



**Escola Superior
de Tecnologia
da Saúde**

Politécnico de Coimbra

Catarina Luís Campos Morera

RELATÓRIO DE ESTÁGIO EM RESSONÂNCIA MAGNÉTICA

Relatório de Estágio no âmbito do mestrado em Imagem Médica e Radioterapia, orientada pela Professora Doutora Rute Andreia Martins dos Santos e supervisionado pelo Técnico Nuno Melo e apresentada à Escola Superior de Tecnologia da Saúde do Politécnico de Coimbra

Outubro 2024



**Escola Superior
de Tecnologia
da Saúde**
Politécnico de Coimbra



**Escola Superior
de Tecnologia
da Saúde**

Politécnico de Coimbra

RELATÓRIO DE ESTÁGIO EM RESSONÂNCIA MAGNÉTICA

Catarina Luís Campos Morera

Relatório de Estágio no âmbito do mestrado em Imagem Médica e Radioterapia, orientada pela Professora Doutora Rute Andreia Martins dos Santos e supervisionado pelo Técnico Nuno Melo e apresentada à Escola Superior de Tecnologia da Saúde do Politécnico de Coimbra

Outubro 2024



**Escola Superior
de Tecnologia
da Saúde**
Politécnico de Coimbra

AGRADECIMENTOS

Quero agradecer a todos aqueles que de alguma forma contribuíram para a realização deste estágio.

À minha família, em especial ao meu marido e filhos pela ajuda e suporte emocional prestado.

Agradeço também à orientadora Professora Rute Andréia Martins dos Santos e ao técnico Nuno Camelo por todo o apoio, disponibilidade e compreensão durante a realização deste estágio.

Para finalizar um agradecimento especial, a todas as colegas da Clínica Affidea de Castelo Branco que me ajudaram através da sua disponibilidade, compreensão, profissionalismo e partilha de conhecimentos, nomeadamente às técnicas Elsa Duarte, Inês Alves, Joana Fonseca, Stephanie Alves e Tania Tamas.

Gostaria também de referir todas as assistentes operacionais e os utentes, pois de forma indireta contribuíram para o meu crescimento e desenvolvimento pessoal e profissional.

A todas estas pessoas o meu sincero obrigado.

RESUMO

Este relatório, realizado no âmbito da Unidade Curricular de Estágio em Imagem Médica e Radioterapia do 2º ano do Mestrado em Imagem Médica e Radioterapia na Escola Superior de Tecnologia de Coimbra, descreve a experiência clínica vivida durante um estágio de 300 horas na área de Ressonância Magnética (RM) na Clínica Affidea de Castelo Branco. O documento detalha as atividades realizadas, os conhecimentos e competências adquiridas, os procedimentos implementados e a análise de casos clínicos observados, com o objetivo de complementar a formação teórica com uma experiência prática abrangente.

O relatório apresenta a organização do departamento de RM, os equipamentos utilizados, os exames mais frequentemente realizados e as especificidades técnicas que diferenciam esta modalidade de imagiologia. Adicionalmente, realça a importância da aplicação prática de conceitos teóricos, como a seleção de parâmetros técnicos para otimização das imagens e a adaptação dos protocolos às necessidades individuais dos pacientes.

A importância dos clínicos, nomeadamente dos médicos radiologistas, é central para o processo de diagnóstico e tratamento. Estes profissionais são responsáveis pela interpretação das imagens, identificação de patologias e elaboração de relatórios clínicos, garantindo que os resultados sejam integrados de forma eficaz no cuidado ao paciente. A colaboração interdisciplinar entre os médicos e técnicos é essencial para a realização de exames de alta qualidade e para o desenvolvimento de estratégias diagnósticas personalizadas.

Igualmente relevante é o papel do técnico de RM, que assume responsabilidades cruciais durante todo o processo de aquisição das imagens. Estas incluem a preparação dos pacientes, desde a explicação dos procedimentos até à colocação de antenas de radiofrequência; a seleção e execução dos protocolos de exame adequados; e a garantia da segurança e conforto do paciente, especialmente em situações mais sensíveis, como em casos de claustrofobia ou na administração de contraste. A competência técnica do profissional reflete-se diretamente na qualidade das imagens adquiridas, o que é fundamental para um diagnóstico preciso.

Este estágio proporcionou um contacto direto com a prática clínica, permitindo o desenvolvimento de competências técnicas e interpessoais. A interação com os pacientes foi

uma componente chave, destacando a importância da empatia e da comunicação na gestão das ansiedades comuns durante os exames de RM. Além disso, a oportunidade de trabalhar em equipa com outros profissionais fomentou uma abordagem integrada, evidenciando a necessidade de coordenação eficiente entre diferentes áreas da imagiologia médica.

Em conclusão, este estágio revelou-se uma experiência enriquecedora e indispensável para o desenvolvimento profissional, ao proporcionar um equilíbrio entre a teoria e a prática. Destacou-se a importância do trabalho dos clínicos e dos técnicos de RM no diagnóstico por imagem, sublinhando o impacto direto destas funções no bem-estar e na saúde dos pacientes.

ABSTRACT

This report, carried out as part of the Clinical Internship Unit in Medical Imaging and Radiotherapy during the 2nd year of the Master's Degree in Medical Imaging and Radiotherapy at the School of Health Technology of Coimbra, describes the clinical experience gained during a 300-hour internship in Magnetic Resonance Imaging (MRI) at the Affidea Clinic in Castelo Branco. The document details the activities performed, the knowledge and skills acquired, the procedures implemented, and the analysis of clinical cases observed, aiming to complement theoretical training with comprehensive practical experience.

The report outlines the organization of the MRI department, the equipment used, the most frequently performed exams, and the technical specificities that distinguish this imaging modality. Additionally, it highlights the practical application of theoretical concepts, such as selecting technical parameters to optimize image quality and adapting protocols to the individual needs of patients.

The importance of clinicians, particularly radiologists, is central to the diagnostic and treatment process. These professionals are responsible for interpreting images, identifying pathologies, and preparing clinical reports, ensuring that results are effectively integrated into patient care. Interdisciplinary collaboration between doctors and technicians is essential for performing high-quality exams and developing personalized diagnostic strategies.

Equally significant is the role of the MRI technician, who assumes critical responsibilities throughout

the entire image acquisition process. These include preparing patients—from explaining procedures to positioning the radiofrequency coils—selecting and executing the appropriate examination protocols, and ensuring patient safety and comfort, especially in sensitive situations such as managing claustrophobia or administering contrast agents. The technician's technical expertise directly impacts the quality of the acquired images, which is fundamental for accurate diagnosis.

This internship provided direct contact with clinical practice, allowing the development of technical and interpersonal skills. Interaction with patients was a key component, emphasizing the importance of empathy and communication in managing common anxieties during MRI exams. Furthermore, the opportunity to work as part of a team with other professionals fostered an integrated approach, highlighting the need for efficient coordination across different areas of medical imaging.

In conclusion, this internship proved to be an enriching and essential experience for professional development, offering a balance between theory and practice. It underscored the importance of the work carried out by clinicians and MRI technicians in diagnostic imaging, emphasizing the direct impact of these roles on patients' health and well-being.

Lista de Abreviaturas, Siglas e Acrónimos

DP – Densidade de Protões

FOV – *Field of View*

PC – Produto de Contraste

RF - Radiofrequência

RM - Ressonância Magnética

STIR – *Short Time Inversion Recovery*

TSE – *Turbo Spin Eco*

TR – Tempo de Repetição

TE – Tempo de Eco

DWI – *Diffusion Weighted Imaging*

FLAIR – *Fluid Attenuated Inversion Recovery*

Lista de Tabelas

Tabela 1: Antenas de Radiofrequência. Fonte: Tabela realizada pela aluna estagiária. 11

Tabela 2 - Exames de RM mais realizados. Fonte: Tabela realizada pela aluna estagiária. 12

Lista de Figura

Figura 1 - Sala de RM da Clínica Affidea de Castelo Branco (Fonte própria).....	10
<i>Figura 2 - Localizers Coluna Lombar. (Fonte: mri master).....</i>	<i>15</i>
<i>Figura 3 - Corte medio sagital da Coluna Lombar ponderada em T2 (Fonte: Imaios).....</i>	<i>15</i>
<i>Figura 4 - Corte médio sagital da Coluna Lombar ponderada em T1 (Fonte: Imaios).....</i>	<i>15</i>
<i>Figura 5 - Localizers do crânio (Fonte: mri master).....</i>	<i>19</i>
<i>Figura 6 - Corte axial do crânio ponderado em T2 (Fonte: Imaios).....</i>	<i>20</i>
<i>Figura 7 - Corte Axial do crânio ponderado em T1 (Fonte Imaios).....</i>	<i>20</i>

ÍNDICE

1. Introdução.....	1
2. Ressonância Magnética.....	3
2.1. Fundamentos Teóricos.....	3
2.2. Mecanismos de Contraste	4
2.3. Segurança na Ressonância Magnética	5
2.3.1. Principais Considerações de Segurança:	5
2.4. Segurança Operacional	7
3. Clínica Affídea.....	9
3.1. Descrição e Organização do Serviço de Imagiologia.....	9
3.2. Equipamento, composição da sala e Workstation	10
4. Casos Clínicos.....	13
4.1. Caso Clínico 1 – Ressonância Magnética da Coluna Lombar	13
4.1.1. Preparação para o Exame	13
4.1.2. Posicionamento	14
4.1.3. Aquisição de Imagens.....	14
4.1.4. Análise Crítica	16
4.1.5. Finalização do Exame	17
4.1.6. Descrição de patologia Hérnia discal	17
4.1.6.1. Etiologia.....	17
4.1.6.2. Prevalência.....	17
4.1.6.3. Diagnóstico.....	18
4.2. Caso Clínico 2 – Ressonância Magnética do Crânio	18
4.2.1. Preparação para o Exame	18

4.2.2.	Posicionamento	18
4.2.3.	Aquisição de Imagens.....	19
4.2.4.	Finalização do Exame	21
4.2.5.	Descrição da patologia de deterioração cognitiva	21
4.2.5.1.	Etiologia	21
4.2.5.2.	Diagnóstico.....	22
4.2.5.3.	Prevalência.....	22
5.	<i>Considerações finais</i>	23
6.	<i>Conclusão</i>	25
7.	<i>Referências Bibliográficas</i>	27

1. Introdução

No âmbito da Unidade Curricular de Estágio em Imagem Médica e Radioterapia do 2º ano do Mestrado em Imagem Médica e Radioterapia, foi proposta a realização de um relatório final de estágio. Este relatório tem como objetivo relatar a experiência clínica vivida, descrever as atividades efetuadas e os conhecimentos adquiridos na área de Ressonância Magnética (RM), modalidade na qual o estágio foi desenvolvido.

A escolha de realizar um estágio foi motivada pela necessidade de aplicar e aprofundar os conhecimentos teóricos adquiridos durante o mestrado, em um ambiente clínico real, onde seria possível ganhar destreza prática e enfrentar os desafios diários que surgem no contexto da imagiologia médica. O estágio é uma componente fundamental para a formação de um profissional de saúde, pois proporciona um contacto direto com as tecnologias de imagem, a interação com os pacientes e a possibilidade de trabalhar em equipa com outros profissionais. Este processo é crucial para a transição da teoria para a prática e para o desenvolvimento de competências técnicas e interpessoais essenciais à prática clínica.

A escolha da área de ressonância magnética não foi aleatória. Embora a estagiária já tenha experiência em outras áreas da imagiologia médica, a ressonância magnética é uma modalidade com a qual ainda não tinha trabalhado diretamente. Dada a sua crescente importância no diagnóstico de uma ampla gama de patologias, desde lesões músculo-esqueléticas até condições neurológicas complexas, senti que era imperativo adquirir competências específicas nesta área. Além disso, a RM destaca-se por ser uma modalidade de imagem que não utiliza radiação ionizante, o que a torna uma alternativa extremamente valiosa para o diagnóstico médico, especialmente em pacientes mais sensíveis, como crianças ou grávidas, embora recentemente o Colégio Americano de Radiologia tenha destacado preocupações adicionais na segurança destes pacientes. Entre as novas recomendações, enfatiza-se o cuidado na utilização de agentes de contraste, especialmente à base de gadolínio, em pacientes pediátricos e grávidas, para minimizar potenciais riscos, como reações adversas ou efeitos renais. O ACR também reforça o uso de sequências ponderadas em T2 sem contraste como alternativa eficaz em casos onde a administração de contraste seja contraindicada. Além disso, sublinha-se a importância de protocolos personalizados e de uma comunicação clara com

os pacientes para reduzir a ansiedade e garantir um ambiente seguro e confortável durante o exame. A possibilidade de realizar diagnósticos com alta resolução espacial e de contraste, e a capacidade de visualizar estruturas internas de forma não invasiva, reforçaram a minha motivação para escolher esta modalidade.

Outra razão relevante para a escolha da RM é o fato de ser uma área que exige um alto nível de especialização técnica. O domínio dos equipamentos e das diferentes sequências e ponderações de imagem, bem como o conhecimento detalhado dos princípios físicos que fundamentam a técnica, são essenciais para garantir a qualidade diagnóstica. Assim, a aprendizagem prática intensiva nesta área será uma mais-valia para a formação profissional, ampliando o leque de competências e preparando a sua atuação em contextos mais complexos e exigentes.

A oportunidade de realizar o estágio na Clínica Affidea em Castelo Branco surgiu como uma excelente escolha, não apenas pela qualidade dos equipamentos e pela experiência da equipa técnica, mas também pela variedade de casos clínicos que teria a oportunidade de acompanhar. A Affidea, com a sua sólida reputação na área da imagiologia, proporcionou-me um ambiente ideal para aprender e desenvolver competências sob a orientação de profissionais experientes. Este estágio de 300 horas foi, portanto, uma oportunidade única para mergulhar numa nova área, com o objetivo de ganhar confiança e experiência na realização de exames de RM, desde a preparação dos pacientes até à aquisição e processamento das imagens.

Com base nesses objetivos e motivações, este relatório visa descrever de forma detalhada as experiências vividas ao longo do estágio, destacando os conhecimentos adquiridos e as competências desenvolvidas, com o foco principal na modalidade de Ressonância Magnética.

2. Ressonância Magnética

2.1. Fundamentos Teóricos

A Ressonância Magnética (RM) é uma das modalidades mais avançadas e versáteis de imagiologia médica. Utilizada amplamente no diagnóstico de uma vasta gama de patologias, a RM distingue-se das outras técnicas imagiológicas por não recorrer a radiação ionizante, o que a torna segura para uma utilização repetida e em pacientes sensíveis, como grávidas e crianças (Serai et al., 2021). A RM baseia-se nas propriedades magnéticas dos núcleos dos átomos, nomeadamente dos prótons presentes no corpo humano, que respondem de forma previsível à aplicação de um campo magnético forte e pulsos de radiofrequência (RF) (Bitar et al., 2006; Thayalan, 2014).

O princípio básico da RM reside no comportamento dos núcleos de hidrogénio, os quais são abundantes nos tecidos do corpo, principalmente devido à sua presença na água e nas moléculas de gordura. Os prótons, que são partículas carregadas positivamente, possuem uma propriedade intrínseca conhecida como spin, que lhes confere um momento magnético. Em condições normais, os momentos magnéticos dos prótons encontram-se orientados de forma aleatória, resultando numa magnetização líquida nula. No entanto, quando o corpo é colocado num campo magnético forte, como o gerado por um equipamento de RM, esses momentos alinham-se com o campo magnético aplicado, criando uma magnetização longitudinal (Bitar et al., 2006; MRI Master).

A Ressonância Magnética utiliza diversos parâmetros técnicos que influenciam diretamente na qualidade das imagens adquiridas. O impacto do tempo de repetição (TR) e do tempo de eco (TE) é fundamental para definir a ponderação das imagens e destacar diferentes características dos tecidos. Além disso, o uso de gradientes de campo magnético permite uma maior precisão na localização dos sinais, resultando em imagens mais detalhadas e específicas. Esses elementos técnicos, aliados a uma compreensão profunda dos mecanismos físicos da RM, garantem resultados diagnósticos mais confiáveis e alinham-se às exigências profissionais da área.

A RM utiliza três componentes principais para criar imagens detalhadas:

1. Campo Magnético Principal (B_0):

Este campo, gerado por um íman supercondutor, é uniforme e tem geralmente uma

intensidade de 1,5 Tesla ou superior. Ele é o responsável por alinhar os momentos magnéticos dos prótons, criando a magnetização longitudinal. Quanto maior o valor de B_0 , maior será o número de prótons alinhados e, conseqüentemente, o sinal de RM produzido (Serai et al., 2021).

2. Pulsos de Radiofrequência (RF):

Após o alinhamento dos prótons pelo campo magnético, um pulso de RF é aplicado numa frequência específica, chamada frequência de *Larmor*, que corresponde à frequência de precessão dos prótons em torno do campo B_0 . Esse pulso faz com que os prótons absorvam energia, movendo-os para um estado de maior energia e inclinando-os fora do alinhamento com o campo magnético principal. O processo de relaxação começa assim que o pulso de RF cessa, resultando no retorno dos prótons ao seu estado de equilíbrio. Durante esse processo, os prótons emitem um sinal de RF que é detectado pelo equipamento e processado em imagens (Bitar et al., 2006).

3. Gradientes de Campo Magnético:

Além do campo magnético principal e dos pulsos de RF, a RM utiliza gradientes de campo magnético que permitem localizar a origem dos sinais emitidos. Estes gradientes variam a intensidade do campo magnético em diferentes direções (axial, sagital e coronal), permitindo a obtenção de imagens em diferentes planos e a reconstrução tridimensional das estruturas anatómicas (General Electric Healthcare, 2022).

2.2. Mecanismos de Contraste

O contraste nas imagens de RM depende de várias propriedades dos tecidos, sendo as mais importantes os tempos de relaxação T_1 e T_2 , e a densidade de prótons (DP). Estes tempos de relaxação referem-se à velocidade com que os prótons retornam ao seu estado de equilíbrio após o pulso de RF:

✓ *T_1 (Relaxação Longitudinal):*

Representa o tempo que os prótons levam para recuperar a sua magnetização longitudinal após o término do pulso de RF. Tecidos com tempos de relaxação T_1 curtos (como a gordura) aparecem com hipersinal em imagens ponderadas em T_1 , enquanto tecidos com T_1 mais longos (como o líquido cefalorraquidiano) aparecem com hiposinal;

✓ *T2 (Relaxação Transversal):*

Refere-se ao tempo necessário para que a magnetização transversal (perpendicular ao campo magnético principal) desapareça devido à perda de coerência entre os spins dos prótons. Em imagens ponderadas em T2, líquidos aparecem com hipersinal, enquanto tecidos com T2 curtos, como a gordura, aparecem com hiposinal (Modic & Ross, 2007; Bogduk, 2013);

✓ *Densidade de Prótons (DP):*

Este parâmetro reflete a concentração de prótons em um determinado tecido. Imagens ponderadas em DP são particularmente úteis para avaliar estruturas como tendões e ligamentos, que possuem menos água e, conseqüentemente, menos sinal (Serai et al. 2021)

A combinação dos parâmetros de tempo de repetição (TR) e tempo de eco (TE) permite ao técnico manipular o contraste da imagem para destacar diferentes tipos de tecidos. Por exemplo, um TR curto e TE curto produzem imagens ponderadas em T1, enquanto um TR longo e TE longo favorecem imagens ponderadas em T2 (Westbrook et al., 2018).

2.3. Segurança na Ressonância Magnética

A Ressonância Magnética (RM) é uma técnica não invasiva e amplamente segura. No entanto, os riscos associados ao uso de campos magnéticos, gradientes e radiofrequência requerem uma abordagem rigorosa para garantir a segurança dos pacientes e profissionais. As recomendações mais recentes do Colégio Americano de Radiologia (ACR) 2024 oferecem diretrizes claras para mitigar riscos e promover práticas seguras.

2.3.1. Principais Considerações de Segurança:

✓ ***Contraindicações Relativas e Absolutas:***

Certos dispositivos médicos, como pacemakers, implantes cocleares, neuroestimuladores e stents metálicos, podem ser incompatíveis com o ambiente de RM devido à interação com o campo magnético. Objetos metálicos (como limalhas ou próteses) representam riscos significativos de movimento ou aquecimento. Deve-se realizar uma triagem rigorosa, verificando todos os dispositivos implantados e removendo objetos metálicos antes do exame.

✓ ***Claustrofobia e Ansiedade:***

A claustrofobia pode ser um desafio em equipamentos de RM de túnel fechado. As estratégias recomendadas incluem:

- Explicação detalhada do procedimento para tranquilizar o paciente.
- Utilização de equipamentos com design mais aberto ou sistemas mais amplos quando disponíveis.
- Administração de sedação leve em casos severos, sempre com monitorização adequada.

✓ ***Riscos de Queimaduras:***

Os campos de radiofrequência (RF) podem gerar calor nos tecidos, especialmente em exames prolongados. Para evitar queimaduras:

- Posicionar corretamente o paciente, evitando contacto direto entre a pele e acessórios metálicos.
- Garantir que dispositivos e acessórios estejam em conformidade com os padrões de compatibilidade com RM.

✓ ***Produtos de Contraste:***

O gadolínio, amplamente utilizado em RM, melhora a visibilidade de estruturas anatómicas e patologias. Contudo, seu uso deve ser avaliado caso a caso:

- Escolha do contraste: Preferir agentes macrocíclicos, que apresentam menor risco de liberação de gadolínio livre no organismo.
- Populações vulneráveis: Evitar em grávidas, a menos que o benefício clínico justifique o risco. Em pacientes com insuficiência renal, utilizar a dose mínima eficaz e monitorizar o risco de fibrose sistémica nefrogénica (FSN).
- Alternativas ao contraste: Sempre que possível, realizar sequências avançadas sem gadolínio, como STIR ou DWI.

A aplicação rigorosa das recomendações do ACR 2024, aliada a uma abordagem centrada no

paciente, garante um ambiente seguro e eficaz para a realização de exames de RM. Estas medidas não apenas minimizam os riscos, mas também reforçam a confiança na RM como uma ferramenta essencial no diagnóstico médico.

2.4. Segurança Operacional

Do ponto de vista operacional, a segurança na sala de RM é igualmente crucial. O campo magnético está sempre ativo, o que significa que qualquer objeto metálico introduzido inadvertidamente na sala pode tornar-se um projétil perigoso. Por isso, todo o pessoal envolvido deve ser rigorosamente treinado em procedimentos de segurança, como a identificação de potenciais riscos e a utilização correta de materiais compatíveis com RM (Deyo & Mirza, 2016; Serai et al., 2021).

Adicionalmente, o equipamento de RM requer manutenção e calibração periódicas para garantir a segurança e a qualidade da imagem. O cumprimento rigoroso de protocolos de segurança reduz significativamente o risco de acidentes e garante um ambiente seguro tanto para pacientes quanto para profissionais de saúde (Bitar et al., 2006)

3. Clínica Affídea

A clínica Affídea de Castelo Branco é uma unidade de referência na região centro de Portugal, dedicada à imagiologia médica e a consultas de especialidade. Oferece uma vasta gama de serviços, como ressonância magnética (RM), tomografia computadorizada (TC), mamografia, densitometria óssea, raios-X e ecografia, além de consultas em áreas como neurologia, cardiologia e ortopedia.

Atende principalmente pacientes do distrito de Castelo Branco, mas também de regiões vizinhas, graças a acordos com subsistemas de saúde como ADSE, SNS e seguradoras privadas. A clínica destaca-se pela qualidade dos seus serviços, tecnologias avançadas e a aposta na acessibilidade, assegurando um acompanhamento contínuo e eficaz.

3.1. Descrição e Organização do Serviço de Imagiologia

O Serviço de Imagiologia da clínica localiza-se no piso -1, e integra uma vasta equipa de profissionais de saúde, incluindo médicos radiologistas, técnicos de Radiologia e assistentes operacionais, que trabalham em conjunto na realização de exames imagiológicos.

Este serviço é constituído por uma receção e sala de espera geral que, após o registo de cada exame, leva o paciente a um corredor onde se encontram as outras várias salas de espera, que dão posterior acesso aos vestiários conectados a cada sala onde é feito o procedimento imagiológico. Existem neste departamento quatro salas de Ultrassonografia (US), uma sala de Densitometria Óssea (DO), uma sala de RC, uma sala de mamografia, uma sala de TC e uma sala de Ressonância devidamente identificadas com uma placa que contem o nome da modalidade lá realizada.

Por outro lado, está um corredor onde se localizam a copa e sala de refeições, os vestiários dos técnicos e auxiliares. Existe uma sala onde estão guardados e preparados diversos materiais, como os produto de contraste (PC), compressas, resguardos, entre outros, uma sala dedicada a materiais de proteção contra a radiação ionizante (coletes de chumbo e protetores de tiroide), e as salas dedicadas ao processamento de imagens e realização de relatórios por parte dos médicos radiologistas.

Neste serviço, fazem parte das responsabilidades dos técnicos chamar os pacientes,

confirmar os seus dados pessoais e informação clínica, dar instruções relativas ao exame a realizar (por exemplo, retirar objetos metálicos), procedimentos relacionados com a punção e administração de contraste, posicionamento do paciente, centragem, aquisição e pós- processamento de imagem, e envio das mesmas para o sistema para que os médicos radiologistas as possam relatar.

3.2. Equipamento, composição da sala e Workstation

A Affídea conta apenas com um equipamento de RM (figura 1), o Multiva 1, ST Modelo 3D da marca Philips, demonstrado na figura 3, que com um campo magnético de 1,5 Tesla e uma *gantry* com um túnel de 60cm, permite aquisições de imagens com alta qualidade com o maior conforto possível para os pacientes.

Todos os componentes do equipamento estão em permanente interação, permitindo a aquisição de imagens em quatro passos essenciais: expor o paciente a um campo magnético uniforme, aplicar pulsos de RF, obter os sinais formado pela interação dos dois campos magnéticos, consoante o vetor de magnetização volta ao equilíbrio, e convertê-los em imagens recorrendo a algoritmos de processamento de sinal.



Figura 1 - Sala de RM da Clínica Affídea de Castelo Branco (Fonte própria)

Alguns dos componentes mais importantes do equipamento são o magneto, as bobinas de gradiente, as antenas de RF e a *workstation*.

Para além do equipamento, a sala encontra-se equipada um móvel com apoios, almofadas e sacos de areia que auxiliam no posicionamento e imobilização dos pacientes. É também aqui que se encontram as várias antenas de RF, e respetivos suportes, que servem para enviar à estrutura anatómica em estudo, pulsos de RF e receber dela um sinal de RM.

O Multiva 1,ST veio equipado com as antenas apresentadas na tabela 1:

Tabela 1 - Antenas de Radiofrequência (Tabela realizada pela aluna estagiária)

Antena	Exames de RM em que é utilizada
Crânio	• Crânio • Ouvidos • Seios Peri-nasais • Face, etc
Neuro-eixo de mesa	• Coluna Dorsal e lombar
Neuro-eixo de mesa com capacete	• Coluna Cervical • Pescoço
Neuro-eixo de mesa com antena flexível de corpo	• Abdómen • Pélvicos (feminina e masculina) • Bacia • Reto • Fistulas, etc.
Antena flexível de mão (tamanho S e M)	• S – Punho • M – Cotovelo e mão
Ombro	• Ombro
Mamária	• Mama
Tornozelo	• Pé • Tornozelo
Joelho	• Joelho

Existe também um móvel com material de desinfecção e punção endovenosa (agulhas, cateteres, torneiras de 3 vias, prolongadores, luvas, seringas, etc, ...) e *kits* de medicação utilizados em casos de reações alérgicas ao contraste. Existe também uma mesa onde são apresentados e preenchidos os consentimentos informados, e sofás onde os pacientes podem esperar a sua vez.

Imediatamente ao lado da sala de RM, encontra-se a *workstation*, constituída por dois computadores: um onde podem ser consultados os exames marcados para cada dia da semana, as informações clínicas dos pacientes e onde os exames são validados, e outro onde são inseridos os dados do paciente, escolhido o protocolo e realizada a aquisição e pós processamento de imagens.

O segundo computador está equipado com uma consola de comandos que permite fazer movimentos da mesa, iniciar/parar a aquisição de imagens e falar, caso necessário, com os pacientes. Para além disto, existem vários monitores que são utilizados pelos médicos para relatar exames, e para verem as imagens obtidas e decidirem se há necessidade ou não de administrar PC em certas situações.

Durante o estágio teve-se a oportunidade de presenciar e realizar diversos tipos de exames a diferentes estruturas anatómicas, com e sem recurso a PC. Contudo, os exames apresentados na tabela 2 foram os mais frequentemente efetuados:

Tabela 2 - Exames de RM mais realizados. Fonte: Tabela realizada pela aluna estagiária.

Estrutura Anatómica
Crânio
Coluna Cervical, dorsal e Lombar
Abdominal
Pélvica
Prostática
Joelho
Ombro

4. Casos Clínicos

4.1. Caso Clínico 1 – Ressonância Magnética da Coluna Lombar

O caso clínico apresentado é referente a um paciente do sexo masculino, de 55 anos que se apresentou no serviço de imagiologia da Affidea para realização de uma RM à coluna lombar por apresentar dor no hipocôndrio direito irradiada do dorso/lombar superior. Na TC feita anteriormente, concluiu-se que havia apenas alterações degenerativas ósseas, tendo sido pedida a RM para melhor avaliação das mesmas, dada a persistência dos sintomas do paciente.

4.1.1. Preparação para o Exame

Iniciou-se o exame por chamar o paciente da sala de espera, confirmando o seu nome completo e as respostas ao questionário que lhe foi apresentado ao paciente no momento do check-in na clínica, onde estão incluídas perguntas relevantes para a realização do exame com o intuito de se perceber se haveria alguma contraindicação absoluta para este. Deste questionário faziam parte as seguintes perguntas (MRI Master, n.d.-b):

- Existência de pacemaker, válvulas mecânicas não biológicas ou STENT's;
- Existência de dispositivos auditivos ou implantes cocleares;
- Existência de clips, suturas ou agrafos metálicos cirúrgicos;
- Existência de alergias, diabetes, asma, bronquite, doenças renais e medicação;
- Se sofre de claustrofobia;
- Existência de metais no corpo (chumbo, limalhas, próteses, parafusos, cavilhas);
- Se já tinha realizado alguma RM anteriormente, e se sim, se foi injetado PC, e se decorreram alergias associadas ao mesmo.

Neste documento consta também o consentimento informado do exame, onde se explica todo o procedimento e tudo o que o paciente poderá sentir/ouvir durante a aquisição das imagens, incluindo a duração do exame (15-20 minutos) e a necessidade de injeção de PC à *posteriori*, caso o

médico radiologista assim entenda.

Após a chamada, o paciente foi encaminhado a um vestiário, onde lhe foi fornecida uma bata, tendo lhe sido pedido que retirasse a roupa toda, com exceção da roupa interior, e todos os materiais metálicos que pudessem prejudicar a qualidade da imagem, ou que pudessem ser puxados pelo campo magnético do equipamento. Enquanto isto, a mesa de exames, a campainha de emergência e os auscultadores foram desinfetados, colocou-se a antena de neuro-eixo para a correta realização do exame e trocou-se o papel sobre a mesa.

4.1.2. Posicionamento

O paciente foi encaminhado para a sala de exames e posicionado em decúbito dorsal, com os membros superiores ao longo do corpo e membros inferiores em extensão, com uma almofada sob os joelhos para maior conforto. Foi fornecida a campainha de emergência, para que, na eventualidade de se sentir mal, ter forma de contactar com os técnicos da sala de comandos, e uns auscultadores que serviriam para atenuar o som produzido pelo equipamento. Relembrou-se o paciente sobre o tempo do exame, e que durante este período deveria permanecer imóvel para evitar artefactos de movimento.

A centragem é realizada através de um sistema de *lasers*, semelhante ao utilizado na TC. Tendo em conta que a estrutura anatómica a estudar deve estar no centro do campo magnético, denominado isocentro, centrou-se de forma a que o *laser* sagital ficasse alinhado com o plano mediosagital do paciente, e o *laser* axial ao nível das cristas ilíacas.

4.1.3. Aquisição de Imagens

Após fechar a porta da sala de RM, introduziram-se os dados do paciente (nome e peso) no sistema e abriu-se o protocolo de coluna lombar.

A aquisição de imagens inicia-se com os *localizers* nos planos axial, coronal e sagital (3 planes Surv.), que consistem numa imagem ponderada em T1 de baixa resolução, que permite localizar a zona em estudo, permitindo o planeamento das sequências a efetuar (Figura 2).

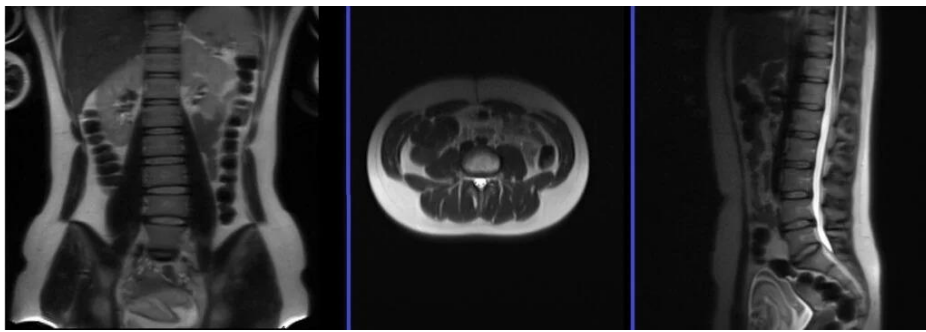


Figura 2 - Localizers Coluna Lombar. (Fonte: mri master)

Nesta instituição, o protocolo de coluna lombar inclui as seguintes sequências:

- Sagital T2 e T1, *Turbo Spin Eco* (TSE)
- Coronal T2 TSE
- *Sagital Short Time Inversion Recovery* (STIR)
- Axial T2 e T1 TSE

Começou-se por planear as três sequências sagitais, utilizando-se os *localizers* axial e coronal. Angulou-se a *range* de forma a que ficasse com a mesma direção da coluna do paciente, verificando-se também o número de cortes para que se incluísse toda a estrutura, sem cortar as faces laterais dos corpos vertebrais. No *localizer* sagital, o *Field of View* (FOV) deve incluir toda a coluna lombar, desde a décima segunda vértebra (D12) até ao sacro.



Figura 4 - Corte médio sagital da Coluna Lombar ponderada em T1 (Fonte: Imaios)



Figura 3 - Corte medio sagital da Coluna Lombar ponderada em T2 (Fonte: Imaios)

Para programação das duas sequências axiais, utilizou-se os cortes adquiridos na sequência sagital T2 (figura 3), uma vez que esta tem mais qualidade do que os *localizers*. Começou-se por ajustar o FOV no plano axial, colocando o centro deste no canal medular. De seguida, percorreram-se as imagens da primeira sequência, avaliando-se se existia qualquer sinal ou patologia que justificasse a aquisição de cortes nos cinco espaços intervertebrais; concluiu-se que havia apenas uma pequena hérnia ao nível de L2-L3, tendo sido programados blocos de aquisição de imagens para este espaço, e para os três seguintes (L3-L4, L4-L5, L5-S1), que são obrigatórios em qualquer caso, como protocolado nesta instituição. Os cortes foram orientados paralelamente a cada espaço intervertebral, tendo-se especial atenção a possíveis sobreposições dos blocos sobre as apófises espinhosas, que se não forem corrigidos, poderiam causar enrolamento na imagem. Percorreram-se as imagens do *localizer* coronal, de forma a confirmar se os blocos se encontravam centrados nos corpos vertebrais.

No final de cada programação, parâmetros como o TE, TR, fase e número de excitações devem ser verificados e ajustados, para que o tempo de cada sequência seja otimizado, sem prejudicar a razão sinal ruído e a qualidade do exame. Para além disso, as bandas de saturação foram ajustadas de forma a reduzir artefactos relacionados com a respiração do paciente.

Durante a aquisição de imagens, é importante que se esteja atento a quaisquer movimentos que o paciente possa fazer e que possam prejudicar a qualidade diagnóstica do exame, e estar atento ao som da campainha de emergência. No final, as imagens foram enviadas para o sistema de arquivo de imagens da clínica para que o relatório pudesse ser realizado.

4.1.4. Análise Crítica

Durante o estágio, as decisões relacionadas aos protocolos de imagem foram analisadas criticamente. Por exemplo, no caso clínico da coluna lombar, a escolha de sequências TSE para análises sagitais revelou-se adequada para a avaliação estrutural, mas poderia ser complementada por sequências STIR em situações que exijam maior detalhamento de tecidos moles. Essas escolhas ilustram a importância de ajustar os protocolos às necessidades clínicas específicas.

4.1.5. Finalização do Exame

Após a execução de todas as sequências, viram-se as imagens de forma a perceber-se se estariam tremidas, mexidas ou com qualquer outro tipo de artefacto que tornasse necessária a repetição de sequências. Concluiu-se que não existiam artefactos e retirou-se o paciente da sala do equipamento, encaminhando-o ao vestiário novamente.

Ao analisarem-se as imagens, confirmaram-se os achados imagiológicos encontrados na TC, bem como a existência de uma pequena hérnia ao nível de L2- L3.

4.1.6. Descrição de patologia Hérnia discal

A hérnia discal lombar ocorre quando o núcleo pulposo do disco intervertebral se projeta através de fissuras no anel fibroso, resultando em compressão de nervos espinhais, como o nervo ciático. Isso pode causar dor lombar irradiada para as pernas, fraqueza muscular e formigamento. É mais comum nas vértebras L4-L5 e L5-S1, onde a carga sobre a coluna é maior (Deyo & Mirza, 2016)

4.1.6.1. Etiologia

A etiologia envolve fatores como:

- Degeneração discal: o envelhecimento leva à desidratação e perda de elasticidade do disco, tornando-o vulnerável a fissuras (Modic & Ross, 2007).
- Traumas e esforços repetitivos: movimentos inadequados ou sobrecarga física (Bogduk, 2013).
- Genética: predisposição hereditária para a degeneração discal (Deyo & Mirza, 2016).
- Fatores ocupacionais: posturas incorretas e levantamento de peso frequente (Modic & Ross, 2007)

4.1.6.2. Prevalência

A hérnia discal lombar é uma das causas mais comuns de dor lombar, afetando cerca de 1%

a 2% da população anualmente. A prevalência é maior em adultos de 30 a 50 anos, sendo mais comum em homens (Deyo & Mirza, 2016).

4.1.6.3. Diagnóstico

O diagnóstico é baseado em exame clínico, que identifica sintomas como dor irradiada e déficits neurológicos, e confirmado por imagem de RM, que visualiza a protrusão discal e a compressão das estruturas nervosas (Modic & Ross, 2007).

4.2. Caso Clínico 2 – Ressonância Magnética do Crânio

O caso clínico apresentado é referente a um paciente do sexo feminino, de 81 anos que se apresentou no serviço de imagiologia da Affídea para realização de uma RM ao crânio por apresentar deterioração cognitiva referindo desequilíbrio na marcha. Com a realização da RM pretende-se a exclusão de patologia da fossa posterior e grau de atrofia focal.

4.2.1. Preparação para o Exame

A preparação do exame é idêntica em todos os exames. Iniciou-se o exame por chamar o paciente da sala de espera, confirmando o seu nome completo e as respostas ao questionário que lhe foi apresentado ao paciente no momento do check-in na clínica.

Após a chamada, a paciente foi encaminhada a um vestiário, onde lhe foi fornecida uma bata, tendo lhe sido pedido que retirasse a roupa toda, com exceção da roupa interior, e todos os materiais metálicos que pudessem prejudicar a qualidade da imagem, ou que pudessem ser puxados pelo campo magnético do equipamento. Enquanto isto, a mesa de exames, a campainha de emergência e os auscultadores foram desinfetados, colocou-se a antena de crânio para a correta realização do exame e trocou-se o papel sobre a mesa.

4.2.2. Posicionamento

O paciente foi encaminhado para a sala de exames e posicionado em decúbito supino, com a cabeça dentro da antena, com os membros superiores ao longo do corpo e membros inferiores em extensão, com uma almofada sob os joelhos para maior conforto. Foi fornecida a campainha de emergência, para que, na eventualidade de se sentir mal, ter forma de contactar com os técnicos da sala de comandos, e uns auscultadores que serviriam para atenuar o som produzido pelo equipamento. Relembrou-se o paciente sobre o tempo do exame, e que durante este período deveria permanecer imóvel para evitar artefactos de movimento.

A centragem é realizada através de um sistema de *lasers*. Tendo em conta que a estrutura anatómica a estudar deve estar no centro do campo magnético, denominado isocentro, e dentro da antena de crânio, centrou-se de forma a que o *laser* sagital ficasse alinhado com o plano mediosagital do paciente, e o *laser* axial ao nível da linha orbital.

4.2.3. Aquisição de Imagens

Após fechar a porta da sala de RM, introduziram-se os dados do paciente (nome e peso) no sistema e abriu-se o protocolo de crânio.

A aquisição de imagens inicia-se com os *localizers* nos planos axial, coronal e sagital (3 planes Surv.), que consistem numa imagem ponderada em T1 de baixa resolução, que permite localizar a zona em estudo, permitindo o planeamento das sequências a efetuar (Figura 5).



Figura 5 - Localizers do crânio (Fonte: mri master)

Nesta instituição, o protocolo de crânio inclui as seguintes sequências:

- Sagital T2 Flair 3D

- Sagital T1 FFE 3D
- Axial T2 TSE
- Axial DWI
- Axial T2 FFE
- Coronal T2

Começou-se por planejar as duas sequências sagitais, utilizando-se os *localizers* axial. Angulou-se a *range* paralela a linha media do crânio, verificando-se a *range* nos outros planos. Colocou-se a *range* no angulo adequado no plano coronal, verificando de que esteja paralela á linha que percorre a linha medio cerebral ao quarto ventrículo. Por último, constatou-se que o número de cortes é suficiente para ver todo o crânio.

Para programação das três sequências axiais, utilizou-se os cortes adquiridos na sequência sagital T2, uma vez que esta tem mais qualidade do que os *localizers*. Começou-se por posicionar a *range* paralelo à cabeça e corpo do corpo caloso. Verificou-se os outros dois planos de maneira a que a *range* esteja perpendicular à linha entre a linha media cerebral e o quarto ventrículo.

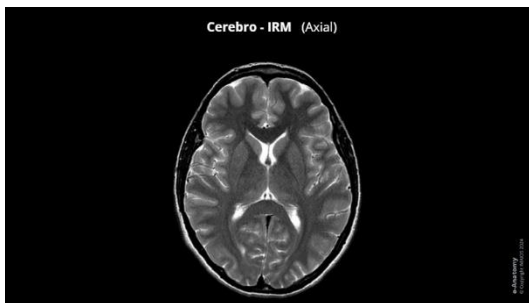


Figura 6 - Corte axial do crânio ponderado em T2
(Fonte: Imaios)

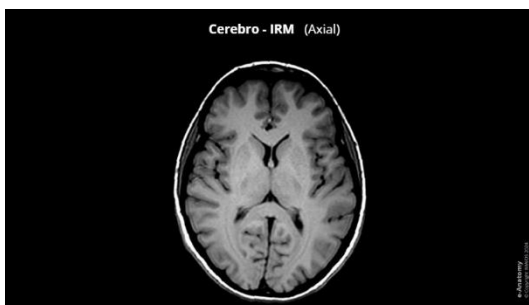


Figura 7 - Corte Axial do crânio ponderado em T1 (Fonte Imaios).

Os cortes coronais planificaram-se nos cortes sagitais com uma range paralela ao troco cerebral.

No final de cada programação, parâmetros como o TE, TR, fase e número de excitações devem ser verificados e ajustados, para que o tempo de cada sequência seja otimizado, sem prejudicar a razão sinal ruído e a qualidade do exame.

Durante a aquisição de imagens, é importante que se esteja atento a quaisquer movimentos que o paciente possa fazer e que possam prejudicar a qualidade diagnóstica do exame, e estar atento ao som da campainha de emergência. No final, as imagens foram enviadas para o sistema de arquivo de imagens da clínica para que o relatório pudesse ser realizado.

4.2.4. Finalização do Exame

Após a execução de todas as sequências, viram-se as imagens de forma a perceber-se se estariam tremidas, mexidas ou com qualquer outro tipo de artefacto que tornasse necessária a repetição de sequências. Concluiu-se que não existiam artefactos e retirou-se o paciente da sala do equipamento, encaminhando-o ao vestiário novamente.

4.2.5. Descrição da patologia de deterioração cognitiva

A deterioração cognitiva refere-se à perda ou diminuição das capacidades cognitivas, como memória, atenção, linguagem e funções executivas, que interfere no funcionamento diário da pessoa. Pode variar de leve a grave, sendo o comprometimento cognitivo leve (CCL) uma fase intermediária entre o envelhecimento normal e demências como a doença de Alzheimer (Petersen, 2016).

4.2.5.1. Etiologia

A etiologia da deterioração cognitiva é multifatorial, envolvendo:

- Envelhecimento: o fator de risco mais comum, relacionado à perda gradual da função cerebral (Sachdev et al., 2014);

- Doenças neurodegenerativas: como Alzheimer, Parkinson e doenças vasculares (Jack & Holtzman, 2013);
- Fatores genéticos: predisposição hereditária para condições como Alzheimer;
- Estilos de vida e fatores ambientais: como sedentarismo, tabagismo, alcoolismo e baixa estimulação cognitiva (Petersen, 2016).

4.2.5.2. Diagnóstico

O diagnóstico é realizado com base em:

- Exame clínico e neuropsicológico: para avaliar o grau de comprometimento cognitivo.
- Testes cognitivos padronizados: como o Mini Exame do Estado Mental (MEEM);
- Exames de imagem cerebral: como a ressonância magnética e a tomografia computadorizada para excluir outras causas, como tumores ou AVC (Jack & Holtzman, 2013).

4.2.5.3. Prevalência

A deterioração cognitiva afeta cerca de 10% a 20% das pessoas acima dos 65 anos, e a prevalência aumenta com a idade. Estima-se que o CCL possa progredir para demência em cerca de 10% a 15% dos casos por ano (Sachdev et al., 2014).

5. Considerações finais

O estágio de 300 horas na Clínica Affidea em Castelo Branco foi um período de grande relevância, onde se consolidaram conhecimentos teóricos e, acima de tudo, se desenvolveu uma sólida competência prática na área da Ressonância Magnética. Este período permitiu uma transição de uma fase predominantemente acadêmica para uma mais aplicada, evidenciando a importância do equilíbrio entre teoria e prática no desenvolvimento de um profissional de saúde.

A experiência evidenciou a necessidade de maior personalização nos protocolos para pacientes com condições específicas, como claustrofobia, e de uma abordagem mais dinâmica na programação de exames complexos. Além disso, a introdução de reuniões regulares entre os membros da equipa técnica poderia contribuir para melhorar a organização do fluxo de trabalho e garantir maior uniformidade nos procedimentos realizados. A revisão periódica dos protocolos, incorporando avanços tecnológicos e práticas clínicas mais recentes, revelou-se igualmente relevante.

A Ressonância Magnética, sendo uma das técnicas de diagnóstico por imagem mais sofisticadas e versáteis, apresenta desafios específicos tanto a nível técnico como na interação com os pacientes. Este estágio proporcionou um contacto direto com esses desafios, oferecendo a oportunidade de lidar com diferentes protocolos de imagem, desde exames simples até procedimentos mais complexos que exigem maior precisão, como nos casos clínicos descritos neste relatório.

Apesar das limitações encontradas, como a necessidade de maior autonomia inicial na escolha de protocolos e na programação de sequências, as competências técnicas adquiridas ao longo do estágio permitiram ultrapassar estes obstáculos. As propostas de melhoria desenvolvidas durante este período, como a otimização dos parâmetros de aquisição e a inclusão de bandas de saturação em determinados exames, reforçam a capacidade de análise crítica e o contributo pessoal para o aperfeiçoamento dos processos.

Por outro lado, a interação com os pacientes foi uma experiência enriquecedora. Muitos apresentavam ansiedade ou desconforto em relação aos exames de Ressonância Magnética, especialmente em contextos de claustrofobia ou exames prolongados. Aprender a transmitir

tranquilidade e a gerir essas situações foi fundamental para a criação de um ambiente de trabalho acolhedor e eficiente.

Assim, este estágio não só completou a formação teórica com uma componente prática rica, como também permitiu o desenvolvimento de competências essenciais à prática da Ressonância Magnética. Este período formativo consolidou uma base sólida de conhecimentos técnicos e interpessoais, contribuindo significativamente para a preparação enquanto futura profissional na área de imagiologia médica.

6. Conclusão

O estágio de 300 horas realizado nos serviços de imagiologia da Clínica Affidea em Castelo Branco foi uma experiência essencial para a consolidação de competências teóricas e práticas na área da Ressonância Magnética. Este período permitiu um contacto direto com tecnologias avançadas, a execução de protocolos diversificados e a interação com diferentes casos clínicos, proporcionando uma visão abrangente da prática profissional.

Entre os aspetos positivos, destaca-se o desenvolvimento de autonomia progressiva na realização de exames e na programação de sequências de imagem. A oportunidade de trabalhar em equipa com técnicos experientes e médicos radiologistas foi fundamental para ampliar conhecimentos técnicos e integrar boas práticas clínicas. Além disso, a interação com pacientes possibilitou o desenvolvimento de competências interpessoais, como a gestão de situações de ansiedade e a transmissão de tranquilidade em contextos de maior desconforto, como exames prolongados ou em pacientes claustrofóbicos.

No entanto, identificaram-se alguns aspetos menos positivos. Inicialmente, foi necessário um maior esforço de adaptação às exigências práticas, especialmente na programação de exames mais complexos. Além disso, verificou-se que a falta de reuniões regulares na equipa técnica pode limitar a uniformidade dos procedimentos e a partilha de conhecimentos entre os profissionais.

Com base nesta experiência, surgiram oportunidades claras de melhoria. A introdução de protocolos ajustados às necessidades específicas dos pacientes e a atualização periódica dos procedimentos técnicos foram identificadas como medidas que podem melhorar significativamente a eficiência e a qualidade do serviço prestado. Adicionalmente, a criação de reuniões de equipa regulares poderia contribuir para um fluxo de trabalho mais integrado, permitindo a partilha de soluções e boas práticas.

Assim, o estágio foi não só uma etapa de grande aprendizagem, como também uma oportunidade para identificar áreas de melhoria e contribuir com propostas concretas para a otimização dos procedimentos. Este período formativo preparou-me para enfrentar os desafios futuros na área da imagiologia médica, dotando-me de ferramentas essenciais para evoluir como profissional de saúde na prática da Ressonância Magnética.

7. Referências Bibliográficas

- Bitar, R., Leung, G., Perng, R., Tadros, S., Moody, A. R., Sarrazin, J., McGregor, C., Christakis, M., Symons, S., Nelson, A., & Roberts, T. P. (2006). MR pulse sequences: What every radiologist wants to know but is afraid to ask. *Radiographics*, 26(2), 513–537. <https://doi.org/10.1148/rg.262055063>
- Imaios. Anatomia das vértebras lombares (imagens de cortes IRM T1, T2 e imagens 3D). e-Anatomy. <https://doi.org/10.37019/e-anatomy/278222.br>
- MRI Master. Image contrast. <https://mrimaster.com/PLAN>
- MRI Master. Lumbar Spine. https://mrimaster.com/PLAN_L_SPINE.html
- Serai, S. D., Ho, M. L., Artunduaga, M., Chan, S. S., & Chavhan, G. B. (2021). Components of a magnetic resonance imaging system and their relationship to safety and image quality. *Pediatric Radiology*, 51(5), 716–723. <https://doi.org/10.1007/s00247-020-04894-9>
- Thayalan, K. (2014). *The Physics of Radiology and Imaging*. Jaypee Brothers Medical Publishers.
- Bogduk, N. (2013). *Clinical anatomy of the lumbar spine and sacrum* (5th ed.). Elsevier.
- Deyo, R. A., & Mirza, S. K. (2016). Herniated lumbar intervertebral disk. *New England Journal of Medicine*, 374(18), 1763–1772. <https://doi.org/10.1056/NEJMr1507085>
- Modic, M. T., & Ross, J. S. (2007). Lumbar degenerative disk disease. *Radiology*, 245(1), 43–61. <https://doi.org/10.1148/radiol.2451051359>
- Petersen, R. C. (2016). Mild cognitive impairment. *Continuum (Minneapolis)*, 22(2), 404–418. <https://doi.org/10.1212/CON.0000000000000313>
- Sachdev, P. S., Blacker, D., Blazer, D. G., Ganguli, M., Jeste, D. V., Paulsen, J. S., & Petersen, R. C. (2014). Classifying neurocognitive disorders: The DSM-5 approach. *Nature Reviews Neurology*, 10(11), 634–642. <https://doi.org/10.1038/nrneurol.2014.181>
- Jack, C. R., & Holtzman, D. M. (2013). Biomarker modeling of Alzheimer’s disease. *Neuron*, 80(6), 1347–1358. <https://doi.org/10.1016/j.neuron.2013.12.003>

American College of Radiology (2024). *ACR Manual on MR Safety*. Retrieved from <https://www.acr.org>

Applied Radiology (2024). *Quality and Safety in Medical Imaging During Pregnancy and Lactation — Part 2*. Retrieved from <https://www.appliedradiology.com>

American College of Radiology (2024). *Advancing MR Safety: Updated Manual Presents New Guidelines and Best Practices*. Retrieved from <https://www.acr.org>

Westbrook, C., Roth, C. K., & Talbot, J. (2018). *MRI in Practice*. Wiley-Blackwell.