



CATÓLICA

ESCOLA SUPERIOR DE BIOTECNOLOGIA

PORTO

PLATAFORMA DE GESTÃO DE DADOS/PROTOCOLOS DE PROTEÇÃO
RADIOLÓGICA

por

Marisa Veiga Monteiro

Setembro 2018



CATÓLICA

ESCOLA SUPERIOR DE BIOTECNOLOGIA

PORTO

PLATAFORMA DE GESTÃO DE DADOS/PROTOCOLOS DE PROTEÇÃO RADIOLÓGICA

Tese apresentada à Escola Superior de Biotecnologia da Universidade Católica Portuguesa
para obtenção do grau de Mestre em Engenharia Biomédica

por

Marisa Veiga Monteiro

Local: Grupo Lenitudes SGPS

Orientação: Joana Vale, Diogo Faria e Pedro Rodrigues

Setembro 2018

Resumo

Os departamentos de medicina nuclear, além de serem produtores de resíduos radioativos, fazem também com que os seus profissionais de saúde sejam expostos a radiações ionizantes. Isto faz com que seja importante tomar duas medidas: (1) fazer um controlo rigoroso da dosimetria individual para prevenir qualquer efeito nefasto dessa exposição, (2) manter uma boa gestão dos resíduos radioativos para não surgir nenhuma situação prejudicial para a saúde pública.

No primeiro caso, os dados desta exposição são afixados em suporte de papel, onde as listagens contemplam todos os funcionários abrangidos pelos dosímetros. Assim, não existe qualquer controlo sobre quem vê os dados e denota-se uma ineficácia do sistema devido à falta de informatização dos dados. Conclui-se, que existem falhas quer na gestão dos dados quer na proteção dos dados dos trabalhadores.

No segundo caso, os dados dos resíduos são calculados recorrendo-se ao programa *Excel*, onde os dados são armazenados e acedidos por quem tiver acesso à página. Isto demonstra que as pessoas, autorizadas a ver o documento, tenham que o trocar entre si, não existindo uma notificação efetiva quando a data de libertação é atingida. Em suma, denota-se que não há eficácia do sistema de gestão dos resíduos.

Portanto, para colmatar as falhas nestas duas áreas, foi proposto o desenvolvimento de uma plataforma de gestão de dados/protocolos em proteção radiológica, com capacidade de armazenar e gerir informações sobre estas duas áreas.

Ao longo deste trabalho irá ser apresentada a solução desenvolvida para resolver o problema levantado. Esta passa por duas subaplicações dentro da plataforma principal. Na aplicação da dosimetria individual, o sistema será capaz de armazenar dados relativos às doses de exposição dos trabalhadores dos três departamentos afetados à proposta, com o acréscimo de existir funcionalidades no apoio à gestão como notificações, alarmes e envio de *e-mails*. Na aplicação da gestão de resíduos, existe um sistema que disponibiliza um algoritmo capaz de calcular as datas de libertação dos resíduos, mediante a inserção de dados obtidos pelos técnicos responsáveis, sendo que também presta outros apoios de armazenamento de informação.

Em suma, o objetivo passa por ter uma plataforma fiável e robusta que dê apoio à gestão destas duas áreas, sendo que está sempre aberta a melhorias futuras e a integração em *softwares* médicos já existentes.

Palavra Chave: *Dosimetria Individual, Gestão de Resíduos, Base de Dados, Software*

Abstract

An nuclear medicine department, besides being a producer of radioactive waste, also cause professionals to be expose to ionizing radiations. This makes it important to take two measures: (1) rigorous control of individual dosimetry to prevent any harmful effect of such exposure, (2) maintain a good management plan of radioactive waste in order to not create any situation prejudicial to public health.

In the first case, the data from this exposer is posted on paper, where the listings cover all employees using dosimeters. Therefore, there is no control over who sees the data and it is showed an ineffectiveness of the system due to the lack of computerization of the data. It is concluded that there are flaws in data management and in the protection of workers' data.

In the second case, the data of the waste is calculated using the Excel program, where data is stored and accessed by those who have access to the page. This demonstrates that people, authorized to see the document, have to pass the document between themselves, where there isn't no effective notification when the release date is reached. In short, it is pointed out that there is no efficiency of the waste management system.

Therefore, in order to bridge the flaws in these two areas, it was proposed the development of a data/protocol management platform in radiological protection, with the capacity to store and manage information on these two areas.

Throughout this work will be presented the solution developed to solve the problem raised. This solution passes through two sub applications inside the main platform. In the application of individual dosimetry, the system will be able to store data related to the doses of exposure of workers in the three departments affected by the proposal, with the addition of management support features such as notifications, alarms and e-mails. In the application of waste management, there is a system that provides an algorithm capable of calculating the dates of release of the waste, through the insertion of data obtained by the responsible technicians, and also provides other supports for storing information.

To conclude, the goal is to have a reliable and robust platform that supports the management of these two areas, and is always open to future improvements and integration into existing medical software.

Key Words: *Individual Dosimetry, Waste Management, Database, Software*

Agradecimentos

O desenvolvimento deste projeto contou com a ajuda e apoio de inúmeras pessoas que sempre estiveram presentes para este se tornar uma realidade.

Em primeiro lugar, quero agradecer aos meus orientadores Mestre Joana Vale, Mestre Diogo Faria e Professor Pedro Rodrigues pela paciência, apoio, partilha de conhecimento, disponibilidade e dedicação.

Aos meus pais, Lúcia Veiga e Emídio Monteiro, ao meu irmão Ricardo Monteiro e a toda a minha família agradeço por sempre estarem presentes nos bons e maus momentos, serem o meu maior apoio e sempre acreditarem em mim.

À Marta Pinto, Magda Rebanda e Margarida Moura, agradeço a paciência, ajuda e amizade durante todo o percurso que partilhamos juntas.

À Cláudia Santos, Flávia Videira, Bruno Rocha e Diogo Parente, agradeço por todo o apoio, durante estes anos, em todas as aventuras que me trouxeram até aqui.

À Alexandra Rodrigues, Anabela Ribeiro e todo o grupo da ESEIG, agradeço por terem estado sempre presentes no caminho até aqui.

A todos que direta e indiretamente me ajudaram a tornar este projeto uma realidade, o meu sincero OBRIGADA!

Índice

Resumo.....	III
Abstract.....	V
Agradecimentos.....	VII
Lista de Figuras.....	XI
Lista de Tabelas.....	XIII
Lista de Abreviaturas.....	XV
Lista de Definições.....	XVII
1. Introdução.....	1
1.1. Motivação/ Apresentação.....	1
1.2. Objetivos.....	2
1.3. Soluções adaptadas para alcançar os objetivos.....	2
1.4. Organização da dissertação de mestrado.....	3
1.5. Contribuições da tese de mestrado.....	3
2. Fundamentos Teóricos.....	4
2.1. Proteção Radiológica.....	4
2.1.1. Radiação Ionizante e Não Ionizante.....	4
2.1.2. Efeitos Determinísticos e Estocásticos.....	5
2.1.3. Princípios básicos da Proteção Radiológica.....	6
2.1.4. Instituições Radiológicas.....	7
2.1.5. Gestão do risco profissional.....	9
2.2. Dosimetria Individual.....	10
2.2.1. Limites da Dose.....	10
2.2.2. Dosimetria Individual.....	12
2.3. Gestão de Resíduos Radiativo.....	15
3. Materiais e Métodos.....	23
3.1. Dosimetria.....	23
3.1.1. Requisitos da plataforma.....	23
3.1.2. Intervenientes na Plataforma.....	24
3.1.3. Base de Dados da Plataforma.....	26
3.2. Gestão de Resíduos.....	29
3.2.1. Requisitos da Plataforma.....	29
3.2.2. Intervenientes na Plataforma.....	29

3.2.3. Base de Dados da Plataforma.....	30
4. Resultados/Discussão	34
4.1. Dosimetria	35
4.2. Gestão dos Resíduos	42
4.3. Estudo de Viabilidade	44
5. Conclusão.....	48
6. Trabalho Futuro.....	49
7. Anexos	i
8. Apêndices	xiii
9. Bibliografia.....	xvii

Lista de Figuras

Figura 2.1 Diferenças entre radiação não ionizante e radiação ionizante	4
Figura 2.2 Princípios da Proteção Radiológica	7
Figura 2.3 Cronograma da produção de resíduos em Medicina Nuclear	9
Figura 2.4 Gestão do risco profissional.....	10
Figura 2.5 Dosímetro Individual de corpo inteiro.....	14
Figura 2.6 Dosímetro individual de extremidades	15
Figura 2.7 Dosímetro para monitorização de radiação ionizante ao nível do feto	15
Figura 3.1 Ciclo da dosimetria individual.....	23
Figura 3.2 Organização do Sistema	25
Figura 3.3 Tabela Funcionários	26
Figura 3.4 Tabelas Dose	27
Figura 3.5 Tabelas Dose Minimizadas.....	27
Figura 3.6 Tabela Somatórios	28
Figura 3.7 Tabelas Registo.....	28
Figura 3.8 Tabelas Notificação, Mail e Limites.....	29
Figura 3.9 Organização do Sistema	30
Figura 3.10 Base de Dados associada à plataforma	31
Figura 3.11 Diagrama de Fluxo do sistema da Gestão de Resíduos	32
Figura 3.12 Diagrama de Fluxo do sistema da Dosimetria Individual.....	33
Figura 4.1 Página Inicial	34
Figura 4.2 Página da Configuração da Base de Dados.....	34
Figura 4.3 Página do Login.....	35
Figura 4.4 Página da consulta de dosimetria individual.....	36
Figura 4.5 Página do administrador	37
Figura 4.6 Página da alteração dos dados dosimétricos	37
Figura 4.7 Página da alteração de funcionários.....	38
Figura 4.8 Página de envio de e-mails	39
Figura 4.9 Enviar e-mails personalizados	40
Figura 4.10 Página da estipulação dos limites de dosagem	40
Figura 4.11 Página do arquivo de 10 Anos	41
Figura 4.12 Página das Opções de Impressão	41
Figura 4.13 Página do histórico de alterações.....	42
Figura 4.14 Página do Login.....	42
Figura 4.15 Página da gestão dos resíduos.....	43
Figura 4.16 Página Resíduos Quarto.....	44

Lista de Tabelas

Tabela 2.1 Caraterísticas dos Efeitos Determinísticos e dos Estocásticos	6
Tabela 2.2 Categoria da vigilância	13
Tabela 2.3 Limite de resíduos líquidos libertados no sistema de esgotos	19
Tabela 2.4 Radioatividade máxima no cadáver (MBq).....	20
Tabela 4.1 Custo de desenvolvimento dos diferentes módulos.....	46
Tabela 4.2 Parâmetros de cálculo dos custos de desenvolvimento	46
Tabela 4.3 Custo de desenvolvimento.....	47

Lista de Abreviaturas

^{99m}Tc : Tecnécio 99m

^{131}I : Iodo 131

$\mu\text{Sv/h}$: microsievert por hora

ADN: Ácido desoxirribonucleico

ALARA: As Low As Reasonably Achievable

Bq: Becquerel

Bq/l: Becquerel por litro

DGS: Direção Geral de Saúde

GBq: gigabecquerel

Hz: Hertz

ID: Número de identificação

KBq: kilobecquerel

m^3 : metro cúbico

MBq/m^3 : megabecquerel por metro cúbico

mm: milímetro

mSv: millisievert

mSv/h : millisievert por hora

SQL: Structured Query Language

Sv: Sievert

Lista de Definições

DataGridView: Elemento computacional que permite a visualização de dados, em linhas e colunas, no interface gráfico;

Biobox: Contentor próprio para a colocação de resíduos hospitalares, nomeadamente os corto-perfurantes;

Câmara *Gamma*: Equipamento utilizado em medicina nuclear que deteta a origem dos raios gama provenientes dos radiofármacos administrados ao paciente. É assim gerado um efeito fotoelétrico que, ampliado pelos fotomultiplicadores, transformam computacionalmente os pulsos elétricos em imagens do órgão alvo do paciente;

1. Introdução

1.1. Motivação/ Apresentação

A população mundial encontra-se diariamente exposta a radiação eletromagnética ionizante e não ionizante, de origem natural (cosmos) e artificial (procedimentos médicos) (de Castro Bienert et al., 2016). A crescente utilização das radiações nas diversas aplicações médicas, maior fonte de exposição a radiações artificiais, leva a um aumento da exposição e consequente risco profissional acrescido devido à exposição dos profissionais de saúde à fonte de radiação (de Castro Bienert et al., 2016).

As radiações são predominantemente utilizadas na radiologia, radioterapia e na medicina nuclear, onde os principais tipos de radiação são as partículas beta, radiação gama e raio x. Embora o paciente seja o principal alvo desta exposição, o profissional de saúde é também exposto e, para controlar esta exposição, existe o protocolo da dosimetria individual, onde são medidas as doses recebidas pelos profissionais de saúde na sua prática profissional. Os valores obtidos são importantes na proteção radiológica do indivíduo, pois devem ser inferiores aos limites estabelecidos pela legislação em vigor. Para obter estes valores, os profissionais de saúde utilizam os dosímetros, aparelhos de medição de dose.

As terapias com radiofármacos efetuadas nos serviços de medicina nuclear levam à produção de resíduos radioativos, provenientes da utilização de radionuclídeos, que tem que ser tratados e eliminados de forma a não prejudicar a saúde pública (Sampaio & Fonseca, 2015). Um plano para a gestão deste tipo de resíduos é de grande importância e é um passo importante a ser tomado numa instalação que trabalhe com material radiativo. Ao contrário dos resíduos nucleares, os hospitalares tem como características uma semivida curta, uma baixa radiotoxicidade e uma baixa atividade (International Atomic Energy Agency, 2000).

A informatização da informação em saúde é cada vez mais uma realidade em Portugal, uma vez que tentam melhorar a eficácia e rapidez da gestão de dados e protocolos e a sua utilização. Este projeto insere-se nesta realidade pois, nos serviços abrangidos por este projeto, o controlo da exposição radiológica ainda é efetuado em suporte de papel e o controlo da libertação dos resíduos em suporte *Excel*, o que dificulta a sua monitorização e manutenção da proteção de dados.

1.2. Objetivos

Este trabalho consiste no desenvolvimento de uma plataforma com diversas funcionalidades que permitam gerir os dados provenientes dos protocolos implementados de proteção radiológica, especialmente nas áreas da dosimetria individual e na gestão de resíduos.

No que respeita à área dosimétrica, o objetivo passa por construir uma base de dados com o historial da dosimetria individual dos profissionais de saúde. Estes dados serão atualizados mensalmente e irá mostrar também o historial anual e de 5 anos de cada profissional.

Devido à regulamentação sobre a proteção de dados, cada profissional apenas deverá ter acesso aos seus dados. Além destes parâmetros, também se tentará ir de encontro ao Sistema de Gestão da Qualidade, onde uma das funcionalidade da plataforma servirá para o responsável pela proteção radiológica ter um controlo sobre as doses recebidas pelos diferentes profissionais e ter a capacidade de atuar mais rápido caso algo de anómalo ocorra.

No que respeita à gestão de resíduos, o objetivo é registar na plataforma as informações dos resíduos radioativos, com principal ênfase nas datas de libertação dos contentores de resíduos de Tecnécio 99m (^{99m}Tc) e Iodo 131 (^{131}I) após decaimento para os limites de libertação impostos por lei. As datas de libertação serão calculadas diretamente na plataforma, mediante a inserção de dados obtidos pelo técnico responsável. Assim haverá acesso ao estado de cada contentor, informação sobre ele, quem é o responsável e todas as informações relevantes para uma maior segurança de armazenamento e eliminação desses produtos.

1.3. Soluções adaptadas para alcançar os objetivos

Este projeto vai ser realizado mediante o seguinte conjunto de etapas:

- Pesquisa sobre o estado da arte de ambas as partes do projeto, dosimetria individual e resíduos radioativos hospitalares, com o objetivo de estudar os dois conceitos e respetivos enquadramentos legais, bem como qual a melhor ferramenta informática a ser aplicada;
- Elaboração da arquitetura dos dois sistemas para viabilizar a melhor opção, mediante os objetivos pretendidos;
- Desenvolvimento da plataforma na ferramenta escolhida, com todas as funcionalidades requeridas;
- Implementação da proposta nos hospitais que irão utilizar a plataforma, bem como posteriores testes de funcionamento junto aos utilizadores;
- Avaliação por parte dos utilizares para assegurar a viabilidade da plataforma.

1.4. Organização da dissertação de mestrado

Este documento divide-se em 6 capítulos e descreve toda a evolução do projeto, desde os fundamentos teóricos até à implementação da plataforma.

O capítulo 1 apresenta uma breve introdução ao trabalho onde são explicados os objetivos e metodologias do trabalho desenvolvido.

No capítulo 2 são abordados os fundamentos teóricos/estado da arte, onde são apresentados os conceitos e legislação mais importantes dos dois temas.

O capítulo 3 representa a modelação dos dois sistemas, com a identificação dos requisitos chave da plataforma e arquitetura correspondente.

No capítulo 4 é realizada a implementação da solução e respetivos testes de viabilidade.

Por fim, no capítulo 5 e 6 são tecidas as conclusões finais do projeto bem como trabalhos de melhoria futuras a serem realizados.

1.5. Contribuições da tese de mestrado

Este projeto provém de uma parceria com o Grupo Lenitudes SGPS, sendo esta instituição a responsável pela proposta de realização deste projeto.

Com esta plataforma, o grupo procura suprimir as lacunas que as novas leis deixaram em aberto no processo de gestão, bem como melhorar e tornar mais eficaz a sua resposta nos dois temas em questão.

2. Fundamentos Teóricos

2.1. Proteção Radiológica

2.1.1. Radiação Ionizante e Não Ionizante

O ser humano encontra-se diariamente exposto a radiação proveniente de fontes naturais presentes no meio ambiente. Com o passar dos anos e desenvolvimento da tecnologia, cada vez é mais submetido a radiação proveniente de fontes artificiais, como as aplicações médicas. Esta radiação pode ser de dois tipos: ionizante ou não ionizante.

A radiação ionizante, figura 2.1, caracteriza-se pela “transferência de energia sob a forma de partículas ou ondas eletromagnéticas com um comprimento de onda igual ou inferior a 100 nanómetros ou uma frequência igual ou superior a 3×10^{15} Hz e capaz de produzir iões direta ou indiretamente” (artigo 2º do Decreto-Lei n.º 222/2008, de 17 de Novembro). Esta inclui a radiação eletromagnética e a radiação corpuscular que ao entrarem em contacto com a matéria conseguem induzir ionizações e quebrar ligações químicas (Direção Geral de Saúde, 2018). Os equipamentos que emitem este tipo de radiação são denominados fontes de radiação. Na medicina nuclear, o próprio paciente é considerado uma fonte de radiação.

A radiação não ionizante, figura 2.1, não possui energia suficiente para a ionização dos átomos, apenas consegue provocar quebra das ligações químicas (Carapinha, 2009).

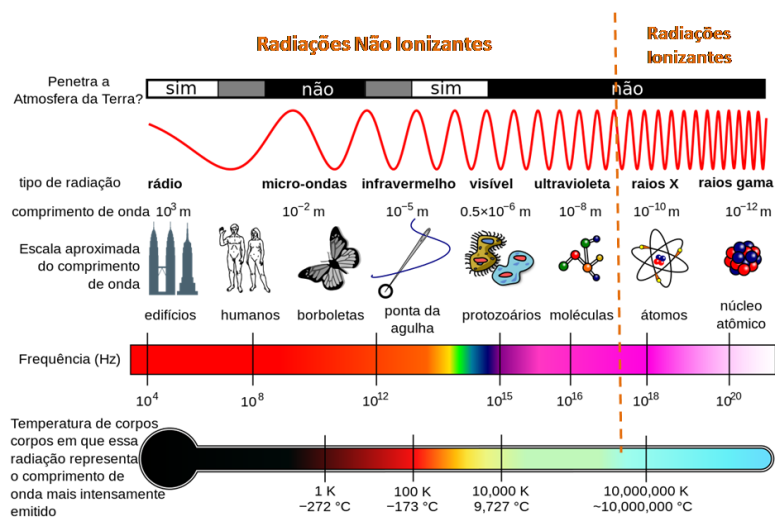


Figura 2.1 Diferenças entre radiação não ionizante e radiação ionizante

Adaptado de: (Flores, 2018)

2.1.2. Efeitos Determinísticos e Estocásticos

Quando entram em interação com este tipo de radiação, as células humanas podem ter, como consequência, danos devido às ações físicas e químicas nos átomos constituintes da célula (Santos et al., 2016). Os efeitos são proporcionais ao tipo, intensidade e energia da radiação. (Direção Geral de Saúde, 2018). Isto pode levar à rutura das ligações moleculares nas cadeias de ADN (ácido desoxirribonucleico), efeito direto, e à formação de radicais livres, efeito indireto, que reagem quimicamente e causam danos a células e tecidos (Santos et al., 2016).

A interação da radiação com a matéria podem resultar em quatro fenómenos:

1. Atravessar a matéria sem haver interação e sem danos;
2. Dano da célula que é reparada pelo organismo;
3. Morte da célula ou impedimento na reprodução, mas sem dano no tecido. No entanto, se o número de células afetadas for elevado, o funcionamento pode ficar comprometido (efeito determinístico);
4. Modificação do material genético que conduz a mutações celulares (efeitos estocásticos).

Assim, surgem os termos de efeitos determinístico e estocástico que se diferenciam no facto de os determinísticos só serem notados quando a dose é superior a um determinado limite e o grau de severidade é-lhe proporcional, tabela 2.1 (Santos et al., 2016).

Tabela 2.1 Características dos Efeitos Determinísticos e dos Estocásticos

	Definição Sumária	Limiar de dose	Gravidade	Exemplo de doenças
Efeitos Determinísticos	Resultam da exposição à radiação ionizante que provoca danos celulares ou a morte celular e que prejudica a função do tecido ou órgão irradiado.	Existe limiar de dose a partir do qual podem surgir os efeitos determinísticos.	A gravidade depende da dose absorvida pelo órgão ou tecido.	Cataratas, Anemia, Lesões cutâneas, Fibrose pulmonar, etc.
Efeitos Estocásticos	Envolvem a modificação não-letal de uma célula em vez da sua morte. Esta modificação é convencionalmente considerada como sendo devida a uma mutação do ADN do núcleo da célula.	Não existe limiar de dose para os efeitos estocásticos. A probabilidade da ocorrência dos efeitos aumenta com a dose absorvida.	A gravidade é independente da dose absorvida pelo órgão ou tecido.	Cancro, Efeitos hereditários, etc.

Fonte: Guia Técnico nº1, Direção Geral de Saúde

2.1.3. Princípios básicos da Proteção Radiológica

As normas vigentes de proteção radiológica sobre radiações ionizantes em contexto médico tem, segundo o Decreto-Lei nº 182/2002 de 8 de Agosto, as seguintes aplicações:

- Exposição do paciente aquando de um tratamento médico;
- Exposição de indivíduos em medicina ocupacional;
- Exposição de indivíduos em programas de rastreio médico;
- Exposição de indivíduos voluntários participantes em investigações médicas, diagnósticos ou terapêutica;
- Exposição de indivíduos em procedimentos legais.

Esta aplicação tem que seguir dois princípios básicos para garantir a preservação da saúde humana. (1) Evitar a utilização de fontes radioativas (exceção se existir uma justificação vantajosa para o indivíduo) (Arpansa, 2008), e (2) otimizar sistemas de proteção na exposição, minimizando desta forma os efeitos da exposição (IAEA, 2002).

Como forma de controlar os efeitos nefastos da radiação ionizante, estabeleceram-se três princípios da proteção radiológica, segundo o artigo 4º do Decreto-Lei n.º 165/2002, de 17 de julho, figura 2.2.

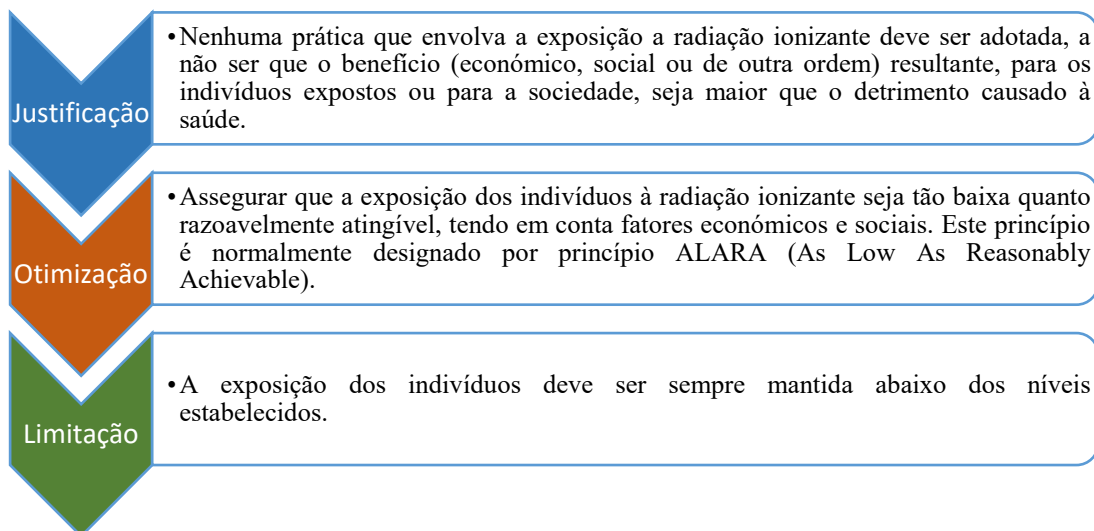


Figura 2.2 Princípios da Proteção Radiológica

Fonte: Guia Técnico nº1, Direção Geral de Saúde

Na proteção dos profissionais de saúde, estes devem ter em atenção os seguintes princípios:

- **Distância à fonte:** a dose diminui proporcionalmente ao quadrado da distância, logo se se duplicar a distância do trabalhador à fonte de radiação a dose recebida diminui $\frac{1}{4}$;
- **Tempo de exposição:** a dose absorvida é diretamente proporcional ao tempo de exposição, portanto quanto mais tempo de exposição, maior será a dose recebida;
- **Barreiras:** atenuação da radiação devido à utilização de materiais adequados com elevado número atómico.

Uma proteção radiológica eficaz é conseguida através da combinação destes três parâmetros. No entanto, para complementar esta proteção devesse usar utensílios de proteção individual, para reforçar a blindagem existente, como luvas, óculos e fato de proteção. (Direção Geral de Saúde, 2018)

2.1.4. Instituições Radiológicas

As instituições onde se desenvolvem atividades que utilizam radiação, têm que ter em consideração certas medidas, presentes no Decreto- Lei nº182/2002, 8 de agosto, para um funcionamento eficaz.

O responsável pela instituição tem a seu cargo a providência dos resultados da exposição médica para permitir uma avaliação clínica e cálculo da dose a qualquer momento.

O médico pode, sempre que quiser, consultar um especialista em física médica sobre a otimização, dosimetria e qualidade da proteção radiológica. É importante ressaltar a importância dos programas de garantia de qualidade, como as medidas de controlo de qualidade e a avaliação da dosimetria individual.

Neste tipo de instalações, quando se prevê que a exposição dos trabalhadores no local de trabalho seja maior que 1mSv/ano devem ser tomadas medidas preventivas. Devido a este facto, são definidas duas zonas diferentes:

- **Zona controlada:** Exposição pode ultrapassar três décimas de um dos limites de dose fixados no artigo 4.º do Decreto-Lei 222/2008, 17 de Novembro;
- **Zona vigiada:** Exposição pode ultrapassar uma décima dos limites de dose fixados no mesmo artigo, mas não pode ultrapassar as três décimas dos limites fixados.

Medicina Nuclear

A medicina nuclear é uma especialidade onde se aplica fontes de radiação a moléculas específicas, os radiofármacos ou radionuclídeos, para estudar modificações no metabolismo e para diagnosticar/tratar doenças (Duarte et al., 2016) (Arpansa, 2008). Embora este departamento seja responsável pela criação de resíduos radioativos, os benefícios da sua utilização são largamente maiores que os riscos.

Esta área médica realiza métodos complementares de diagnóstico e terapêutica que utilizam um traçador radiativo em concentrações reduzidas para não modificar processos fisiológicos. Na área de diagnóstico realizam-se estudos funcionais e moleculares sem interferir com a função do organismo (Duarte et al., 2016), onde a imagem por câmara gama tem um papel importante (International Atomic Energy Agency, 2000). Na área terapêutica executa-se uma radioterapia interna com efeitos secundários mínimos, onde o ^{131}I ganha uma aplicação vasta.

Os isótopos radiativos mais utilizados no diagnóstico e terapêutica são o Tecnécio 99m ($^{99\text{m}}\text{Tc}$), o Flúor 18 (^{18}F), Gálio 68 (^{68}Ga), Gálio 67 (^{67}Ga), o Iodo 131 (^{131}I), o Iodo 125 (^{125}I) e o Iodo 123 (^{123}I). As fontes com semividas mais elevadas, com é o caso do Cobalto (^{60}Co), são mais utilizadas para fins de calibração.

Mediante o Decreto-Lei nº182/2002, 8 de Agosto, uma instalação de Medicina Nuclear deve ser uma zona de acesso reservado para evitar exposição desnecessárias. Esta instalação deverá ter uma área de resíduos radioativos, com contentores para resíduos e produtos biológicos radioativos sólidos e líquidos.

Um serviço nuclear poderá ter duas valências: diagnóstico, ANEXO I, e terapêutica (ambulatório e com internamento).

Na valência de terapêutica são usadas radiações ionizantes para o tratamento de doenças. As fontes radioativas podem ser injetadas ou ingeridas para se acumular no órgão alvo, causando a destruição das células tumorais (Duarte et al., 2016). Um exemplo desta terapia é a sua aplicação no cancro da tiroide. Estes tratamentos exigem por norma um internamento em unidades especiais, que acaba por dar origem a resíduos radioativos provenientes do paciente, figura 2.3.

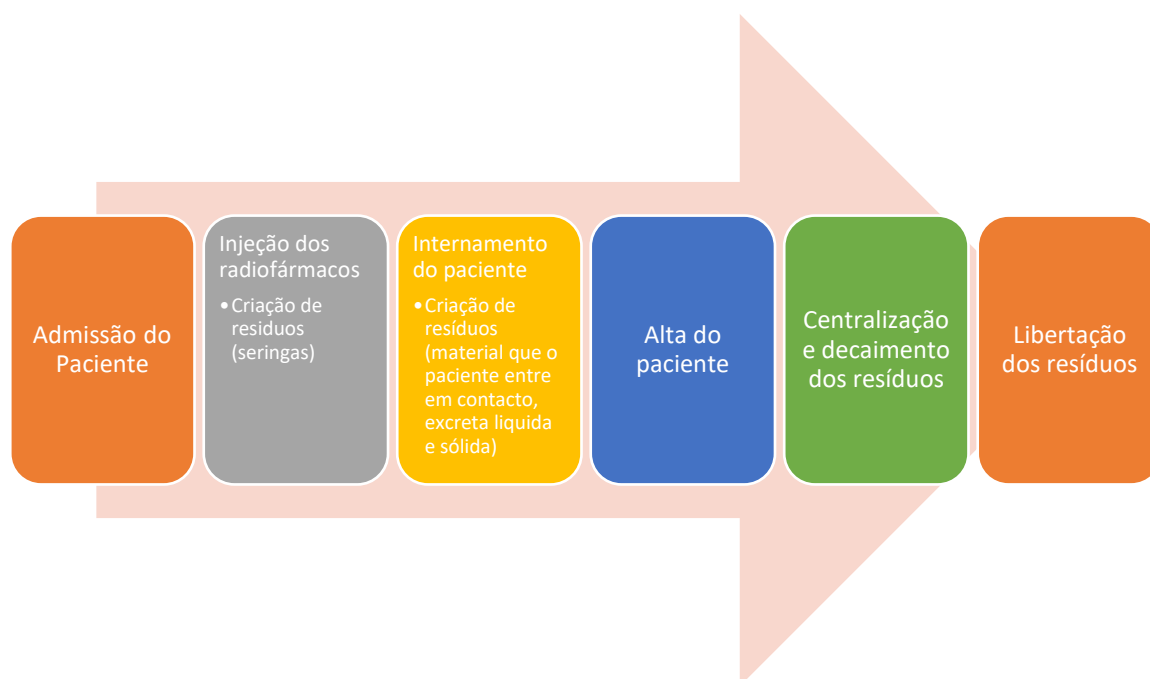


Figura 2.3 Cronograma da produção de resíduos em Medicina Nuclear

2.1.5. Gestão do risco profissional

É importante fazer uma gestão do risco profissional a que os trabalhadores estão exposto. Esta ocorre de acordo com a figura 2.4.



Figura 2.4 Gestão do risco profissional

- **Identificação do fator de risco profissional:** Descrição dos elementos, condições e processos de trabalho e atividades desempenhadas;
- **Identificação dos trabalhadores expostos:** Estado de saúde, existência de critérios de restrição e medidas de proteção especial;
- **Estimativa do risco profissional:** Estimar a probabilidade de ocorrer e a gravidade do possível dano;
- **Valoração do risco profissional:** Comparar a magnitude do risco com padrões de referência;
- **Controlo do risco profissional:** Monitorização das medidas implementadas, ou seja, os princípios de prevenção para as condições de trabalho, equipamento de trabalho, organização do trabalho, formação e informação do trabalhador e vigilância da saúde. Esta etapa identifica a necessidade de novas avaliações do risco, recomeçando o ciclo.

2.2. Dosimetria Individual

2.2.1. Limites da Dose

Quando se fala em limites de dose, ficou definido no Decreto-Lei nº 222/2008 de 17 de Novembro, os quatro grupos a ter em consideração:

- **Trabalhadores expostos** a radiações ionizantes;
- **Trabalhadoras grávidas ou lactantes expostas** a radiações ionizantes;
- **Aprendizes e estudantes** com idade igual ou superior a 16 anos e menor do que 18 anos;
- **Membros do público.**

Os valores estipulados, ANEXO II, tem como principal objetivo a prevenção do aparecimento dos efeitos estocásticos e a minimização dos efeitos determinísticos. Estes limites não são considerados fronteiras fixas, mas sim um método que evita que algum indivíduo receba dosagem a mais e que isso traga consequências para a sua saúde.

Assim, para uma melhor compreensão dos dados, há que ter em atenção as seguintes definições, dados no Decreto-Lei nº222/2008, de 17 de Novembro:

- **Dose absorvida (D):** Energia absorvida por unidade mássica, $D=dE/dm$. A unidade é o gray (Gy);
 “ dE ”: energia média largada pelas radiações à matéria por elemento de volume;
 “ dm ”: massa contida nesse volume;
- **Dose equivalente (HT):** Dose absorvida no tecido (T), em função do tipo e qualidade de radiação (R), com W_T como fator de ponderação. A unidade é o Sievert (Sv) e definida por $H_{T,R} = W_R D_{T,R}$ ou $HT = \sum_R W_R D_{T,R}$, mediante W_R ;
- **Dose equivalente comprometida [HT(τ):** Definida por $H_t(\tau) = \int_{t_0}^{t+\tau} H_t(\tau) d\tau$, onde a sua unidade é o Sv;
 “ $HT(\tau)$ ”: Débito de dose equivalente no tecido T no instante t , dado em anos, onde τ é o período de integração;
- **Dose efetiva (E):** Pondera quais os efeitos dos diferentes tipos de radiação (W_R) e as diferentes radiosensibilidades dos órgãos (W_T), expressando-se em Sv. O seu valor é dado pela soma da dose efetiva relevante da exposição a radiação externa ($E_{externa}$) e da exposição a radiação interna dada pelas doses efetivas comprometidas por ingestão e inalação, $E = E_{externa} + \sum_j h(g)_{j,ing} J_{j,ing} + \sum_j h(g)_{j,inh} J_{j,inh}$. Os diferentes radionuclídeos j estão quantificados no Anexo II do Decreto-Lei nº 222/2008;
- **Dose efetiva comprometida [E(τ):** É definida por: $E(\tau) = \sum_t W_t H_t(\tau)$, com o Sv como unidade;
 “ $E(\tau)$ ”: número de anos em que se faz a integração;

As doses efetiva e equivalente são grandezas de proteção, ou seja, têm em conta os efeitos produzidos na saúde dos indivíduos. Mas estas grandezas são apenas de caráter teórico, sendo que a partir delas são estimadas grandezas operacionais que permitem uma medição direta através de, por exemplo, dosímetros individuais (Santos et al., 2016).

2.2.2. Dosimetria Individual

Quando se fala em exposição à radiação ionizante tem que se atender à classificação dos trabalhadores. Mantendo em linha de conta este pensamento, acaba por se perceber que quem acaba por ter mais contacto com as radiações são os profissionais de saúde das áreas da medicina nuclear, radioterapia e radiologia. Isto porque estes profissionais são *“pessoas submetidas durante o trabalho, por conta própria ou de outrem, a uma exposição decorrente de atividades laborais suscetível de produzir doses superiores a qualquer dos níveis iguais aos limites de dose fixados para os membros do público”* (artigo 2º do Decreto-Lei n.º 222/2008, de 17 de Novembro), ficando com o nome de trabalhadores expostos.

Estes trabalhadores são classificados em duas categorias (A e B), segundo o artigo 9º do Decreto-Lei nº 222/2008 de 17 de novembro e mostrado na tabela 2.2. Cada categoria tem que obedecer a regras distintas com principal incidência na monitorização individual por dosimetria individual, descrito no artigo 10º do Decreto-Lei nº222/2008 de 17 de Novembro.

Tabela 2.2 Categoria da vigilância

Categoria	Trabalhadores abrangidos	Monitorização individual
A	<p>Trabalhadores expostos que são suscetíveis de receber uma dose efetiva superior a 6 mSv por ano, ou uma dose equivalente superior a três décimas de um dos limites anuais para o cristalino, para a pele ou para as extremidades;</p> <p>Aprendizes e estudantes com idade igual ou superior a 18 anos.</p>	<p>Dosimetria individual com periodicidade mensal, que deve ser assegurada por entidades que cumpram com o descrito no Decreto-Lei n.º 167/2002 modificado pelo Decreto-Lei n.º 184/2015.</p>
B	<p>Todos os restantes trabalhadores expostos não classificados como sendo de categoria A.</p> <p>Aprendizes e estudantes com idade entre os 16 e os 18 anos.</p>	<p>Dosimetria individual com periodicidade trimestral, que deve ser assegurada por entidades que cumpram com o descrito no Decreto-Lei n.º 167/2002</p>

Fonte: Artigo 9º e 10º do Decreto-Lei n.º 222/2008, de 17 de novembro

A dosimetria individual permite, através de medições e cálculos, fazer uma estimativa sobre a dose de radiação ionizante recebida por um profissional de saúde durante o manuseio de fontes de radiação (Santos et al., 2016).

Tendo em atenção as indicações dos artigos 9º e 10º do Decreto-Lei nº222/2008 de 17 de novembro, os profissionais de saúde deste ramo são considerados “trabalhadores expostos a radiação que devem ser alvo de controlo dosimétrico com uma frequência definida em função da sua classificação em categoria A ou B”. A categoria A necessita de uma frequência mensal e a categoria B de trimestral. Torna-se assim possível medir a exposição dos trabalhadores e fazer uma restrição da dose, que é considerada “limitação das doses prospetivas recebidas pelos indivíduos (...), em que restrição de dose se destina a ser utilizada na fase de planeamento da proteção contra as radiações, sempre que se pretenda atingir a sua otimização” (artigo 2º do Decreto-Lei nº222/2008 de 17 de Novembro).

Os tipos de dosimetria utilizada em meio hospitalar são:

- **Individual para monitorização da exposição à radiação externa:** Estimativa da dose externa recebida pelo profissional de saúde;
- **Individual para monitorização da exposição à radiação interna:** Estimativa da dose por incorporação de radionuclídeos. Pode ser medida diretamente por medição do corpo inteiro/monitorização da tiroide ou indiretamente por métodos analíticos de medição de radionuclídeos;
- **Dosimetria de área:** Estimativa da dose radiológica presente no local (monitorização ambiental).

Para estimar doses por irradiação externa, é necessário o uso do dosímetro individual. É importante referir que o dosímetro, equipamento utilizado para a realização da dosimetria, não funciona como medida de proteção, apenas regista a exposição à radiação.

- **Dosímetro individual de corpo inteiro:** Estima os equivalentes de dose individuais à profundidade de Hp(10 mm) até Hp(0.07 mm), figura 2.5. É de carácter obrigatório para os trabalhadores em zonas controladas.



Figura 2.5 Dosímetro Individual de corpo inteiro

Adaptado de: (Dosimetria, 2018)

- **Dosímetro individual de extremidade:** Também chamado de anel ou de pulso, figura 2.6, é responsável pela estimativa da dose à profundidade de Hp(0.07 mm). Ao contrário do anterior, este é apenas de carácter adicional/opcional nas atividades onde é previsto receber doses superiores a 3/10 do limite legal para a dosagem nas extremidades.



Figura 2.6 Dosímetro individual de extremidades

Adaptado de: (Dosimetria, 2018)

- **Dosímetro para monitorização da radiação ionizante ao nível do feto:** Apenas utilizado por profissionais de saúde grávidas, figura 2.7.



Figura 2.7 Dosímetro para monitorização de radiação ionizante ao nível do feto

Adaptado de: Guia Técnico nº1, Direção Geral de Saúde

Quando for detetado um valor superior a 2 mSv de dose efetiva ou 10 mSv de dose equivalente num órgão, o procedimento legal a adotar é a notificação da DGS, conforme dito no ponto 1, artigo 21º, do Decreto-Lei nº167/2002 de 18 de julho). Depois da notificação e mediante o histórico dos últimos 5 anos, pode ser pedido uma averiguação do motivo e, posteriormente, são implementadas medidas para prevenir nova ocorrência.

2.3. Gestão de Resíduos Radiativo

A gestão destes resíduos assenta em duas fases: recolha e eliminação (Ahmad, 2010) e deve conter medidas sobre:

- Aquisição, armazenamento, manipulação e eliminação de materiais radiológicos;
- Práticas seguras para a manipulação de produtos radiológicos;
- Garantia de qualidade;
- Proteção de profissionais de saúde, pacientes e membros do público;
- Exposições acidentais à radiação;
- Minimização de resíduos radiológicos, com posterior caracterização;
- Requisitos regulamentares.

Caso se levantem situações que constituam perigos radiológicos, a principal preocupação passa por saber as características físicas da radiação emitida, a atividade total e a semivida do radionuclídeo (Arpansa, 2008). Todos os materiais radiológicos devem ser recebidos, manuseados e armazenados numa área específica e controlada e, devem estar bem identificados com o nome do radionuclídeo, a forma química, atividade, data e tempo de calibração (Arpansa, 2008).

No fim da sua utilização, estes materiais passam a ser considerado resíduos radiológicos, assim como todo o material que entra em contacto com o paciente (Ravichandran, Binukumar, & Arunkumar, 2011) e representa uma fonte de perigos radiológicos que são dependentes da atividade e forma do radionuclídeo que, se ingeridos ou inalados, são um risco para o ser humano (Arpansa, 2008).

Estes resíduos podem ser armazenados para três fins diferentes (International Atomic Energy Agency, 2000), sintetizados no ANEXO III:

- **Armazenagem para decaimento:** Importante para os resíduos de radioisótopos, pois muitos tem vida curta e atividade radioativa bem definida. É o ideal para quando a semivida é menor ou igual a 100 dias. Quando a semivida é maior que 100 dias, é acumulado neste tipo de armazenagem até ter volume suficiente para transporte e centralização;
- **Armazenagem para pré tratamento:** Na maioria dos hospitais, os resíduos dos procedimentos de medicina nuclear são tratados no próprio hospital. Neste local existe por norma processo de inceneração;
- **Armazenagem para regresso ao fornecedor:** Quando o radionuclídeo é administrado ao paciente, o resíduo é devolvido ao fornecedor.

A responsabilidade sobre o controlo destes resíduos deve ser de um profissional qualificado com o nível 1 (perito qualificado) ou 2 (técnico qualificado) de Qualificação Profissional em Proteção Radiológica, mediante o Decreto-Lei nº 227/2008.

Os resíduos radiológicos podem surgir das seguintes formas:

- **Resíduos gasosos:** Gases e vapores radioativos;
- **Resíduos líquidos:** Excreta de pacientes, soluções aquosas de radionuclídeos e solventes orgânicos inflamáveis ou tóxicos;
- **Resíduos sólidos:** Líquidos em recipientes sólidos, fontes seladas (forma como foram compradas) e lixo (embalagens contaminados, produtos de vidro de laboratório, pontas de pipeta, ...);
- **Fontes Seladas:** Fontes em fim de vida;
- **Corpos de animais radioativos.**

Estes resíduos devem ser caracterizados mediante a identificação dos perigos associados, identificação dos que são necessário seguir para armazenagem para haver decaimento e identificação do processamento, segundo o programa nacional (Sampaio & Fonseca, 2015). O seu volume deve ser mantido ao mínimo possível, segregado e categorizado segundo cada método de eliminação (Arpansa, 2008).

Os contentores de recolha devem estar presentes nas áreas de trabalho para receberem os resíduos descartados (International Atomic Energy Agency, 2000). No caso de resíduos sólidos, os contentores devem ter cores notórias, como por exemplo o amarelo, e o símbolo da radiação para distinguir estes contentores dos restantes que contêm resíduos inativos (International Atomic Energy Agency, 2000). No caso de resíduos líquidos, estes contentores devem ter a forma de tanques e recolher os resíduos de acordo com a sua constituição química e radiológica (International Atomic Energy Agency, 2000).

Estes podem ser identificados da seguinte forma (Sampaio & Fonseca, 2015): Número de identificação, radionuclídeos presente, atividade medida e respetiva data, origem, riscos, taxa de dose ao contacto com a superfície e respetiva data, quantidade e pessoa responsável.

Quanto à segregação, ela só pode ser feita respeitando os seguintes parâmetros (Sampaio & Fonseca, 2015): atividade e radionuclídeos presentes, semivida, forma física e química, riscos não radiológicos e fases subsequentes do processo de gestão.

No que respeita à eliminação dos resíduos radiativos, eles devem tomar a seguinte forma (Arpansa, 2008):

Material não radioativo ou com muito pouca atividade radiológica: Separado dos resíduos radioativos, ANEXO IV, mediante a sua semivida com o intuito de facilitar o armazenamento e eliminação. Atendendo que a sua atividade não pode exceder os 5 MBq/m³. Deve ser monitorizado, determinando a taxa de dose (mSv/h), a atividade (Bq) e a concentração radioativa (Bq/l), para confirmar o seu estado antes de ser removido da área controlada.

Resíduos Líquidos: Os resíduos com níveis inferiores aos limites estabelecidos podem ser eliminados no sistema de esgotos. No entanto, se houver perigos associados, estes têm que ser suprimidos antes de eliminar o resíduo. Os resíduos líquidos que contêm agentes carcinogénicos tem que ser tratado como um material químico.

Os critérios para segregar estes resíduos são a atividade e conteúdo do radionuclídeo, semivida e suscetibilidade de decaimento, líquidos orgânicos/aquosos, não homogeneidade do resíduo, riscos infecciosos, risco químico e inflamabilidade (International Atomic Energy Agency, 2000).

As concentrações médias de descarga são calculadas com base no caudal mínimo garantido do sistema de esgoto na zona, deverão ser (Arpansa, 2008):

- Concentrações médias anuais não deverão exceder o triplo da concentração de referência apropriada;
- Concentrações médias mensais não deverão exceder 15 vezes as concentrações de referência;
- Concentrações médias diárias não deverão exceder 60 vezes as concentrações de referência.

Na tabela 2.3 pode-se observar os limites estipulados para as descargas nos sistemas de esgotos.

Tabela 2.3 Limite de resíduos líquidos libertados no sistema de esgotos

Radioisótopo	Limite máximo de descarga por dia (MBq)	Limite máximo de descarga mensal (MBq)
Hidrogénio 3	92.5	3700
Cálcio 45	3.7	10.1
Molibdénio 99m + Tecnécio 99m	3.7	185
Iodo 125	3.7	22.2
Iodo 131	3.7	22.2
Enxofre 35	18.5	74
Fósforo 32	3.7	18.5
Sódio 24	3.7	222
Carbono 14	18.5	740

A quantidade de material Radioativo libertado no Sistema de esgotos não pode exceder os 37 GBq (1 Curie) num ano.

Fonte: Ahmad, S. K. R. (2010). *Radioactive Waste Management in An Hospital. International Journal*, (1)

Resíduos sólidos: Estes resíduos, ANEXO V, VI e VII, tem que decair até poderem ser descartados como resíduo não radioativo. A atividade a eliminar não pode exceder 370 kBq num volume de lixo não inferior a 0,1 m³ e não pode incluir nenhum com atividade superior a 3,7 kBq;

- **Resíduos sólidos com uma radiatividade media e com semividas de menos de 1 mês:** Armazenados e monitorizados pela atividade residual e quando a dose limite é baixa são descartados;
- **Resíduos sólidos com um nível de atividade alto e com meias vidas longas (mais de 1 mês):** Coletados em contentores identificados e enterrados em locais propícios por autoridades competentes;

Fontes Seladas: Por norma tem baixa atividade, exceto na teleterapia e irradiação sanguínea. Quando a fonte fica fraca é removida e substituída pelos fornecedores. Podem dividir-se em (International Atomic Energy Agency, 2000):

- Fontes com meia vida <100 dias, com atividade alta;
- Fontes com baixa atividade usadas em calibração;
- Fonte com potencial risco de contaminação;
- Fontes com meia vida >100 dias, com alta e baixa atividade.

Resíduos voláteis: Libertam vapores. Antes de serem diluídos e dispersados para a atmosfera, tem que passar por filtros;

Resíduos humanos que têm origem no doente: Como urina e excrementos, são armazenados em tanques antes da dispersão para o sistema de esgotos. Estes ficam armazenados para decair e antes de descartar são monitorizados, pois não deve ter mais de 1.2 µCi/l;

Cadáveres: Quando se encontram com menos radioatividade do que o limite permitido, tabela 2.4, o cadáver pode ser libertado. Caso contrário, fica no hospital até decair para o limite permitido.

Tabela 2.4 Radioatividade máxima no cadáver (MBq)

Radioisótopo	Post – Mortem	Enterro	Cremação
Iodo 131	10 81)	400 (3)	400 (3)
Coloide de Ítrio 90	200 (1)	2000 (4)	70 (5)
Fósforo 32	100 (1)	2000 (4)	30 (5)
Estrôncio 89	50 (1)	2000 (4)	20 (5)

(1) Baseado no risco de contaminação, (2) Baseado na dose limite, (3) Baseado na taxa de dose externa no corpo, (4) Baseado na dose de brehmsstrahlung a 0.5m., (5) Baseado no risco de contaminação dos radioisótopos nas cinzas

Fonte: Ahmad, S. K. R. (2010). Radioactive Waste Management in An Hospital. International Journal, (1)

Quando os níveis, em termos de concentração de atividade e atividade total, estão abaixo dos limites, é que os resíduos radioativos deixam de estar sob o controlo regulador e pode ser feita a sua entrega a entidades terceiras, sendo considerados materiais legalmente não radioativos (Sampaio & Fonseca, 2015).

Decaimento

O decaimento resulta da transição nuclear de um estado excitado para outro de energia mais baixa, devido ao rompimento dos núcleos. Para os resíduos radioativos hospitalares, a atividade tem que ser menor que 0,5 $\mu\text{Sv/h}$ para poderem ser descartados (Sampaio & Fonseca, 2015).

A semivida de um radioisótopo está definido como o intervalo de tempo que um determinado material radioativo reduz o seu nível de radioatividade para metade, sendo que os diferentes isótopos tem diferentes semividas, como é mostrado no ANEXO IV.

Na medida da atividade por calibradores são tidas em consideração os seguintes processos e grandezas:

- **Decaimento Radioativo:** $-\frac{dN}{dt} = \lambda N$, com N a ser o número de núcleos radioativos, dt o tempo e λ a constante de desintegração e $N = N_0 e^{-\lambda t}$, com N a ser o número de núcleos radioativos remanescentes após um tempo de t e N_0 o número de núcleos radioativos em $t = 0$;
- **Taxa de Decaimento (Atividade):** $A = -\frac{dN}{dt} = \lambda N$ e $A = \lambda N = \lambda N_0 e^{-\lambda t}$, com $R_0 = \lambda N_0$. 1 becquerel = 1 Bq = 1 decaimento/segundo. 1 curie = 1 Ci = $3,7 \times 10^{10}$ Bq;
- **Semivida:** Tempo necessário para N e R decaírem para metade dos valores iniciais, $t_{1/2} = \frac{\ln 2}{\lambda}$;
- **Vida Média:** Tempo necessário para N e R decaírem para $\frac{1}{e}$ dos valores iniciais, $\tau = \frac{1}{\lambda}$;
- **Mistura de nuclídeos:** A soma ponderada dos quocientes entre a concentração da atividade de cada um e o correspondente valor de libertação tem que ser inferior a 1.

No entanto, existe a possibilidade de os volumes serem demasiado grandes para ser medidos por calibradores (no caso de resíduos sólidos) ou de terem volumes demasiados baixos (no caso dos resíduos líquidos), o que faz com que o calibrador funcione numa zona não linear, não indicando a atividade correta. Nestes caso, as atividades passam a ser determinadas mediante o método da atividade calibrada em câmara *gamma*, através de um protocolo desenvolvido internamente pela instituição, com as seguintes fórmulas:

- $C = \sqrt{C_1 C_2}$, onde C é a contagem obtida na câmara *gamma* através da média geométrica dos dois detetores da câmara;
- $C_{I,cal} = C_{I,cal+F} - C_F$, onde as contagens da amostra, $C_{I,cal+F}$, são corrigidas de fundo C_F ;
- $A_I = \frac{A_{I,cal}}{C_{I,cal}} \times C_I$, para resíduos sólidos com $A_{I,cal}$ a ser a atividade labelada da amostra, $C_{I,cal}$ a contagem obtidas da fonte e C_I as contagens corrigidas de fundo;
- $[A_I] = \frac{A_I}{V_{amostra}} \times 10^6 Bq.m^3$, para resíduos líquidos, onde o $V_{amostra}$ convém ser o mais aproximado possível a $250cm^3$ e A_I o valor obtido na fórmula dos resíduos sólidos.

3. Materiais e Métodos

3.1. Dosimetria

3.1.1. Requisitos da plataforma

O controlo dosimétrico, figura 3.1, é um processo que envolve um conjunto de intervenientes e etapas que se iniciam na aquisição dos dosímetros. Os dosímetros são trocados com uma frequência mensal (obrigatório para a categoria A e opcional para a B) ou trimestral (categoria B), e é nomeado um responsável que recolhe os dosímetros antigos e entrega novos aos profissionais. Os dosímetros utilizados seguem para a empresa responsável pela leitura, onde são medidos os resultados da dose recebida e posteriormente enviados, em suporte de papel/*e-mail*, para os responsáveis da proteção radiológica do hospital. Este profissional fica encarregue de informar os restantes profissionais dos valores obtidos e arquivar os registos (Decreto-Lei n.º 182/2002, de 8 de Agosto).

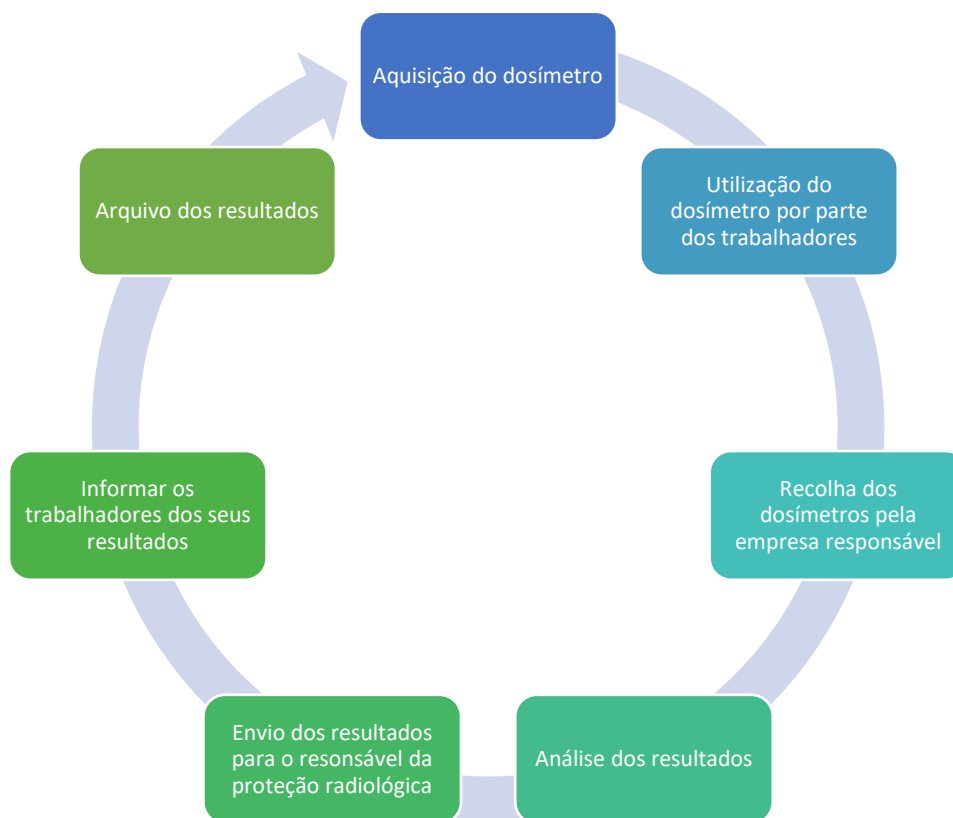


Figura 3.1 Ciclo da dosimetria individual

O desenvolvimento desta parte do projeto advém da necessidade de um sistema que tenha capacidade de armazenar informação referente à dosimetria individual e que permita a sua

gestão, em detrimento sistema antigo representado no ANEXO VIII. Este deverá possibilitar ao utilizador, a monitorização de doses, assim como os somatórios anual e de 5 anos destas. Mediante as novas leis da proteção de dados, existe também a necessidade de uma funcionalidade que permita que cada funcionário veja apenas o seu registo, excetuando os profissionais encarregados da proteção radiológica que podem ter acesso a todos.

Segundo o artigo 24º do Decreto-Lei n.º 182/2002, de 8 de Agosto, é necessário que os valores das dosimetrias anuais dos últimos dez anos estejam arquivados. Assim, uma das necessidades da plataforma passa por garantir o armazenamento destas informações para consulta por parte do responsável pela proteção radiológica.

Por fim, identifica-se a necessidade de dois sistemas de alerta: notificações sobre os limites de dose e o envio de *e-mails*. O sistema de notificações servirá para alertar caso algum valor seja anómalo e o sistema de *e-mail* para avisar da proximidade da troca de dosímetros e da alteração dos valores na plataforma.

3.1.2. Intervenientes na Plataforma

Os intervenientes no sistema, figura 3.2, são os utilizadores das três unidades de saúde do Grupo Lenitudes SGPS que podem entrar em interação com a plataforma. Estes dividem-se em duas categorias: funcionários e administradores.

- Os funcionários são os utilizadores que apenas podem usufruir do sistema para consulta da sua ficha dosimétrica pessoal, não podendo realizar alteração de dados.
- Os administradores, profissionais responsáveis pela proteção radiológica dentro do hospital, são usuários que conseguem ter acesso a todas as fichas dosimétricas dos funcionários. Estes usufruem de privilégios como a alteração, eliminação e inserção de dados dos funcionários e respetivas dosimetrias, estipulação dos limites de doses, consulta e atualização do arquivo e pelo envio de *e-mails* aquando da troca dos dosímetros ou de aviso da atualização dos valores na plataforma.

No que respeita à estipulação dos limites dosimétricos, embora haja um limite estipulado por lei, a plataforma permite ao administrador manipular estes valores. Isto para o caso de existir alguma situação que exija que este valor seja alterado, como alteração da legislação vigente ou um caso anormal onde o responsável entenda que seja necessário.

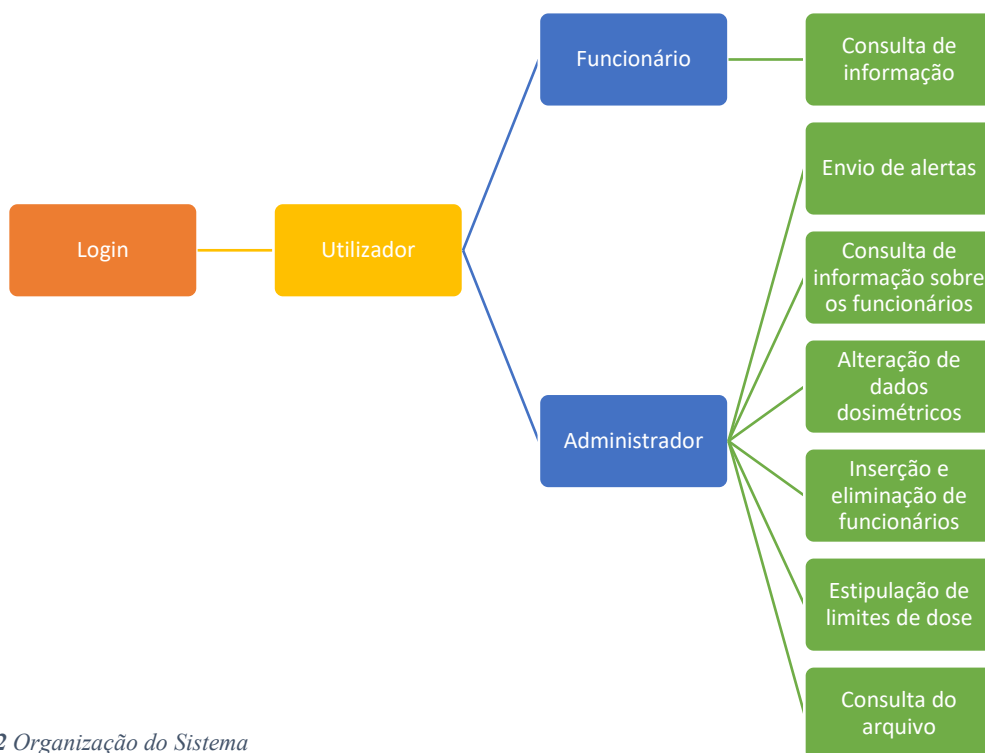


Figura 3.2 Organização do Sistema

As funcionalidades estão protegidas com um sistema de autenticação do utilizador, onde o número mecanográfico do funcionário está associado a uma *password*. Assim, a plataforma vai de encontro às novas medidas estipuladas para a proteção de dados.

Funcionário

Quando faz a sua autenticação, é encaminhado para uma página de consulta onde pode visualizar os seus dados dosimétricos mensais, anual e de 5 anos. É também oferecida, na mesma página, a possibilidade de alterar a sua *password*.

Administrador

Quando faz a sua autenticação, é encaminhado para uma página onde tem várias opções, tais como:

- **Alterar dados dos funcionários:** Nesta funcionalidade pode ser inserir um novo funcionário, colocando os dados pedidos pela plataforma, e pode ser eliminado um funcionário, assim como o seu acesso à plataforma;
- **Alteração da dosimetria:** Nesta funcionalidade podem ser alterados os dados dosimétricos, mediante os provenientes da empresa responsável pelos dosímetros;

- **Envio de e-mails:** Nesta funcionalidade pode ser enviado um *e-mail* personalizado ou geral a avisar da aproximação da data para a troca de dosímetros ou para notificar da alteração dos dados na plataforma;
- **Consulta do arquivo:** Nesta funcionalidade podem ser consultados os valores dosimétricos anuais dos últimos dez anos de todos os funcionários;
- **Estipulação do limite de dose:** Esta funcionalidade oferece a possibilidade de alterar os limites de dose para os quais serão regidas as notificações. Inicialmente todos os funcionários iniciam com os limites estipulados por lei;

3.1.3. Base de Dados da Plataforma

Como forma de interligar os diferentes dados, recorreu-se ao uso de uma base de dados. Esta foi construída no software *SQL Server 2017*, que posteriormente foi ligada ao software *Visual Studio C# 2017* para a construção da plataforma.

Tabela Funcionários

Esta tabela, figura 3.3, tem como função armazenar as informações relativas ao profissional de saúde exposto à radiação ionizante. A informação contida incide sobre dados como Nome, Número Mecanográfico, *Password*, Categoria Administrativa, Categoria Dosimétrica, Categoria A/B e Hospital. Estes dados irão posteriormente associar-se aos resultados obtidos pelos dosímetros de cada profissional, onde as tabelas se ligam através do número mecanográfico.

A coluna Hospital serve como elemento de ligação para funcionários que utilizem dosímetros diferentes nas diversas unidades hospitalares onde esta plataforma esteja em uso. Assim, embora a pessoa seja a mesma, terá credenciais diferentes para entrar na plataforma e será possível verificar qual é o hospital a que está associado.

funcionarios	
	Nome
	Password
	Categoria_Administrativa
	Categoria_Dosimetrica
	Numero
	Hospital
	Categoria_Administracao
	Categoria

Figura 3.3 Tabela Funcionários

Tabela Dose 007, Tabela Dose 10, Tabela Dose Anel Esquerda, Tabela Dose Anel Direita

Estas tabelas, figura 3.4, armazenam as informações relativas às leituras dos dosímetros de corpo inteiro e das extremidades, respetivamente. As suas células contêm o valor das dosagens ao longo dos meses do ano para ser possível obter as medidas mensais do dosímetro.

dose_007	dose_anel_direita	dose_anel	dose_10
Nome	Nome	Nome	Nome
Numero	Numero	Numero	Numero
Janeiro	Janeiro	Janeiro	Janeiro
Fevereiro	Fevereiro	Fevereiro	Fevereiro
Marco	Marco	Marco	Marco
Abril	Abril	Abril	Abril
Mai	Mai	Mai	Mai
Junho	Junho	Junho	Junho
Julho	Julho	Julho	Julho
Agosto	Agosto	Agosto	Agosto
Setembro	Setembro	Setembro	Setembro
Outubro	Outubro	Outubro	Outubro
Novembro	Novembro	Novembro	Novembro
Dezembro	Dezembro	Dezembro	Dezembro
Hospital	Hospital	Hospital	Hospital

Figura 3.4 Tabelas Dose

Tabela Dose 007 Minimizada, Tabela Dose 10 Minimizada, Tabela Dose Anel Esquerda Minimizada e Tabela Dose Anel Direita Minimizada

Estas tabelas, figura 3.5, à semelhança das anteriores, são também responsáveis por armazenar as informações relativas às leituras dos dosímetros antes mencionados, no entanto apenas armazenam informações sobre o número mecanográfico e o somatório anual das respetivas doses. Assim, ligam-se respetivamente às tabelas Dose 007, Dose 10, Dose Anel Esquerda e Dose Anel Direita para complementar a informação que estas já continham.

dose_anel_minimizada	dose_anel_minimizada_direita	dose_10_minimizada	dose_007_minimizada
Nome	Nome	Nome	Nome
Numero	Numero	Numero	Numero
Total_Anual	Total_Anual	Total_Anual	Total_Anual
Hospital	Hospital	Hospital	Hospital

Figura 3.5 Tabelas Dose Minimizadas

Tabela Soma 5 007, Tabela Soma 5 10 , Tabela Soma 5 007 Minimizada e Tabela Soma 5 10 Minimizada

À semelhança das anteriores, estas tabelas, figura 3.6, armazenam a dosimetria anual durante os 5 Anos, apenas para os dosímetros de corpo inteiro. Através do número mecanográfico do funcionário, interligam-se com as outras tabelas complementando a informação que estas já continham.

soma5_007		soma5_10		soma5_007_minimizada		soma5_10_minimizada	
Nome		Nome		Nome		Nome	
Numero		Numero		Numero		Numero	
Ano1		Ano1		Total_5Anos		Total_5Anos	
Ano2		Ano2		Hospital		Hospital	
Ano3		Ano3					
Ano4		Ano4					
Ano5		Ano5					
Hospital		Hospital					

Figura 3.6 Tabela Somatórios

Tabela Registo 007, Tabela Registo 10, Tabela Registo Anel Esquerda e Tabela Registo Anel Direita

Esta tabela, figura 3.6, tem como finalidade armazenar os dados dosimétricos dos funcionários durante os 10 anos obrigatórios pela legislação.

registo007	registoaneldireita	registoanel	registo10
Nome	Nome	Nome	Nome
Numero	Numero	Numero	Numero
Ano1	Ano1	Ano1	Ano1
Ano2	Ano2	Ano2	Ano2
Ano3	Ano3	Ano3	Ano3
Ano4	Ano4	Ano4	Ano4
Ano5	Ano5	Ano5	Ano5
Ano6	Ano6	Ano6	Ano6
Ano7	Ano7	Ano7	Ano7
Ano8	Ano8	Ano8	Ano8
Ano9	Ano9	Ano9	Ano9
Ano10	Ano10	Ano10	Ano10
Hospital	Hospital	Hospital	Hospital

Figura 3.7 Tabelas Registo

Tabela Mail, Tabela Limites e Tabela Notificações

Estas tabelas, figura 3.8, têm funções secundárias na plataforma que a ajudam a ser mais eficaz e abrangente.

A tabela “Mail” é responsável por armazenar os contactos eletrónicos dos funcionários para, posteriormente, ser possível enviar alertas sobre as trocas de dosímetros e as atualizações.

A tabela “Limites” indica os valores que o responsável do hospital limita como máximo. Inicialmente são inseridos os números tabelados por lei, mas o administrador pode eventualmente alterar.

A tabela “Notificações” armazena informações sobre a visualização dos dados por parte dos funcionários e passa essa informação para o administrador.

notificacao	mail	limites
Nome	Nome	Nome
Numero	Numero	Numero
Visto	e_mail	limite_anual_007
		limite_5_007
		limite_anual_10
		limite_5_10
		limite_anual_anel
		limite_anual_16
		limite_anual_anel_16
		limite_gravidas

Figura 3.8 Tabelas Notificação, Mail e Limites

3.2. Gestão de Resíduos

3.2.1. Requisitos da Plataforma

A gestão dos resíduos é um processo que envolve diversas etapas que se iniciam na alocação de resíduos em contentores, com posterior medição da atividade e termina quando estes resíduos ficam legíveis para serem eliminados.

A eliminação destes resíduos só pode ocorrer quando os contentores decaírem até aos limites permitidos por lei, de modo a não criarem complicações na saúde pública e ambiental. No caso específico desta plataforma, serão apenas duas as divisões de resíduos: resíduos de ^{131}I e de $^{99\text{m}}\text{Tc}$ e duas as divisões de contentores: *Bioboxs* e contentores medidos através de câmaras *gamma*.

O desenvolvimento desta parte do projeto assenta na inexistência de um sistema que permita calcular e alertar automaticamente os momentos em que os contentores ficam disponíveis para libertação.

Para um maior controlo e eficácia na gestão dos resíduos, é também necessário que a plataforma assimile a assinatura digital dos responsáveis pelos contentores.

3.2.2. Intervenientes na Plataforma

Ao contrário do controlo dosimétrico, os intervenientes no sistema, figura 3.4, são apenas divididos numa categoria: administradores. Portanto, embora as credenciais de acesso sejam as mesmas, apenas quem está definido como administrador irá poder aceder aos conteúdos desta parte da plataforma.

Os usuários irão conseguir ter acesso a informações, tais como o número do contentor, o tipo de resíduo, a data de fecho e respetiva medição da atividade e o responsável pelo contentor. Posteriormente, a plataforma irá calcular dados como o tempo de decaimento e a respetiva atividade nesse momento, onde fica possível identificar qual a data que o contentor fica legível para libertação.

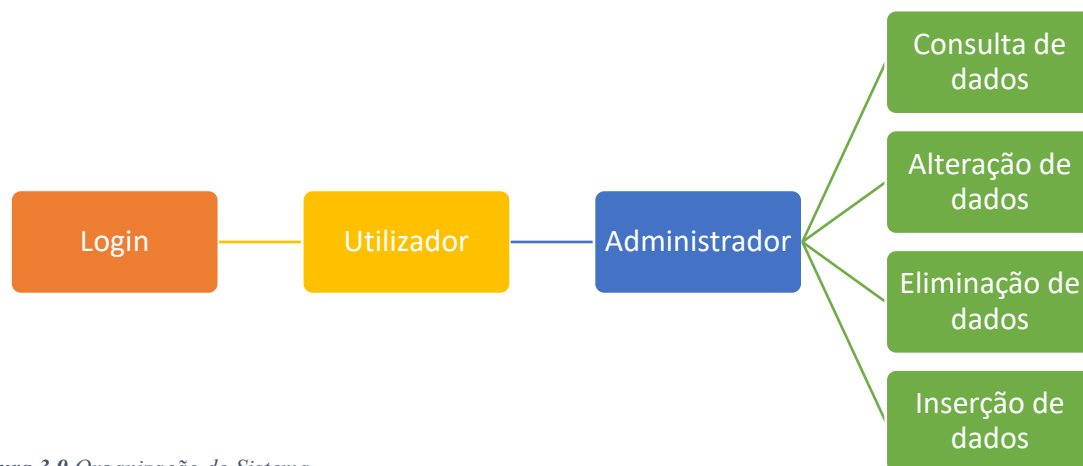


Figura 3.9 Organização do Sistema

Administrador

Assim que faz a sua autenticação, é encaminhado para uma página onde consegue visualizar todas as informações sobre os contentores.

- **Contentores já processados:** Nesta lista, o usuário consegue obter informações sobre os contentores que já foram processados e estão a aguardar pela data de libertação;
- **Inserção de novos contentores:** O usuário pode adicionar à lista anterior novos contentores, onde existem funcionalidades que calculam automaticamente o tempo de libertação e a atividade final;
- **Alteração dos contentores processados:** Caso surja a necessidade de alterar algum dado dos contentores já processados, a plataforma oferece essa possibilidade;
- **Remoção de contentores:** Quando um contentor é libertado fisicamente, pode também ser removido da plataforma.

3.2.3. Base de Dados da Plataforma

À semelhança da dosimetria, também esta parte da plataforma recorre ao uso do *SQL Server 2017*, e ao *Visual Studio C# 2017*.

Tabela Resíduos, Tabela Resíduos Quarto e Tabela Monitorização

A tabela “Resíduos” tem como função armazenar as informações relativas aos contentores de armazenamentos de resíduos radioativos hospitalares, com essencial foco no tempo de decaimento e data de libertação.

Por outro lado, a tabela “Resíduos Quarto”, permite a visualização de informações relativas aos resíduos dos quartos de pacientes que estejam em contacto com substâncias radioativas.

Já a tabela “Monitorização” permite a monitorização de dados relativos a pacientes que entraram em contactos com elementos radiativos, com especial foco na atividade da dose administrada.

residuos_doente
ID_Doente
Nome
Isotopo_Presente
Data
Refeicao
Tipo_Residuo
ID_Contentor
Data_Recolha
Data_Fecho_Saco
Responsavel

monitorizacao
ID_Paciente
Data_Internamento
Atividade_Administrada
Tipo_Internamento
Numero_Capsula
Lote_Capsula
Data_Capsula
Atividade_Capsula
Medida_metro_pescoço
Medida_metro_abdomen
Medida_metro_pes
Data_medida
Responsavel_Medida
Data_Alta
Medida_metro_pescoço_a
Medida_metro_abdomen_...
medida_metro_pes_alta
Medico_Alta

residuos
ID_Contentor
Data_Fecho
Medicao_Fecho
Tempo_Decaimento
Responsavel
Isotopo_Presente
Atividade_Final
Libertacao
Data_Real_Libertacao
Tipo_Contentor
Tipo_Saco
Tipo_Residuo
Mes
Ano

Figura 3.10 Base de Dados associada à plataforma

Na figura 3.11 apresenta-se o diagrama de fluxo do sistema de gestão de resíduos e na figura 3.12 o diagrama da dosimetria individual.

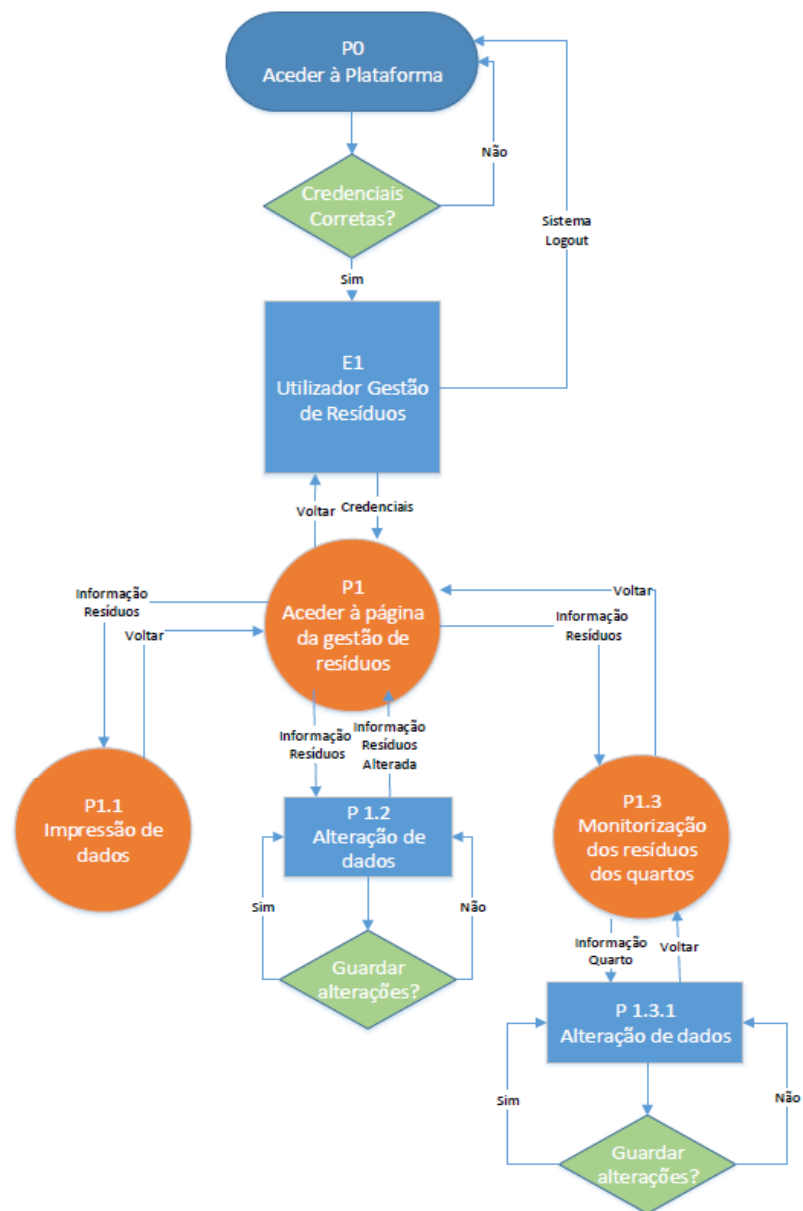


Figura 3.11 Diagrama de Fluxo do sistema da Gestão de Resíduos

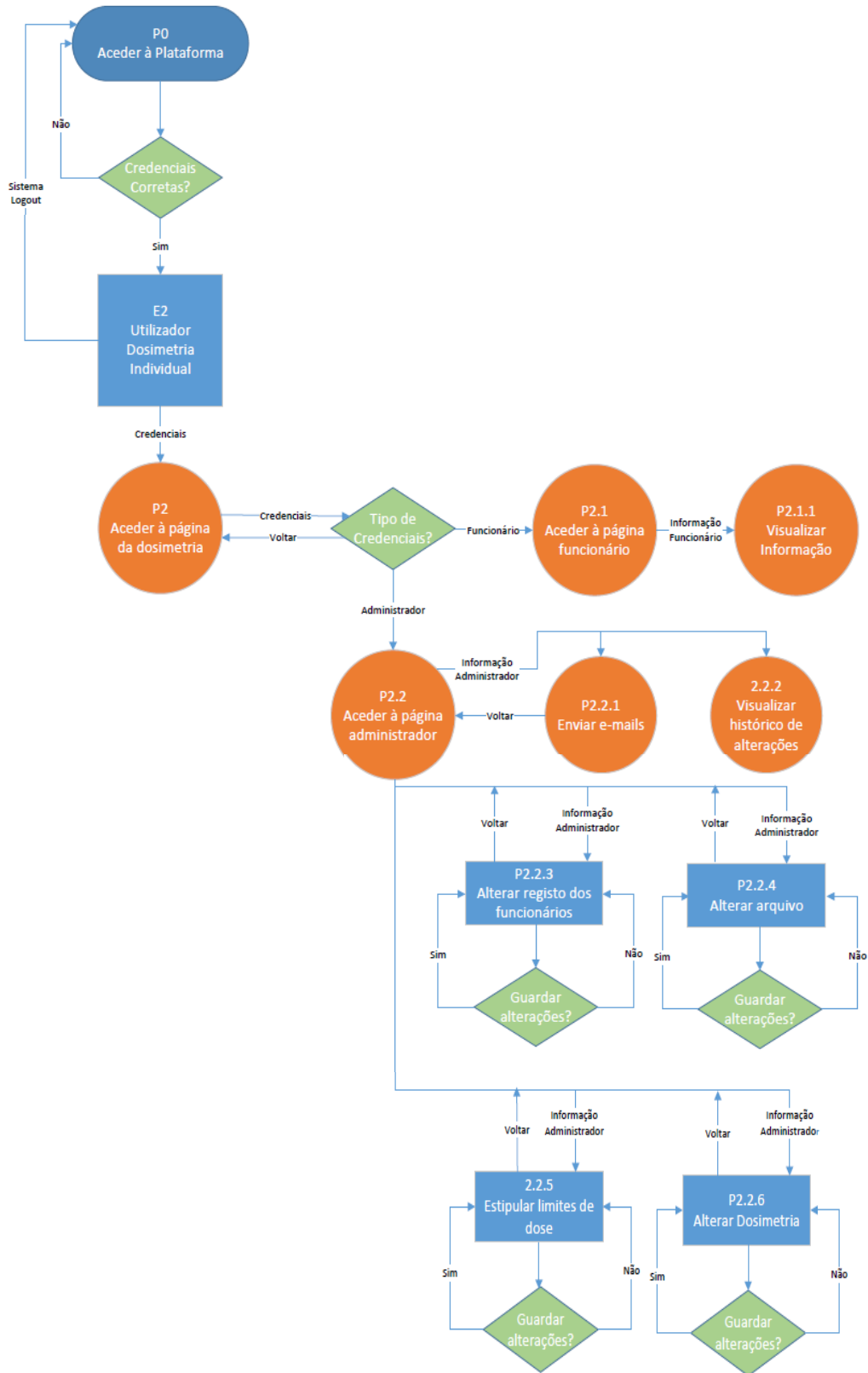


Figura 3.12 Diagrama de Fluxo do sistema da Dosimetria Individual

4. Resultados/Discussão

Página Inicial

Quando se inicia o *software* da plataforma, a primeira página a aparecer é a representada na figura 4.1. Aqui, o utilizador poderá escolher qual a funcionalidade que quer consultar: ou a dosimetria ou a gestão de resíduos.



Figura 4.1 Página Inicial

Configuração da Base de Dados

Na eventualidade de surgir a necessidade de mudar o servidor onde está alocada a base de dados, a plataforma oferece essa possibilidade. Para isso basta preencher os campos mostrados na figura 4.2.



Figura 4.2 Página da Configuração da Base de Dados

4.1. Dosimetria

Login

Caso a opção seguida seja a da gestão dosimétrica, a página seguinte a aparecer será a representada na figura 4.3.



Login - Página da Dosimetria

Bem-vindo/a à página de controlo da dosimetria!

Coloque as suas credenciais para ter acesso à sua página!

Número de Usuário

Password

Confirmar

Voltar

Figura 4.3 Página do Login

Nesta página, o utilizador apenas tem que colocar as suas credenciais (número mecanográfico e *password*) e será redirecionado para a respetiva página de administrador ou funcionário.

Página Funcionário

No caso de as credenciais inseridas estarem associadas a um funcionário sem privilégios de administrador, este será conduzido para a página representada na figura 4.4.

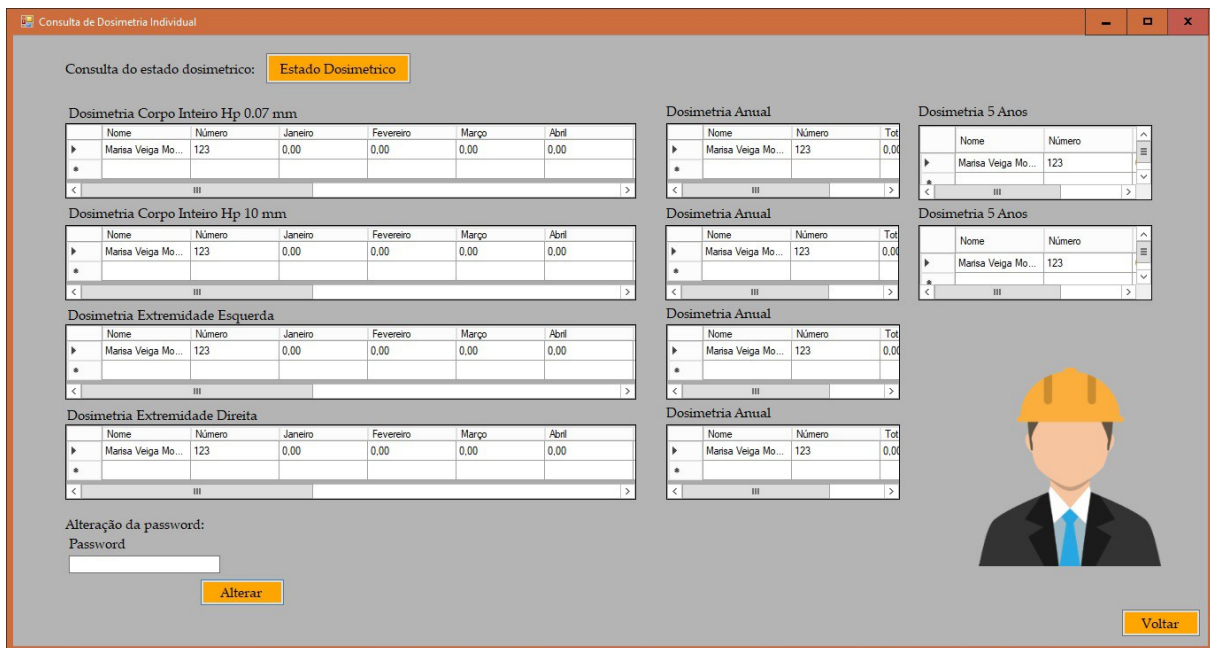


Figura 4.4 Página da consulta de dosimetria individual

O utilizador pode visualizar a sua dosimetria mensal, somatório anual e de 5 anos para as duas profundidades de corpo inteiro e a dosimetria mensal e somatório anual para as extremidades, bem como proceder à alteração da sua *password*.

Embora o utilizador não necessite de fazer qualquer ação, assim que este entra na sua página é enviado uma notificação de leitura para o administrador de que o respetivo funcionário tomou conhecimento das leituras.

Quando o utilizador quiser saber o seu estado dosimétrico, apenas necessita de carregar no botão “Estado” e aparecerá um dos avisos seguintes:

- **Dosagem Mensal/Anual/5 Anos a chegar ao limite:** Aparece quando o valor se encontra abaixo do valor estipulado quer para corpo inteiro quer para extremidades, faltam apenas 2 mSv de chegar ao limite;
- **Dosagem Anual/5 Anos normal:** Aparece quando se encontra abaixo do limite estipulado, menos os 2 mSv de aviso acima identificados;
- **Dosagem Mensal/Anual/5 Anos ultrapassou o limite:** Aparece quando o valor ultrapassa o limite estipulado;

Página Administrador

No caso de as credenciais estarem associadas a um funcionário com privilégios de administrador, este será redirecionado para a página mostrada em 4.5.

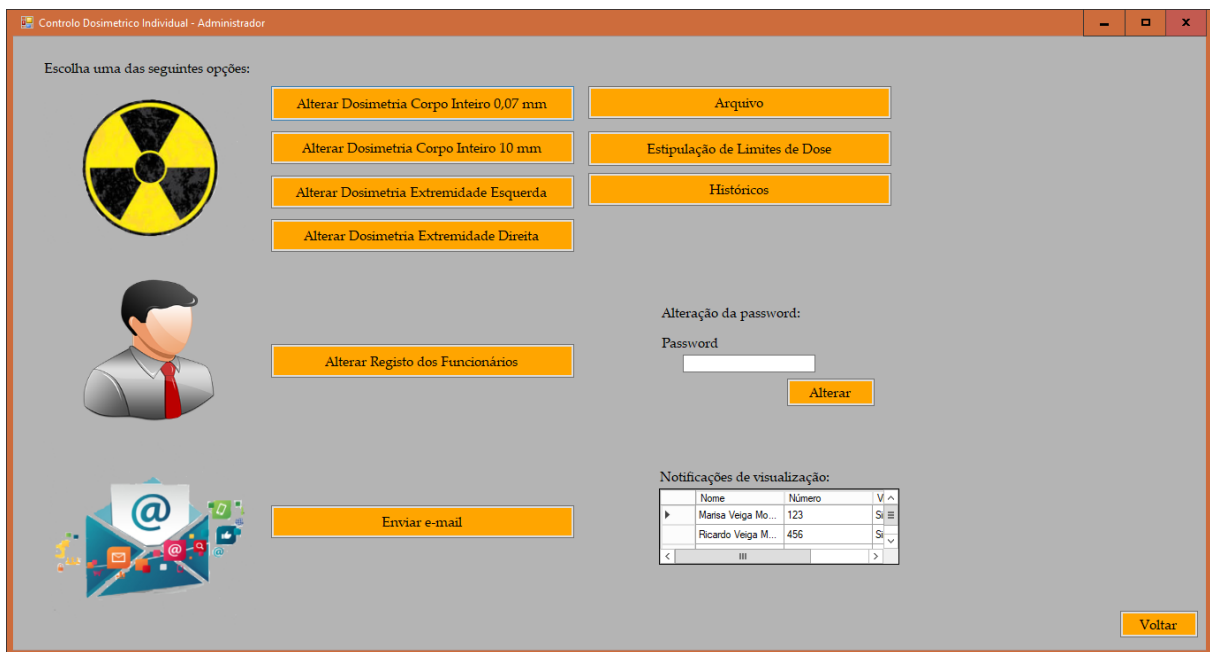


Figura 4.5 Página do administrador

O usuário pode escolher entre as várias funcionalidades da plataforma, explicadas em detalhe nos próximos pontos. É possível observar o local para alteração da *password* e o local onde irá aparecer a notificação da visualização por parte dos funcionários, como referido anteriormente.

Alteração de Dosimetrias

Caso seja clicado um dos quatro botões da dosimetria, irá aparecer uma janela semelhante à representada na figura 4.6.

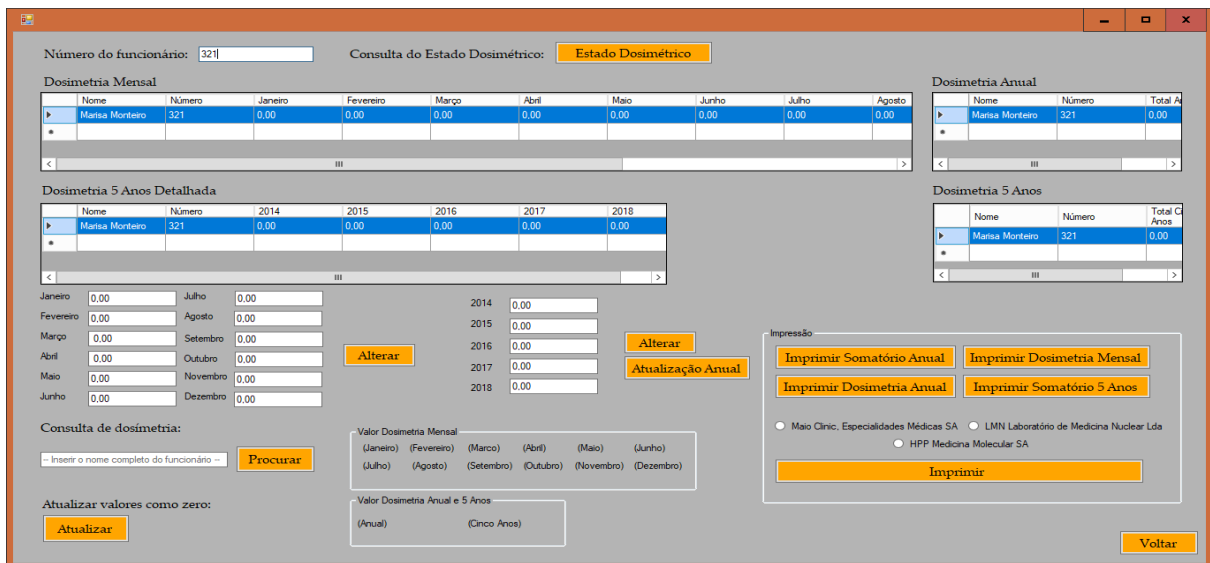


Figura 4.6 Página da alteração dos dados dosimétricos

O utilizador tem a possibilidade de atualizar os valores mensais sendo que, sempre que clica em cima da célula da *datagridview*, os valores aparecerão representados nas caixas de texto respetivas. Para fazer as alterações mensais, o usuário começa por colocar o número do funcionário para ter acesso aos dados deste, depois altera os dados nas caixas e, por fim, grava com o botão “Alterar”, onde os dados são gravados na *datagridview* e os somatórios atualizados. Sempre que surgir a necessidade de colocar todos os valores mensais como zero, basta carregar no botão “Atualizar”. É possível fazer a impressão destas *datagridviews*.

Quando é ativado o botão “Atualização Anual”, o somatório do corrente ano será atualizado como ano 1 e os restantes valores serão automaticamente atualizados, dando origem ao novo somatório de 5 Anos. No entanto, existe também a opção de alterar os valores manualmente, através do botão “Alterar”.

Quanto ao estado dosimétrico dos funcionários, basta carregar no botão “Estado Dosimétrico” e aparecerá um dos três avisos, explicado anteriormente, associado ao funcionário cujo número foi colocado na respetiva caixa.

Como existe a possibilidade do mesmo funcionário trabalhar em mais do que um hospital, existe uma ferramenta que permite fazer o somatório das doses do mesmo funcionário nos diferentes hospitais.

Inserção/Alteração/Deleção de Funcionários

Se por outro lado for clicado o botão da alteração de funcionários, a página apresentada é a representada pela figura 4.7.

Figura 4.7 Página da alteração de funcionários

Caso o objetivo passe por adicionar um funcionário à base de dado, basta preencher os respectivos dados nas caixas e no fim clicar no botão “Inserir”. Mas se, pelo contrário, se quiser eliminar, coloca-se o número do funcionário na caixa destinada a esse fim e clica-se no botão “Remover”.

Envio de Alertas

Se a intenção for enviar alertas para os funcionários associados à plataforma, basta carregar no botão para esse efeito e irá surgir a janela representada na figura 4.8.

Nome	Número	e-Mail
Marta Veiga Mo...	123	
Ricardo Veiga M...	456	m

e-mail interno:
e-mail:
Password:
Tipo da fonte:

Alteração de e-mail:
Número do funcionário:
e-mail:

E-mails Gerais:

Troca dos dosímetros Disponibilização dos resultados dosimétricos

Escrever e-mail:
Escrever e-mail

Voltar

Figura 4.8 Página de envio de e-mails

Além de conseguir fazer alterações dos e-mails associados a cada funcionário, o administrador tem a possibilidade, colocando o e-mail interno, de enviar um *e-mail* geral aos funcionários, sobre a troca de dosímetros e a atualização dos resultados dosimétricos ou enviar e-mails personalizados aos funcionários, a partir da funcionalidade demonstrada na figura 4.9.

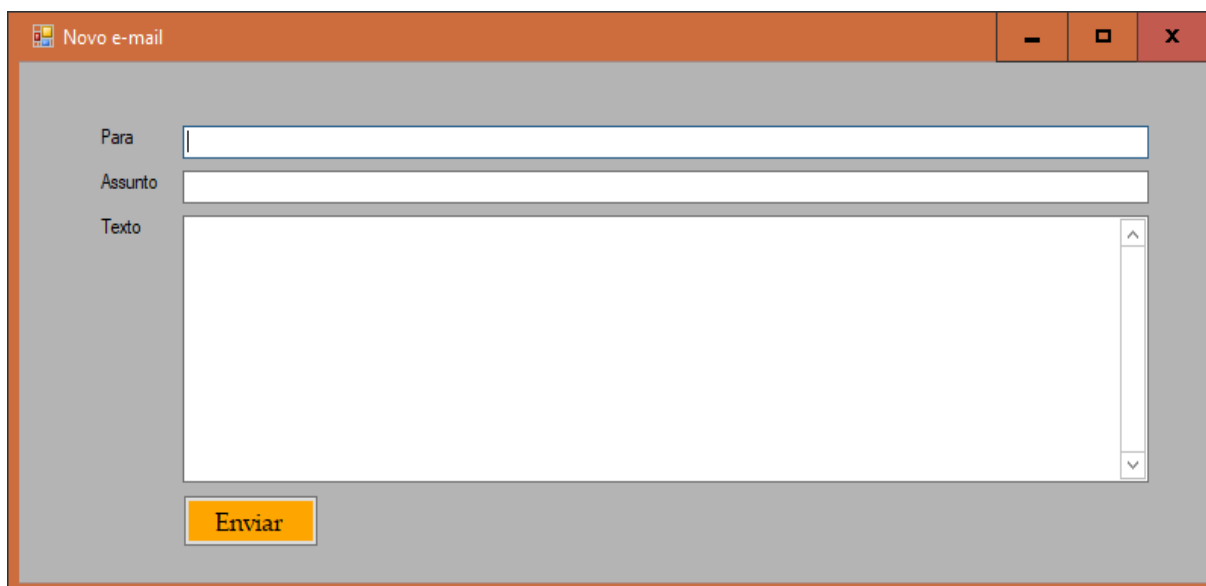


Figura 4.9 Enviar e-mails personalizados

Estipulação do limite de dose

Quando existir a necessidade de alterar o limite dosimétrico de um determinado funcionário, deve-se seguir para a página mostrada pela figura 4.10.

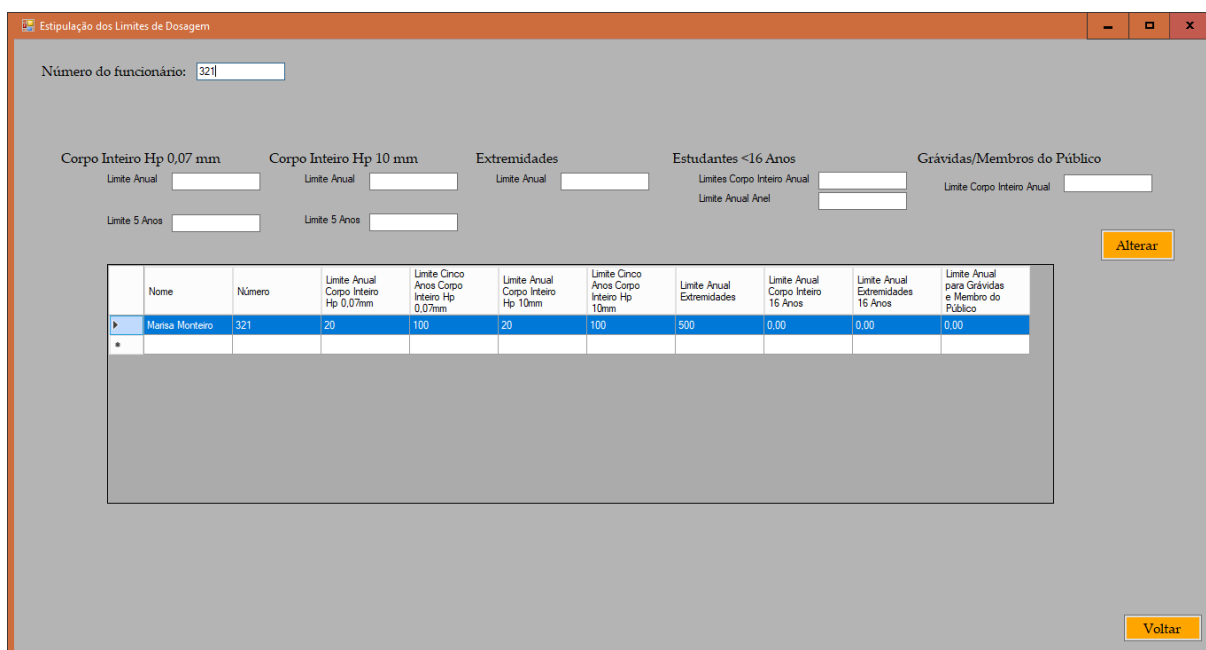


Figura 4.10 Página da estipulação dos limites de dosagem

Arquivo

Na página, exemplificada na figura 4.11, estão guardados os valores das dosimetrias dos últimos 10 anos para cada funcionário. Todos os funcionários que são inscritos na plataforma

ficam aqui guardados, mesmo sendo eliminados da restante plataforma, até que o administrador os elimine usando o botão “Eliminar Funcionário”.

Nesta funcionalidade, e à semelhança da alteração das dosimetrias, existe a possibilidade de impressão das *datagridviews* e a atualização é automatizada.

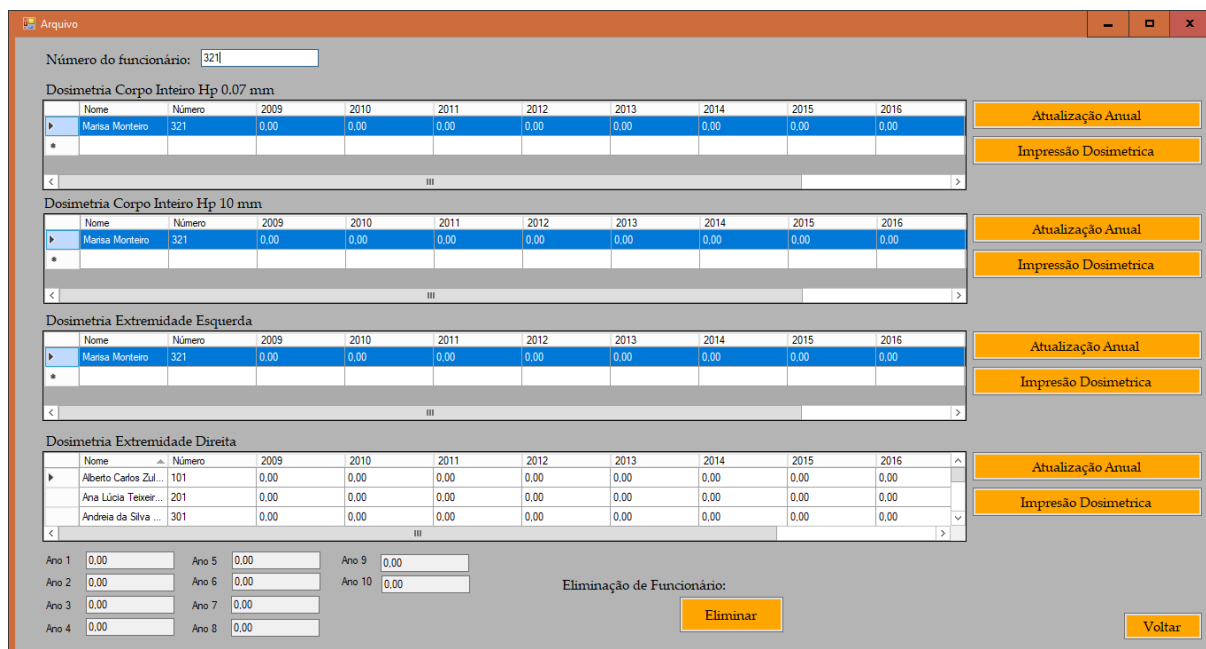


Figura 4.11 Página do arquivo de 10 Anos

Opções de Impressão

Sempre que seja requerido a impressão da *datagridview*, o utilizador será reencaminhado para a página apresentada na figura 4.12. O utilizador apenas tem que definir o título da sua impressão e as respetivas colunas que deseja que constem no documento.

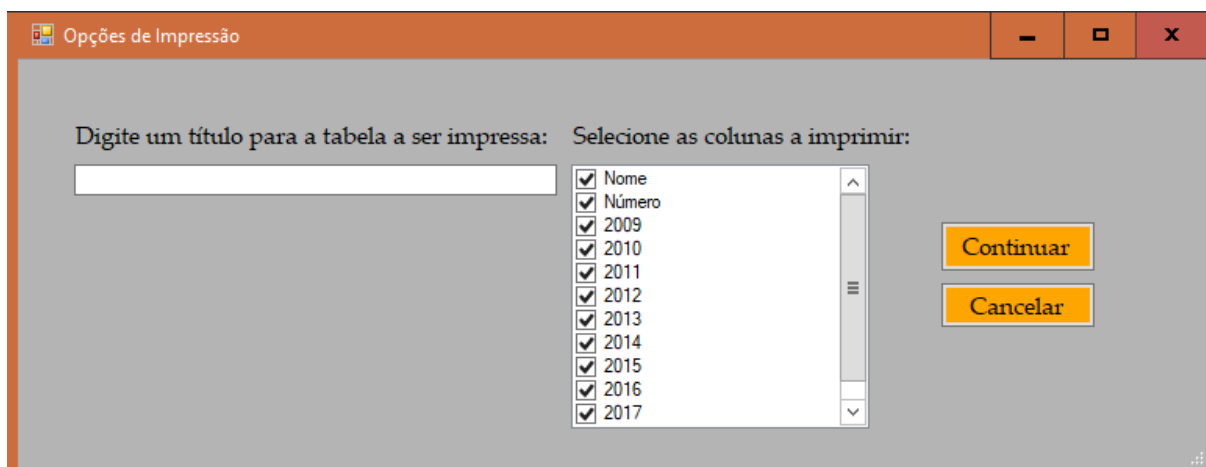


Figura 4.12 Página das Opções de Impressão

Histórico das alterações

Com o objetivo de manter todos os administradores da plataforma informados sobre as alterações efetuadas nas seções nucleares da plataforma, incluiu-se uma funcionalidade que o permitisse, como representado na figura 4.13.

Registro 10 Anos Corpo Inteiro Hp 0,07 mm					
Id	Dt. Atualizacao	Login	Hostname	Operacao	Nome
190	27/07/2018 10:51	pc-Marisa\Marisa	PC-MARISA	INSERT	Marisa Monte
189	27/07/2018 10:51	pc-Marisa\Marisa	PC-MARISA	INSERT	Marisa Monte
188	27/07/2018 10:49	pc-Marisa\Marisa	PC-MARISA	INSERT	Marisa Monte
187	27/07/2018 10:49	pc-Marisa\Marisa	PC-MARISA	INSERT	Marisa Monte
186	27/07/2018 10:49	pc-Marisa\Marisa	PC-MARISA	UPDATE	Marisa Monte
185	27/07/2018 10:49	pc-Marisa\Marisa	PC-MARISA	UPDATE	Marisa Monte

Registro 10 Anos Corpo Inteiro Hp 10 mm					
Id	Dt. Atualizacao	Login	Hostname	Operacao	Nome
186	27/07/2018 10:51	pc-Marisa\Marisa	PC-MARISA	INSERT	Marisa Monte
185	27/07/2018 10:51	pc-Marisa\Marisa	PC-MARISA	INSERT	Marisa Monte
184	27/07/2018 10:49	pc-Marisa\Marisa	PC-MARISA	INSERT	Marisa Monte
183	27/07/2018 10:49	pc-Marisa\Marisa	PC-MARISA	INSERT	Marisa Monte
182	27/07/2018 10:49	pc-Marisa\Marisa	PC-MARISA	UPDATE	Marisa Monte
181	27/07/2018 10:49	pc-Marisa\Marisa	PC-MARISA	UPDATE	Marisa Monte

Registro 10 Anos Extremidade Esquerda					
Id	Dt. Atualizacao	Login	Hostname	Operacao	Nome
172	27/07/2018 10:51	pc-Marisa\Marisa	PC-MARISA	INSERT	Marisa Monte
171	27/07/2018 10:51	pc-Marisa\Marisa	PC-MARISA	INSERT	Marisa Monte
170	27/07/2018 10:49	pc-Marisa\Marisa	PC-MARISA	INSERT	Marisa Monte
169	27/07/2018 10:49	pc-Marisa\Marisa	PC-MARISA	INSERT	Marisa Monte
168	27/07/2018 10:49	pc-Marisa\Marisa	PC-MARISA	UPDATE	Marisa Monte
167	27/07/2018 10:49	pc-Marisa\Marisa	PC-MARISA	UPDATE	Marisa Monte

Registro 10 Anos Extremidade Direita					
Id	Dt. Atualizacao	Login	Hostname	Operacao	Nome
64	27/07/2018 10:51	pc-Marisa\Marisa	PC-MARISA	INSERT	Marisa Monte
63	27/07/2018 10:49	pc-Marisa\Marisa	PC-MARISA	INSERT	Marisa Monte
62	27/07/2018 10:49	pc-Marisa\Marisa	PC-MARISA	UPDATE	Marisa Monte
61	27/07/2018 10:49	pc-Marisa\Marisa	PC-MARISA	UPDATE	Marisa Monte
60	27/07/2018 10:49	pc-Marisa\Marisa	PC-MARISA	UPDATE	Marisa Monte
59	27/07/2018 10:49	pc-Marisa\Marisa	PC-MARISA	UPDATE	Marisa Monte

Registro 5 Anos Corpo Inteiro Hp 0,07 mm					
Id	Dt. Atualizacao	Login	Hostname	Operacao	Nome
404	27/07/2018 10:51	pc-Marisa\Marisa	PC-MARISA	INSERT	Marisa Monte
403	27/07/2018 10:51	pc-Marisa\Marisa	PC-MARISA	INSERT	Marisa Monte
402	27/07/2018 10:50	pc-Marisa\Marisa	PC-MARISA	DELETE	Marisa Monte
401	27/07/2018 10:50	pc-Marisa\Marisa	PC-MARISA	DELETE	Marisa Monte
400	27/07/2018 10:50	pc-Marisa\Marisa	PC-MARISA	DELETE	Marisa Monte
399	27/07/2018 10:50	pc-Marisa\Marisa	PC-MARISA	DELETE	Marisa Monte

Registro 5 Anos Corpo Inteiro Hp 10 mm					
Id	Dt. Atualizacao	Login	Hostname	Operacao	Nome
392	27/07/2018 10:51	pc-Marisa\Marisa	PC-MARISA	INSERT	Marisa Monte
381	27/07/2018 10:51	pc-Marisa\Marisa	PC-MARISA	INSERT	Marisa Monte
380	27/07/2018 10:50	pc-Marisa\Marisa	PC-MARISA	DELETE	Marisa Monte
379	27/07/2018 10:50	pc-Marisa\Marisa	PC-MARISA	DELETE	Marisa Monte
378	27/07/2018 10:50	pc-Marisa\Marisa	PC-MARISA	DELETE	Marisa Monte
377	27/07/2018 10:50	pc-Marisa\Marisa	PC-MARISA	DELETE	Marisa Monte

Figura 4.13 Página do histórico de alterações

4.2. Gestão dos Resíduos

Login

No entanto, se a opção seguida for a da gestão dos resíduos, a página seguinte a aparecer será a representada na figura 4.14.

Bem-vindo/a à página da gestão dos resíduos!

Coloque as suas credenciais para ter acesso à sua página!



Número de Usuário

Password

Figura 4.14 Página do Login

Nesta página, o utilizador apenas tem que colocar as suas credenciais (número mecanográfico e *password*) e será redirecionado para a página de gestão dos resíduos.

Gestão dos Resíduos

Nesta página, o usuário pode inserir, alterar e remover informações referentes aos contentores de Iodo e Tecnécio, como representado na figura 4.15.

The screenshot shows a web application titled "Gestão de Resíduos". It features a top navigation bar with a "Monitorização" button. Below this, there are input fields for "Data de Libertação" and "ID do Contendor", along with a "Data de Fecho" dropdown set to "09/08/2018 00:00:00". The main area is split into two primary sections: "BioBox" and "Câmara Gamma". Each section contains a table with columns for "ID Contendor", "Tipo de Contendor", "Data de Fecho", "Isótopo Presente", "Atividade de Fundo", and "Atividade do Saco". The "BioBox" section also includes radio buttons for "Iodo" and "Tecnécio", and input fields for "Atividade de Fundo" and "Atividade do Saco e Fundo". The "Câmara Gamma" section includes radio buttons for "Excreta Líquida", "Resíduos Sólidos", and "Ambos", and input fields for "Contagem da Amostra (Detetor 1)", "Contagens do Saco", and "Contagens sem fundo". A "Calendário de libertação" is displayed for August 2018, with the 9th highlighted as "Hoje: 09/08/2018". There are several "Calcular" buttons for different calculations, and a "Impressão" section with buttons for "Impressão Dados Completos", "Impressão Seletiva Anual", and "Impressão Seletiva". At the bottom, there are "Inserir", "Alterar", and "Remover" buttons, and a "Voltar" button in the bottom right corner.

Figura 4.15 Página da gestão dos resíduos

Caso a intenção seja introduzir um novo contendor, basta colocar o ID e a data de fecho. De seguida, o usuário terá que introduzir se o resíduo pertence à classe da *biobox* ou à câmara *gamma*.

Se a opção escolhida for a *biobox*, o usuário terá que introduzir informações sobre o isótopo presente, atividade de fundo e atividade de fundo com o saco. Assim, é calculada automaticamente a atividade medida no fecho, o tempo de decaimento, a atividade final e a data de libertação.

Se a opção escolhida recair sobre a câmara *gamma*, o usuário terá que indicar a contagem do detetor 1, detetor 2 e de fundo, para a plataforma automaticamente calcular a contagem existente. Posteriormente, introduz-se informações sobre a contagem do saco, tipo de resíduo, atividade labelada e volume, onde a plataforma irá automaticamente fornecer os dados relativos à contagem do saco corrigida e da atividade inicial. Posteriormente, e à semelhança do anterior, basta colocar o isótopo presente e será calculado pela plataforma, o tempo de decaimento e a data de libertação.

No calendário ficará armazenado uma referência de que é necessário libertar um contentor nessa data. A data real de libertação fica inicialmente com a mesma data que a data de libertação, sendo que depois o usuário pode alterar esta data.

Para remover ou alterar informações basta clicar no respetivo contentor, na *datagridview*, e efetuar as ações de “Eliminar” ou “Alterar”.

Nesta funcionalidade, é dada a opção de imprimir a *datagridview*.

Monitorização de Pacientes de Terapêutica e Resíduos dos Quartos

Na seguinte página, o usuário pode inserir, alterar e remover dados sobre os resíduos provenientes dos quartos de internamento e dos pacientes que estiverem em contacto com isótopos radioativos, como representado na figura 4.16.

Figura 4.16 Página Resíduos Quarto

Para introduzir uma nova entrada, basta preencher as informações pedidas nas caixas de texto e carregar no botão “Inserir”. Quando for necessário remover algum dados, basta clicar no botão “Eliminar” e para alterar no botão “Alterar”.

Nesta funcionalidade, é dada a opção de imprimir a *datagridview*.

4.3. Estudo de Viabilidade

Viabilidade Operacional: Este estudo tem como objetivo verificar se a plataforma se adequa à empresa.

- A plataforma desenvolvida corrige uma falha que necessita de ser resolvida no seio do ambiente hospitalar, quer em termos legais (lei da proteção de dados) quer em termos de praticabilidade hospitalar (informatização do sistema);
- Os responsáveis da proteção radiológica do hospital sentem a necessidade da plataforma para colmatar o cumprimento da nova lei da proteção de dados. O usuário final fica beneficiado ao ser mais fácil e seguro ter acesso às suas informações;

Performance: Embora o sistema atual ofereça vazão à procura das informações por parte dos usuários, o tempo de resposta e o respeito pelas novas lei apenas são verificadas com a nova solução.

Informação: O atual sistema não oferece informações rápidas e seguras aos usuários, enquanto a plataforma é praticamente instantânea na oferta de respostas e segura devido ao sistema login com credenciais;

Economia: Embora o sistema atual só tenha um dispêndio constante em papel, a plataforma apenas conta com o investimento inicial na plataforma;

Controlo: Com a plataforma, o responsável pela proteção radiológica passa a ter mais controlo sobre as informações e cada funcionário apenas pode ver a sua informação, estando assim assegurado que ninguém mais vê os seus resultados, à exceção dos responsáveis pela proteção radiológica;

Eficiência: O método implementado é mais eficiente pois basta colocar informação na plataforma e toda a gente passa a ter acesso ao que lhe compete;

Serviços: Com a implementação da plataforma os serviços passam a ser mais confiáveis e seguros (sistema login);

Viabilidade Política: Este ponto visa observar a posição dos responsáveis em relação ao novo projeto.

Mediante informações recolhidas junto aos utilizadores da plataforma, APÊNDICE I, foi possível chegar a algumas conclusões, tais como:

- Os responsáveis apoiam o novo projeto;
- O usuário sabe o seu papel na plataforma e sentem a necessidade desta plataforma. Os funcionários apenas podem efetuar consultas e os responsáveis consultas e alteração de informação;

- A plataforma melhora positivamente o ambiente de trabalho do usuário, isto porque a informação que antes estava espalhada em diferentes setores da instituição, agora passa a estar num sitio comum;
- Os responsáveis e os usuários sentem que facilmente se vão conseguir adaptar à nova realidade.

Viabilidade Económica: Este parâmetro serve para medir os custos da plataforma.

- **Custo de desenvolvimento:** A plataforma é desenvolvida internamente, sem *softwares* adquiridos. As tabelas seguintes, feitas a partir do *software* COCOMO, mostram a tabulação dos custos de desenvolvimento.

Tabela 4.1 Custo de desenvolvimento dos diferentes módulos

Nome do Módulo	Tamanho do Módulo	Taxa de Trabalho (€/mês)	EAF: Produto dos cost drivers	Linguagem	Produtividade: Resultado do SLOC de cada módulo dividido pela estimativa de esforço	Custo (€)	Staff
alterar	1693	1000	0,60	C#	534,0	2955,04	0,5
bases	1265	1000	0,29	C#	1093,3	930,148	0,2
funcionalidades	1471	1000	0,38	C#	838,2	1410,88	0,2
gestao_residuos	1136	1000	0,72	C#	447,6	2040,08	0,4

Tabela 4.2 Parâmetros de cálculo dos custos de desenvolvimento

Fatores de escala	12,10
Total de linhas código	6220
Horas/mês	152

Tabela 4.3 Custo de desenvolvimento

Estimativa	Esforço da equipa de desenvolvimento	Quantidade de semanas do projeto	Produtividade	Custo do projeto (€)	Staff Necessário
Otimista	7,3	6,7	779,3	5868,97	1,1
Mais Provável	9,1	7,2	639,4	7336,21	1,3
Pessimista	11,4	7,7	511,5	9170,26	1,5

- **Custo de instalação:** A plataforma é instalada pela equipa de desenvolvimento;
- **Custos Operacionais:**
 Fixos: Salário dos desenvolvedores e do pessoal de suporte;
 Variáveis: Manutenção de *software/hardware*;

Viabilidade Técnica: Este ponto pretende analisar os parâmetros intervenientes na produção da plataforma.

- A solução é prática;
- A tecnologia, conhecimento técnico já é existente na instituição;
- O cronograma apresentado é razoável de ser aplicado.

5. Conclusão

O apoio à gestão de uma unidade de saúde tornou-se uma das principais tarefas e objetivo da informatização de dados. Portanto, é dentro deste ponto que surge a oportunidade da criação da plataforma de gestão de dados de dosimetria individual e de resíduos.

Com o intuito de aprofundar os conhecimentos nas duas áreas em questão e para delinear quais os pontos essenciais para a elaboração desta plataforma, foi efetuado um estudo sobre o estado atual da dosimetria e da gestão dos resíduos em Portugal. Assim, foi possível observar quais as obrigatoriedades da plataforma mediante a legislação em vigor e quais seriam as funcionalidades mais adequadas a serem implementadas para abranger todos os parâmetros legais e ao mesmo tempo permitir a maior simplicidade de uso.

De seguida, contrabalançou-se as funcionalidades requeridas pelo serviço em questão e as permitidas a nível da informatização de dados para traçar qual o planeamento mais apropriado para a plataforma. Assim, foram definidas quais as funcionalidades a serem implementadas, e avançou-se para o desenvolvimento e implementação da plataforma nos serviços.

À medida trabalho que o trabalho foi desenvolvido, foi possível observar que todos os objetivos delineados inicialmente para a realização desta plataforma foram alcançados. Dentro destes objetivos é importante salientar que com o sistema login ficou assegurada a lei de proteção de dados, a informatização dos dados permitiu que a gestão e consulta destes ficasse mais facilitada e permitiu a interligação entre os três serviços associados à plataforma.

Os serviços abrangidos conseguem, através deste projeto, organizar e planificar mais facilmente as medidas relativas à dosimetria individual, onde todos os dados relevantes se aglomeram num único local de fácil acesso. Já com o algoritmo dos resíduos, com capacidade de determinar a data de libertação e construção do calendário, esta gestão fica mais completa ao revés do processo antigo onde apenas existia uma folha de para cálculo das datas de libertação.

A plataforma irá ficar implementada em dois locais: Maio Clinic, Especialidades Médicas SA em Santa Maria da Feira e HPP Medicina Molecular SA no Porto, onde a base de dados se encontra alocada num servidor e os funcionários tem acesso a ela através de um executável instalado nos computadores selecionados.

6. Trabalho Futuro

Embora os objetivos principais da plataforma tenham sido alcançados com sucesso, existe sempre espaço para desenvolvimentos e melhorias futuras.

No que respeita à gestão dosimétrica, seria interessante incluir na plataforma a possibilidade de realizar *backups* de informação, para o caso de alguma anormalidade acontecer, e acrescentar uma funcionalidade que permitisse estudos comparativos entre diferentes funcionários e hospitais. De forma a tornar a plataforma mais versátil e eficaz, seria interessante colocar os dados provenientes dos dosímetros a entrar diretamente na plataforma, sendo que para tornar isto possível seria necessário criar uma parceria com a empresa responsável pelos dosímetros.

No que respeita à gestão de resíduos, seria positivo inserir na plataforma notificações para alertar da data de libertação dos resíduos e embutir, no calendário já existente, a possibilidade de inserir notas e comentários por parte do utilizador.

Outro ponto importante de atingir futuramente seria converter a plataforma para sistema *android* e *ios*. Assim, a plataforma poderia funcionar em *smartphones* e *tablet* com alertas sobre a aproximação da data de libertação dos contentores, os resultados dos dosímetros, a troca de dosímetros ou qualquer valor ultrapassasse o normal desejado.

Com o intuito de tornar esta plataforma o mais integrada possível com os restantes *softwares* médicos, seria interessante associa-la a softwares já existentes, responsáveis pela gestão dos exames realizados, de modo a criar paralelismos entre os exames realizados por funcionário e as doses de exposição.

Por fim, seria de interesse criar um mecanismo que permitisse alertar os administradores sobre a entrada em vigor de novas leis quer da gestão dosimétrica, quer da gestão de resíduos.

Embora todas as funcionalidades presentes na plataforma estejam funcionais, é sempre importante a procura de atualizações com o intuito de cada vez a tornar mais rápida e eficaz no apoio à gestão dosimétrica e dos resíduos.

7. Anexos

ANEXO I – Exames realizados em Medicina Nuclear

Adaptado de: Barboza, A. (2009). GESTÃO DE REJEITOS RADIOATIVOS EM SERVIÇOS DE MEDICINA NUCLEAR

Exame	Definição	Principais Radiofármacos	Dose	Tipo de aplicação	Resíduos
Cintigrafia Óssea	Exame que tem como objetivos detetar vários tipos de doença, de forma precoce e avaliar todo o esqueleto	^{99m}Tc	20-30 mCi	Injetável e eliminada através da urina	Seringa, material que o paciente esteve em contacto, excreta líquida
Cintigrafia de perfusão do miocárdio	Exame que tem como objetivo verificar se alguma área do miocárdio não está a receber sangue suficiente, quando submetido a stress	^{99m}Tc e ^{201}Tl	^{99m}Tc : Protocolo de 1 dia: 40 mCi Protocolo de 2 dias: Dose 10 a 30 mCi para cada injeção ^{201}Tl : 3,5 mCi no total		Seringas, material que o paciente esteve em contacto
Cintigrafia da tiroide	Exame que verifica o estado funcional dos nódulos e deteta metástase de carcinoma	^{131}I , ^{123}I , ^{99m}Tc		^{99m}Tc : Injetado ^{131}I : Cápsula	Seringas, material que entra em contacto com o paciente
Cintigrafia de ventilação e perfusão pulmonar	Usada quando à suspeita de embolia pulmonar e doenças obstrutivas crónicas	Gases radioativos que incluem o ^{133}Xe	370 a 740 MBq		Material que entra em contacto com o paciente
SPECT	Estudos cardíacos, tumores, e estudo funcional do cérebro	^{99m}Tc	15 a 30 mCi	Injetável	Seringas e material que esteve em contacto com o paciente

ANEXO II – Limites de Dose de Radiação Ionizante estabelecidos a nível nacional

Fonte: Santos, C. S., Rosário, P., Moreira, S., Telo, E., Manzano, M. J., Leite, E. S., ... Dias, J. B. (2016). Guia técnico n.º 1. *Direção Geral Da Saúde*, 1–68

Trabalhadores Expostos

Limites de Dose	Valor limite	Período	Condição
Limite de Dose efetiva	100 mSv	Valor para 5 anos consecutivos	Durante o quinquénio o valor não deve ultrapassar uma dose efetiva de 50 mSv em cada ano.
	20 mSv	Valor anual	
Limite de Dose equivalente do cristalino	150 mSv	Valor anual	Deve simultaneamente respeitar o limite de dose efetiva.
Limite de Dose equivalente para a pele	500 mSv	Valor anual	Aplica-se à dose média numa superfície de 1 cm ² , independentemente da área exposta. Deve simultaneamente respeitar o limite de dose efetiva.
Limite de Dose equivalente para as extremidades	500 mSv	Valor anual	Deve simultaneamente respeitar o limite de dose efetiva.

Estudantes e Aprendizizes que utilizam fontes de radiação

Limites de Dose	Valor limite	Período	Condição
Limite de Dose efetiva	100 mSv	Valor para 5 anos consecutivos	Com idade igual ou superior a 18 anos - durante o quinquénio o valor não deve ultrapassar uma dose efetiva de 50 mSv em cada ano.
	20 mSv	Valor anual	Com idade igual ou superior a 18 anos

	6 mSv	Valor anual	Com idade entre os 16 e os 18 anos
Limite de Dose equivalente do cristalino	50 mSv	50 mSv	Deve simultaneamente respeitar o limite de dose efetiva.
Limite de Dose equivalente para a pele	150 mSv	Valor anual	Aplica-se à dose média numa superfície de 1 cm ² , independentemente da área exposta. Deve simultaneamente respeitar o limite de dose efetiva.
Limite de Dose equivalente para as extremidades	150 mSv	Valor anual	Deve simultaneamente respeitar o limite de dose efetiva.

Trabalhadoras Grávidas¹ e Lactantes e membros do público

Limites de Dose	Valor limite ²	Período	Condição
Limite de Dose efetiva	1 mSv	Valor anual	O limite pode ser excedido num determinado ano, desde que a dose média ao longo de 5 anos consecutivos não exceda 1 mSv por ano.
Limite de Dose equivalente do cristalino	15 mSv	Valor Anual	Deve simultaneamente respeitar o limite de dose efetiva.
Limite de Dose equivalente para a pele	50 mSv	Valor anual	Aplica-se à dose média numa superfície de 1 cm ² , independentemente da área exposta. Deve simultaneamente respeitar o limite de dose efetiva.

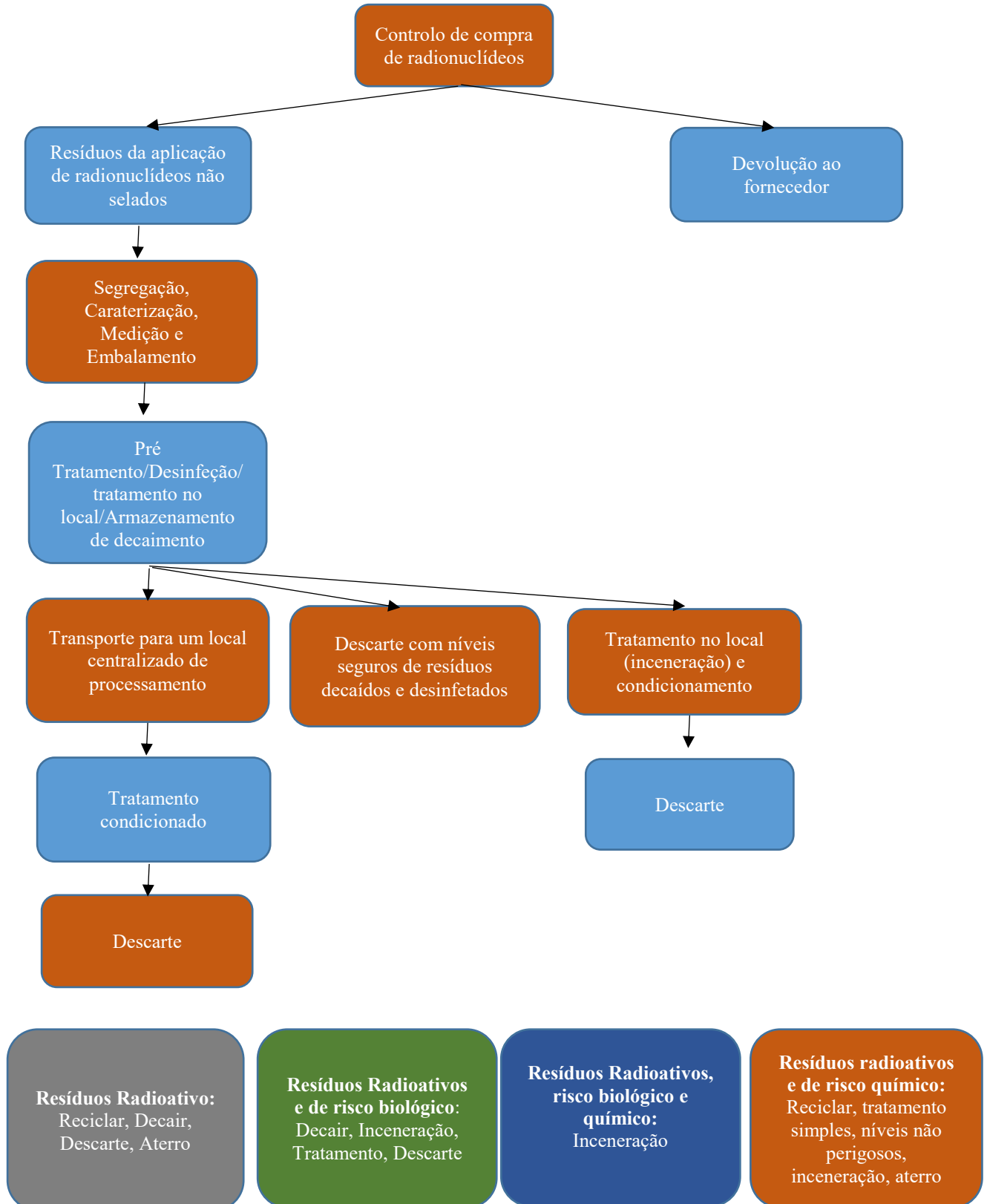
¹ A dose equivalente recebida pelo feto não deverá exceder 1mSv durante o período da gravidez; a exposição da trabalhadora grávida não deverá ultrapassar os limites de dose estabelecidos para os membros do público.

² Os resultados das avaliações das tripulações de voo devem estar abaixo dos limites anuais para os membros do público – artigo 16.º do Decreto-Lei n.º 222/2008, de 17/11.

*“No que respeita às **trabalhadoras lactantes**, determina-se que estas não podem desempenhar funções com risco significativo de contaminação radioativa do organismo”* (ponto 3, artigo 7º do Decreto-Lei n.º 222/2008, de 17/11).

ANEXO III – Fluxograma do Tratamento de Resíduos com Radionuclídeos

Fonte: International Atomic Energy Agency. (2000). Management of radioactive waste from the use of radionuclides in medicine. *International Atomic Energy Agency*, (November).



ANEXO IV– Radionuclídeos mais utilizados em medicina e investigação

Fonte: Sampaio, J. M., & Fonseca, A. C. (2015). *Orientações para a Gestão Segura de Resíduos Radioativos para Armazenagem à Superfície.*

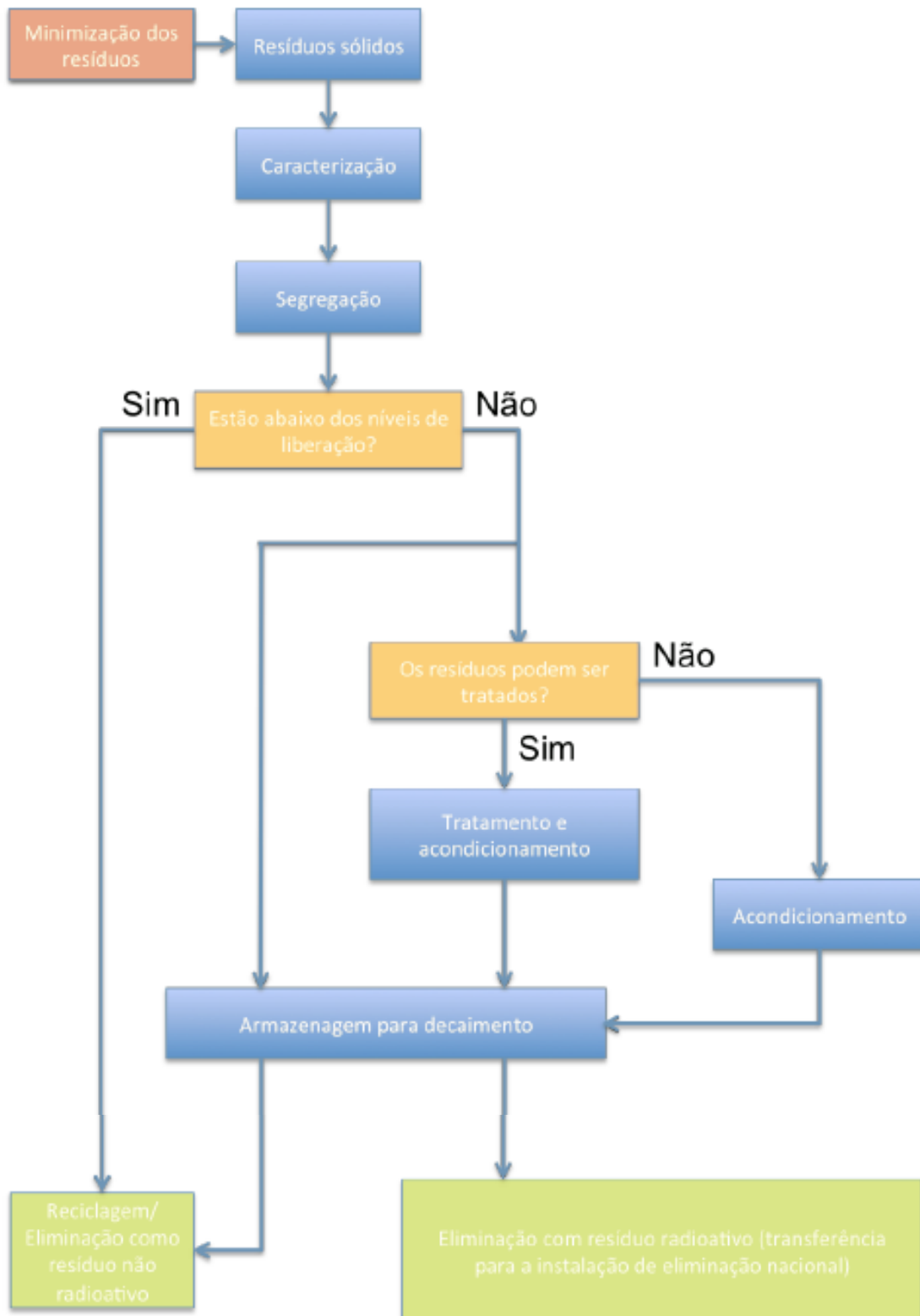
Radionuclídeo	Semivida	Aplicações	Atividade por aplicação	Características do resíduo	Tipo de Fonte
³ H	12,3 Anos	Radiomarcagem, Investigação biológica e síntese orgânica	<50 GBq	Solventes, sólido, líquido	Não Selada
¹¹ C	20,4 Meses	PET e estudos de ventilação pulmonar	<2 GBq	Sólido, líquido	Não Selada
¹⁴ C	5730 anos	Diagnóstico Médico	<1MBq	Sólido, Líquido, Solvente	Não Selada
¹⁵ O	122 Semanas	PET e estudos de ventilação pulmonar	< 2 GBq	Sólido, líquido	Não Selada
¹⁸ F	1,8 Horas	PET	<500 MBq	Sólido, líquido	Não Selada
²⁴ Na	15,0 Horas	Investigação biológica	<5 GBq	Líquido	Não Selada
³² P	14,3 Dias	Medicina Nuclear terapêutica	<200 MBq	Sólido, líquido	Não Selada
³⁵ S	87,4 Dias	Investigação médica e biológica	<5 GBq	Sólido, líquido	Não Selada
⁴⁵ Ca	163 Dias	Investigação Biológica	< 100 MBq	Principalmente sólido, líquido	Não Selada
⁴⁶ Sc	83,8 Dias	Investigação médica e biológica	<500 MBq	Sólido, Líquido	Não Selada
⁵¹ Cr	27,7 Dias	Medicina Nuclear de diagnóstico e Investigação Biológica	<5 MBq e <100 MBq	Sólido e Efluente Líquido	Não Selada
⁵⁷ Co ⁵⁸ Co	271,7 Dias 70,8 Dias	Medicina Nuclear de diagnóstico e Investigação Biológica	<50 MBq	Sólido, efluente líquido	Não Selada
⁵⁹ Fe	44,5 Dias	Medicina Nuclear de diagnóstico e Investigação Biológica	<50 MBq	Sólido, Líquido	Não Selada
⁶⁷ Ga	3,3 Dias	Medicina Nuclear de diagnóstico	<200 MBq	Sólido, Líquido	Não Selada
⁶⁸ Ga	68,2 Meses	PET	<2 GBq	Sólido, Líquido	Não Selada

⁷⁵ Se	120 Dias	Medicina Nuclear de diagnóstico	<10 MBq	Sólido, Líquido	Não Selada
^{81m} Kr	13,3 Semanas	Estudos de ventilação pulmonar	<6 GBq	Gasoso	Não Selada
⁸⁵ Sr	64,8 Dias	Investigação Biológica	<50 MBq	Sólido, Líquido	Não Selada
⁸⁶ Rb	18,7 Dias	Investigação médica e biológica	<50 MBq	Sólido, líquido	Não Selada
^{82m} Rb	6,2 Horas	Medicina Nuclear de diagnóstico	<50 MBq	Sólido, líquido	Não Selada
⁸⁹ Sr	50,5 Dias	Medicina Nuclear Terapêutica	<300 MBq	Sólido, Líquido	Não Selada
⁹⁰ Y	2,7 Dias		<300 MBq	Sólido, líquido	Não Selada
⁹⁵ Nb	35,0 Dias	Investigação médica e biológica	< 50 MBq	Sólido, Líquido	Não Selada
^{99m} Tc	6,0 Horas	Medicina Nuclear terapêutica e Investigação biológica	<100 MBq	Sólido, líquido	Não Selada
¹¹¹ In	2,8 Dias	Análises clínicas e Investigação biológica	<50 MBq	Sólido, líquido	Não Selada
¹²³ I ¹²⁵ I	13,2 Horas 60,1 Dias	Investigação médica e biológica, Medicina Nuclear de diagnóstico	<500 MBq	Sólido, líquido, ocasionalmente vapor	Não Selada
¹³¹ I	8,0 Dias	Medicina Nuclear terapêutica	<11 GBq		Não Selada
¹¹³ Sn	155,0 Dias	Investigação médica biológica	<50 GBq	Sólido, Líquido	Não Selada
¹³³ Xe	5,3 Dias	Medicina Nuclear De diagnóstico	<400 MBq	Gasoso, sólido	Não Selada
¹⁵³ Sm	1,9 Dias	Medicina Nuclear terapêutica	<8 GBq	Sólido, líquido	Não Selada
¹⁶⁹ Er	9,3 Dias	Medicina Nuclear terapêutica	<500 MBq	Sólido, Líquido	Não Selada
¹⁹⁸ Au	2,7 Dias	Medicina Nuclear terapêutica e de diagnóstico	<500 MBq	Sólido, Líquido	Não Selada
²⁰¹ Tl	3,0	Medicina Nuclear de diagnóstico	<200 MBq	Sólido, Líquido	Não Selada
²⁰³ Hg	46,6 Dias	Investigação biológica	<5 MBq	Sólido, Líquido	Não Selada

¹⁵³ Gd	244.0 Dias	Medicina Nuclear	1–40 GBq		Selada
¹²⁵ I	60.1 Dias	Medicina Nuclear	1–10 GBq		Selada
³² P	14.3 Dias	Braquiterapia com implantes permanentes			Selada
⁶⁰ Co	5.3 Anos	Braquiterapia com implantes permanentes	50 - 1500 MBq		Selada
⁹⁰ Sr	29.1 Anos	Braquiterapia com implantes permanentes	50 - 1500 MBq		Selada
¹⁰³ Pd	17.0 Anos	Braquiterapia com implantes permanentes	50 - 1500 MBq		Selada
¹⁹² Ir	74.0 Dias	Braquiterapia com implantes permanentes			Selada
¹⁰⁶ Ru	1.01 Anos	Braquiterapia com implantes permanentes			Selada
¹⁹⁸ Au	2.7 Dias	Braquiterapia com implantes permanentes	50 - 500 MBq		Selada
¹³⁷ Cs	30.0 Anos	Braquiterapia com <i>after-loading</i>	0.03 - 10 MBq		Selada
¹⁹² Ir	74.0 Dias	Braquiterapia com <i>after-loading</i>	200 TBq		Selada
⁶⁰ Co	5.3 Anos	Radioterapia Externa	50 - 100 TBq		Selada
⁶⁰ Co	5.3 Anos	Investigação	<750 TBq		Selada
¹³⁷ Cs	30.0 Anos	Investigação	<13 TBq		Selada

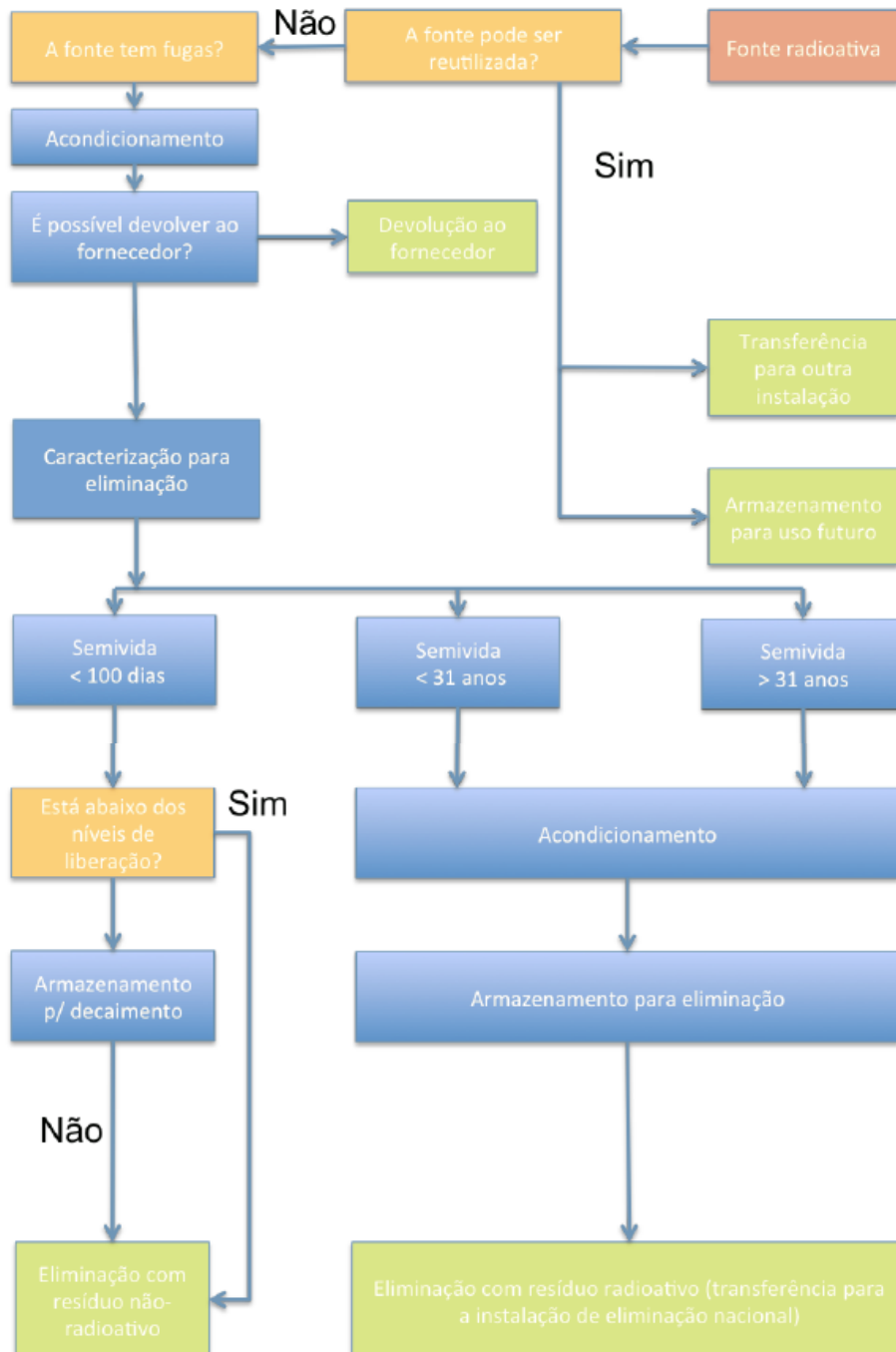
ANEXO V – Fluxograma da gestão de Resíduos Sólidos Radioativos

Fontes: Sampaio, J. M., & Fonseca, A. C. (2015). *Orientações para a Gestão Segura de Resíduos Radioativos para Armazenagem à Superfície*.



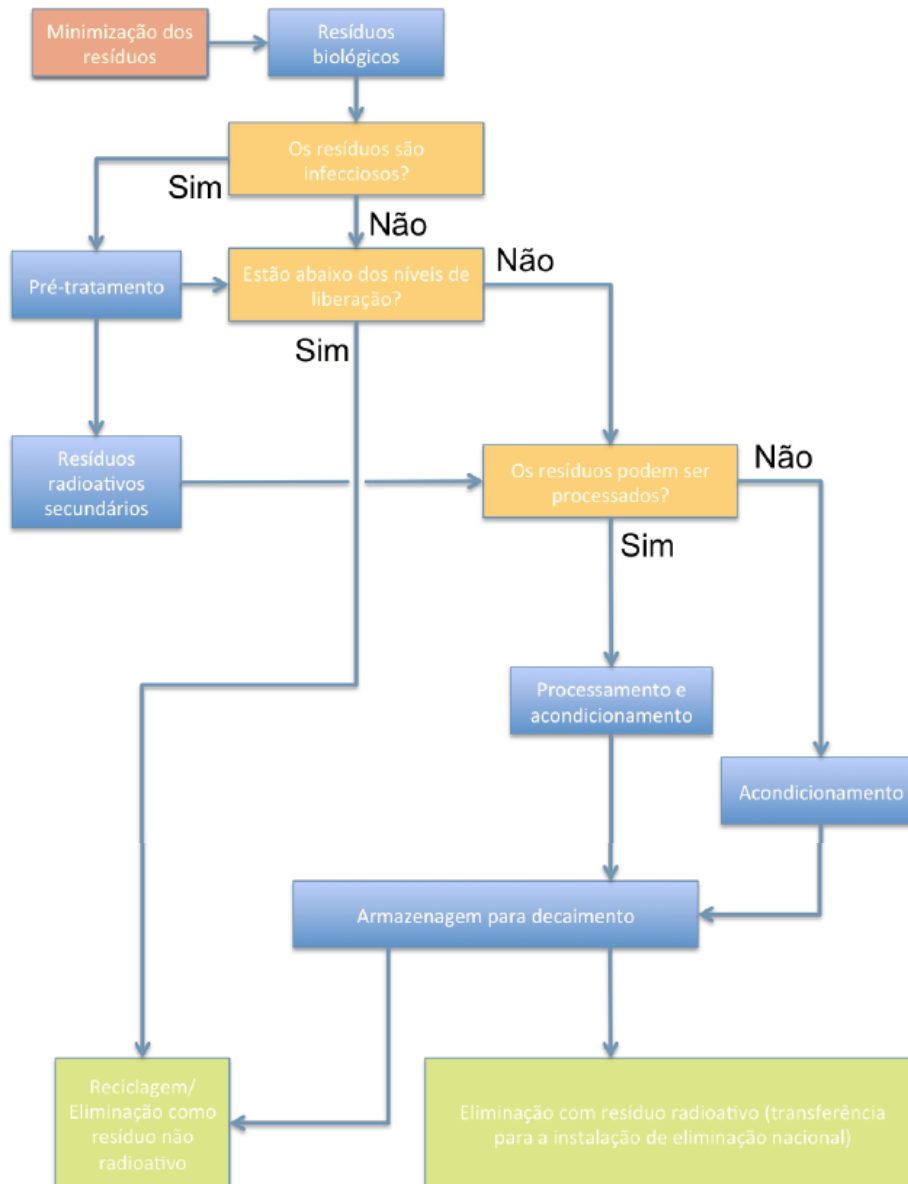
ANEXO VI – Fluxograma da Gestão de Fontes Radioativas

Fontes: Sampaio, J. M., & Fonseca, A. C. (2015). *Orientações para a Gestão Segura de Resíduos Radioativos para Armazenagem à Superfície*.



ANEXO VII – Fluxograma da Gestão de Resíduos Radioativos Biológicos

Fontes: Sampaio, J. M., & Fonseca, A. C. (2015). *Orientações para a Gestão Segura de Resíduos Radioativos para Armazenagem à Superfície*.



ANEXO VIII – Folha de Resultados da Dosimetria Individual

Dosimetria Individual		Ano 2018 HPP-MM													Soma 2017
		Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez		
	Hp(0,07)													0,00	
	Hp(10)													0,00	
	Hp(0,07)													0,00	
	Hp(10)													0,00	
	Hp(0,07)													0,00	
	Hp(10)													0,00	
	Hp(0,07)													0,00	
	Hp(10)													0,00	
	Hp(0,07)													0,00	
	Hp(10)													0,00	
	Hp(0,07)													0,00	
	Hp(10)													0,00	
	Hp(0,07)													0,00	
	Hp(10)													0,00	

Dosimetria Extremidades		Ano 2018 HPP-MM													Soma 2017
		Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez		
	Anel dto													0,00	
	Anel esq													0,00	
	Anel dto													0,00	
	Anel esq													0,00	
	Anel dto													0,00	
	Anel esq													0,00	
	Anel dto													0,00	
	Anel esq													0,00	
	Anel dto													0,00	
	Anel esq													0,00	
	Anel dto													0,00	
	Anel esq													0,00	
	Anel dto													0,00	
	Anel esq													0,00	
	Pulso dto													0,00	
	Pulso esq													0,00	
	Anel dto													0,00	
	Anel esq													0,00	
	Anel dto													0,00	
	Anel esq													0,00	

Dosimetria Individual		Soma Anual									
		2018	2017	2016	2015	2014	2013	2012	2011	2010	2009
	Hp(0,07)										
	Hp(10)										
	Hp(0,07)										
	Hp(10)										
	Hp(0,07)										
	Hp(10)										
	Hp(0,07)										
	Hp(10)										
	Hp(0,07)										
	Hp(10)										
	Hp(0,07)										
	Hp(10)										
	Hp(0,07)										
	Hp(10)										
	Hp(0,07)										
	Hp(10)										
	Hp(0,07)										
	Hp(10)										

8. Apêndices

APÊNDICE I – Questionário e Resultados

Inquérito: Utilização da plataforma de gestão de dados/protocolos de Proteção Radiológica

I – Dados Pessoais

Sexo

F

M

Categoria da Administração

Funcionário

Administrador

II – Navegação na plataforma

A navegação na plataforma é simples?

Sim

Não

A aplicação é fácil e intuitiva?

Sim

Não

III – Apresentação da Informação

A informação é apresentada de forma simples e adequada?

Sim

Não

É fácil de encontrar a informação pretendida?

Sim

Não

O aspeto visual é agradável?

Sim

Não

Considera as cores e apresentação adequados ao meio de trabalho?

Sim

Não

IV - Notificações

Considera úteis os alertas de troca de dosímetros, disponibilização de dados e de valores elevados?

Sim

Não

V – Utilização da plataforma

Considera a aprendizagem da utilização da aplicação acessível?

Sim

Não

A plataforma é útil na gestão das dosimetrias individuais e resíduos?

Sim

Não

A plataforma aumentou o seu desempenho no processo de gestão da informação?

Sim

Não

A plataforma facilita a realização do seu trabalho?

Sim

Não

A plataforma minimiza o tempo do processo de inserção e gestão de dados?

Sim

Não

Sente a necessidade desta plataforma?

Sim

Não

VI – Comparação do sistema atual e da plataforma

Como categoriza o atual sistema de informação da dosimetria individual?

Bom

Mau

Acha que a nova plataforma vai melhorar o sistema atual?

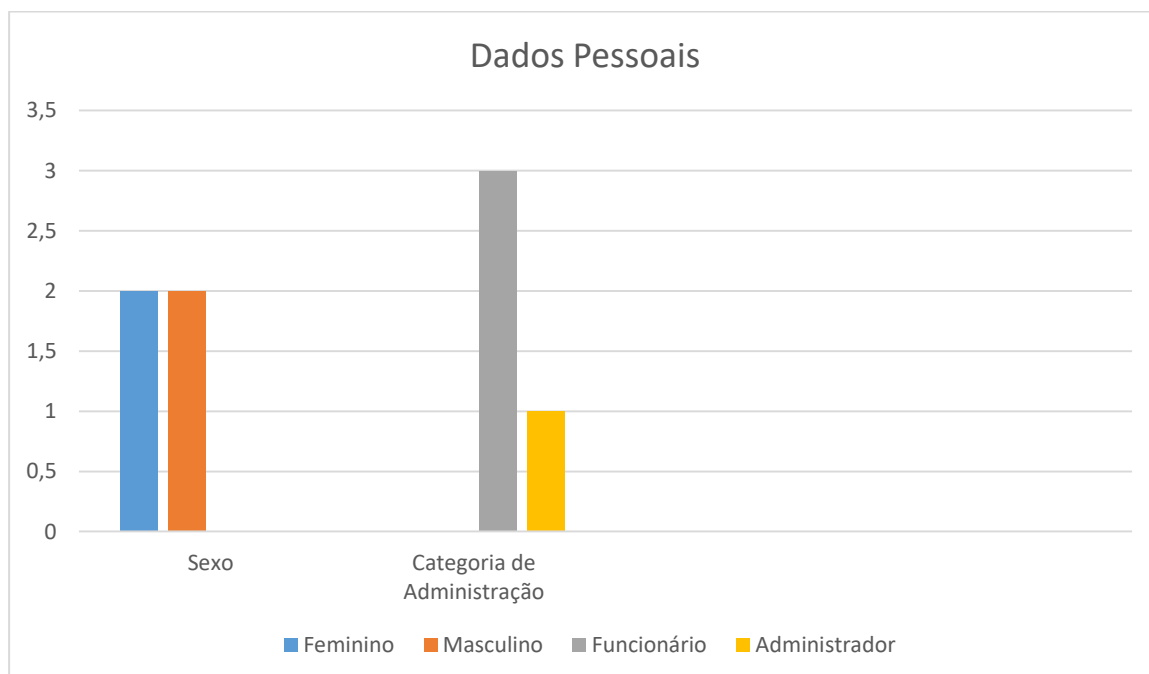
Sim

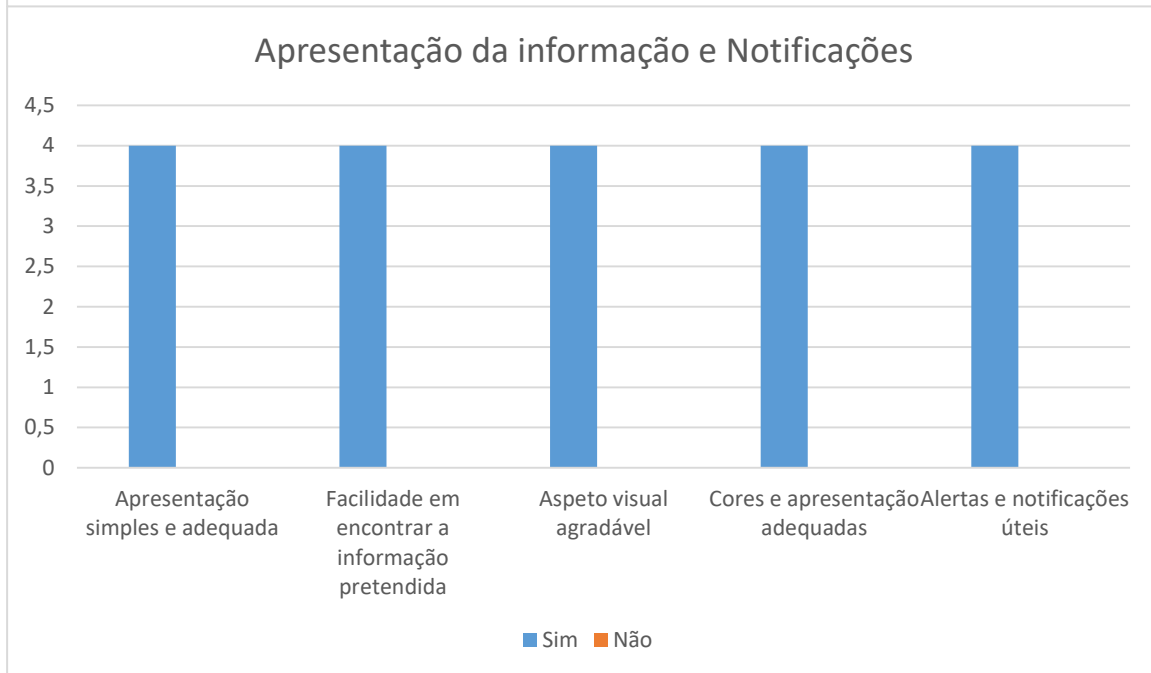
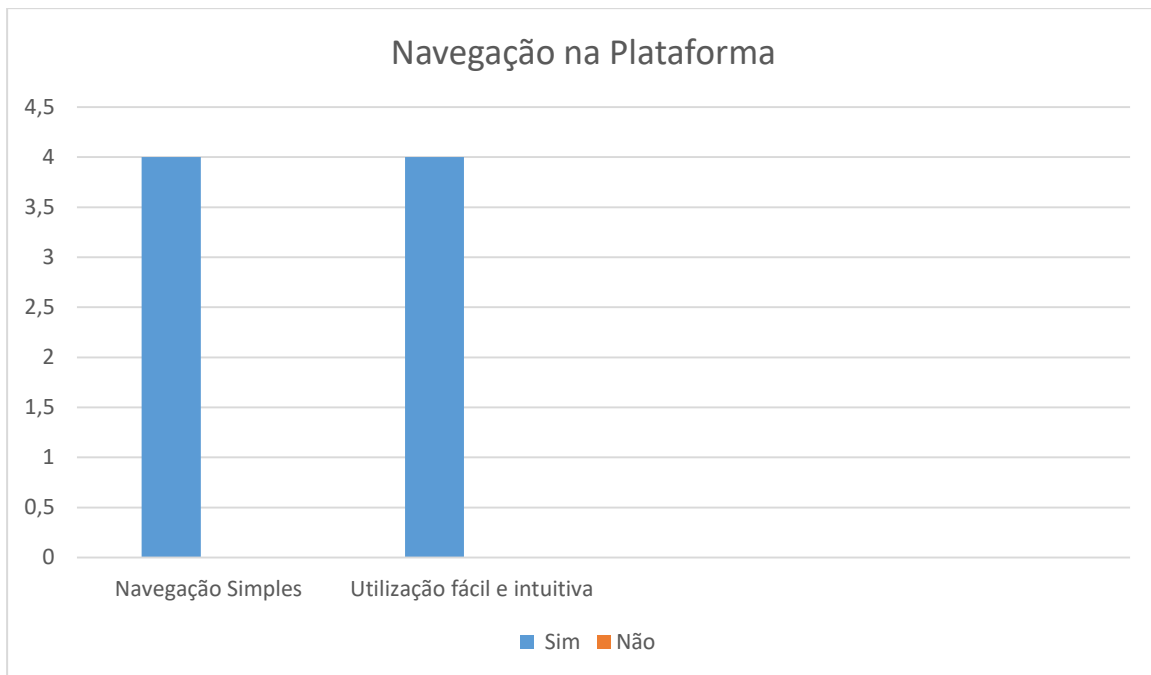
Não

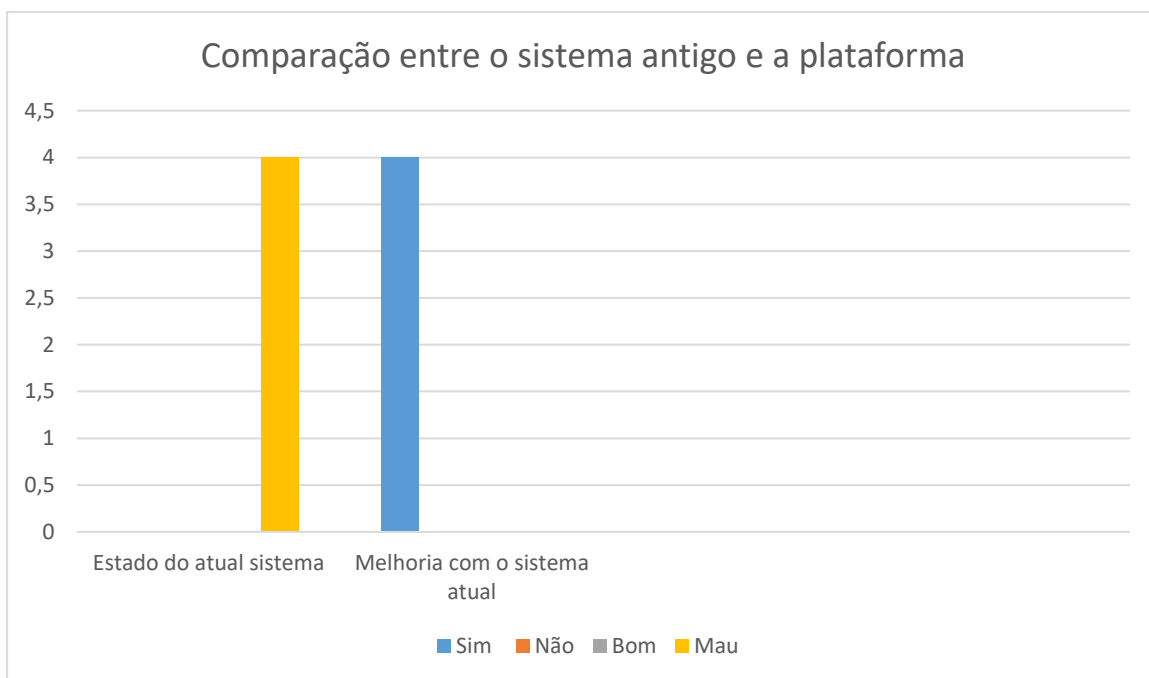
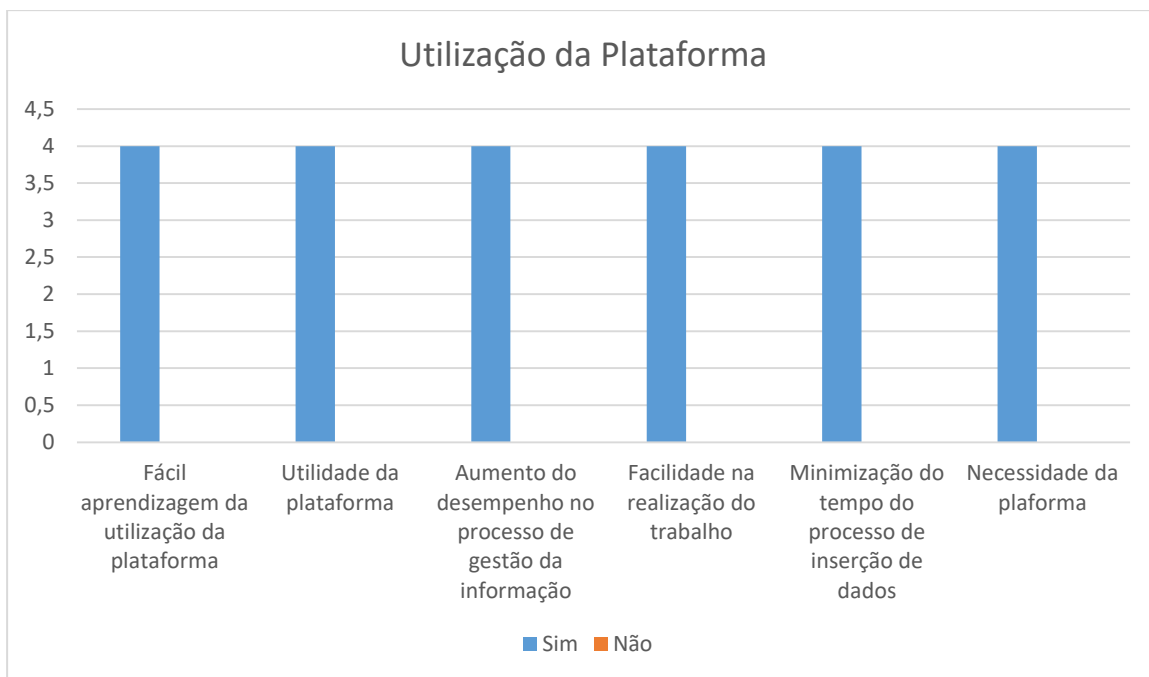
O que gosta mais no produto?

O que melhoraria no produto?

Resultados:







Apreciações feita ao produto:

- Facilita o trabalho aos funcionários;
- Aspeto visual agradável;
- Fácil navegação;
- Informação acessível;

9. Bibliografia

- Ahmad, S. K. R. (2010). Radioactive Waste Management in An Hospital. *International Journal*, (1), 39–46.
- Arpansa. (2008). *Safety Guide for Radiation Protection in Nuclear Medicine*.
- Barboza, A. (2009). GESTÃO DE REJEITOS RADIOATIVOS EM SERVIÇOS DE MEDICINA NUCLEAR.
- Carapinha, M. J. F. R. (2009). *Exposição de Profissionais de Saúde a Radiações Ionizantes*. Universidade Nova de Lisboa.
- de Castro Bienert, I. R., de Oliveira, L. C., da Silva, P. A., Miwa, D. T. K., Florêncio, C. L. B., Mota, R. L., ... de Andrade, P. B. (2016). Avaliação da radiação espalhada e do impacto dos dispositivos locais de proteção em laboratório de cardiologia intervencionista. *Revista Brasileira de Cardiologia Invasiva*, 24(1–4), 38–43.
<https://doi.org/10.1016/j.rbciev.2017.10.008>
- Decreto Lei 222/2008 de 17 de novembro
- Decreto Lei 182/2002 de 8 de agosto
- Decreto Lei 165/2002 de 17 de julho
- Decreto Lei 167/2202 de 18 de julho
- Decreto Lei 227/2008
- Direção Geral de Saúde. (2018). Radiações Ionizantes. Retrieved February 19, 2018, from <https://www.dgs.pt/saude-ambiental/areas-de-intervencao/radiacoes/ionizantes/enquadramento.aspx>
- Dosimetria, C. de. (2018). Dosímetro. Retrieved July 10, 2018, from <https://www.dosimetria.com/>
- Duarte, L. H. da S. T., Pereira, J. P. T. G., Ferreira, A. I. V. da C. e S., Salgado, L. M. M., Teixeira, J. P. V. P., Lima, J. M. C. P. de, ... Nunes, A. S. M. (2016). *Medicina Nuclear*.
- Flores, C. (2018). Radiações. Retrieved July 31, 2018, from http://www.saudeesegurancaotrabalho.org/radiacoes_ao_ionizantes/
- IAEA. (2002). Nuclear Technology Review 2002. *International Atomic Energy Agency*. Retrieved from <http://www.iaea.org/OurWork/ST/NE/Pess/assets/ntr2002.pdf>
- International Atomic Energy Agency. (2000). Management of radioactive waste from the use of radionuclides in medicine. *International Atomic Energy Agency*, (November).
- Ravichandran, R., Binukumar, J. P., & Arunkumar, L. S. (2011). An overview of radioactive waste disposal procedures of a nuclear medicine department. *Journal of Medical Physics*

/ Association of Medical Physicists of India, 1–11.

Sampaio, J. M., & Fonseca, A. C. (2015). *Orientações para a Gestão Segura de Resíduos Radioativos para Armazenagem à Superfície.*

Santos, C. S., Rosário, P., Moreira, S., Telo, E., Manzano, M. J., Leite, E. S., ... Dias, J. B. (2016). Guia técnico n.º 1. *Direção Geral Da Saúde, (VIGILÂNCIA DA SAÚDE DOS TRABALHADORES EXPOSTOS A RADIAÇÃO IONIZANTE)*, 1–68.