dessa maneira ao levantamento de requisitos efectuados e explicados anteriormente, na Figura 5.6 é possível observar a aplicação IONIZE a funcionar num ViewPad10. Durante a fase de testes foram usados apenas nomes de pacientes fictícios e que qualquer semelhança com a realidade constitui uma simples coincidência.

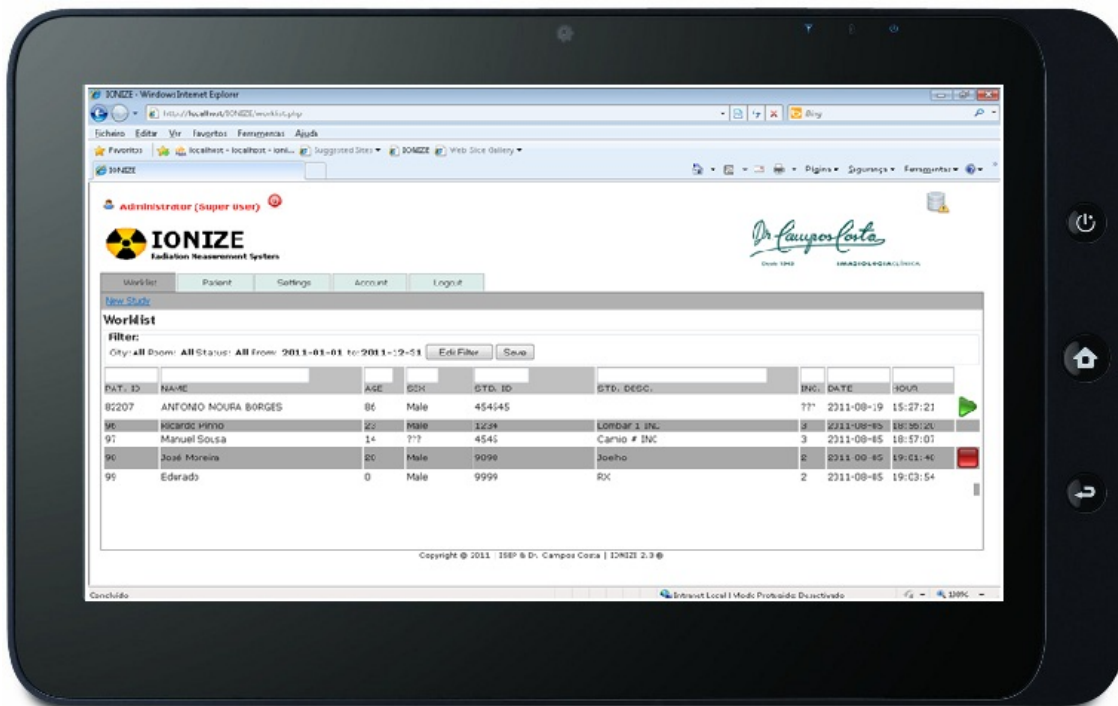


Fig. 5.6: IONIZE no ViewPad10.

Login




Fig. 5.7: Interface IONIZE - Menu Login.

Acendendo ao endereço <http://localhost/IONIZE/> obtém-se o menu de login, Figura 5.7. Caso o utilizador não preencha correctamente os campos do formulário de login a aplicação enviará um alerta avisando dessa situação. Mediante o tipo de erro que

a aplicação detecta, será enviado um alerta contendo esse erro ajudando o utilizador a entender mais rapidamente o problema. Caso as credenciais estejam incorrectas a aplicação irá alertar o utilizador com a mensagem **"Check your credentials"**.

Dependendo do tipo de utilizador este será encaminhado para diferentes menus depois de autenticado. Se o utilizador é do tipo técnico, este será automaticamente encaminhado para a lista de trabalho. Se for do tipo administrador, este será automaticamente encaminhado para as definições locais da aplicação.

Após o processo de autenticação a aplicação irá também verificar o estado da base de dados global. Caso detecte alguma anomalia com a base de dados global irá enviar automaticamente um alerta para o email definido pelo administrador na altura da instalação da aplicação, dando também um pequeno alerta para o utilizador, o alerta consiste uma imagem que aparecerá a piscar no canto superior direito de todos os menus da aplicação, como é possível observar na Figura 5.6. A partir desse momento a aplicação passa a funcionar em modo de emergência. Além do envio do email a aplicação irá também escrever num ficheiro log, ficheiro esse que se encontra localizado na mesma pasta onde se encontra o ficheiro de configuração do tipo XML. A Figura 5.6 ilustra o menu worklist. O utilizador tipo técnico será automaticamente encaminhado para este menu após a sua autenticação. Além disso a aplicação irá verificar a última sincronização feita da base de dados e verificar se é necessário fazer ou não nova sincronização. A verificação é feita nesta altura porque garante-se assim que o utilizador não iniciou qualquer actividade com a aplicação. Caso a aplicação verifique a necessidade de fazer a sincronização é aberta uma nova janela e aparecerá uma barra de progresso informando o utilizador dessa sincronização. Para fechar a janela será necessário clicar em **"Close"**. Na Figura 5.6 (figura com alerta de erros), no canto superior esquerdo terá a indicação do utilizador que se encontra a utilizar a aplicação. No botão  poderá efectuar o "logoff" da aplicação. *Sempre que não estiver a utilizar a aplicação deverá efectuar o "logoff"*.

Lista de trabalho

A lista de trabalho será a base de partida para a realização do estudo e comunicação com o DIAMENTOR C2. A aplicação permite fazer a filtragem dos vários estudos sendo para isso necessário seleccionar o filtro pretendido. Clicando em **Edit Filter** acede-se ao menu de filtragem. Será pedido ao utilizador para inicialmente escolher o local (City) que pretende fazer a filtragem. Quando se acede a esta funcionalidade fica disponível para seleccionar apenas os locais que na base de dados têm associ-

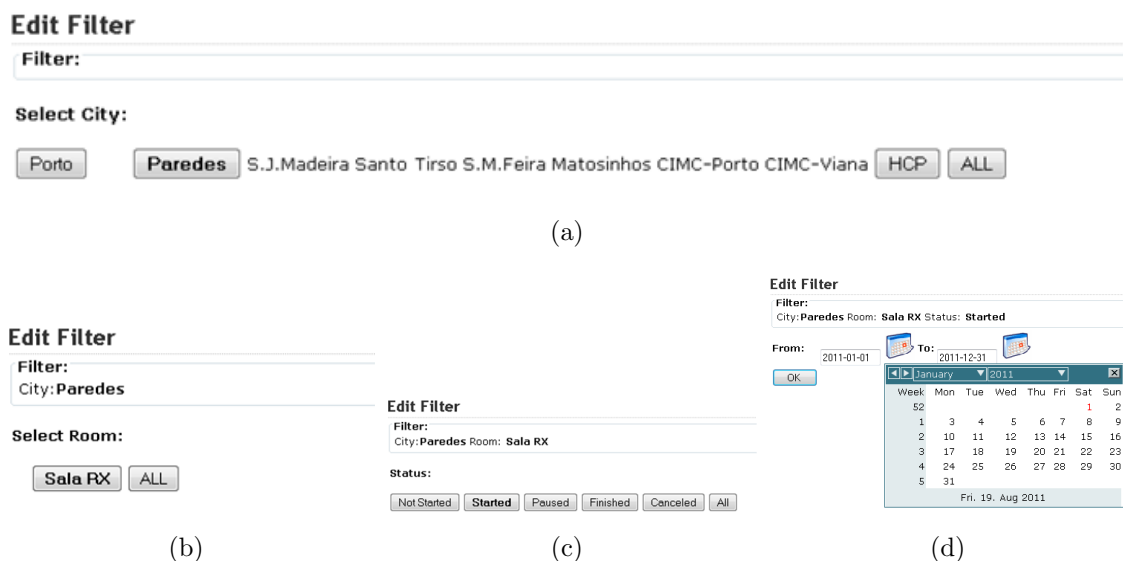


Fig. 5.8: Interface IONIZE - Menu Edit Filter: (a) Select City; (b) Select Room; (c) Study Status; (d) Study Date.

adas salas. Além disso ficará a negrito a última escolha do local. Por exemplo na Figura 5.8(a) podemos verificar que o último local escolhido foi Paredes, por estar a negrito e locais como Santo Tirso não têm ainda associado salas. O botão ALL permite seleccionar todas os locais, nesse caso será também seleccionado todas as salas configuradas na base de dados. Uma vez seleccionado o local será necessário seleccionar a sala. A aplicação irá apresentar as salas com dependência com o local escolhido anteriormente.

De igual modo, a negrito estará a última escolha feito pelo utilizador, conforme ilustrado na Figura 5.8(b). De seguida o utilizador deverá escolher o estado do estudo por qual pretende filtrar, como apresentado na Figura 5.8(c). Como podemos reparar na Figura 5.8(c) na parte superior a aplicação mostra o filtro que o utilizador está a construir. Após escolhido o estado do estudo o utilizador terá de escolher o intervalo da data de marcação do estudo. A data do estudo é escolhida através de um calendário facilitando a introdução das datas, Figura 5.8(d). Uma vez escolhido o intervalo de datas a construção do filtro está terminada e a aplicação encaminha o utilizador de novo para a sua lista de trabalho filtrada segundo o filtro construído. Além da filtragem abordada anteriormente é possível afinar a filtragem escrevendo no cabeçalho da tabela da lista de trabalho, conforme a Figura 5.9.

Os campos obtidos na lista de trabalho são as seguintes:

PATIENT. ID	NAME	AGE	SEX	STD. ID	STD. DESC.	INC.	DATE	HOUR
125779	MARIA MARGARIDA TEIXEIRA LOPES	48	Female	1167373	TORAX ??INCIDENCIA	???	2011-03-15	12:00:00
691022	MARIA ADELAIDE LOPES MATA	74	Female	1158403	ORTOPANTOMOGRÁFIA, ??5 INCIDÊNCIA	2	2011-03-16	15:00:00

Fig. 5.9: Interface IONIZE - Filtragem.

- PAT. ID - ID do paciente
- NAME - Nome do paciente
- AGE - Idade do paciente
- SEX - Sexo do paciente
- STD. ID - ID do estudo
- STD. DESC. - Descrição do estudo
- INC. - N° de incidências do estudo
- DATE - Data marcada para a realização do estudo
- HOUR - Hora marcada para a realização do estudo

Caso a aplicação esteja a trabalhar em modo de emergência é disponibilizado ao utilizador um menu para a introdução do estudo manualmente. Acedendo a essa funcionalidade a aplicação apresentará uma lista dos pacientes com estudos já registados na aplicação de forma a não haver repetição dos mesmos.

Se pretender-se criar um paciente novo, será necessário introduzir a informação do paciente. Se for seleccionado um da lista apresentada, Figura 5.10(a), a parte referente às informações pessoais do paciente são preenchidas automaticamente pela aplicação no menu seguinte, Figura 5.10(b).

A data e hora marcada para a realização do estudo é automaticamente preenchida pela aplicação pela data e hora em que se acede a este menu, através das definições de hora e data definidas no sistema onde a aplicação encontra-se instalada. Dessa forma tenta-se minimizar o tempo gasto no registo de estudos.

Quando o utilizador guardar a informação do estudo, este é automaticamente encaminhado para a sua lista de trabalho.

Dando ordem de iniciar o estudo, a aplicação irá perguntar o número de incidências

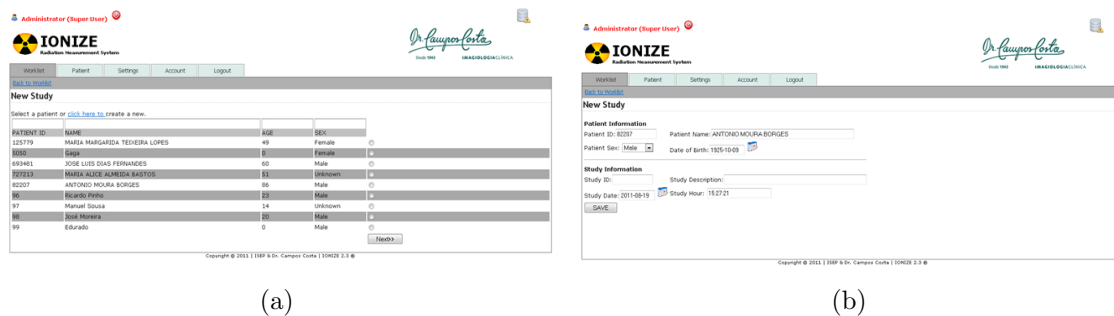


Fig. 5.10: Interface IONIZE - Menu New Study: (a) Select a Patient; (b) Study Information.



Fig. 5.11: Interface IONIZE - Menu Study Running: (a) Patient Information; (b) DIAMENTOR Communication.

previsto para se realizar o estudo. Uma vez escolhido o número de incidências irá abrir um menu contendo a informação do paciente, Figura 5.11(a) e irá abrir outra janela para a comunicação do DIAMENTOR C2, Figura 5.11(b).

O menu da Figura 5.11(a) irá correr em *background*.

View Patient Process

A pesquisa dos processos pode ser feita de duas formas. Através da informação do paciente ou através da informação do estudo. Essa pesquisa, caso a aplicação esteja a funcionar no modo de emergência, será feita na base de dados local dando um alerta ao utilizador desse facto. Em condições normais a pesquisa será sempre efectuada na base de dados global.

Clicando em "View Patient Process by Patient" ou em "View Patient Process by

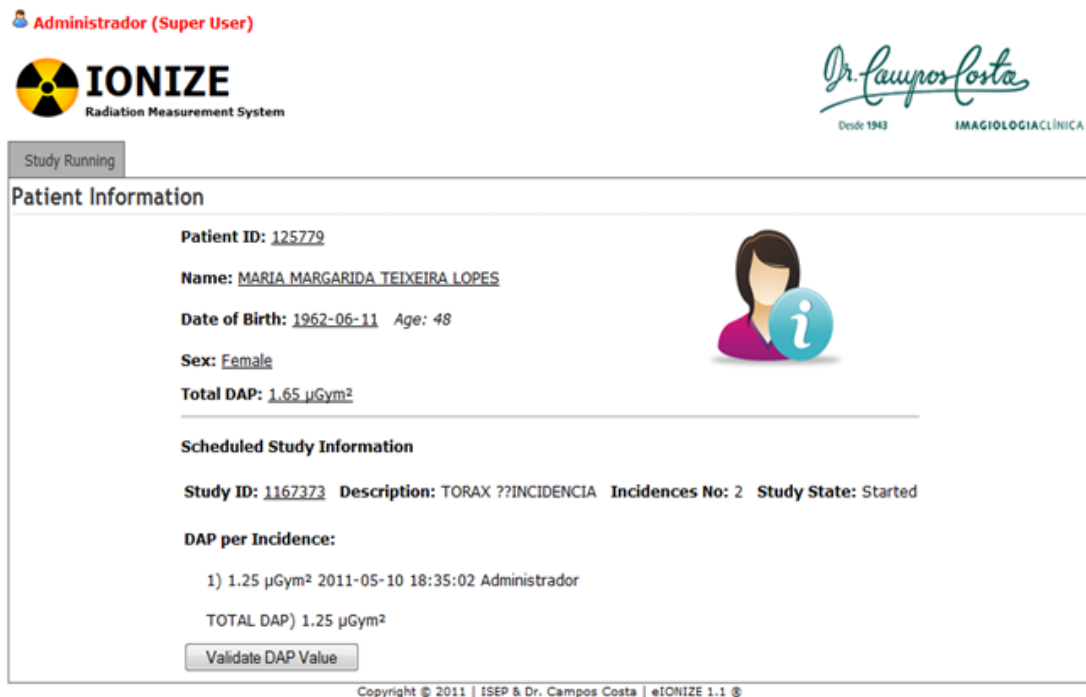





Fig. 5.12: Interface IONIZE - Menu Validate DAP Value.

Study” irá obter-se um menu da imagem seguinte como ilustra a Figura 5.13(a). Caso se pretenda obter todos os pacientes da base de dados deverá clicar-se em  resultado a pesquisa, conforme a Figura 5.13(b). Para aceder aos estudos

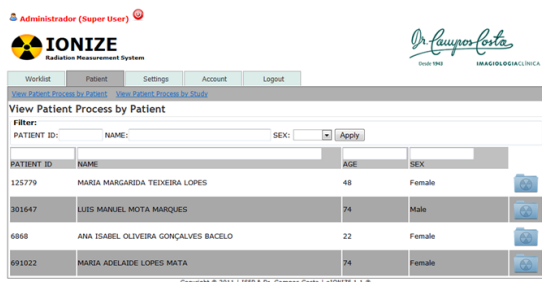
do paciente deverá clicar em .

O paciente em questão tem no seu historial um estudo com o ID 1167373. Para consultar deverá clicar em . Caso o valor de dose de radiação do estudo tenha sido alterado pelo responsável pela protecção radiológica do Departamento de Física Médica da Dr. Campos Costa, a identificação do estudo irá a aparecer a amarelo alertando o utilizador dessa situação.

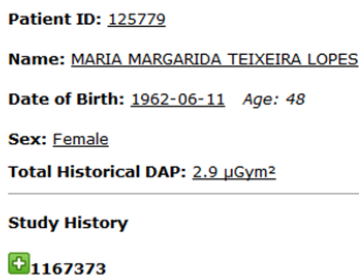
Personal Definition

Esta funcionalidade permite ao utilizador alterar os dados pessoais e a sua password. No entanto para fazer essa alteração o utilizador precisa de introduzir novamente as credenciais de acesso.

De seguida o utilizador preenche as novas credenciais. A aplicação pede para preencher duas vezes a password, por uma questão de segurança. Se a aplicação



(a)



(b)

Fig. 5.13: Interface IONIZE - Menu View Process: (a) View Process by Patient; (b) Resultado da Pesquisa, (c) Processo do Paciente.

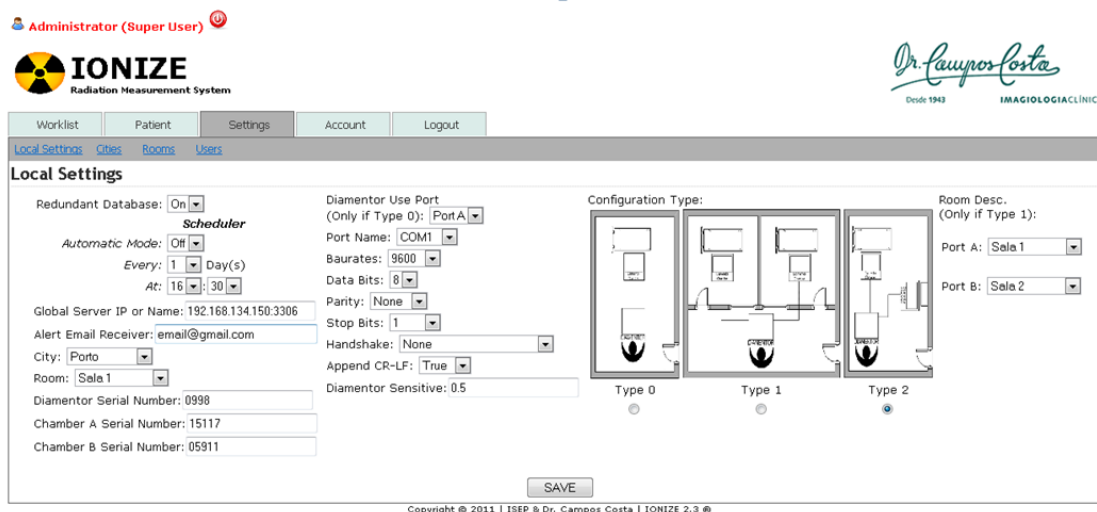


Fig. 5.14: Interface IONIZE - Menu Local Settings.

detectar que estas não são coincidentes a aplicação faz o alerta dessa diferença. Quando o processo de alteração de credenciais tenha corrido sem problemas é terminado a sessão do utilizador pedindo a este que introduza as suas novas credenciais.

Application Definition

Apenas um utilizador do tipo administrador terá acesso às definições da aplicação. Estas definições indicarão à aplicação como esta se deve comportar ao longo do seu funcionamento. O arquivo destas definições será feito através de um ficheiro do tipo XML que será guardado no disco do computador local de cada instalação.

As definições estão divididas em dois grupos. Um relacionado com a comunicação com o DIAMENTOR C2, outra relacionado com a comunicação com a base de dados global. Estas definições darão ao administrador da aplicação uma forma de adaptar

de uma forma gráfica a aplicação à situação real em que será utilizada.

As definições possíveis são as seguintes:

- **Redundant Database:** Deverá ser escolhido ON se existir uma base de dados global que terá toda a informação das restantes base de dados. Nesta situação é necessário instalar o MySQL localmente no computador.

- **Scheduler**

Automatic Mode: Quando for necessário sincronizar com a base de dados global, essa sincronização arrancará automaticamente se estiver seleccionado o ON e perguntará ao utilizador se estiver em OFF. Desta forma impede-se que aplicação faça o sincronismo em situações que não seja conveniente.

Every: Intervalo de dias que irá ser feita a sincronização.

At: Apartir de que horas será feita essa sincronização. Esta hora serve apenas para dar a informação que poderá ser feita o sincronismo, deverá ser escolhida uma hora em que a carga de trabalho da aplicação é baixa sendo que esta precisa de estar ligada para a sincronização ocorrer. Caso não ocorra na data prevista a sincronização será feita na próxima vez que a aplicação for iniciada.

- **Global Server IP or Name:** Deverá colocar o IP ou hostname do servidor que contém o serviço MySQL seguido da porta.
- **Alert Email Receiver:** Quando a aplicação não se consegue ligar à base de dados global (caso esteja essa funcionalidade activa) será enviado um email de alerta para o destinatário definido neste campo.
- **City:** Local (clínica) onde se encontra instalada a aplicação.
- **Room:** Sala onde se encontra instalada a aplicação.
- **Diamentor Serial Number:** Número de serie do DIAMENTOR C2 usado para a leitura das incidências.
- **Chamber A Serial Number:** Se usado, deverá preencher aqui o número de série da câmara usada na porta A.
- **Chamber B Serial Number:** Se usado, deverá preencher aqui o número de série da câmara usada na porta B.

- **Diamantor Use Port (Only if Type 0):** Caso o tipo de configuração escolhida seja do tipo 0, ou seja ter apenas uma câmara de ionização que "lê" a radiação de uma ampola ligada ao DIAMENTOR C2 numa sala, deverá indicar a porta que se encontra em uso.
- **Port Name:** Nome da porta COM usada para a comunicação com o DIAMENTOR C2.
- **Baudrate:** 9600 (As definições seguintes são aconselhadas pelo fabricante).
- **Data Bits :** 8
- **Parity:** None
- **Stop Bits:** 1
- **Handshake:** None
- **Append CR-LF:** True
- **Diamantor Sensitive:** Sensibilidade da leitura do DIAMENTOR c2. A aplicação só considerará leituras acima do valor aqui definido
- **Configuration Type:** Tipo de configuração do uso do DIAMENTOR C2.

Type 0 - Uma sala, uma ampola, um DIAMENTOR C2 e uma câmara, ou seja ter apenas uma câmara de ionização que "lê" a radiação de uma ampola ligada ao DIAMENTOR C2 numa sala.

Type 1 - Duas salas, duas ampolas, um DIAMENTOR C2 e duas câmaras, ou seja ter duas câmaras de ionização ligas em simultâneo com o DIAMENTOR C2 mas que "lêem" individualmente duas ampolas em salas distintas.

Type 2 - Uma sala, duas ampolas, um DIAMENTOR C2 e duas câmaras ou seja duas câmaras de ionização na mesma sala que "lêem" ampolas diferentes.

- **Room Desc. (Only if Type 1):** Caso opte por usar as configurações do tipo 1 deverá escolher a descrição a dar a cada câmara

Terminado as alterações das definições, a aplicação irá validar essas estas, através de código JavaScript e se detectar algum problema irá alterar o utilizador. Por exemplo, caso seja escolhido o IP 127.0.0.1 ou o hostname localhost no campo Global Server IP or name e o campo Redundant Database esteja a ON a aplicação dará o seguinte

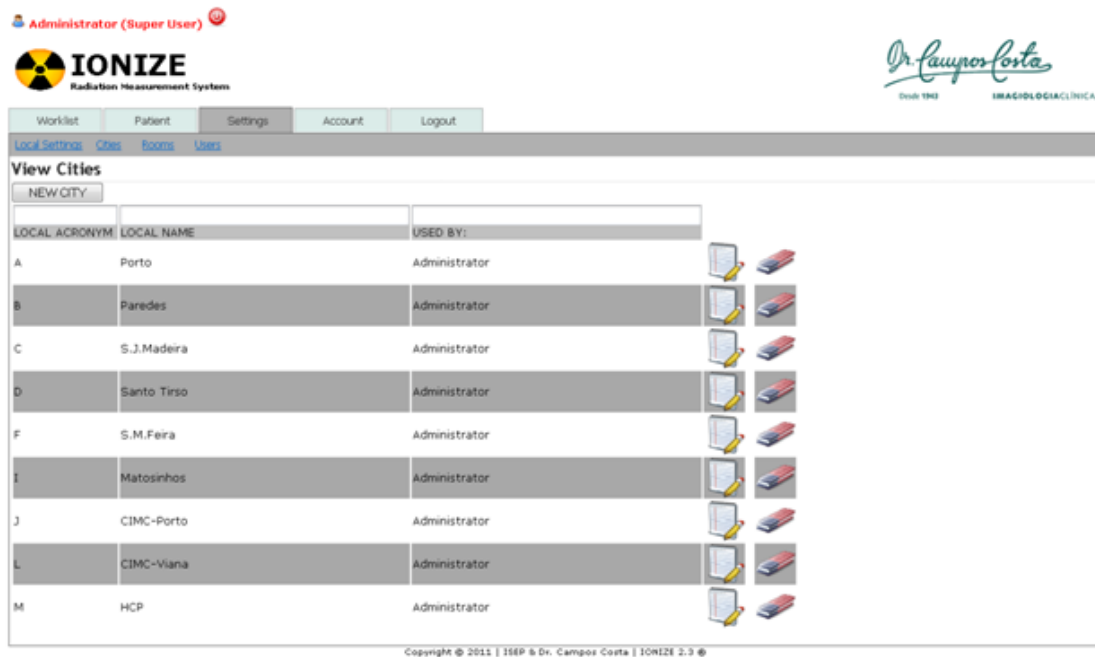


Fig. 5.15: Interface IONIZE - Menu View Locals.

erro ***"With Redundant Database ON the Global Server IP can't be the Localhost (127.0.0.1)"***.

Se o utilizador tipo administrador tenha escolhido a configuração das salas do tipo 0 e não tenha preenchido o campo Diamentor Use Port (Only if Type 0) a aplicação dará o erro ***"You must fill the Diamentor Use Port"***.

Por outro lado, se o utilizador tipo administrador tenha escolhido a configuração das salas tipo 1 e não tenha preenchido os campos ou simplesmente um campo do Room Desc. (Only if Type 1) a aplicação dará o seguinte erro ***"You must fill the Room Desc. for Port A and for Port B"***.

Não existindo nenhum erro dos descritos anteriormente a aplicação irá reescrever o ficheiro XML guardado no disco local e caso esteja activo o campo Reduntant Database, a aplicação irá testar a comunicação com a base de dados global e caso detecte algum problema na ligação enviará um alerta email para o endereço definido em **Alert Email Receiver**.

View Locals

Nesta situação, Figura 5.15, apenas é mostrado um menu que permitirá listar os locais (clínicas) criadas e por quem permitindo que estas sejam alteradas ou apagadas, além de permitir criar novas. Na criação de novos locais, representado na




Fig. 5.16: Interface IONIZE - Menu New Local.

Figura 5.16, será perguntado ao utilizador do tipo administrador os seguintes campos:

- **Sigla do Local (Local Acronym)** - Que representa a letra que virá nos criados pelo RIS. Dessa forma é possível saber onde será realizado determinado estudo.
- **Nome do Local (Local Name)** - Nome do local que será apresentado ao longo da utilização da aplicação

Se for detectado algum campo que não tenha sido preenchido a aplicação enviará o seguinte alerta ***"You must fill the Local Name and Local Acronym"***.

A edição dos locais será idêntica ao da criação sendo que o formulário da será preenchido automaticamente com os dados dos local escolhido anteriormente.

Para apagar locais criados bastará clicar no botão . Antes de apagar o local escolhido a aplicação perguntará ao utilizador da certeza da sua acção, como é demonstrado na Figura 5.17.

View Rooms

Neste caso, Figura 5.18(a), apenas é mostrado um menu que permitirá listar as salas dos locais (clínicas) criadas e por quem permitindo que estas sejam alteradas ou apagadas, além de permitir criar novas.

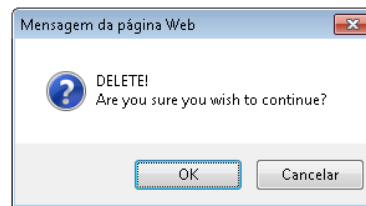


Fig. 5.17: Interface IONIZE - Alerta pergunta Delete Local.



(a)



(b)

Fig. 5.18: Interface IONIZE - Menu Rooms: (a) Menu View Rooms; (b) Menu New Room.

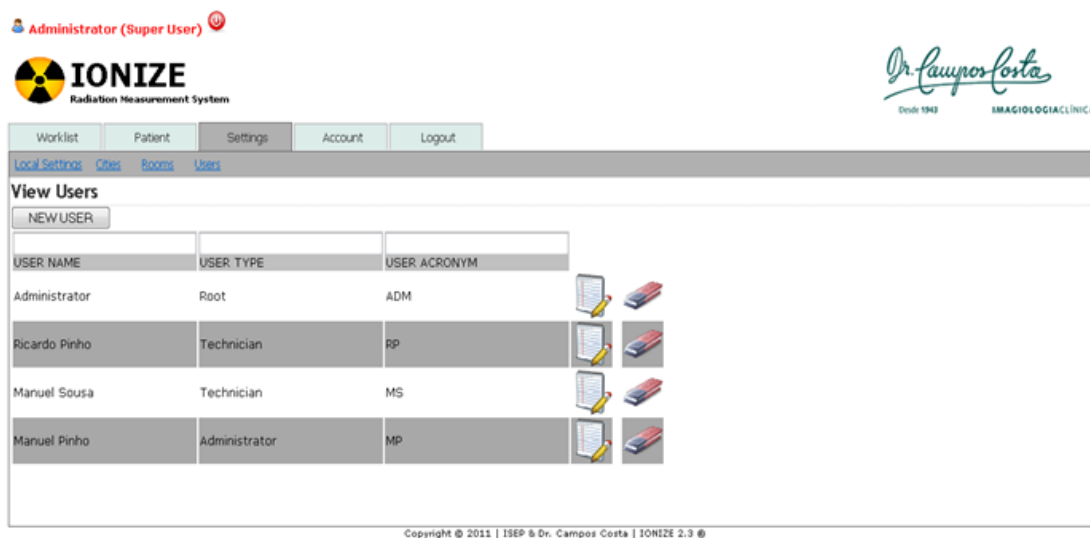



Fig. 5.19: Interface IONIZE - Menu View Users.

Na criação de novas salas, representada na Figura 5.18(b), será perguntado ao utilizador do tipo administrador os seguintes campos:

- **Nome do local (Local Name)** - Dependência necessária da sala, cada sala terá associado um local.
- **Nome da sala (Room Name)** - Nome da sala que será apresentado ao longo da utilização da aplicação.

Caso algum campo não tenha sido preenchido aplicação enviará o seguinte alerta ***"You must fill the Local Name and Room Name"***.

A edição das salas será idêntica ao da criação sendo que o formulário será preenchido automaticamente com o dados da sala escolhida anteriormente. Para apagar salas

criados bastará clicar no botão . Antes de apagar a sala escolhida a aplicação perguntará ao utilizador da certeza da sua acção.

View Users

Neste caso, Figura 5.19, apenas é mostrado um menu que permitirá listar os utilizadores criados que têm acesso à aplicação e o tipo de utilizadores em que se inserem e por quem, permitindo que estas sejam alteradas ou apagadas, além de permitir criar novas. Neste caso apenas é mostrado um menu que permitirá listar os utilizadores criados, que têm acesso à aplicação, e o tipo de utilizadores em que

The screenshot displays the 'New User' form within the IONIZE application. At the top left, the user is identified as 'Administrator (Super User)'. The application logo 'IONIZE Radiation Measurement System' is visible. The navigation menu includes 'Worklist', 'Patient', 'Settings', 'Account', and 'Logout'. The 'Local Settings' sub-menu is expanded, showing 'Chis', 'Rooms', and 'Users'. The 'New User' form contains the following fields: 'Name', 'Acronym', 'Type' (with radio buttons for 'Super User', 'Administrator', and 'Technician'), 'Login', 'Password', and 'Repeat Password'. There are '<< Back' and 'SAVE' buttons at the bottom of the form. A copyright notice at the bottom reads 'Copyright © 2011 | ISEP & Dr. Campos Costa | IONIZE 2.3 ©'.

Fig. 5.20: Interface IONIZE - Menu New User.

estes se inserem permitindo que estes sejam alterados ou apagados, além de permitir criar novos.


Na criação de novos utilizadores, demonstrado na Figura 5.20, será perguntado ao utilizador do tipo administrador os seguintes campos:

- **Nome do utilizador (Name)** - Nome do utilizador utilizado ao longo da aplicação
- **Sigla (Acronym)** do utilizador
- **Tipo (Type)** - Do tipo de utilizador. Lembrando que existem três tipos:
 - Super User:* Com acesso a todas as funcionalidades da aplicação.
 - Administrator:* Com acesso a funcionalidades de pesquisa de estudos anteriores e acesso à aba "Settings".
 - Technician:* Com acesso a funcionalidades de pesquisa de estudos anteriores e permissão para a realização dos estudos.
- **Login** - Login de acesso à aplicação
- **Password** - Palavra chave de acesso à aplicação

Caso algum campo não tenha sido preenchido aplicação enviará o seguinte alerta **"Error: Name, Acronym and Type is missing"**.

A edição dos utilizadores será idêntica ao da criação sendo que o formulário será

preenchido automaticamente com o dados do utilizador escolhido anteriormente. No entanto, apenas ficará disponível alterar o nome do utilizador, a sigla e o tipo de utilizador.

Para apagar utilizadores criados bastará clicar no botão . Antes de apagar o utilizador escolhido a aplicação perguntará ao utilizador da certeza da sua acção. No entanto, é importante referir que os utilizadores tipo administrador apenas poderão apagar utilizadores do tipo técnico sendo que para apagar utilizadores do tipo administrador será necessário autenticar-se na aplicação com um utilizador do tipo Super User.

5.3.2 Testes e Validação

Os testes e validação de uma aplicação são dois passos importantes para o desenvolvimento de qualquer tipo de software. Os testes realizados à aplicação incidiram nas funcionalidades verificando, antes de ser enviado para validação, se existem algum erro no código que impeça o natural funcionamento da aplicação.

Testes da Aplicação

Os testes da aplicação tiveram duas fases. A primeira fase consistiu em testar a aplicação no máquina usada para o desenvolvimento tentando reproduzir o mais possível as condições espectáveis na fase de produção. Testou-se a comunicação entre as bases de dados global e local através de uma máquina virtual Linux, onde estava instalado a base de dados Global. Simulou-se a leitura de valores de DAP pressionando a câmara de ionização do DIAMENTOR C2 e testou-se a sincronização agendada das bases de dados Global e Local. Além disso foi verificado também o funcionamento da aplicação em modo emergência. Foi também testado as diversas funcionalidades sendo que para cada uma delas foi criado um documento de apoio com base na Tabela D.1 do Apêndice D. A segunda fase consistiu em testar a aplicação em condições espectáveis na fase de produção. Foi utilizada a aplicação instalada no ViewPad 10 e ligado com um DIAMENTOR C2 conectado a um equipamento de raios-X. Fez-se a leitura de valores de DAP de incidência reais numa sala com uma configuração tipo 2 (a mesma sala, com duas câmara de ionização conectadas a um DIAMENTOR C2). Foi testado também a leitura dos ficheiros com extensão .msi de estudo reais registados no RIS.

Validação

A fase de validação foi feita em simultâneo com a segunda fase dos testes da aplicação. Decorreu com o acompanhamento de técnicos de radiologia e administrador do sistema. Durante a validação foi dada a oportunidade, após uma pequena formação de utilização da aplicação, de estes usarem-na de forma a ser possível entender as dificuldades destes na sua manipulação para se poder proceder a correcções futuras. Além disso, a fase de validação serviu ainda para esclarecer algumas dúvidas que existiam quando à implementação de algumas funcionalidades de forma averiguar se será necessário proceder a correcções futuras. Para cada tipo de utilizador (técnico e administrador) foi criado um documento, com base na Tabela D.2 do Apêndice D, onde esse utilizador deu a sua opinião sobre a aplicação tentando detectar erros e falhas nos requisitos servindo de base para futuras correcções. O formulário foi preenchido pelos utilizadores dos dois níveis de acesso à aplicação (*Technician* e *Administrator*) após a fase de testes e explicação da aplicação.

5.4 Otimização da Aplicação

Uma vez identificadas as dificuldades de funcionalidade da aplicação, é altura de fazer a optimização desta melhorando não só a sua performance, mas também melhorando a sua flexibilidade para o utilizador.

5.4.1 Problemas Detectados e Resolvidos

Na presente data, a aplicação IONIZE encontra-se na versão 2.6. De seguida será apresentado o que foi alterado em cada versão. Além disso, é também apresentado o mês e o ano em que foi terminada essa versão.

Versão 1.0 - 10.10

- Foi a primeira versão de testes. Contendo apenas alguns formulários sem grande aspecto gráfico, fazia a leitura do DIAMENTOR C2 e guardava esses valores nas tabelas da base de dados.

Versão 1.1 - 12.10

- Criação de algumas funcionalidades necessárias para o funcionamento da aplicação. Criação da lista de trabalho, alteração do estado do estudo, filtragem da lista de trabalho.
- Criação da funcionalidade de definições da aplicação em ficheiro XML contendo essencialmente a comunicação com a porta para a comunicação com o DIAMENTOR C2.
- Criação do menu de login e de logout.

Versão 1.2 - 02.11

- Alteração da estrutura da função `com_ptw` prevendo os três tipos de montagens possíveis para o DIAMENTOR C2 (Tipo 0, 1 e 2).
- Alteração da funcionalidade de definições da aplicação para o funcionamento segundo a alteração anterior.

Versão 1.3 - 02.11

- Criação das funcionalidades para gestão de utilizadores, locais e salas (listar, criar, editar e apagar).

Versão 1.4 - 03.11

- Criação de ficheiros log para registo de erros de ligação à bases de dados registando a hora, o local, a sala e a query que originou o erro. Além de apresentar esse erro ao utilizador. Apartir desta versão todas as actividades de alterar ou inserir na base de dados são controlados e se for obtido algum erro é escrito no ficheiro log.
- Criação da funcionalidade de pesquisa de processos. Com o objectivo de consultar os valores de DAP obtidos para os pacientes nos diferentes estudos.

Versão 1.5 - 03.11

- Aumento da segurança da aplicação encriptando das palavras-chaves dos utilizadores e da criação de variáveis de sessão.

Versão 1.6 - 03.11

- Aumento da segurança da aplicação criando limitações na criação de utilizadores. Criação de permissões mediante o tipo de utilizador autenticado. Apenas os utilizadores do nível hierático superior poderão criar, alterar e apagar utilizadores do nível hierático inferior.

Versão 1.7 - 04.11

- Criação do módulo IONIZE Broker para ligação ao RIS através da leitura dos ficheiros msi.

Versão 2.0 - 06.11

- Criação do sistema de base de dados redundantes, alteração da funcionalidade de definições locais da aplicação. Alteração das diferentes funções da aplicação para a ligação às diferentes bases de dados, global e local.

Versão 2.1 - 06.11

- Correção de erros detectados na leitura dos valores de DAP no DIAMENTOR C2 nas diferentes montagens (tipo 0, 1 e 2).

Versão 2.2 - 07.11

- Criação de sistema de regras para a sincronização das diferentes bases de dados (global e local).

Versão 2.3 - 07.11

- Alteração do sistema de base de dados redundantes, criação do agendamento de sincronização entre base de dados, criação de ficheiros logs para controlo dessa acção. Alteração da funcionalidade de definições locais da aplicação.

Versão 2.4 - 07.11

- Alteração na leitura dos valores de DAP no DIAMENTOR C2, comando para reiniciar o Apache quando não é obtido valor de DAP.

Versão 2.5 - 08.11

- Alteração do sistema de base de dados redundantes, criação de alertas por email para um endereço electrónico avisando da falha na ligação à base de dados global.

Versão 2.6 - 09.11

- Possibilidade de reabrir um estudo que já tenha sido terminado.
- Correção da dificuldade na introdução do número de incidência previstas para o estudo.
- Introdução de validação JavaScript nos campos mandatórios no formulário de criação de estudos de forma manual.
- Correção no campo para introdução da data de nascimento do paciente que estava bloqueado no formulário de criação de estudos de forma manual.

5.4.2 Optimização e Correções Futuras

Apesar do cuidado posto na verificação das funcionalidades da aplicação IONIZE, de acordo com a Tabela D.1, antes de a submeter à fase de testes foram detectados alguns erros e foram dadas algumas sugestões que deverão ser contempladas num trabalho futuro.

De seguida serão apresentadas essas sugestões, correções e alterações.

Sugestões

- Criação de um atalho rápido para a filtragem de estudos na lista de trabalho (neste momento é obrigatório preencher muitos campos);
- Ordenar a lista de trabalho pelos diferentes campos;
- Aumento do tamanho dos botões na selecção da sala quando a aplicação está configurada para funcionar na partilha de duas salas.

Correções e Alterações Futuras

- Acrescentar botões retroceder em todos os menus da aplicação, apenas existentes nos mais importantes.
- Criação de uma nova funcionalidade (denominada "Top 3") que corresponderá à criação de um atalho rápido aos últimos três estudos em estado parado quando a aplicação está configurada para funcionar na partilha de duas salas;
- Optimização da leitura dos ficheiros msi em que não exista o campo COD_LOCAL de forma a que este estudo não fique omitido nas filtragens da lista de trabalho efectuados pelo técnico.

Capítulo 6

Conclusões

Desde muito cedo se entendeu que seria necessário avaliar os efeitos secundários das radiações ionizantes para estas se tornarem uma ferramenta importante para o ser humano. Essa preocupação levou-nos à importância que as radiações ionizantes têm na prática médica.

O trabalho desenvolvido permitiu adquirir conhecimentos na área da radioproteção, entendendo a sua importância. Apesar de ainda ser um protótipo a aplicação IONIZE provou que será útil na monitorização das doses de radiação aos pacientes, tornando-se uma ferramenta indispensável no dia a dia dos técnicos do consultório Dr. Campos Costa bem como uma aplicação de enorme relevância e importância para o Departamento de Física Médica, responsável pela optimização das doses de radiação emitidas aos pacientes, de forma a garantir a aplicação do princípio ALARA (As Low As Reasonably Achievable). A aplicação permite uma monitorização quase em tempo real dos valores de dose usados no consultório, dos níveis de radiação aplicados aos seus pacientes, possibilitando uma intervenção correctiva mediante a detecção de uma não conformidade. Podemos por isso afirmar que os objectivos estabelecidos inicialmente foram cumpridos. Durante a fase de testes foi possível verificar que a aplicação não contém erros a nível de programação que a impeçam de ser uma excelente ajuda na monitorização de doses. Apesar disso, pelo *feedback* dado pelos técnicos e administradores do sistema foi possível identificar que ainda existe alguma dificuldade na operacionalidade da aplicação nomeadamente, na quantidade de intervenções que se tem de realizar para se poder operar com a aplicação. A criação de atalhos e simplificação de algumas funcionalidades poderá aumentar ainda mais a aceitação da aplicação.

Durante a fase de testes foi possível também concluir que apesar de algumas modi-

ficações, a aplicação encontra-se pronta para funcionar em ambiente real.

Embora tenha existido cuidado no desenvolvimento da aplicação para a tornar o mais "user-friendly" possível, de forma a poder funcionar também noutros centros de imagiologia clínica, existem algumas funcionalidades que serão interessantes desenvolver para a tornar mais robusta e funcional.

Desenvolver a compatibilidade com o protocolo HL7 (Health Level 7) será um passo importante para tornar a aplicação mais independente da ligação actual ao RIS através dos ficheiros tipo msi. Além disso aumentar a sua capacidade de correcção de erros e a quantidade de alertas para o administrador irá sem dúvida facilitar a sua utilização diária.

Estender a possibilidade de comunicação com outros medidores de DAP aumentará ainda mais a sua independência, uma vez que neste momento apenas é possível a comunicação com o DIAMENTOR C2, mas existem muitos outros no mercado e com possibilidade de comunicação com o computador.

Aumentar a capacidade de integração com outros sistemas, uma vez que neste momento os dados apenas estão armazenados na base de dados da aplicação. Dessa ligação poderia ser desenvolvido um algoritmo que altere o cabeçalho DICOM do estudo radiológico e colocaria o valor de dose para aquele estudo ficando essa informação disponível para todos.

Uma vez que estamos a falar de valores de dose que necessitam de ser não só arquivados mas também consultados, é importante melhorar o módulo de consulta desses valores de dose, desenvolvendo um módulo de estatísticas dando aos utilizadores da aplicação IONIZE uma série de dados importantes.

Bibliografia

- [1] R. Guerra, “Noções básicas sobre o núcleo e o decaimento radioativo,” 2005.
- [2] PTW-Freiburg, “User manual - diamentor c2,” June 2006.
- [3] E. Canzian, *MINICURSO Comunicação Serial - RS232*. São Paulo, Brasil: CNZ Engenharia e Informática Ltda, 2005.
- [4] ViewSonic, “Viewpad 10.” <http://www.viewsonic.com/products/vpad10.htm>. Acedido: 03/08/2011.
- [5] PTW-Freiburg, “Rs232 interface for diamentor c2 - user manual,” 2004.
- [6] A. Assmus, “Early History of X Rays,” 1999.
- [7] P. M. C. Neves and R. P. F. Ruas, *Segurança Nuclear e Proteção do Meio Ambiente*. Rio de Janeiro, Brasil: E-papers Serviços Editoriais, 2004.
- [8] “Capítulo 1 - histórico das radiações ionizantes e suas aplicações.” http://www.biossegurancahospitalar.com.br/rx/introducao_historico_e_aplicacao_ridoc.pdf. Acedido: 15/03/2011.
- [9] R. Dimenstein, *Bases físicas e tecnológicas aplicadas aos raios X*. São Paulo, Brasil: Editora Senac, 2002.
- [10] “Capítulo 6 - produção e equipamentos de raios x.” http://www.biossegurancahospitalar.com.br/rx/Curso_de_Biosseguranca_cap_6_Equipamentos_de_raios_X.pdf. Acedido: 15/03/2011.
- [11] N. Tsoulfanidis and S. Landsberger, *Measurement and Detection of Radiation*. U.S.A: CRC Press, 2011.
- [12] A. Holmes-Siedle and L. Adams, *Handbook of radiation effects*. New York, U.S.A: OXFORD University Press, 2002.

- [13] “Capítulo 5 - efeitos biológicos das radiações ionizantes.” http://www.biossegurancahospitalar.com.br/rx/Curso_de_Biosseguranca_cap_5_Efeitos_Biologicos_das_Radiacoes_Ionizantes.pdf. Acedido: 15/03/2011.
- [14] J. Oliveira, P. H. Wachter, and A. A. Azambuja, *Biofísica para ciências biomédicas*. Porto Alegre, Brasil: EDIPUCRS, 2002.
- [15] L. Tauhata, I. P.A.Salati, R. D. Prinzió, and A. R. D. Prinxió, “Radiproteção e Dosimetria: Fundamentos,” in *Instituto de Radioproteção e Dosimetria - CNEN*, (Rio de Janeiro, Brasil), 2003.
- [16] B. P. Mazzilli, C. R. R. Filho, Y. Kodama, F. F. Susuki, J. C. Dellamano, J. T. Marumo, M. P. Sanches, R. Vicente, and S. A. Bellintani, “Noções Básicas de Proteção Radiológica,” in *Diretoria de Segurança Nuclear -Divisão de Desenvolvimento de Recursos Humanos*, 2002.
- [17] A. P. do Ambiente, “Legislação aplicável.” <http://www.apambiente.pt/politicasambiente/emergenciasradiologicas/legislacao/Paginas/default.aspx>. Acedido: 25/03/2011.
- [18] H. Z. M.T. Bahreyni Toosi, M.Nazery, “Application of dose-area product compared with three other dosimetric quantities used to estimate patient effective dose in diagnostic radiology,” in *Iran. J. Radiat. Res.*, pp. 21–27, 2006.
- [19] H. Z. M.T. Bahreyni Toosi, M.Nazery, “Differences in effective dose estimation from dose-area product and entrance surface dose measurements in intravenous urography,” in *The British Journal of Radiology*, pp. 727–734, 2001.
- [20] G. F. Knoll, *Radiation detection and measurement*. U.S.A: Jonh Wiley and Sons, Inc, 2010.
- [21] D. McClurg, “Termie: A simple rs232 terminal.” <http://www.codeproject.com/KB/windows/Termie.aspx>. Acedido: 05/08/2010.
- [22] “Dr. campos costa - quem somos.” <http://www.drcamposcosta.pt/gca/index.php?id=5>. Acedido: 31/08/2011.
- [23] D. Mercer, *HTML*. U.S.A: McGraw-Hill, 2003.
- [24] J. Pollock, *JavaScript: a beginner’s guide*. U.S.A: McGraw-Hill, 2010.
- [25] M. Achour, F. Betz, A. Dovgal, N. Lopes, H. Magnusson, G. Richter, D. Seguy, and J. Vrana, “Manual do PHP,”
- [26] “Cgi:common gateway interface.” <http://intranet.deei.fct.ualg.pt/ADI/slides/CGI.pdf>. Acedido: 31/08/2011.

-
- [27] P. Aiken, M. D. Allen, and D. Allen, *XML for data management*. San Francisco, U.S.A: Elsevier Inc., 2004.
- [28] T. A. Powell, *HTML and CSS: the complete reference*. U.S.A: McGraw-Hill, 2010.
- [29] P. M. C. Neves and R. P. F. Ruas, *O Guia Prático do MySQL*. Lisboa, Portugal: Centro Atlântico, Lda, 2005.
- [30] P. Dall'Oglio, *PHP-GTK: Criando Aplicações Gráficas com PHP (Segunda Edição)*. Novatec, 2007.
- [31] C. Buhu, "Php serial extension." <http://www.thebyteworks.com/phpserial/index.html>. Acedido: 12/02/2011.

Apêndice **A**

Telegramas para a comunicação com o DIAMENTOR C2

Nos telegramas usados entre o DIAMENTOR C2 e o computador, os dados são trocados em forma de telegramas ASCII que estão separados pela sua funcionalidade. Relembra-se que para cada telegrama enviado o DIAMENTOR irá enviar um telegrama de resposta confirmando que tudo correu bem. Cada tabela irá conter a seguinte informação:

- Telegrama e os respectivos parâmetros;
- O telegrama de retorno;
- O intervalo possível para os parâmetros;
- Os valores dos parâmetros de defeito são apresentados em letras itálicas e a negrito (*xx*);
- Comentários sobre os telegramas;
- Todos os telegramas deverão ser enviados em LETRAS MAIÚSCULAS;
- O ponto (.) representa o separador decimal.

Na Tabela [A.1](#), lista-se os telegramas para configurações básicas como a definição de horas, linguagens, entre outras. Na Tabela [A.2](#) estão os telegramas para calibração e correção do DIAMENTOR C2. Os telegramas usados para obtenção dos valores de DAP estão listados na Tabela [A.3](#). Na Tabela [A.4](#) são apresentados os telegramas de erro que o DIAMENTOR C2 envia quando existe algum problema na comunicação.

Tab. A.1: Telegramas para configurações básicas do DIAMENTOR C2 [5].

Função	Comentários	Telegrama Anfitrião	Parâmetros
		Telegrama de retorno	
Definir a unidade de ecrã para DAP e taxa DAP	Válido para ambos canais de medição	Ux	x 1: cGycm ² 2: μGym ² 3: Rcm ²
Pedir a unidade de ecrã para DAP e taxa DAP		Ux	
		U	
		UX	
Definir idioma		Lx	x D: Alemão E: Inglês
		Lx	
Idioma pedido		L	
		Lx	
Definir a data actual para o relógio de tempo-real		Datadd-mm-yy	dd dia (01...31) mm mês (01...12) yy ano (00...99)
		Datadd-mm-yy	
Pedir data actual para o relógio de tempo-real		Data	
		Datadd-mm-yy	
Definir o tempo actual para o relógio de tempo-real		Tempohh:mm:ss	hh horas (00...23) mm minutos (00...59) ss segundos (00...59)
		Tempohh:mm:ss	
Pedir tempo actual para o relógio de tempo-real		Tempo	
		Tempohh:mm:ss	

Tab. A.2: Telegramas de calibração e correcção [5].

Função	Comentários	Telegrama Anfitrião	Parâmetros
		Telegrama de retorno	
Definir o factor de calibração radiológica (factor da camara) para a medição do canal	A unidade dos factores de câmara é μGym ² /C, independentemente da unidade usada para o ecrã e transferência dos valores DAP	Kkx.xxxE09	K Indica o canal de medição (A ou B) x.xxx Mantissa o factor de correcção (0.000...1.000...9.999) 0.9 Expoente do factor de correcção
Pedir o factor de calibração radiológica (factor da camara) para a medição do canal		Kkx.xxxE09	
		Kk	
		Kkx.xxxE09	
Definir factor de correcção para o canal de medição	Não existe unidade para o factor de correcção	Lx	K Indica o canal de medição (A ou B) x.xxx Factor de correcção (0.000...1.000...9.999)
		Lx	
Pedir factor de correcção para o canal de medição		L	
		Lx	

Tab. A.3: Telegramas para a medição dos valores de DAP [5].

Função	Comentários	Telegrama Anfitrião	Parâmetros
		Telegrama de retorno	
Obter valor de DAP do canal A		AAA	XXXXXX.XX Valor de DAP para o canal A
		AAAxxxx.xx,cccc	Ccccc Valor de check sum
Obter valor de DAP do canal B		BBB	XXXXXX.XX Valor de DAP para o canal B
		BBBxxxx.xx,cccc	cccc Valor de check sum
Obter a soma dos valores de DAP do canal A e B		SSS	XXXXXX.XX Valor de DAP para o canal A e B
		SSSxxxx.xx,cccc	cccc Valor de check sum
Obter todos os valores de DAP do canal A em modo streaming	Os valores são obtidos em períodos de 100 ms	MDA	XXXXXX.XX Valor de DAP para o canal A
		AAAxxxx.xx,cccc	cccc Valor de check sum
Obter todos os valores de DAP do canal B em modo streaming	Os valores são obtidos em períodos de 100 ms	MDB	XXXXXX.XX Valor de DAP para o canal B
		BBBxxxx.xx,cccc	cccc Valor de check sum
Obter todos os valores de DAP do canal A e B em modo streaming	Os valores são obtidos em períodos de 100 ms	MDS	XXXXXX.XX Valor de DAP para o canal A e B
		SSSxxxx.xx,cccc	cccc Valor de check sum
Reiniciar o valor de DAP do canal A		RSA	
Reiniciar o valor de DAP do canal B		RSB	
Reiniciar o valor de DAP do canal A e B		RES	

Tab. A.4: Telegramas de erro [5].

Telegrama de Erro	Causa	Solução
E01	Erro de sintaxe, telegrama desconhecido ou parâmetros inválidos.	Verificar o protocolo de comunicação proprietário.
E05	A entrada de corrente de pelo menos um dos canais excedeu.	Reinicie o valor das portas. Se o problema continuar contactar o fabricante
E06	A tensão máxima está fora do intervalo admissível.	Desligue o DIAMENTOR C2. Verifique todas as ligações. E ligue novamente. Se o problema continuar contactar o fabricante
E09	Parâmetros fora do intervalo correcto.	Verificar o protocolo de comunicação proprietário.
E13	Buffer RS232 cheio.	Verifique o procedimento de comunicação
E15	Impressora não pronta	Verificar a impressora.

Apêndice **B**

Descrição dos casos de uso

Neste Apêndice, são descritos os casos de usos representados na Figura 4.5, apresentados na Secção 4.2.2, no diagrama da Figura 4.5.

Tab. B.19: Caso de uso: Create Room.

Create Room (Extensão)	
Pré-condição	Estar autenticado na aplicação e aceder a View Rooms
Descrição	Permite criar novas salas para a aplicação. Esta funcionalidade estará activa apenas se haver comunicação com a base de dados global.

Tab. B.20: Caso de uso: View Users.

View Users (Cenário Principal)	
Pré-condição	Estar autenticado na aplicação
Descrição	Pesquisar os utilizadores criados na aplicação. A pesquisa é sempre feita na base de dados global, no entanto se não houver comunicação com a base de dados global, a pesquisa é feita localmente sendo no entanto o utilizador notificado dessa situação.

Tab. B.1: Caso de uso: Worklist.

Worklist (Cenário Principal)	
Pré-condição	Estar autenticado na aplicação e ser um utilizador tipo Técnico (Technician)
Descrição	<p>Acedendo à funcionalidade, a aplicação faz a actualização da lista de trabalho (através da ligação com a base de dados global) e mostra ao utilizador segundo o filtro escolhido por este.</p> <p>Caso exista um filtro guardado do utilizador autenticado a lista de trabalho será automaticamente filtrada por esse filtro.</p>

Tab. B.2: Caso de uso: Edit Filter.

Edit Filter (Extensão)	
Pré-condição	Aceder a lista de trabalho
Descrição	<p>Acedendo à funcionalidade, o utilizador poderá escolher um filtro que mais lhe convier. Pode filtrar a lista de trabalho segundo os seguintes parâmetros:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Local onde se vai realizar o estudo • Sala onde está previsto a realização do estudo • Intervalo de datas marcadas dos estudos • Estado do estudo

Tab. B.3: Caso de uso: Save Filter.

Save Filter (Extensão)	
Pré-condição	Acéder a lista de trabalho e ter escolhido um filtro
Descrição	Após efectuado a filtragem o utilizador poderá guardar esse filtro de forma a lista de trabalho seja automaticamente filtrada quando o utilizador acede à lista de trabalho.

Tab. B.4: Caso de uso: Start/ Restart Study.

Start/ Restart Study (Extensão)	
Pré-condição	Acéder a lista de trabalho e escolher um estudo
Descrição	<p>Uma vez escolhido o estudo a aplicação bloqueia todas as outras funcionalidades e abre a comunicação com o DIAMENTOR C2.</p> <p>Caso seja a primeira vez que o estudo é aberto, o utilizador escolhe o número de incidência que irá realizar no estudo.</p> <p>Caso seja um estudo que já tinha sido iniciado anteriormente a aplicação mostra as incidências registadas na última comunicação com o DIAMENTOR.</p> <p>Uma vez atingido o número de incidências previsto a comunicação com o DIAMENTOR C2 é automaticamente fechada.</p> <p>O utilizador tem ainda a possibilidade de retornar manualmente a comunicação com o DIAMENTOR C2 ou acrescentar/ retirar uma incidência ao número de incidências inicialmente introduzido pelo utilizador.</p>

Tab. B.5: Caso de uso: Validate Total Dose.

Validate Total Dose (Inclusão)	
Pré-condição	Ter sido atingido o número de incidências previamente introduzido
Descrição	Quando a comunicação com o DIAMENTOR C2 é terminada o utilizador deverá validar os valores lidos pela aplicação. Caso deseje alterar o valor lido pela aplicação esta informação é guardada para ser futuramente consultada.

Tab. B.6: Caso de uso: View Patient Process.

View Patient Process (Cenário Principal)	
Pré-condição	Estar autenticado na aplicação
Descrição	Acedendo a esta funcionalidade será possível pesquisar o processo dos pacientes.

Tab. B.7: Caso de uso: Search by Study Information.

Search by Study Information (Extensão)	
Pré-condição	Aceder ao caso de uso View Patient Process
Descrição	Pode-se aceder ao processo dos pacientes pesquisando por: <ul style="list-style-type: none"> • Identificação do estudo • Data do estudo

Tab. B.8: Caso de uso: Patient Process.

Patient Process (Inclusão)	
Pré-condição	Ter escolhido um processo resultante da pesquisa dos dois anteriores casos de uso
Descrição	<p>Aceder a informação relativa ao paciente e histórico dos estudos além das incidências feitas do estudo.</p> <p>É possível saber se o valor de dose de radiação do estudo foi validado ou se foi editado pelo utilizador.</p>

Tab. B.9: Caso de uso: Personal Definition.

Personal Definition (Cenário Principal)	
Pré-condição	Estar autenticado na aplicação
Descrição	Alteração do utilizador e palavra-chave de acesso à aplicação

Tab. B.10: Caso de uso: Login.

Login (Cenário Principal)	
Pré-condição	Aceder ao formulário de login
Descrição	<p>Aceder à aplicação e às suas funcionalidades.</p> <p>É verificada a comunicação com a base de dados global enviando um email de alerta para uma conta de email guarda no ficheiro XML que foi configurado previamente pelo utilizador tipo administrador.</p> <p>É feita a sincronização com a base de dados global caso já tenha ultrapassado o prazo de sincronização.</p>

Tab. B.11: Caso de uso: Logout.

Logout (Extensão)	
Pré-condição	Estar autenticado na aplicação
Descrição	Para sair da aplicação e terminar a sessão.

Tab. B.12: Caso de uso: View Locals.

View Locals (Cenário Principal)	
Pré-condição	Estar autenticado na aplicação
Descrição	Pesquisar os locais criados na aplicação. A pesquisa é sempre feita na base de dados global, no entanto se não houver comunicação com a base de dados global, a pesquisa é feita localmente sendo no entanto o utilizador notificado dessa situação.

Tab. B.13: Caso de uso: Delete Local.

Delete Local (Extensão)	
Pré-condição	Estar autenticado na aplicação e aceder a View Locals
Descrição	Após escolhido o local a apagar é perguntado ao utilizador para confirmar a sua escolha. No entanto apenas é apagado o local escolhido se este não tiver salas associadas na base de dados. Esta funcionalidade estará activa apenas se haver comunicação com a base de dados global.

Tab. B.14: Caso de uso: Edit Local.

Edit Local (Extensão)	
Pré-condição	Estar autenticado na aplicação e aceder a View Locals
Descrição	Após escolhido o local a editar estará disponível para o utilizador editar a sigla do local e a descrição. Esta funcionalidade estará activa apenas se haver comunicação com a base de dados global.

Tab. B.15: Caso de uso: Create Local.

Create Local (Extensão)	
Pré-condição	Estar autenticado na aplicação e aceder a View Locals
Descrição	Permite criar novos locais para a aplicação. Esta funcionalidade estará activa apenas se haver comunicação com a base de dados global.

Tab. B.16: Caso de uso: View Rooms.

View Rooms (Cenário Principal)	
Pré-condição	Estar autenticado na aplicação
Descrição	Pesquisar as salas criadas na aplicação. A pesquisa é sempre feita na base de dados global, no entanto se não houver comunicação com a base de dados global, a pesquisa é feita localmente sendo no entanto o utilizador notificado dessa situação.

Tab. B.17: Caso de uso: Delete Room.

Delete Room (Extensão)	
Pré-condição	Estar autenticado na aplicação e aceder a View Rooms
Descrição	Após escolhida a sala a apagar é perguntado ao utilizador para confirmar a sua escolha. Esta funcionalidade estará activa apenas se haver comunicação com a base de dados global.

Tab. B.18: Caso de uso: Edit Room.

Edit Room (Extensão)	
Pré-condição	Estar autenticado na aplicação e aceder a View Rooms
Descrição	Após escolhida a sala a editar estará disponível para o utilizador editar o local associado e a descrição da sala. Esta funcionalidade estará activa apenas se haver comunicação com a base de dados global.

Tab. B.21: Caso de uso: Delete User.

Delete User (Extensão)	
Pré-condição	Estar autenticado na aplicação e aceder a View Users
Descrição	Após escolhida o utilizador a apagar é perguntado ao utilizador para confirmar a sua escolha. Esta funcionalidade estará activa apenas se haver comunicação com a base de dados global.

Tab. B.22: Caso de uso: Edit User.

Edit User (Extensão)	
Pré-condição	Estar autenticado na aplicação e aceder a View Users
Descrição	Após escolhida o utilizador a editar estará disponível para o utilizador editar o nome do utilizador e o tipo de utilizador. Esta funcionalidade estará activa apenas se haver comunicação com a base de dados global

Tab. B.23: Caso de uso: Create User.

Create User (Extensão)	
Pré-condição	Estar autenticado na aplicação e aceder a View Users
Descrição	Permite criar novos utilizadores para a aplicação. Esta funcionalidade estará activa apenas se haver comunicação com a base de dados global.

Tab. B.24: Caso de uso: Application Definition.

Application Definition (Cenário Principal)	
Pré-condição	Estar autenticado na aplicação
Descrição	As definições da aplicação estão guardadas no ficheiro XML localizado no disco local onde está instalada a aplicação. Permite definir o agendamento da sincronização, o IP e porta da base de dados global, o email de alerta quando não existe comunicação com a base de dados global, o local e sala onde está instalada a aplicação, os número de série do DIAMENTOR C2 e das câmaras de ionização ligadas ao DIAMENTOR C2, as configurações da porta COM, o tipo de montagem do DIAMENTOR C2 e a sensibilidade na leitura do valor da dose.

Tab. B.25: Caso de uso: Database Synchronization.

Database Synchronization (Cenário Principal)	
Pré-condição	Estar um utilizador autenticado na aplicação
Descrição	Mediante a configuração do agendamento guardado no ficheiro XML, a aplicação arrancará com a sincronização das bases de dados. Se o modo automático estiver activo essa sincronização é feita automaticamente caso não esteja, é apresentado um alerta ao utilizador que está autenticado perguntando se é possível fazer a sincronização. Se o utilizador preferir pode adiar a sincronização.

Tab. B.26: Caso de uso: Alert Menssage.

Alert Menssage (Extensão)	
Pré-condição	Altura de fazer a sincronização e estar o modo automático de sincronização desligado
Descrição	É apresentado um alerta ao utilizador autenticado perguntando se é possível fazer a sincronização das bases de dados. Essa sincronização pode ser adiada por um determinado período de tempo.

Apêndice **C**

Instalação Apache2.2, MySQL e do PHP-GTK2

C.1 Instalação e configuração do Apache 2.2

Correr o executável `httpd-2.2.19-win32-x86-no_ssl.msi`. A instalação do Apache será efectuada por defeito, por isso deverá ser seguido os passos do instalador até ao menu da Figura C.1(a). É recomendado ao utilizador fazer a instalação do Apache 2.2 na porta 80. No menu seguinte, Figura C.1(b), deverá ser escolhido o tipo de instalação **Typical**.

Uma vez terminada a instalação deve-se verificar se o serviço Apache está a correr correctamente digitando `http://localhost` no Internet Explorer 8, deve-se obter a mensagem *"It works!"* no *browser*, conforme mostra a Figura C.1(c). De seguida é necessário configurar o Apache. Para isso é necessário alterar o ficheiro **httpd.conf** que está localizado dentro da pasta *conf* no directório de instalação do Apache. De seguida é definido também quais arquivos que o Apache irá servir quando um directório for requisitado. Deve-se procurar a seguinte linha:

```
DirectoryIndex index.html
```

E substituir a mesma por: procurar a seguinte linha:

```
DirectoryIndex index.html index.php
```

C.2 Instalação do PHP 5.3.6

Correr o executável `php-5.3.6-Win32-VC9-x86.msi`, obtendo o menu da Figura C.2(a). É aconselhável que o PHP seja instalado na pasta por defeito, conforme é ilustrado na Figura C.2(b).

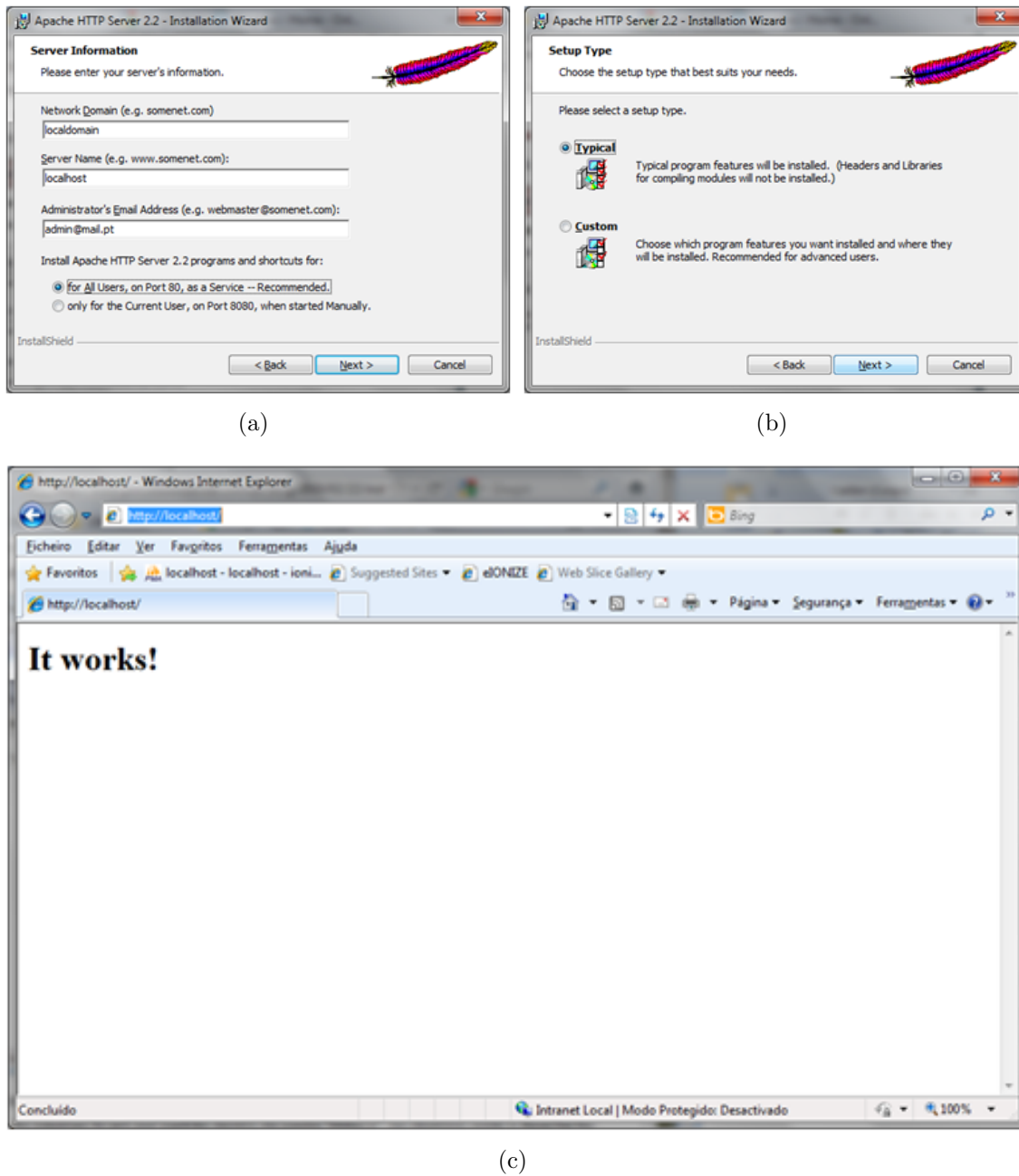


Fig. C.1: Instalação Apache 2.2: (a) Server Information; (b) Setup Type; (c) "It's Works!".

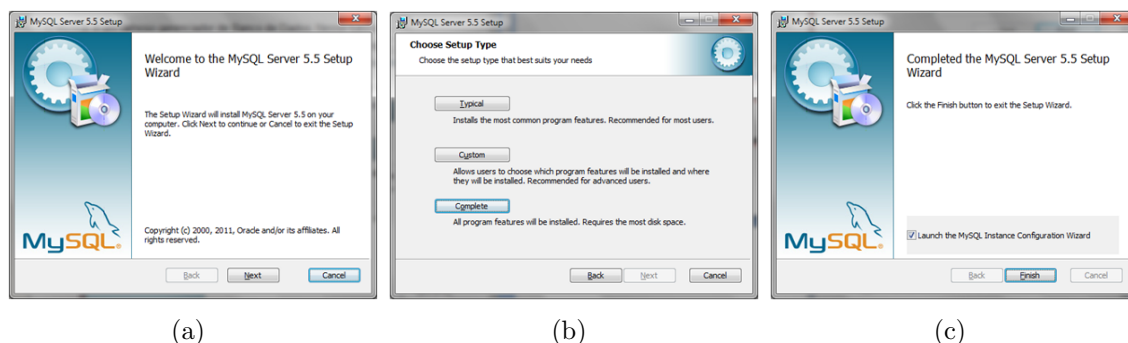


Fig. C.3: Instalação MySQL 5.5.13: (a) Welcome to MySQL; (b) Choose Setup Type; (c) Launch MySQL Instance Configuration Wizard.

No menu seguinte, Figura C.2(c), deverá seleccionar o *Apache 2.2.x Module* como o *Web Server*. De seguida deve-se indicar onde se encontra o directório de instalação do Apache. Se a instalação do Apache foi feita por defeito esse directório encontra-se em *C:/Program Files/Apache Software Foundation/Apache2.2/conf/* como se pode ver na Figura C.2(d).

No menu da Figura C.2(e), deve-se instalar os itens descritos nesta. No fim da instalação do PHP deve-se reiniciar o serviço Apache e copiar o ficheiro *info.php* para a pasta **htdocs** no directório do Apache.

No Internet Explorer deverá digitar *http://localhost/info.php* e obter a Figura C.2(f).

C.3 Instalação e configuração do MySQL 5.5.13

Executar o ficheiro *mysql-5.5.13-win32.msi*. Deve-se seguir os passos do instalador até ao menu **Choose Setup Type** (Figura C.3(b)) onde deve-se escolher a opção **Complete**. De seguida deverá avançar na instalação até ao menu representado na Figura C.3(c). Deve-se certificar que a opção **Launch the MySQL Instance Configuration Wizard** está seleccionada.

Os próximos passos serão para a configuração do MySQL. Deve-se escolher a opção **Detailed Configuration**, de acordo com a Figura C.4(a).

Deverá escolher **Developer Machine**, conforme a Figura C.4(b) e no seguinte menu, ilustrado na Figura C.4(c) deverá escolher **Multifunctional Database**. Deve-se deixar as opções por defeito até ao menu **MySQL Server Instance Configuration** onde deve-se escolher a *porta 3306* como a porta do serviço do MySQL e deve-se escolher a opção **Add firewall exception for this port**, conforme é apresentado na Figura C.5(a). No seguinte menu deverá seleccionar **Standard**

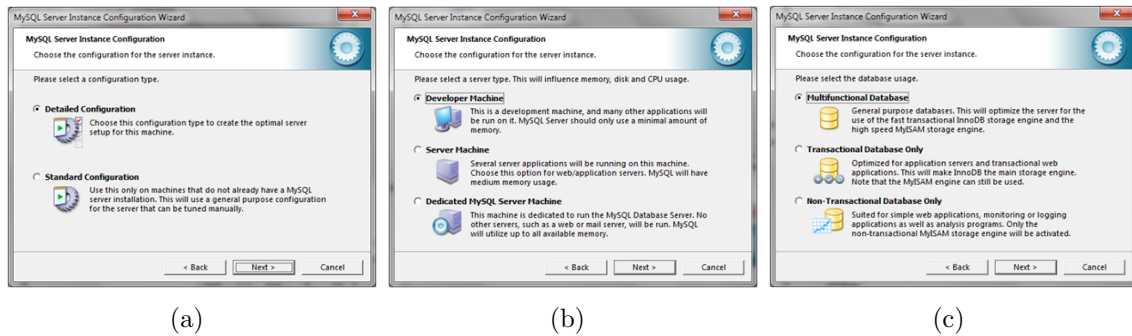


Fig. C.4: Configuração MySQL 5.5.13: (a) Configuration Type; (b) Server Type; (c) Database usage.

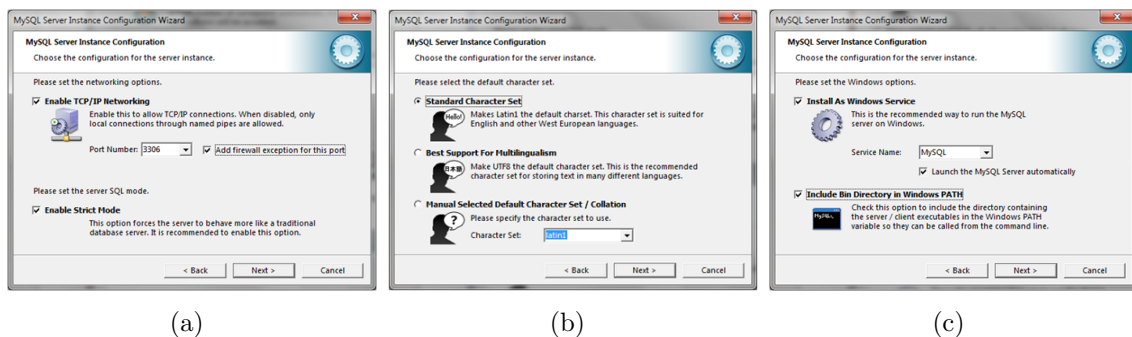


Fig. C.5: Configuração MySQL 5.5.13: (a) Networking Options; (b) Default Charset; (c) Windows Options.

Charset Set, como é possível observar na Figura C.5(b). Avançando na instalação, será apresentado o menu da Figura C.5(c).

O próximo menu é a configuração da password do root. Deverá escolher a password pretendida e configurar o menu segundo a Figura C.6.

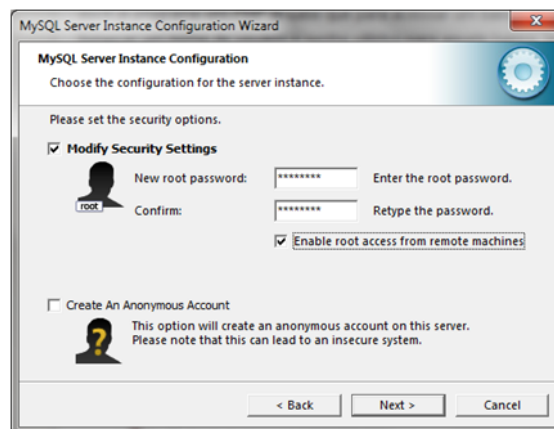


Fig. C.6: Instalação MySQL 5.5.13 - Configuração do utilizador root.

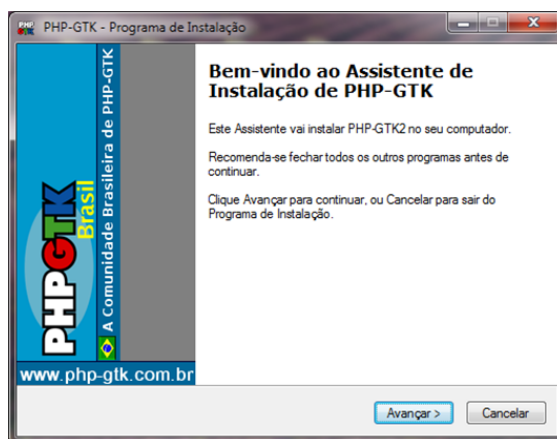


Fig. C.7: Instalação PHP-GTK2.

C.4 Instalação e Configuração do Módulo IONIZE Broker

C.4.1 Instalação PHP-GTK2

A instalação do PHP-GTK2, ilustrada na Figura C.7, apenas deverá acontecer no computador que terá a base de dados global e funcionará como servidor de worklist para as restantes aplicações IONIZE instaladas nos diferentes locais. Para isso deverá correr o executável `php-gtk2c.exe`.

Fazer a instalação por defeito instalando no directório `C:\php-gtk2`.

Copiar a pasta **IONIZE_broker** para o directório criado anteriormente.

Adicionar a ligação de rede com o seguinte caminho `"W:\fich\broker\"`. Este caminho está fixado no código pelo que é importante que esteja exactamente igual para haver a comunicação com o RIS.

C.4.2 Adicionar Tarefa

De forma a poder-se controlar o funcionamento do módulo IONIZE Broker, é necessário criar uma tarefa agendada no Windows. Para isso no Programador de Tarefas (*Iniciar* → Todos os Programas → Acessórios → Ferramentas do Sistema).

Deve-se clicar em **Criar Tarefa...**, como se pode observar na Figura C.8. E preencher segundo os seguintes parâmetros:

Aba **Geral**, Figura C.9(a):

- Nome: IONIZE Broker

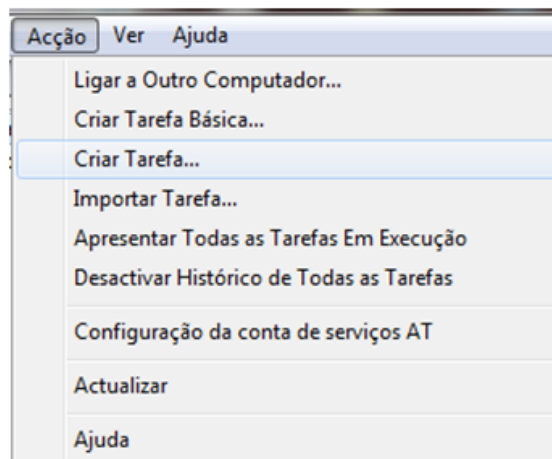


Fig. C.8: Criação de Tarefa.

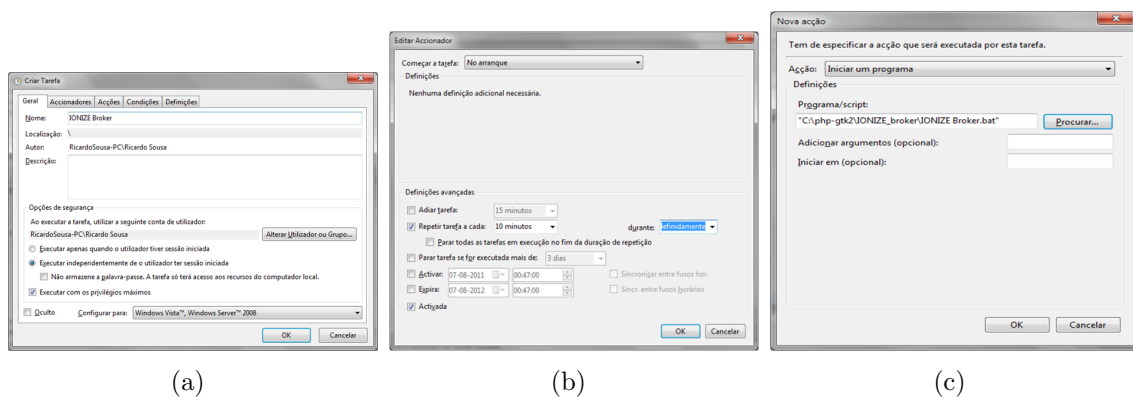


Fig. C.9: Propriedades da tarefa: (a) Geral; (b) Accionador; (c) Nova Acção.

- Seleccionar "Executar independentemente de o utilizador ter a sessão iniciada"
- Seleccionar "Executar com os privilégios máximos"

Aba **Accionadores**, Figura C.9(b):

- Seleccionar:

Começar a tarefa: *No arranque*

- Seleccionar na secção *Definições Avançadas*:

Repetir tarefa a cada: 10 minutos

Durante: Indefinidamente

Aba **Acções**:

Criar uma nova acção de acordo com a Figura C.9(c).

Apêndice **D**

Formulários para testes e validações

Tab. D.1: Verificação Funcional ao software.

	Sim	Não	Observação
Detectou algum erro que impossibilitou o funcionamento da aplicação?			
Detectou alguma dificuldade para entender o funcionamento da aplicação?			
Existe algum defeito no aspecto?			
Existiu alguma dificuldade na navegação das suas diferentes funcionalidades?			
Satisfaz as necessidades impostas no dia-a-dia?			
É intuitiva?			
É atractiva?			
Outras observações:			

Tab. D.2: Verificação Estrutural ao software.

	Não Aplicável	Verificado sem erros	Verificado com erros	Observações
Processo de autenticação				
Gestão de Registos (Inserir, alterar, apagar)				
Validação de inputs (dados)				
Gestão de utilizadores/ acessos				
Pesquisas com filtros				
Emissão de alertas nos formulários				
Logout				