

Universidade do Minho
Escola de Engenharia

Mariana Silva Gonçalves

**Aplicação de técnicas de otimização no
agendamento de Ressonâncias Magnéticas
num hospital público**

Dissertação de Mestrado

Mestrado em Engenharia de Sistemas

Trabalho efetuado sob a orientação de

Professor Doutor José António Vasconcelos Oliveira

Janeiro de 2019



DECLARAÇÃO

Nome: Mariana Silva Gonçalves

Endereço eletrónico: marianasg84@gmail.com

Título da dissertação: Aplicação de técnicas de otimização de Ressonâncias Magnéticas num hospital público

Orientador: Professor Doutor José António Vasconcelos Oliveira

Ano de conclusão: 2019

Mestrado em Engenharia de Sistemas

Nos exemplares das teses de doutoramento ou de mestrado ou de outros trabalhos entregues para prestação de provas públicas nas universidades ou outros estabelecimentos de ensino, e dos quais é obrigatoriamente enviado um exemplar para depósito legal na Biblioteca Nacional e, pelo menos outro para a biblioteca da universidade respetiva, deve constar uma das seguintes declarações:

1. É AUTORIZADA A REPRODUÇÃO INTEGRAL DESTA DISSERTAÇÃO APENAS PARA EFEITOS DE INVESTIGAÇÃO, MEDIANTE DECLARAÇÃO ESCRITA DO INTERESSADO, QUE A TAL SE COMPROMETE;
2. É AUTORIZADA A REPRODUÇÃO PARCIAL DESTA DISSERTAÇÃO (indicar, caso tal seja necessário, nº máximo de páginas, ilustrações, gráficos, etc.), APENAS PARA EFEITOS DE INVESTIGAÇÃO, MEDIANTE DECLARAÇÃO ESCRITA DO INTERESSADO, QUE A TAL SE COMPROMETE;
3. DE ACORDO COM A LEGISLAÇÃO EM VIGOR, NÃO É PERMITIDA A REPRODUÇÃO DE QUALQUER PARTE DESTA TESE/TRABALHO

Universidade do Minho, ___/___/_____

Assinatura:



AGRADECIMENTOS

“Não há comparação entre o que se perde por fracassar e o que se perde por não tentar.”

- Francis Bacon

Em primeiro lugar, agradeço ao meu orientador, o professor José António Oliveira, por todo o apoio e dedicação durante este projeto.

Obrigada a todos os meus amigos que fizeram este caminho comigo, em especial às minhas amigas mais próximas, que sempre se mostraram disponíveis para me apoiar. Deixo uma palavra de carinho à Alexandra, Débora, Eduarda, Eliana, Inês e Isabel, por terem sido as pessoas que partilharam, mais de perto, esta fase comigo e me mostraram que não existem dificuldades que eu não consiga ultrapassar. Um agradecimento muito especial ao Diogo, que está comigo desde o início desta aventura, por todas as palavras de incentivo e motivação.

Por último, o meu maior agradecimento é para os meus pais, por serem o meu exemplo de vida e por me incentivarem, todos os dias, a ser a melhor versão de mim mesma.

“Quem caminha sozinho pode até chegar mais rápido, mas aquele que vai acompanhado, com certeza vai mais longe.”

- Clarice Lispector



RESUMO

O Hospital de Braga tem vindo a enfrentar dificuldades em conseguir dar resposta à quantidade de pedidos de Ressonância Magnética que são solicitados anualmente. Com valores a ascender aos 9000 exames em lista de espera, tornou-se evidente a necessidade de otimizar os processos e melhorar o nível de serviço da ala de Imagiologia. Para perceber o estado atual do hospital, foi analisada a capacidade de execução do serviço, onde se concluiu que o HB realiza 250 exames, por semana, em vez dos 282 possíveis. Com esta problemática surgiu a necessidade de investigar as principais causas destes números. Esta investigação levou a que se descobrisse diferentes motivos para que o agendamento de RM não seja utilizado ao máximo. Apesar dos motivos serem distintos, o seu conjunto provoca a deficiência no serviço e conseqüente incapacidade na diminuição da lista de espera.

Deste modo, após assinalar as falhas existentes, foi necessário pensar em soluções que amenizassem ou, até mesmo, resolvessem os problemas. Em primeiro lugar, os utentes não são triados à priori, o que significa que o médico especialista faz a requisição do exame sem perceber se o utente está apto ou não para a realização do exame. Para tal, é necessário um sistema de pré-triagem, aquando da requisição, para permitir que médico requisitante avalie o seu utente e perceba se este pode realizar o exame e quais as suas possíveis dificuldades e contraindicações. Em segundo lugar, os dados referentes a exames já efetuados e por efetuar, não se encontram informatizados. Esta situação leva a que seja impossível perceber o nível de serviço que tem sido praticado pelo hospital e realizar estudos estatísticos que são benéficos para otimizar toda a ala de Imagiologia. Em terceiro lugar, 56% do total de exames marcados e não realizados, devem-se às faltas dos utentes sem a correspondente desmarcação. Assim, seria possível colocar um sistema de sanções aos utentes que faltam a um exame sem desmarcação ou sem justificação. Outras formas de contornar as falhas na realização de exames, seria a adoção da estratégia de *overbooking* ou alteração do método de agendamento. Por fim, a utilização de *slots* nominais de 30 minutos é prejudicial ao método de agendamento, porque 62% dos exames demoram até 30 minutos, inclusive. Desta forma, foi proposto um novo modelo que utiliza os tempos efetivos de exame e que não inclui restrições ao número de exames feitos por turno. Este modelo tem a capacidade de realizar, em média, mais 189 minutos que o modelo nominal, por semana.

Palavras-Chave: Otimização de agendamentos, Programação Linear Inteira, Ressonância Magnética, Hospital, Investigação Operacional.



ABSTRACT

Hospital de Braga has been struggling to respond to the number of Magnetic Resonance Imaging orders that are made annually. With values rising to 9,000 waiting list exams, the need to optimise processes and improve the service level of the Imaging department became evident. To understand the current state of the hospital, the capacity to perform the service was analysed, where it was concluded that HB performs 250 exams per week, instead of the 282 possible ones. With this problem arose the need to investigate the main causes of these numbers. This investigation led to the discovery of different reasons why the MRI schedule is not being used to the maximum. Although the reasons are distinct, its combination causes the deficiency in the service and consequent incapacity in the decrease of the waiting list.

In this way, after pointing out the existing flaws, it was necessary to think of solutions that would alleviate or even solve the problems. Firstly, users are not screened a priori, which means that the specialist doctor makes the request of the examination without realising if the user is apt or not to perform the examination. For this, a pre-screening system is required at the time of the request, to allow the requesting physician to evaluate the patient and to see if the patient can perform the examination and its possible difficulties and contraindications. Secondly, the data concerning exams already performed and to be performed, are not computerised. This situation makes it impossible to perceive the level of service that has been practiced by the hospital and to execute statistical studies that are beneficial to optimise the entire department of Imaging. Thirdly, the failures to perform booked exams, being 56% of these failures due to the absence of users without the corresponding uncheck. This way, it would be possible to introduce a system of penalties for users who miss an examination without uncheck or justification. Other ways to avoid the failures in performing exams would be to adopt the overbooking strategy or change the scheduling method. Finally, the use of 30-minute nominal slots is detrimental to the scheduling method because 62% of the exams take up to 30 minutes, including. Thus, was proposed a new model that uses the actual exam times and does not include restrictions on the number of exams done per shift. This model has the capacity to perform, on average, 189 minutes more than the nominal model, per week.

KEYWORDS: Block scheduling optimization, Integer Linear programming, Magnetic Resonance Imaging, Hospital, Operational Research.



ÍNDICE

AGRADECIMENTOS.....	III
RESUMO.....	V
ABSTRACT.....	VII
ÍNDICE DE FIGURAS.....	XI
ÍNDICE DE TABELAS.....	XIII
LISTA DE ABREVIATURAS, SIGLAS E ACRÓNIMOS.....	XV
1. INTRODUÇÃO.....	1
1.1 ENQUADRAMENTO E MOTIVAÇÕES.....	1
1.2 OBJETIVOS.....	2
1.3 METODOLOGIAS E TECNOLOGIAS UTILIZADAS.....	2
1.4 ESTRUTURA DO DOCUMENTO.....	3
2. ENQUADRAMENTO E REVISÃO DA LITERATURA.....	5
2.1 SISTEMA NACIONAL DE SAÚDE.....	5
2.2 SERVIÇO DE IMAGIOLOGIA.....	8
2.3 SERVIÇO DE RESSONÂNCIA MAGNÉTICA.....	8
2.4 INVESTIGAÇÃO OPERACIONAL NA SAÚDE.....	10
2.5 ESTUDOS ANTERIORES SOBRE A OTIMIZAÇÃO DE AGENDAMENTOS NO CONTEXTO HOSPITALAR.....	11
2.5.1 <i>Estudos anteriores sobre a otimização do agendamento de Ressonâncias Magnéticas.....</i>	<i>12</i>
3. HOSPITAL DE BRAGA.....	15
3.1 HISTÓRIA.....	15
3.2 SERVIÇO DE IMAGIOLOGIA NO HOSPITAL DE BRAGA.....	15
3.3 AS RESSONÂNCIAS MAGNÉTICAS E O SEU PROCEDIMENTO NO HOSPITAL DE BRAGA.....	16
3.3.1 <i>Etapas na realização de um exame de Ressonância Magnética.....</i>	<i>16</i>
3.3.2 <i>Contraste.....</i>	<i>16</i>
3.3.3 <i>Fatores que impossibilitam a realização da RM.....</i>	<i>17</i>
3.3.4 <i>Procedimento das Ressonâncias Magnéticas no HB.....</i>	<i>17</i>
3.4 TIPO DE AGENDAMENTO NO HOSPITAL DE BRAGA.....	19
4. ENQUADRAMENTO DO PROBLEMA REAL.....	21
4.1 MÁQUINAS DE RM NO HOSPITAL DE BRAGA.....	21
4.2 SITUAÇÃO ATUAL DOS EXAMES DE RM E A SUA LISTA DE ESPERA.....	24
5. ANÁLISE DOS MÉTODOS UTILIZADOS PELO HOSPITAL DE BRAGA NA ÁREA DA RM.....	25
5.1 ORDENAÇÃO DOS EXAMES DE RESSONÂNCIA MAGNÉTICA.....	25
5.2 AVALIAÇÃO DAS REQUISIÇÕES DOS EXAMES DE RESSONÂNCIA MAGNÉTICA.....	25



5.3	QUESTIONÁRIOS FEITOS À POPULAÇÃO SOBRE A SUA PERCEÇÃO DOS EXAMES DE RM	26
6.	PROBLEMAS ENCONTRADOS NO SERVIÇO DE RESSONÂNCIA MAGNÉTICA DO HB.....	31
6.1	PROBLEMA NA REQUISIÇÃO DAS RESSONÂNCIAS MAGNÉTICAS	31
6.2	FALTA DE DADOS INFORMATIZADOS	32
6.3	AS FALTAS DOS UTENTES	33
6.4	UTILIZAÇÃO DE SLOTS FIXAS DE 30 MINUTOS.....	33
6.5	NÃO APROVEITAMENTO TOTAL DAS MARCAÇÕES	34
7.	SUGESTÕES DE MELHORIA.....	35
7.1	MELHORIA DO SISTEMA DE REQUISIÇÕES DO HOSPITAL DE BRAGA.....	35
7.1.1	<i>Inclusão de uma triagem médica na requisição da RM.....</i>	<i>35</i>
7.2	INFORMATIZAÇÃO DOS DADOS	37
7.3	MELHORIAS NO SISTEMA DE FALTAS DOS UTENTES	38
7.4	SUGESTÃO DE MELHORIA PARA O APROVEITAMENTO TOTAL DAS MARCAÇÕES	38
7.4.1	<i>Overbooking</i>	<i>38</i>
7.4.2	<i>Alteração do tipo de agendamento utilizado</i>	<i>39</i>
7.5	SUGESTÕES DE MELHORIAS NA QUALIDADE DO SERVIÇO SOB O PONTO DE VISTA DO UTILIZADOR	40
8.	OTIMIZAÇÃO DO AGENDAMENTO DE RM.....	41
8.1	METODOLOGIA	41
8.2	COMPARAÇÃO ENTRE A UTILIZAÇÃO DE TEMPOS EFETIVOS E TEMPOS NOMINAIS.....	42
8.3	ESTRATÉGIA DE USO DO MODELO EFETIVO	52
8.4	COMPARAÇÃO DO MODELO EFETIVO E NOMINAL COM E SEM RESTRIÇÃO DE EXAMES.....	53
8.5	MODELO ATUAL VS MODELO PROPOSTO.....	60
8.6	GUROBI VS CPLEX	62
9.	CONCLUSÕES.....	63
	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	69
	ANEXOS.....	73



ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA 1 - ESTRUTURA ORGANIZACIONAL DO SNS.....	6
FIGURA 2 - NÚMERO DE EXAMES DE RESSONÂNCIA MAGNÉTICA EM PORTUGAL, POR MIL HABITANTES	10
FIGURA 3 - PROCEDIMENTOS PRÉ-EXAME DE RM	17
FIGURA 4 - PROCEDIMENTOS NO DIA DO EXAME DE RM	18
FIGURA 5 - NÚMERO DE SLOTS DISPONÍVEIS PARA MARCAÇÕES DE RM NO HOSPITAL DE BRAGA.....	22
FIGURA 6 - MODELO NOMINAL (PARTE 1 DE 3).....	43
FIGURA 7 - MODELO NOMINAL (PARTE 2 DE 3).....	44
FIGURA 8 - MODELO NOMINAL (PARTE 3 DE 3).....	44
FIGURA 9 - MODELO EFETIVO (PARTE 1 DE 2).....	45
FIGURA 10 - MODELO EFETIVO (PARTE 2 DE 2).....	45
FIGURA 11 - GERADOR DE INSTÂNCIAS	46
FIGURA 12 - PARÂMETRO EXAMES	47
FIGURA 13 - PARÂMETRO TURNOS COM FIM DE SEMANA NEURORRADIOLOGIA	48
FIGURA 14 - PARÂMETRO TURNOS COM FIM DE SEMANA DE RADIOLOGIA	49
FIGURA 15 - MODELO EFETIVO SEM RESTRIÇÃO DE EXAMES.....	54
FIGURA 16 - MODELO NOMINAL SEM RESTRIÇÃO DE EXAMES.....	57



ÍNDICE DE TABELAS

TABELA 1 - MÉTODOS DE AGENDAMENTO	ERRO! MARCADOR NÃO DEFINIDO.
TABELA 2 - PLANO DO HORÁRIO DIÁRIO DAS MARCAÇÕES, NAS MÁQUINAS DE RM, NO HOSPITAL DE BRAGA	23
TABELA 3 - PERGUNTAS-TIPO PARA A PRÉ-TRIAGEM MÉDICA	36
TABELA 4 - NÚMERO DE SLOTS QUE FICARAM VAZIAS POR SEMANA	39
TABELA 5 - PERCENTAGEM DE EXAMES POR INTERVALO DE TEMPO	42
TABELA 6 - RESULTADOS DOS EXAMES REALIZADOS E ADIADOS NO MODELO EFETIVO E NO MODELO NOMINAL	50
TABELA 7 - RESULTADOS DOS MINUTOS UTILIZADOS E NÃO UTILIZADOS NO MODELO EFETIVO E NO MODELO NOMINAL	51
TABELA 8 - ESTRATÉGIA DE USO DO MODELO EFETIVO.....	53
TABELA 9 - NÚMERO DE EXAMES REALIZADOS E ADIADOS, NO MODELO EFETIVO, COM E SEM RESTRIÇÃO	55
TABELA 10 - MINUTOS NÃO USADOS, NO MODELO EFETIVO, COM E SEM RESTRIÇÃO.....	56
TABELA 11 - NÚMERO DE EXAMES REALIZADOS E ADIADOS, NO MODELO NOMINAL, COM E SEM RESTRIÇÃO	58
TABELA 12 - MINUTOS NÃO USADOS, NO MODELO NOMINAL, COM E SEM RESTRIÇÃO.....	59
TABELA 13 - TOTAL DE MINUTOS REALIZADOS ENTRE MODELO ATUAL E MODELO PROPOSTO	61
TABELA 14 - COMPARAÇÃO DE TEMPOS ENTRE O SOLVER GUROBI E O SOLVER CPLEX	62



LISTA DE ABREVIATURAS, SIGLAS E ACRÓNIMOS

AMPL – *A Mathematical Programming Language*

HB – Hospital de Braga

HCP - *Health Consumer Powerhouse Ltd*

INE – Instituto Nacional de Estatística

IO – Investigação Operacional

MRI – *Magnetic Resonance Imaging*

OCDE – Organização para a Cooperação e Desenvolvimento Económico

ORAHs - Operational Research Applied to Health Services

PL – Programação Linear

PLI – Programação Linear Inteira

RM – Ressonância Magnética

SNS – Serviço Nacional de Saúde

TAC – Tomografia Axial Computorizada



1. INTRODUÇÃO

Neste capítulo será descrito o enquadramento do tema em investigação, tal como os seus objetivos, motivações e propostas de resolução. Será ainda descrita a estrutura do documento e serão indicadas as metodologias e tecnologias utilizadas para a sua realização.

1.1 Enquadramento e motivações

Ao longo dos últimos anos, os prestadores de cuidados de saúde têm tido um papel fundamental no bem-estar da população portuguesa. Devido ao aumento da população idosa, que requer uma maior quantidade de cuidados e serviços de saúde, as unidades hospitalares e de serviços de cuidados de saúde têm estado sujeitos a uma enorme pressão para garantir que prestam o auxílio necessário a todos os utentes, com a qualidade que é exigida ao Serviço Nacional de Saúde.

A tarefa das unidades de saúde portuguesas tem vindo a dificultar-se, não só pelas métricas populacionais, mas, também, pela reestruturação económica que o país tem vindo a enfrentar, o que leva os hospitais a fazer mais serviços, com menos recursos que os necessários (humanos, equipamentos, materiais, tempo disponível). Sendo a satisfação dos utentes, atualmente, um dos fatores mais importantes para as unidades de saúde, tem sido difícil encontrar soluções que permitam oferecer serviços de qualidade, garantindo o mínimo tempo de espera possível.

Para garantir a eficácia na área da saúde, a Investigação Operacional tem vindo a desempenhar um papel importante na exploração de soluções que permitem a melhoria do sistema, nas diversas áreas que a integram (Ahmad, 2017). A utilização de ferramentas da Investigação Operacional, na área da saúde, teve início nos anos 50 do século XX e começou por ser aplicada no departamento de emergência e na otimização do tempo de espera dos pacientes (Monks, 2016).

Em Portugal, o serviço de Ressonância Magnética sofreu um aumento acentuado, desde o ano 2000. Segundo os dados da OCDE (Organização para a Cooperação e Desenvolvimento Económico), desde 2000 até ao ano de 2016, o número de exames de RM realizados aumentou em mais de 800% (OECD, 2018). Em linha com este crescimento, também o Hospital de Braga (HB) viu o número de exames de RM realizados a aumentar, tendo uma variação de 15,3 pontos percentuais de 2016 para 2017, realizando, no total, cerca de 12000 exames em 2017. Este número já inclui as Ressonâncias Magnéticas realizadas no exterior, dado que, uma vez que o HB alcançou o seu limite de capacidade de utilização, foram criados acordos com o SMIC (Centro de Tomografia de Braga).



Ao contrário de outros serviços prestados pelo Hospital de Braga, o exame de Ressonância Magnética não requer preparação prévia, ou seja, apenas envolve a equipa de imagiologia e não necessita de consultas preparatórias para o exame. Apenas em casos de exceção é necessária uma marcação com outras especialidades, como no caso de doentes com *pacemaker*, onde é necessário avisar a ala de cardiologia para a configuração do aparelho.

Apesar do Hospital de Braga conseguir realizar, anualmente, um número elevado de exames de Ressonância Magnética, não possui capacidade de oferta para toda a procura a que tem sido sujeito. Desta forma, a lista de espera por RM tem aumentado, progressivamente, tendo atingido os 9000 exames em 2017. Segundo os dados recolhidos no Hospital de Braga, referentes a 2017, os tempos de espera podem ser superiores a um ano – dependendo do nível de urgência da Ressonância Magnética.

1.2 Objetivos

O objetivo principal desta dissertação é a minimização do tempo de espera para realização das Ressonâncias Magnéticas e conseqüente diminuição da lista de espera. Com este decréscimo, é exetável uma rentabilidade máxima das máquinas de RM na área de Imagiologia do Hospital de Braga.

De forma a garantir a concretização deste objetivo, serão realizadas as seguintes etapas:

- Análise da situação atual do Hospital de Braga e da área de Imagiologia, do procedimento na realização de um exame de RM, desde a sua requisição até à sua conclusão.
- Análise e avaliação do sistema de agendamento das RM no HB, do sistema de ordenação dos exames e da capacidade de resposta do HB às requisições de RM.
- Desenvolvimento de estratégias que possam minimizar as lacunas no agendamento do HB e a reduzir os tempos de espera e aplicação de um modelo de programação linear para minimização no tempo desperdiçado.
- Proposta das melhores soluções a serem aplicadas de imediato no HB, de forma a reduzir a lista de espera.

1.3 Metodologias e tecnologias utilizadas

Para a realização desta investigação e posterior obtenção de resultados, será utilizada a metodologia investigação-ação que se traduz no *learning by doing*. Esta metodologia divide-se em cinco etapas:

- Diagnóstico;
- Planeamento de ações;



- Implementação de ações;
- Avaliação;
- Especificação da aprendizagem (O'Brien, 2001).

Para atingir o objetivo definido, foram utilizadas as diferentes tecnologias ao longo das etapas realizadas durante a dissertação:

- *Microsoft Excel*, onde foram organizadas as bases de dados e calculadas as tabelas com os valores estatísticos referentes ao HB e às RM;
- GUSEK (*GLPK Under Scite Extended Kit*), onde foi construído o modelo de programação linear inteira, escrito em linguagem AMPL (*A Mathematical Programming Language*), e o ficheiro de dados associado a esse modelo executado.
- NEOS *Server*, onde o modelo de programação linear inteira foi corrido, através do *solver* Gurobi e CPLEX.

1.4 Estrutura do Documento

O presente documento será dividido em nove capítulos distintos, especificados nos seguintes parágrafos.

No primeiro e vigente capítulo é feito um enquadramento, juntamente com as motivações do tema da dissertação, bem como os objetivos a serem alcançados e as metodologias e tecnologias utilizadas para tal.

No segundo capítulo é feita a revisão da literatura de forma a compreender a situação atual do Sistema Nacional de Saúde, do serviço de Imagiologia, do serviço de Ressonância Magnética. Além disto, é feita, também, uma revisão da literatura sobre investigações anteriores no âmbito da Investigação Operacional na saúde e da otimização de agendamentos no contexto hospitalar.

No terceiro capítulo é realizada uma análise ao Hospital de Braga, ao seu serviço de Ressonância Magnética e o seu respetivo método de agendamento.

No quarto capítulo é feito o enquadramento do problema real, onde é avaliado o atual funcionamento das máquinas de RM e a atual lista de espera do Hospital de Braga.

No quinto capítulo é descrita a análise que foi efetuada sobre o modo de funcionamento da ala de Ressonância Magnética, incidindo sobre a atual avaliação que é feita às requisições para a realização



da RM, como é feita a ordenação das marcações e ainda os resultados do questionário feito à população sobre a sua perceção do exame.

No sexto capítulo é feita uma exposição dos problemas encontrados no serviço de Ressonância Magnética do Hospital de Braga, nomeadamente, o problema com as requisições das RM, a falta de dados informatizados, as faltas dos utentes aos exames de RM, a utilização, atual, de *slots* fixas de 30 minutos por marcação de exame e o não aproveitamento total das marcações disponíveis diariamente, para as Ressonâncias Magnéticas.

No sétimo capítulo são fornecidas as sugestões de melhorias aos problemas assinalados no capítulo sexto, de forma a melhorar a qualidade do serviço, no Hospital de Braga.

No oitavo capítulo são demonstrados os resultados dos testes de otimização, em programação linear, e comentados os seus resultados.

No capítulo nove, o último capítulo desta dissertação, são realizadas as reflexões finais acerca dos resultados obtidos, bem como as sugestões oferecidas aos Hospital de Braga. Neste capítulo são também sugeridas futuras investigações para o tema.



2. ENQUADRAMENTO E REVISÃO DA LITERATURA

2.1 Sistema Nacional de Saúde

Nos últimos anos, o Sistema Nacional de Saúde tem tido grandes dificuldades na resposta ao serviço que lhe é exigido, por manifesta falta de capacidade. Os avanços das tecnologias e a necessidade de aquisição de novos equipamentos para fazer face à procura requerem um avultado investimento, mas, devido às restrições financeiras, causam um estrangulamento na capacidade de resposta das unidades de saúde.

Com a falta de investimento no SNS, as infraestruturas das unidades de saúde deixam de ser melhoradas e ocorre uma estagnação dos recursos humanos disponíveis, por falta de meios financeiros para a contratação de pessoal. Por outro lado, o agravamento do envelhecimento em Portugal leva ao aumento da população com doenças crónicas e portadoras de diferentes patologias, que exige maior capacidade nas instituições de saúde, para atenderem aos seus cuidados, garantindo a melhor qualidade de serviço (Ministério da Saúde, 2018).

De acordo com o INE, o índice de envelhecimento português foi de 155,4 em 2017, o que significa que, por cada 100 jovens, existem cerca de 155 idosos, face aos 127,6 de 2011 (INE, 2018). Segundo as previsões, em 2080, e em cenário moderado, este número deverá aumentar para 317,4 (INE, 2017a). Outro fator a ter em consideração é o aumento da esperança média de vida à nascença, quando comparados os dados de 2011 com 2016. Nas mulheres, esta estatística situava-se nos 84,3 anos e nos homens nos 78,1 anos, em 2016, face à esperança média de vida à nascença de 83,8 e de 77,3 anos para mulheres e homens, respetivamente, em 2011 (PORDATA, 2015).

Em 2016, nos hospitais portugueses, o número de consultas externas fez um total de 19,4 milhões (Instituto Nacional de Estatística, 2018), face aos 16,7 milhões de consultas ocorridas em 2012 (Instituto Nacional de Estatística, 2014). Sendo que os pedidos de Imagiologia são feitos a partir das consultas externas, o aumento das mesmas reflete-se, possivelmente, em mais pedidos de exame de diagnóstico.

Relativamente ao funcionamento do SNS, este é composto por diferentes órgãos, como é possível ver na figura seguinte (Figura 1):

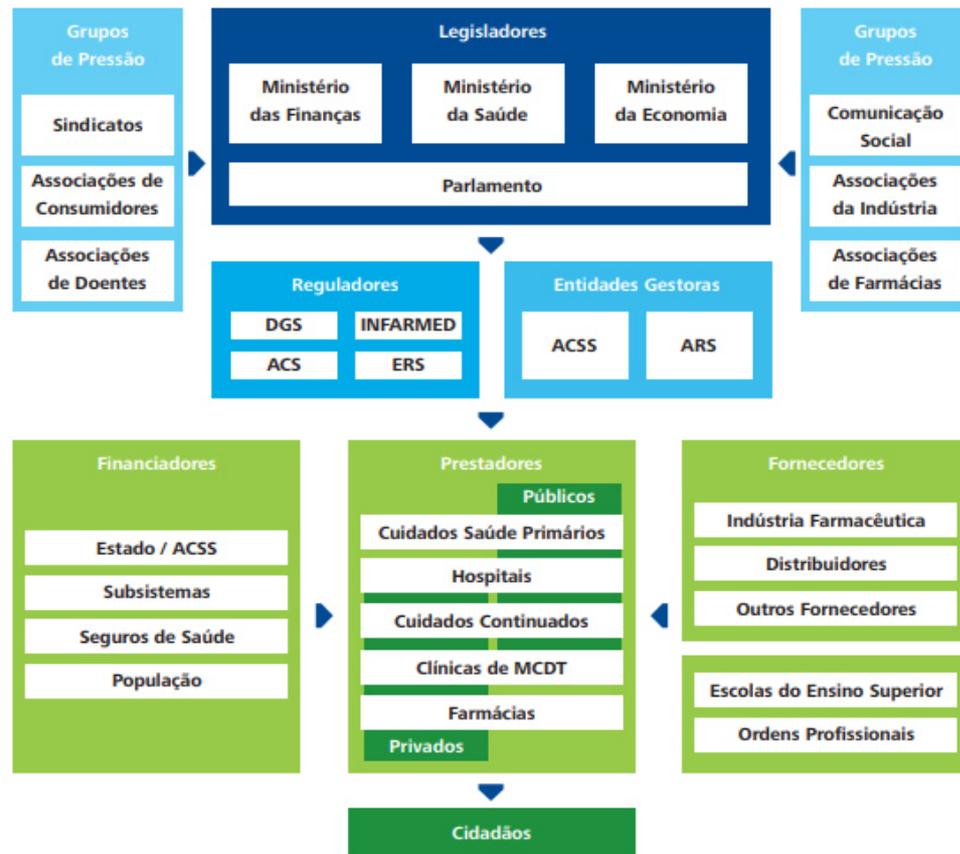


Figura 1 - Estrutura Organizacional do SNS – Fonte: Public Sector, Life Sciences & Healthcare 2011 – Integral - (Deloitte, 2011)

O SNS é uma organização governamental e, como tal, os seus principais legisladores são os Ministérios da Saúde, da Economia e das Finanças. Por estes ministérios passam as principais decisões relativas a investimento público nas unidades de saúde, quer a nível de infraestrutura, quer a nível de recursos humanos. Com isto, a conjuntura económica que o país tem atravessado, tem tido um grande impacto na crise que o Sistema Nacional de Saúde tem enfrentado, por falta de verbas que garantam a capacidade de resposta à crescente procura.

O Sistema Nacional de Saúde foi criado em 1979 e é definido como “o conjunto de instituições e serviços, dependentes do Ministério da Saúde, que têm como missão garantir o acesso de todos os cidadãos aos cuidados de saúde, nos limites dos recursos humanos, técnicos e financeiros disponíveis. O SNS abrange ainda os estabelecimentos privados e profissionais de saúde em regime liberal, com os quais tenham sido celebrados contratos ou convenções, que garantam o direito de acesso dos utentes em moldes semelhantes aos oferecidos pelo SNS” (SNS, 2018).



O SNS de Portugal encontra-se no 14º lugar, no ranking do *Euro Health Consumer Index* 2017 (EHCI), entre os 35 sistemas de saúde dos países europeus, estando à frente de países como a Inglaterra, Espanha e Itália. Este ranking avalia fatores como os direitos e informação dos doentes, a acessibilidade, os resultados, a diversidade e abrangência dos serviços prestados, a prevenção e os produtos farmacêuticos. Consoante a avaliação, são atribuídos, pela *Health Consumer Powerhouse Ltd* (HCP), três diferentes cores, sendo o vermelho o resultado menos bom, o amarelo o resultado intermédio e o verde significa um bom resultado. Esta avaliação é feita pela organização HCP, por diferentes *stakeholders* (como, por exemplo, associações médicas) conjuntamente com um painel de especialistas independente. Fazendo uma análise mais detalhada à avaliação do Sistema Nacional de Saúde português, os pontos negativos (avaliados com a cor vermelha) recaem nas seguintes secções/áreas:

- Demora na realização de uma Tomografia Axial Computadorizada (TAC);
- Acesso direto a um especialista;
- Equidade nos serviços de saúde;
- Percentagem de utentes que realizam a diálise fora do Hospital;
- Cesarianas;
- Infeções de *Staphylococcus aureus* resistente à metilina (MRSA).

Relativamente ao ponto referente aos tempos de espera elevados para a realização de um TAC, e como apenas se referiram a este tipo de exame de Imagiologia, é considerado que se aplique aos restantes exames de diagnóstico por imagem.

Relativamente ao acesso direto a um especialista, as consultas de especialidade, no setor público, têm que ser requisitadas por um prestador de serviços primários do SNS (Unidades de Saúde Familiar e/ou Centros de Saúde), por referência de outros hospitais do SNS ou por referência por outras entidades do sector social, com acordo de cooperação com o SNS. Esta avaliação negativa não deve ser considerada, uma vez que, ao contrário do que acontece noutros países, em Portugal não é colocada a hipótese do acesso direto a um especialista no Serviço Nacional de Saúde.

Por fim, é importante referir que, sobre as infeções de MRSA, estas perfizeram um total de 10.746 infeções entre 2012 e 2015 (Expresso, 2016). Apesar das seis áreas com uma avaliação vermelha no serviço de saúde português, Portugal soma 21 resultados bons e 18 intermédios, o que mostra uma notória eficiência no serviço prestado pelo SNS. É importante realçar que o relatório *Euro Health Consumer Index* refere, também, que ao contrário do pensamento comum, o sistema de saúde funciona como uma indústria e, portanto, as listas de espera significam um avultado custo monetário,



dados que os processos mais simples, com menos pausas e interrupções garantem os custos mais baixos – Portugal pontua um resultado intermédio no que toca às listas de espera, tendo um melhor resultado que, por exemplo, Espanha ou o Reino Unido (H. C. P. Ltd, 2018).

2.2 Serviço de Imagiologia

O serviço de imagiologia surgiu em Portugal, em 1901, com a abertura do primeiro gabinete de Radiologia no Hospital Real de S. José, em Lisboa (Raposo, Silvestre, & Abecasis, n.d.). De forma a garantir um diagnóstico correto das diferentes patologias dos utentes, num estado precoce das mesmas, as instituições de saúde têm vindo a investir no serviço de Imagiologia, através da utilização de imagens que permitem ver, de forma clara, o corpo humano e as possíveis causas de doença e/ou desconforto. Dentro do serviço de Imagiologia, destacam-se os exames de Ressonância Magnética (RM), a Tomografia Axial Computorizada (TAC), o Raio-X e as Ecografias. A Imagiologia Médica é uma especialidade da Engenharia Biomédica e é esta área que trata da sua investigação, para os seus constantes avanços tecnológicos.

No ano de 2012, foram realizados 10.441.963 atos de diagnóstico em Portugal, nomeadamente de Imagiologia. Em 2016, em comparação, este número subiu cerca de 16%, tendo sido realizados 12.139.101 atos. Também no mesmo ano, na região do Cávado (que engloba os concelhos de Amares, Barcelos, Braga, Esposende, Terras de Bouro e Vila Verde – todos estes pertencentes ao distrito de Braga), foram realizados 461.525 atos de diagnóstico, representando um aumento de cerca de 9% face a 2012. Em Portugal, em 2016, o número de equipamentos disponíveis no serviço de Imagiologia ultrapassava os 720 (Instituto Nacional de Estatística, 2014, 2018) .

2.3 Serviço de Ressonância Magnética

A Ressonância Magnética é um método de obtenção de imagem que permite a diferenciação dos tecidos, através da utilização de campos magnéticos, podendo ser utilizada em qualquer parte anatómica do corpo humano. Estas características permitem que a equipa médica consiga fornecer um diagnóstico mais preciso e, desta forma, contribuir para uma maior aptidão no progresso do tratamento do paciente. No processo de captação de imagens, estas resultam da interação do campo magnético produzido pelo equipamento com os prótons de hidrogénio que estão presentes dentro dos tecidos humanos, gerando pulsos de radiofrequência, que são coletados por uma antena e, posteriormente, processados e convertidos em imagem (Mazzola, 2009). As antenas são amovíveis, devendo ser posicionadas no local anatómico referente à zona a ser examinada pelos técnicos.



Dentro da RM, distingue-se a área de radiologia e a de neurorradiologia. A neurorradiologia refere-se a qualquer RM que seja efetuada na cabeça e/ou pescoço, nomeadamente ao nível do crânio, da coluna vertebral, dos seios perinasais, dos ouvidos e de qualquer outra área referente à oftalmologia (Hospital Cruz Vermelha, 2019).

A radiologia é referente a todos os exames de RM feitos nas restantes zonas do corpo, estando, sobretudo, associado a problemas de articulação e locomoção. Segundo dados de 2017, retirados do INE, em Portugal existiam 174 médicos especialistas em Neurorradiologia e 964 médicos especialistas de Radiodiagnóstico (INE, 2017b).

Por ser um exame imagiológico não invasivo, indolor e com uma menor utilização de radiações potencialmente perigosas, a Ressonância Magnética tem tido um crescimento na sua utilização e no seu número de requisições, por parte dos médicos, sendo, também, considerado o melhor método de diagnóstico para diversas patologias (Radiologia de Albufeira, n.d.).

Em 2016 existiam, no setor público, 26 máquinas de Ressonância Magnética, face às 23 existentes em 2012. Relativamente ao setor público-privado, onde se insere o Hospital de Braga, existiam, em 2016, 3 máquinas de RM, não havendo comparação com 2012, por insuficiência de dados (Instituto Nacional de Estatística, 2014, 2018).

A Figura 2 mostra o aumento constante dos exames de RM realizados em Portugal, por 1000 habitantes, entre 2000 e 2016, sendo que, o último dado conhecido é de 38.8 exames por cada 1000 habitantes, face aos 4.2 exames por cada 1000 habitantes de 2000, segundo estatísticas da OCDE (OECD, 2018).

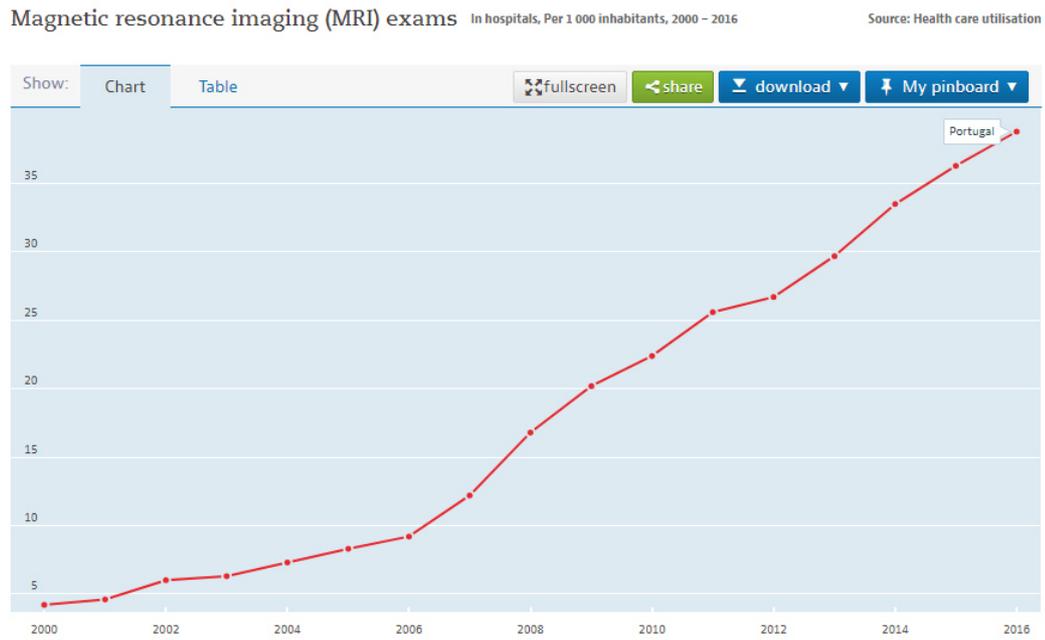


Figura 2 - Número de exames de Ressonância Magnética em Portugal, por mil habitantes – Fonte: OECD

Em Portugal, com o aumento da necessidade da realização das RM e a falta de meios do SNS para satisfazer a procura, o tempo de espera tem atingido valores elevados, podendo chegar aos 16 meses, colocando em risco a segurança e o bem-estar dos pacientes. Com esta situação torna-se urgente conseguir soluções que sejam capazes de ajustar a oferta à procura, tornando o serviço de Ressonância Magnética mais eficiente e eficaz (Diário de Notícias, 2016).

2.4 Investigação Operacional na Saúde

De acordo com o grupo de trabalho Europeu da ORAHS, a Investigação Operacional (IO) é definida como uma análise quantitativa e sistemática de apoio à tomada de decisão. A IO engloba diferentes métodos analíticos, como a modelação através da simulação, programação matemática, desenvolvimento de indicadores e métodos de previsão, entre outros (The European Working group on Operational Research Applied to Health Services, n.d.).

O objetivo principal da Investigação Operacional, relativamente à saúde, é encontrar um meio termo entre conseguir um serviço de excelência para os utentes, mas garantindo, ao mesmo tempo, a eficiência dos prestadores de cuidados de saúde (Brailsford & Vissers, 2011). A Investigação Operacional é utilizada para resolver diversos problemas na área da saúde, como, por exemplo, perceber quais as melhores localizações para estabelecer uma unidade de saúde, quais as rotas mais eficientes para os serviços de saúde ao domicílio, quantas ambulâncias são necessárias para a população local, quantos tratamentos devem ser planeados de forma a minimizar o tempo de tratamento de um paciente ou de



que forma devem ser agendados os serviços de saúde que o hospital oferece. Além destes, muitos outros exemplos existem e a IO fornece inúmeras metodologias e formas de resolução para cada um delas (Rais & Viana, 2011).

Rais e Viana (2011) ainda destacam as principais ferramentas utilizadas pelos investigadores de IO e os principais estudos feitos com as mesmas, entre os quais:

- A simulação utilizada, por exemplo, num estudo sobre a redução dos tempos de espera dos pacientes.
- Utilização de métodos de previsão da procura. Apesar destes métodos poderem ser quantitativos e qualitativos, na maior parte dos casos, os métodos utilizados são de análise quantitativa, por terem uma maior precisão. No entanto, para garantir que os resultados são fidedignos, é necessário que hajam dados históricos. Neste caso, por exemplo, Beech (2001) estudou a previsão de utilização dos serviços de saúde baseados na procura do mercado, através de uma grande variedade de dados disponíveis, de forma a estimar a procura futura.
- O planeamento da capacidade foi estudado por Green e Savin (2004). Estes autores utilizaram a investigação operacional para analisar as decisões de planeamento de um hospital que se encontrava numa situação cada vez mais crítica a nível de capacidade, formulando um modelo de filas.

Existem vários artigos sobre otimização de agendamentos que foram estudados pela investigação operacional, que irão ser mencionados na secção seguinte.

2.5 Estudos anteriores sobre a otimização de agendamentos no contexto hospitalar

Os agendamentos nos serviços ambulatoriais têm tido uma especial atenção, ao longo dos últimos anos, por parte dos investigadores. O estudo de métodos de otimização desta área começou há mais de meio século e continua até aos dias de hoje (Ahmadi-Javid, Jalali, & Klassen, 2017).

Em termos de recursos, os hospitais estão condicionados pela infraestrutura que possuem e pelos recursos humanos e tecnológicos que, economicamente, conseguem adquirir e manter. O agendamento de blocos operatórios já foi o caso de estudo de diversos investigadores da área de IO. A programação inteira foi utilizada para atribuir blocos de tempo da sala de operações a grupos cirúrgicos: o estudo destes autores baseou-se na criação de um horário cirúrgico com todas as especialidades que requerem o bloco operatório e a quantidade de horas requisitadas pelas mesmas. Os investigadores optaram pela estratégia de não colocar o mesmo horário em todas as semanas, mas sim modificá-lo de semana a



semana, de forma a que não existam grandes disparidades entre o tempo de utilização de cada especialidade; após a criação deste horário, aceite pelas diferentes especialidades, foi utilizado um algoritmo, programado no Microsoft Excel, utilizando um *add-in* do *Frontline Systems*, de forma a que fosse possível introduzir dados, mudar os parâmetros do modelo inicial, executar o algoritmo e ter acesso aos resultados percentuais do tempo perdido ou ganho por cada grupo cirúrgico, facilitando a alteração do horário, a qualquer momento, quando o hospital sentisse essa necessidade (Blake, Dexter, & Donald, 2002). Outros autores, como Lamiri, Xie, Dolgui e Grimaud (2008), utilizaram um modelo estocástico para fazer o planeamento da procura das cirurgias de emergência e das cirurgias que requerem marcação prévia: o objetivo do estudo consistia no desenvolvimento de um modelo de otimização e algoritmos que permitissem planear as cirurgias que requerem marcação, tendo em consideração a incerteza da procura pelas cirurgias de emergência.

2.5.1 Estudos anteriores sobre a otimização do agendamento de Ressonâncias Magnéticas

A área de estudo sobre a otimização de agendamentos de RM ainda está pouco desenvolvida, comprovado pela falta de artigos científicos sobre o tema. Ainda assim, será feito um resumo de artigos que suscitaram interesse para o desenvolvimento desta investigação.

O autor Joustra (2011) estudou a minimização dos tempos de acesso às RM através da alteração da estratégia, já existente, do sistema de marcações. Desta forma, através da formulação de possíveis cenários a serem implementados, utilizou a simulação computacional para definir a melhor solução, com base nos resultados obtidos. Um dos problemas assinalados pelo autor recaía sobre o número excessivo de blocos disponíveis (que eram criados, por exemplo, consoante o nível de urgência, tipo de RM e duração da RM) para marcação. Assim, de forma a otimizar a marcação dos exames, o primeiro passo foi a diminuição do número de blocos disponíveis, limitando o hospital a ter apenas o número mínimo essencial. Com esta alteração, a taxa de utilização do agendamento subiu de 70% para 80%, no espaço de um ano.

Este mesmo autor ainda investigou os tempos de espera no departamento de RM e como reduzir esse tempo. Assim, as principais causas para os tempos de espera, na sala de espera, assinaladas pelo autor, são o facto das durações efetivas dos exames ultrapassarem as durações previamente agendadas (durações nominais), a existência de alterações feitas ao agendamento diário, em cima da hora, causadas, por exemplo, por faltas, atrasos ou impossibilidade de realização (por contraindicações não assinaladas previamente) dos exames por parte dos utentes e a necessidade de um radiologista presente.



Após identificar as causas principais e quais têm mais impacto nos tempos de espera, através da simulação computacional, o autor chegou à conclusão que caso se diminuísse a necessidade de supervisão de um radiologista, os tempos de espera diminuiriam 25%, que a utilização de tempos efetivos, em vez dos tempos nominais, poderia significar uma redução de 8.5% nos tempos de espera e que a eliminação de pacientes que possam causar problemas inesperados resultaria numa diminuição dos tempos de espera de 5%.

Um outro grupo de investigadores utilizou um modelo de otimização que permitisse melhorar o problema do agendamento das Ressonâncias Magnéticas. Para a resolução do problema, contabilizando os dados reais do hospital estudado e, também, os dados fictícios, criaram 5 instâncias (conjunto de dados) para cada solução testada, sendo que esta solução variava conforme o grupo de pacientes, as salas de RM, as *slots* (nome dado ao espaço de tempo cedido a cada marcação individual) e a procura de cada grupo de pacientes. Estas instâncias foram corridas no MIP *solver* (*Mixed-Integer Programming*) com um tempo máximo de 3 horas, utilizando *slots* de 15 e 30 minutos. Este modelo contém uma função objetivo que combina a penalização, quando acontece a alocação dos grupos de pacientes e de salas de RM para *slots* desfavoráveis, e recompensa, quando existe uma alocação vantajosa para as *slots* de horários abertos. Este modelo permite que os responsáveis pelo agendamento de RM façam uma distribuição justa de *slots* para os diferentes grupos de pacientes. Os autores ainda estudaram como o modelo pode desenvolver as soluções ótimas de Pareto e, desta forma, os responsáveis pela tomada de decisão conseguem resultados mais claros para a sua gestão de marcações (Gullhav et al., 2017).



3. HOSPITAL DE BRAGA

Neste capítulo será feita a análise ao Hospital de Braga, ao seu serviço de Imagiologia e à sua área de Ressonância Magnética. Será, também, analisado o tipo de agendamento que o hospital pratica.

3.1 História

O novo Hospital de Braga, que veio para substituir o anterior Hospital de São Marcos, está em funcionamento desde maio de 2011 e funciona com uma parceria público-privada. O Hospital de Braga serve uma população de cerca de 1.2 milhões de utentes dos distritos de Viana de Castelo e Braga e, além das unidades de assistência médica, aposta na investigação e no ensino universitário.

O hospital foi, também, a primeira instituição prestadora de cuidados de saúde do país a ter implementado um Sistema Integrado de Gestão da Qualidade, Ambiente e Segurança, sendo um dos pilares do seu Plano Estratégico (Hospital de Braga, 2016). O Hospital de Braga assume, na sua missão e valores, o seu empenho em servir a população com cuidados de saúde de excelência, que têm vindo a ser demonstrados com os rankings do SINAS (Sistema Nacional de Avaliação em Saúde). No ranking do Sinas, o Hospital de Braga foi considerado o melhor hospital do país em 2017, repetindo o mesmo lugar do ranking em 2018 (Diário de Notícias, 2018).

3.2 Serviço de Imagiologia no Hospital de Braga

O serviço de imagiologia no Hospital de Braga possui diversas salas capacitadas para a realização dos exames de diagnóstico, tais como: três salas de ecografia, três salas de Raio X digital convencional (RX), uma sala de Mamografia, uma sala de Densitometria, uma sala de Ortopantomografia, uma sala de Angiografia Biplanar, uma sala de Tomografia Axial Computorizada (TAC) e duas salas de Ressonância Magnética.

Sendo este um hospital que serve um amplo número de utentes, é de grande interesse, por parte da instituição, garantir que os doentes tenham o tratamento adequado, com o diagnóstico correto, no menor tempo possível. Mas, pelo excedente de pessoas que necessitam de atos médicos, através da imagem de diagnóstico, o número de pacientes em listas de espera tem vindo a aumentar, uma vez que a procura é muito superior à capacidade de oferta do Hospital de Braga. Este aumento da lista de espera ocorre em linha com o aumento da lista de espera que tem ocorrido noutras áreas do HB, como por exemplo, com as consultas de especialidade (Diário de Notícias, 2018a).



3.3 As Ressonâncias Magnéticas e o seu procedimento no Hospital de Braga

3.3.1 Etapas na realização de um exame de Ressonância Magnética

Na realização de um exame de Ressonância Magnética, as unidades de saúde devem assegurar que são cumpridas as etapas necessárias para o seu sucesso. Aquando da chegada do paciente à ala de Imagiologia, este terá a obrigação de preencher um formulário de segurança, onde, também, assina o consentimento para a realização da RM e possível utilização de contraste (Anexo I). Após este passo, será chamado para se preparar para o exame, onde, após ser encaminhado para um vestiário, todos os objetos metálicos que possui terão de ser retirados e é feita a troca de roupa para uma peça de vestuário apropriada, cedida pela instituição de saúde, para evitar interferências na captação de imagens. Quando o utente já tiver realizado os passos mencionados anteriormente, será acompanhado pelo técnico até à sala de exame, onde será colocado na máquina e instruído dos procedimentos necessários.

Durante a realização do exame é imperativo que o paciente se encontre calmo e imóvel, de maneira a não causar deficiência nas imagens recolhidas. Caso o médico ou o técnico ache necessário o uso do contraste (ver ponto 3.3.2), aquando da entrada do doente ou após a recolha de algumas imagens, este é administrado.

O tempo de duração da recolha das imagens depende de diversos fatores, como, por exemplo, a patologia e as condições físicas do paciente, o que dificulta a definição precisa do tempo gasto nesta etapa, sem que existam estatísticas prévias. Após a retirada das imagens protocoladas para cada exame, o técnico reentra na sala e ajuda o paciente na retirada da máquina, encaminhando-o para o vestiário, onde este vestirá a sua roupa e dando como finalizado o exame.

3.3.2 Contraste

O contraste trata-se de um composto que contém iodo e tem como função a opacificação dos vasos, que permite mostrar a atividade e a vascularização dos tecidos normais ou doentes (Imagens Médicas Integradas, 2019). Este composto não deve ser administrado a pacientes que apresentem casos clínicos específicos que possam comprometer o bem-estar do utente, como no caso de doentes com condições cardíacas graves, com insuficiência renal ou asma brônquica. De igual forma, e como o contraste pode, também, gerar reações alérgicas, com vários níveis de gravidade, não deve, também, ser administrado a pacientes que já tenham histórico de reações alérgicas significativas.



3.3.3 Fatores que impossibilitam a realização da RM

Para a realização do exame de Ressonância Magnética, os utentes precisam de garantir certas condições: não terem em sua posse objetos metálicos, como bijuteria, ganchos de cabelo, relógios, cintos, entre outros; no caso de serem portadores de próteses, pacemakers, implantes ou que tenham sido submetidos a algum tipo de ato cirúrgico, que possa ter deixado algum rasto de material metálico, devem avisar os técnicos de tal situação, de forma a perceber se existe ou não a possibilidade de realização do exame. Da mesma forma, as mulheres grávidas devem consultar o seu médico e perceber se há, de facto, uma indispensável necessidade da execução do exame e conseqüente exposição à radiação e ao incomodo que a máquina causa. Os utentes que tenham sido sujeitos a intervenções cirúrgicas e/ou apresentem alguma doença devem, da mesma forma, informar o técnico de imagiologia (SMIC, 2019).

3.3.4 Procedimento das Ressonâncias Magnéticas no HB

A Figura 3 representa os procedimentos pré-exame que ocorrem dentro do hospital, desde a consulta ao utente, até ao contacto com o mesmo para o agendamento:

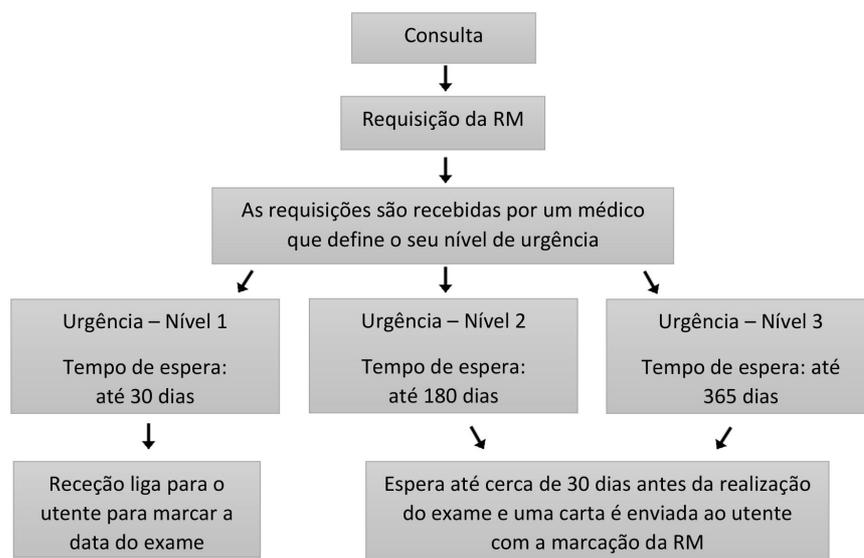


Figura 3 - Procedimentos pré-exame de RM



A Figura 4 representa os procedimentos que acontecem no dia do exame de RM, no HB:

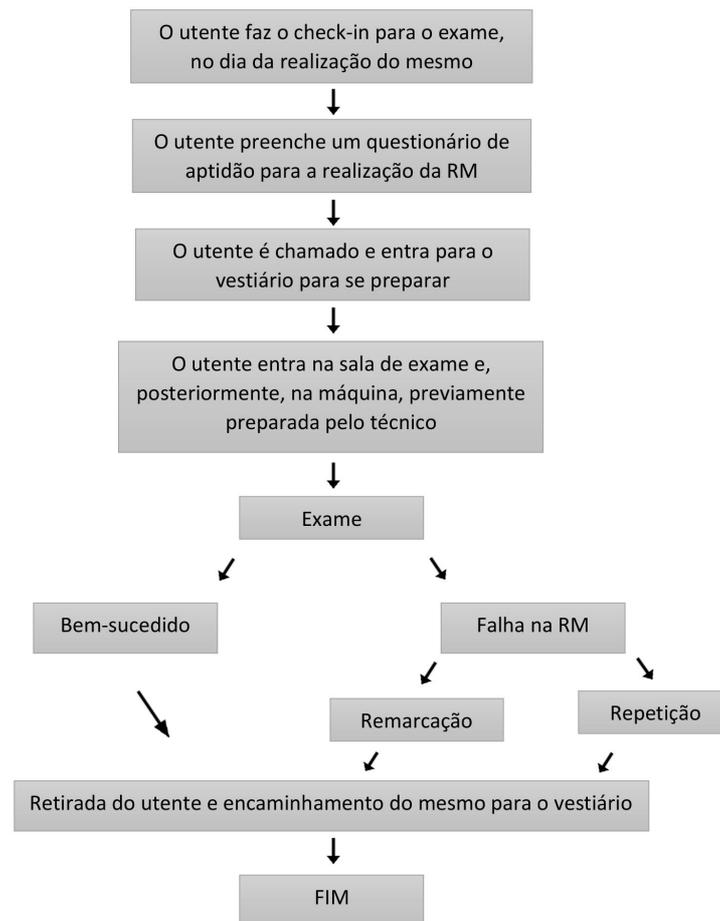


Figura 4 - Procedimentos no dia do exame de RM

Para a realização de uma RM, o médico especialista tem que fazer a requisição do exame, aquando da consulta com o paciente, referindo os sintomas apresentados pelo paciente e que imagens pretende que sejam tiradas. Após este passo, o pedido passa pelo sistema informático, até chegar a um médico, na ala da imagiologia, que irá assinalar o seu nível de urgência, em conformidade com a prescrição médica. Conforme o nível de urgência que lhe for indicado, o utente passa para a lista de espera e aguarda que seja feita a sua marcação. Caso seja feita com mais de 30 dias de antecedência, o HB envia uma carta para casa do paciente, com a data e hora da marcação. Caso seja feita com menos de 30 dias, contactam por via telefónica para informar o utente da marcação. No dia da realização da Ressonância Magnética, o utente chega com 30 minutos de antecedência, para permitir que este preencha o questionário e se prepare, no vestiário, para o exame. Durante a captação das imagens, existem três cenários possíveis de conclusão:



- O exame foi bem-sucedido e foram retiradas todas as imagens necessárias para o diagnóstico, permitindo que o paciente saia do hospital com o exame concluído;
- As imagens captadas não foram conclusivas e procede-se à repetição da obtenção das imagens necessárias, só retirando o paciente no fim, já com o exame bem-sucedido e concluído;
- As imagens obtidas não foram conclusivas e procede-se à remarcação do exame, para o mesmo paciente, mas para um dia posterior.

3.4 Tipo de agendamento no Hospital de Braga

Nas instituições clínicas existem diversos tipos de agendamento que podem ser aplicados, sendo que este deverá ser escolhido de acordo com a sua necessidade relativa à capacidade e à procura. De acordo com a bibliografia existente (Bonewit-West, Edith, & Hunt, 2012), podem distinguir-se quatro métodos de agendamento distintos: o método de agendamento fixo, o método de agendamento em onda modificado, o método de agendamento de marcações abertas e o agendamento *walk-in*. **A Erro! A origem da referência não foi encontrada.** distingue o tipo de exame pelo seu agendamento, tipo de atendimento e as suas desvantagens. No Hospital de Braga, o tipo de agendamento utilizado para as ressonâncias magnéticas é o agendamento fixo, onde se fazem, por norma, duas marcações por cada 60 minutos, sendo que cada uma tem 30 minutos.

Tabela 1 - Métodos de Agendamento

Métodos de Agendamento				
	Agendamento fixo	Agendamento em onda modificado	Agendamento de marcações abertas	Agendamento <u>walk-in</u>
Agendamento	Permite duas ou três marcações por hora.	Uma marcação para uma hora certa e três ou quatro para a meia hora seguinte.	Marcação para um certo dia, para um intervalo de horas.	Sem tempos de marcação, os utentes apenas aparecem.
Atendimento	A duração do atendimento depende do tipo de paciente.	Atendimento por ordem de chegada.	Atendimento por ordem de chegada.	Atendimento por ordem de chegada ou urgência.
Desvantagens	Rigoroso e com pouca flexibilidade.	Caso o primeiro paciente seja mais lento que o previsto, os utentes ficam impacientes com a espera.	O fluxo de pacientes é imprevisível e os utentes podem ter que esperar durante muito tempo.	Falta de precisão na procura diária.



4. ENQUADRAMENTO DO PROBLEMA REAL

De forma a perceber a realidade atual do Hospital de Braga, é necessário estudar a forma como os procedimentos são realizados e organizados. Com esta informação é possível perceber o problema real que o HB enfrenta e formular soluções para o mesmo.

4.1 Máquinas de RM no Hospital de Braga

O Hospital de Braga, atualmente, possui duas máquinas de Ressonância Magnética: uma da marca Philips e outra da marca Siemens, ambas de 1,5 Tesla. Relativamente às máquinas, a Siemens é mais recente e avançada que a Philips, possuindo a capacidade de efetuar o exame com mais rapidez. Deste modo, a máquina Siemens é, sobretudo, atribuída a exames de Neurorradiologia e a máquina Philips atribuída a exames de Radiologia, que na sua maioria demoram menos tempo que os anteriores. Contudo, ambas as máquinas efetuam os dois tipos de exames, especialmente a máquina Philips, uma vez que é preciso dar saída à quantidade de exames que são prescritos da área de Neurorradiologia.

O serviço de Imagiologia funciona de segunda a domingo, entre as 8h e as 20h, com o agendamento fixo das RM previamente requisitadas e, entre as 20h e as 8h está em funcionamento em prol dos exames da área da urgência. Os exames são realizados por técnicos especializados, que retiram as imagens necessárias e, posteriormente, um médico realiza o relatório aquando da análise das mesmas. A presença do médico durante a realização dos exames não é forçosa e, como tal, o técnico pode prosseguir com os exames, mesmo com a ausência do médico. Para a realização do exame, estão pré-definidos protocolos, consoante o exame a ser efetuado e a patologia, que fornecem indicação aos técnicos das imagens que devem retirar (Anexo II).

Relativamente à disponibilidade para a realização dos exames, o hospital apresenta um horário disponível, fixo, onde existem turnos de marcações em que são realizados menos exames do que aqueles que seriam possíveis, por diversos fatores: por serem mais demorados, por requererem uma equipa de anestesistas ou porque o médico não tem a capacidade para a realização de mais relatórios do que os estipulados, uma vez que estes têm determinado o número máximo de relatórios que efetuam por dia. Na Figura 5, é visível quantas marcações (estando representadas pelo número de *slots* disponíveis) são efetuadas durante os períodos da manhã e da tarde, para cada máquina, para as 4 semanas de 1 mês:



	Horas\Dias	Segunda-feira		Terça-feira		Quarta-feira		Quinta-feira		Sexta-feira		Sábado		Domingo	
		Siemens	Phillips	Siemens	Phillips	Siemens	Phillips	Siemens	Phillips	Siemens	Phillips	Siemens	Phillips	Siemens	Phillips
Semana 1	8h - 14h	12	12	12	11	12	12	9	12	Sem utilização	12	11	11	11	11
	14h - 20h	10	12	10	12	Sem utilização	12	6	12		12	12	12	12	12
Semana 2	8h - 14h	12	12	12	11		12	12	9	12	Sem utilização	12	11	11	11
	14h - 20h	10	12	10	12	Sem utilização	12	6	12	12		12	12	12	12
Semana 3	8h - 14h	12	12	12	11		12	12	9	12	Sem utilização	12	11	11	11
	14h - 20h	10	12	10	12	Sem utilização	12	6	12	12		12	12	12	12
Semana 4	8h - 14h	12	12	12	11		12	12	9	12	Sem utilização	12	11	11	11
	14h - 20h	10	12	10	12	Sem utilização	12	6	12	12		12	12	12	12

	Neuro
	Rádio
	Sem utilização

Figura 5 - Número de slots disponíveis para marcações de RM no Hospital de Braga

Durante a estipulação do horário semanal, a primeira restrição a ter em consideração é que as *slots* são agrupadas em blocos de radiologia ou de neurorradiologia, da parte da manhã ou da parte da tarde, em cada máquina. Isto acontece porque os técnicos são especializados em radiologia ou neurorradiologia e, daí, não haver possibilidade de mistura de marcações de neurorradiologia e radiologia no mesmo bloco – estes blocos funcionam desta forma para ambas as máquinas.

No Hospital de Braga, dois terços dos exames requisitados e efetuados são da área da neurorradiologia e um terço de radiologia. Como tal, a maior parte das *slots* são dedicados à neurorradiologia.

As *slots*, em geral, são de 30 minutos, mas, por exemplo, à quinta-feira, utilizam-se *slots* de 60 minutos por ser dedicado a exames que necessitem de anestesia. De forma mais detalhada, o horário semanal traduz-se na Tabela 2:



Tabela 2 - Plano do horário diário das marcações, nas máquinas de RM, no Hospital de Braga

Dia da Semana	Plano do Horário Diário para as máquinas de RM
Segunda-feira	Na parte da manhã, quer a Siemens, quer a Philips, têm disponíveis 12 <i>slots</i> de 30 minutos para exames de neurorradiologia; na parte da tarde, a Siemens tem 10 <i>slots</i> de 30 minutos para exames de radiologia e a Philips tem 12 <i>slots</i> de 30 minutos de neurorradiologia;
Terça-feira	Na parte da manhã, a Siemens tem disponíveis 12 <i>slots</i> de 30 minutos para neurorradiologia e a Philips tem 11 <i>slots</i> de 30 minutos para radiologia; à tarde, a Siemens tem 10 <i>slots</i> de 30 minutos e a Philips 12 <i>slots</i> de 30 minutos, ambas para neurorradiologia;
Quarta-feira	No período da manhã, quer a máquina Siemens quer a máquina Philips apresentam 12 <i>slots</i> de 30 minutos para neurorradiologia; na parte da tarde, a Siemens é utilizada pela Universidade do Minho (em casos pontuais, podem ser efetuados exames de RM, caso, à priori, o hospital seja avisado que não irão ser utilizados todos os <i>slots</i> e existam vagas livres). A Philips apresenta, de tarde, 12 <i>slots</i> de 30 minutos para neurorradiologia;
Quinta-feira	De manhã, ambas as máquinas trabalham para exames de Neurorradiologia, mas a Siemens apresenta apenas 9 <i>slots</i> de 30 minutos disponíveis, enquanto que a Philips apresenta 12 <i>slots</i> de 30 minutos; da parte da tarde, a máquina Siemens tem disponíveis 6 <i>slots</i> , de 1 hora cada, para exames de neurorradiologia e a máquina Philips tem disponíveis 12 <i>slots</i> de 30 minutos para radiologia;
Sexta-feira	Na parte da manhã, a Siemens é utilizada pela especialidade de Cardiologia, não sendo, então, contabilizados os exames feitos nestes <i>slots</i> , dado que se tratam de uma marcação à parte. Da parte da tarde, é, mais uma vez, utilizada pela Universidade do Minho, dando-se a mesma situação de quarta à tarde, de possíveis exames em casos pontuais. Relativamente à máquina Philips, quer da parte da manhã, quer da parte da tarde, apresenta 12 <i>slots</i> de 30 minutos para Neurorradiologia.
Sábado	Relativamente ao fim de semana, ambas as máquinas possuem 11 <i>slots</i> da parte da manhã (e não 12, visto que os técnicos necessitam de pausa de almoço) e 12 da parte da tarde de 30 minutos cada. Dependendo do fim de semana em questão, ambas trabalham para a mesma área. Sendo assim, e dado os exames serem na proporção
Domingo	de 2/3 de neurorradiologia para 1/3 de radiologia, cerca de 3 fins de semana por mês são dedicados a neurorradiologia e 1 fim de semana dedicado a radiologia.



4.2 Situação atual dos exames de RM e a sua lista de espera

O Hospital de Braga, atualmente, realiza cerca de 12000 exames de RM, por ano. No entanto, o número de utentes é elevado, o que origina grandes listas de espera. No ano de 2017, o número de requisições que se encontravam em lista de espera rondava os 9000 utentes. Na contabilização desta lista de espera, o sistema conta como valor o utente e não o exame requisitado pelo médico. Assim, se um utente tiver dois exames requisitados, apenas um será contabilizado na lista de espera, uma vez que, geralmente, esse utente realiza os exames que precisa na mesma marcação (podendo utilizar dois turnos seguidos ou apenas um, consoante o tempo previsto da demora dos exames) – atualmente, o rácio de exames de RM por utente é de 1,18, significando que muitos utentes realizam mais do que um exame de RM.

Dado que os exames realizados pela urgência são realizados no período noturno, estes não são contabilizados no estudo efetuado, nem entram nas estatísticas da lista de espera.



5. ANÁLISE DOS MÉTODOS UTILIZADOS PELO HOSPITAL DE BRAGA NA ÁREA DA RM

Ao longo deste estudo, foram recolhidos dados e informações referentes aos últimos anos de funcionamento do serviço de Ressonância Magnética no Hospital de Braga. Com estes dados foi possível analisar de que forma é feita a gestão do serviço de marcações das RM e apontar os seus eventuais problemas.

5.1 Ordenação dos exames de Ressonância Magnética

Os exames de Ressonância Magnética, especialmente da área da Radiologia, podem ser realizados em diversos locais do corpo humano, o que pode obrigar ao reposicionamento constante das antenas para a captação das imagens do local a ser examinado. Uma vez que o reposicionamento das antenas ocorre num tempo médio de 2 minutos, se a sequência de exames marcados para cada bloco de *slots* não for tida em conta, pode levar a que, a cada novo exame, o técnico tenha que fazer a alteração das antenas. Por esta razão, procedeu-se à análise da forma como os exames são ordenados para cada bloco de *slots*.

No Hospital de Braga, as marcações dos exames são cuidadosamente ordenadas pelos exames a serem efetuados, garantindo que os exames realizados num determinado bloco de *slots* são agrupados pelas patologias e colocados de forma seguida, para evitar trocas de antenas desnecessárias. Isto só não acontece, quando o mesmo utente tem dois exames de Ressonância Magnética, em *slots* seguidos no mesmo bloco, visto que será feito em diferentes partes do corpo. Pontualmente, foram encontradas algumas falhas residuais nesta ordenação, que não são consideradas significativas, para serem apontadas como um problema a ser corrigido.

5.2 Avaliação das requisições dos exames de Ressonância Magnética

As Ressonâncias Magnéticas são requisitadas, por um médico, numa consulta externa com o utente, quando existe a necessidade de atos de diagnóstico de imagem para completar ou complementar o diagnóstico do paciente. Após estas requisições serem efetuadas, através do sistema informático GLINTT, são, posteriormente, impressas e compactadas. Por fim, estas são entregues a um médico especialista, da área de imagiologia, que irá analisar e definir o seu nível de urgência. Os níveis de urgência variam entre 1 e 3, sendo que o nível 1 significa o nível mais urgente e, daí, o mais prioritário e o nível 3 o nível menos urgente e com menor prioridade para marcação. Sempre que uma requisição é definida com o nível 1 de urgência, a realização desse exame deve ser feita num prazo máximo de 30



dias. Relativamente ao nível 2, deve ser realizado até 180 dias e, por último, o nível 3 deve ser realizado até 365 dias. Neste último nível estão associados os exames de controlo, onde os pacientes têm consulta anual. Como todas estas requisições são analisadas de forma manual, anotando o seu nível em papel e, posteriormente, colocadas em arquivos, não existem dados estatísticos que permitam calcular a percentagem existente de cada um destes níveis mencionados.

5.3 Questionários feitos à população sobre a sua perceção dos exames de RM

De forma a perceber o sentimento por parte da população e a sua opinião sobre o serviço de Ressonância Magnética em geral, foi feito um questionário *online* que obteve um total de 105 respostas válidas durante o dia 4 e o dia 28 de Junho de 2018. O único requisito colocado à população para a participação do mesmo, era que os mesmos já tivessem realizado algum exame de Ressonância Magnética.

A idade e género da amostra podem ser vistos no Gráfico 1 e no Gráfico 2, respetivamente:

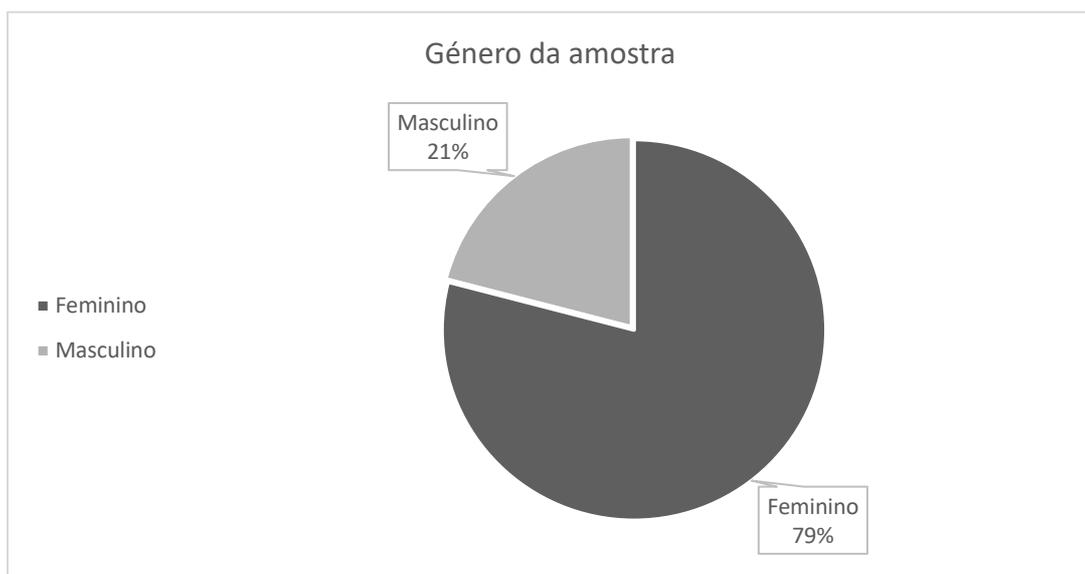


Gráfico 1 - Idade da amostra da população

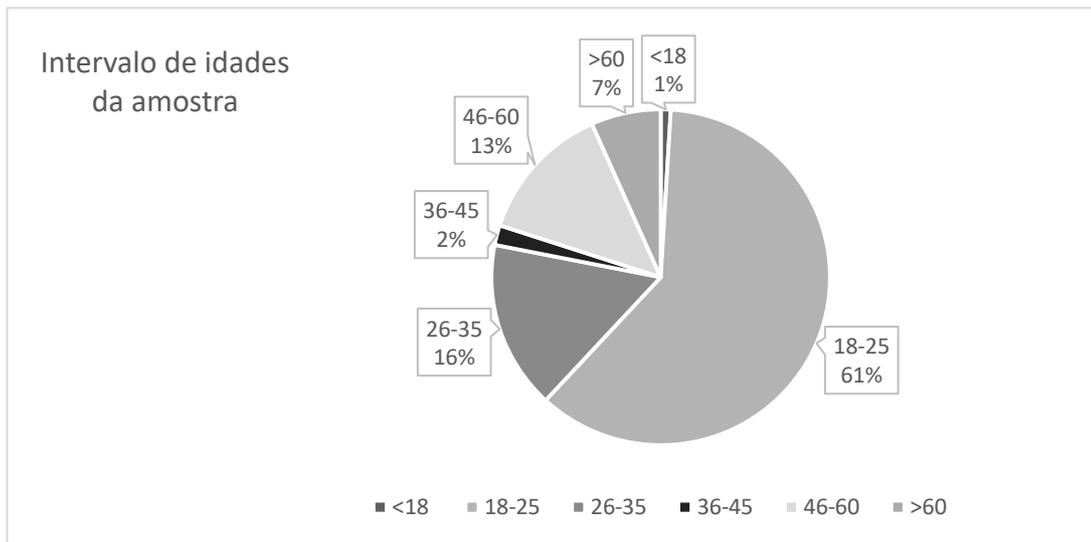


Gráfico 2 - Género da amostra da população

Estes resultados indicam que a maioria da população é feminina e que as idades com maior incidência do questionário foram, com 61%, entre 18 e 25 anos.

A amostra respondeu a uma questão que tratava de perceber qual o conhecimento dos utentes sobre a Ressonância Magnética, antes de a realizar. O Gráfico 3 mostra que um grande número da população não teve qualquer explicação prévia de como o exame seria, o que pode levar a um mau sentimento face ao mesmo, quando se deparar com a forma como este é realizado.

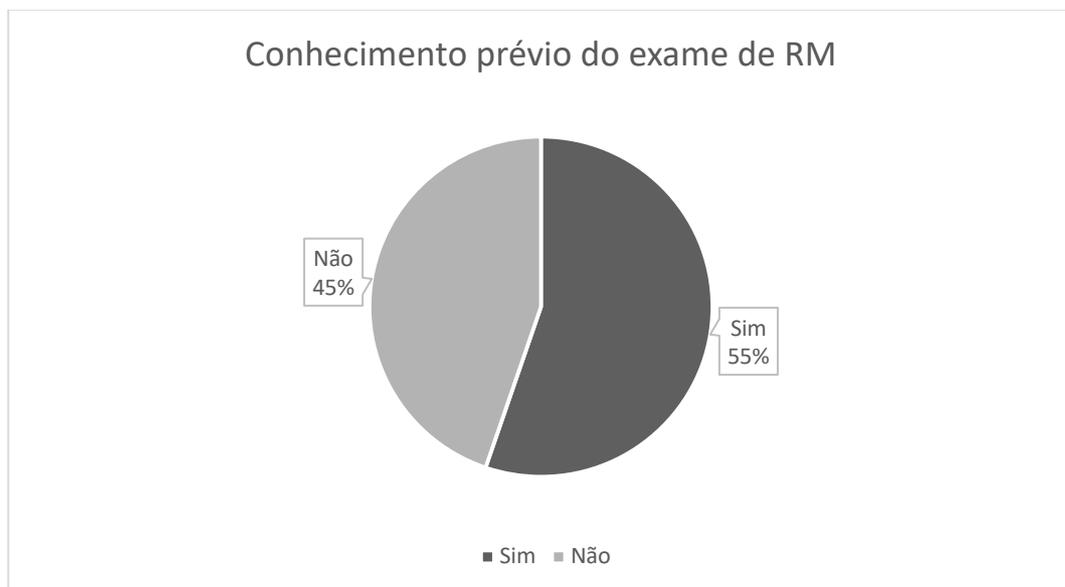


Gráfico 3 - Conhecimento prévio sobre como é realizado o exame de RM



Relativamente ao local onde a amostra realizou a(s) Ressonância(s) Magnética(s), o Gráfico 4 revela que quase metade recorreu ao hospital privado, muito provavelmente pelo tempo de espera a que seria sujeito, caso optasse por realizar a RM num hospital público. Ainda assim, a maioria já realizou pelo menos um exame no hospital público.

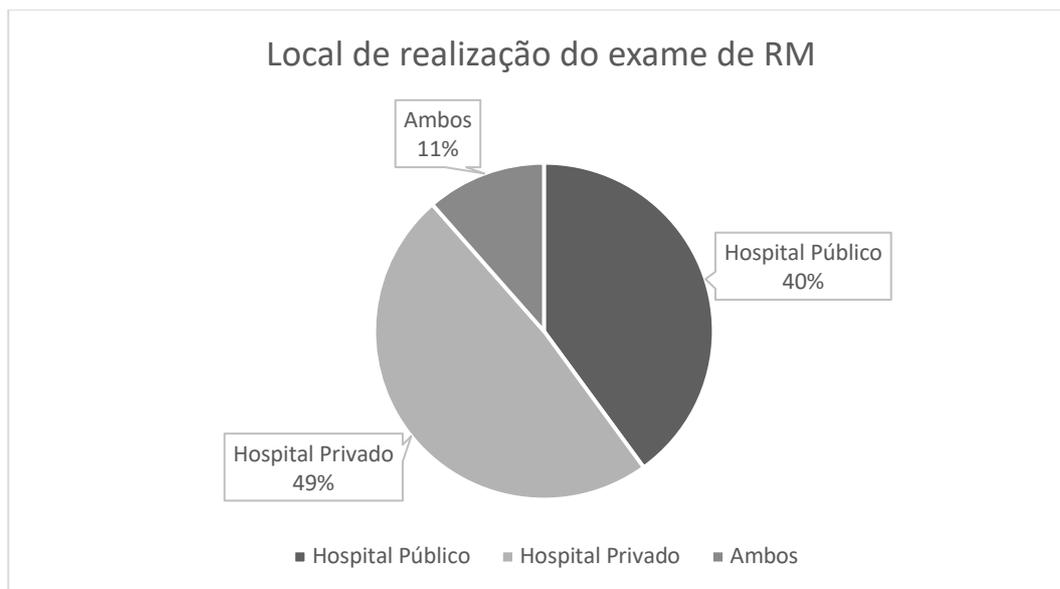


Gráfico 4 - Local da realização da RM

De forma a perceber as diferenças do tempo de espera pelo exame da Ressonância Magnética entre o hospital público e o hospital privado, a questão foi colocada à amostra, onde se obtiveram os resultados apresentados no Gráfico 5 e Gráfico 6:

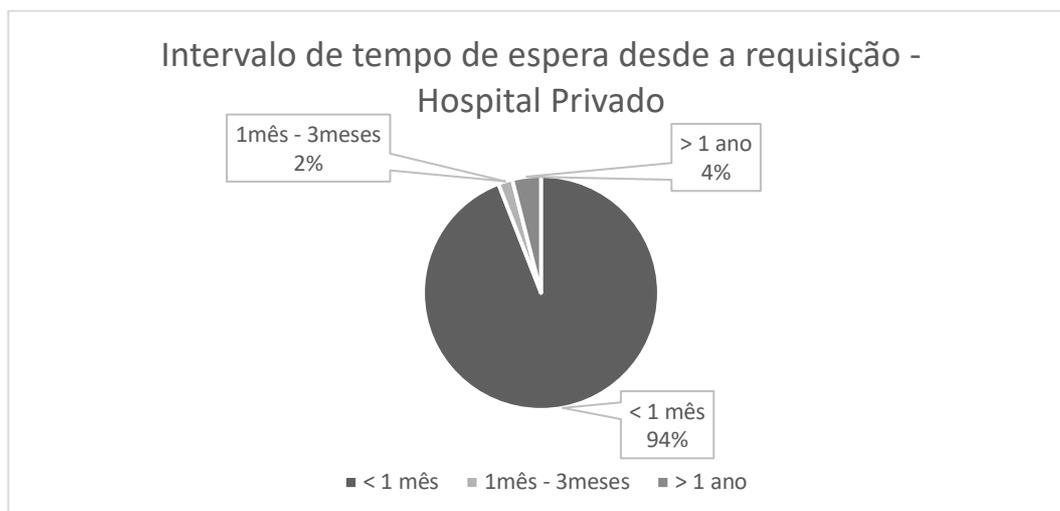


Gráfico 5 - Tempo de espera entre a requisição e a realização da RM - Hospital Privado

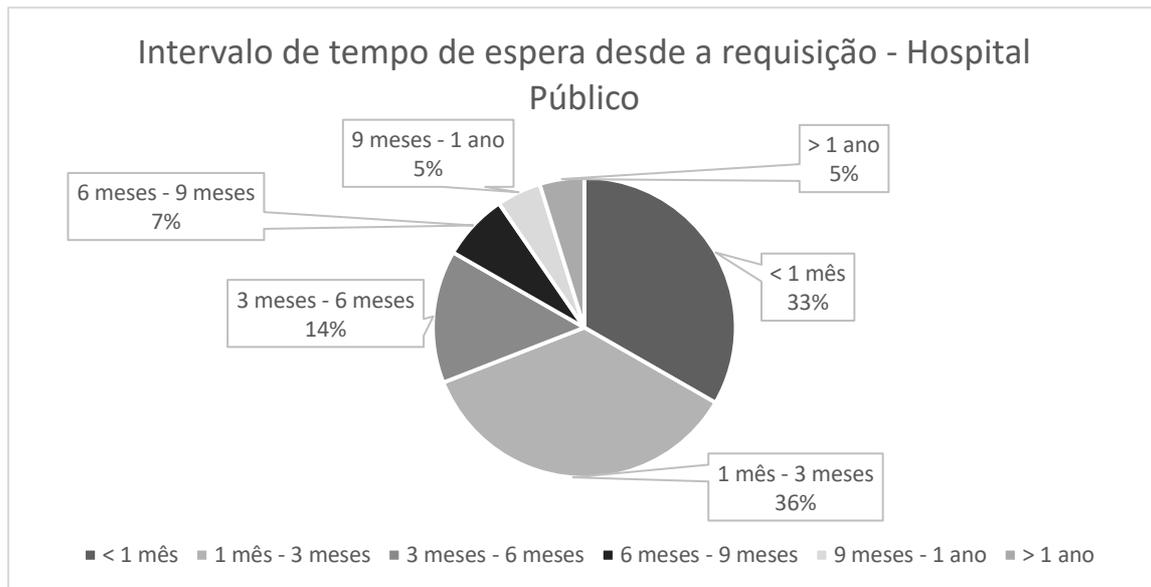


Gráfico 6 - Tempo de espera entre a requisição e a realização da RM - Hospital Público

Como é possível perceber, pelos gráficos anteriores, existem grandes discrepâncias entre o tempo de espera no setor privado e no setor público. No hospital privado, 94% da amostra esperou menos de 1 mês para a realização do exame de RM, enquanto no hospital público apenas 33% teve o seu exame efetuado no espaço de 1 mês. A maioria da amostra (36%) esperou entre 1 a 3 meses para a realização do exame.

Por fim, foi colocada a questão à amostra sobre o seu sentimento aquando da realização do exame de Ressonância Magnética. O Gráfico 7 mostra a opinião da amostra:

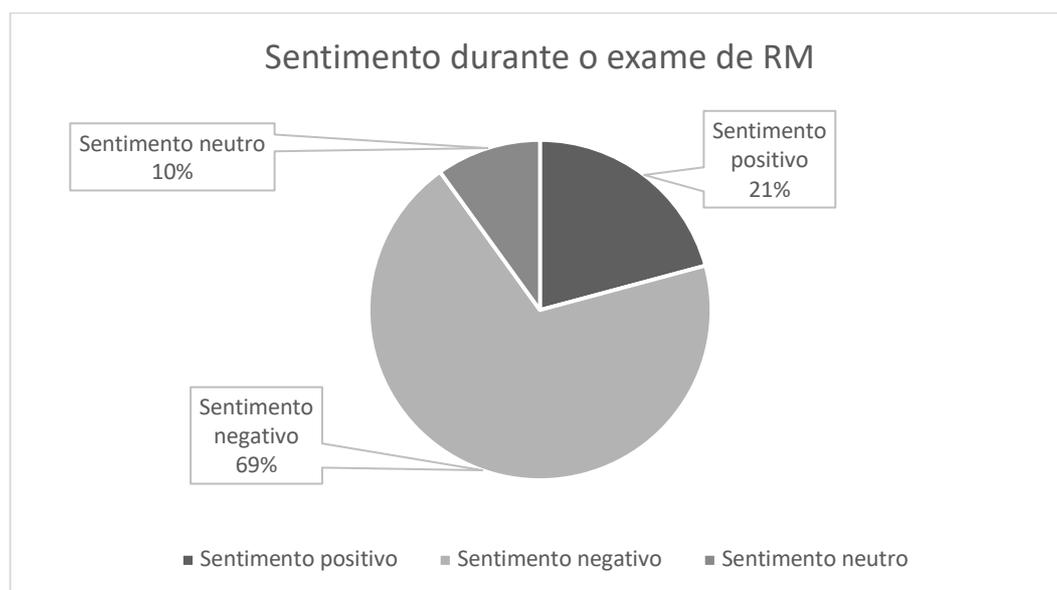


Gráfico 7 - Sentimento durante o exame de RM



A maioria da amostra teve um sentimento negativo durante a realização do exame de RM, tendo sido o nervosismo e a impaciência os sentimentos mais mencionados pela população.

Para finalizar o questionário, os inquiridos tinham a opção de resposta aberta sobre sugestões para possíveis melhorias no serviço de Imagiologia e de Ressonância Magnética. Dentro destas respostas, é notório o desconforto, por parte dos utentes, relativamente ao barulho feito pela máquina durante o exame. Outra indicação deixada pelos inquiridos refere-se à falta de informação acerca da Ressonância Magnética e que poderia ser melhorada com explicação por parte dos técnicos de imagiologia. Por último, houve uma grande manifestação negativa relativamente ao tempo de espera para realizar o exame de Ressonância Magnética no hospital público, e um grande pedido de melhoria relativamente a esse aspeto.



6. PROBLEMAS ENCONTRADOS NO SERVIÇO DE RESSONÂNCIA MAGNÉTICA DO HB

Durante o estudo realizado no serviço de Imagiologia, sobre os fatores que condicionam o funcionamento das Ressonâncias Magnéticas, vários pontos surgiram como indicadores negativos da performance atual dos exames de diagnóstico. Estes fatores começam a surgir desde o momento da requisição do exame até ao momento em que o doente o realiza e, para facilitar o seu entendimento, serão explicados individualmente nas secções seguintes.

6.1 Problema na requisição das Ressonâncias Magnéticas

As falhas no sistema de marcações podem advir de diversos fatores, sejam eles possíveis de prever ou não. Com base no estudo feito, a partir da informação recolhida, o maior problema apontado, relativamente à requisição de exames de RM, recai sobre o momento em que o médico faz a prescrição da Ressonância Magnética. Na grande maioria das vezes, o médico não tem em consideração que existem utentes que não reúnem as condições necessárias para estarem aptos a realizar o exame de RM, o que motiva a sua desmarcação e conseqüente vaga sem aproveitamento.

Quando um médico faz a prescrição de um exame de RM, este não é questionado, pelo sistema informático, sobre a elegibilidade do paciente para a realização do mesmo, uma vez que nem todos os utentes estão/são aptos a realizar Ressonâncias Magnéticas. Várias são as condicionantes à realização de um exame de diagnóstico por utilizar campos magnéticos: próteses, pacemakers ou qualquer outro objeto que possa contar qualquer vestígio de material metálico. O facto de não se perceber se o utente tem ou não as condições necessárias para a realização da RM, pode levar a que só no próprio dia do exame se perceba o seu historial, aquando o preenchimento do questionário pelo próprio utente, partindo do pressuposto que o preenche corretamente. Em casos em que seja vista a incompatibilidade do paciente com a máquina de RM, o exame fica sem efeito, levando à desmarcação imediata do paciente e, conseqüentemente, a uma vaga de RM não aproveitada. Em casos mais extremos, em que o próprio paciente preenche mal o questionário que lhe é dado, pode levar a que os técnicos de Imagiologia não tenham conhecimento do historial clínico do utente e possa levar a acidentes com a máquina de Ressonância Magnética. Segue-se uma lista de anomalias que podem ocorrer, com a situação descrita anteriormente:

- O paciente, com problemas de memória, não mencionar no questionário que possui uma prótese com componentes metálicos, pode incorrer em riscos sérios com a realização da RM, uma vez que a presença de metais ativaria o campo magnético;



- Nem o médico, nem o paciente informam o serviço de Imagiologia do uso de pacemaker (situação que ocorre com mais frequência). Numa situação normal, o paciente seria encaminhado, antes do exame, à ala de cardiologia, previamente avisada da marcação do exame para o respetivo utente, para lhe fazerem as alterações necessárias ao aparelho para que pudesse realizar o exame e, após término do mesmo, o paciente dirigir-se-ia à mesma ala para que voltassem a configurar o dispositivo. Nos casos em que isto não acontece e o paciente não dá qualquer aviso no questionário sobre a sua condição relativa ao pacemaker, muitas vezes o utente realiza o exame e sai do hospital com o dispositivo desconfigurado, colocando a sua vida em risco. Em alguns casos, mesmo o utente assinalando no questionário que tem pacemaker, já não é possível a realização do exame, porque não existe uma equipa de cardiologia disponível para tratar do dispositivo, levando a desmarcação imediata da RM;
- Pacientes que possuem claustrofobia dificilmente conseguirão realizar o exame de RM, sendo que devem ser encaminhados para as vagas onde é administrada a anestesia. Se apenas for conhecida esta realidade, no momento do exame, a vaga fica por preencher, pelo que o exame tem de ser desmarcado. Isto, também, pode aplicar-se a doentes que tenham mais tendência a ataques de pânico e crises de ansiedade, que possam não suportar o exame.

6.2 Falta de dados informatizados

O serviço de Imagiologia tem sido cada vez mais requisitado para a realização de um diagnóstico precoce e correto. Desde 2001 até 2016, os atos realizados no serviço de Imagiologia quase duplicaram, passando de 6.796.044 para 12.139.101 (Instituto Nacional de Estatística, 2003, 2018). O problema principal deste serviço coloca-se na escassez de dados informatizados (número de exames requisitados, nível de urgência dos exames em lista de espera, tempos médios de duração dos exames, etc.) que garantiriam dados fundamentais para uma análise mais profunda e posterior melhoria dos serviços de marcações, quer das Ressonâncias Magnéticas, quer dos restantes atos de diagnóstico por imagem.

As requisições das Ressonâncias Magnéticas e o seu respetivo nível de urgência estão disponíveis apenas em papel, guardadas em pastas de arquivo, de forma ordenada, o que significa que só são utilizadas quando surge a necessidade de efetuar a marcação do exame do paciente. Esta situação torna impossível o acesso à lista de espera do HB, impedindo, por exemplo, o conhecimento de quantos exames existem em espera para cada nível de urgência. Esta falta de conhecimento, por sua vez, leva a que não se tenha perceção da realidade dos tempos de espera, dificultando a análise do problema real e conseqüente implementação dos métodos de otimização.



O Hospital de Braga assume que todos os exames apresentam uma duração de 30 minutos (denominadas *slots*), à exceção dos exames com necessidade de anestesia, que ocupam o espaço de 60 minutos nas marcações. Uma vez que as patologias seguem diferentes protocolos para a obtenção das imagens, os exames têm tempos diferentes de duração, levando a que haja desperdícios com a utilização de *slots* fixas. Dentro deste ponto, o Hospital de Braga não apresenta quaisquer dados, informatizados ou em papel, acerca do tempo real que uma RM demora, por patologia, uma vez que não existem estatísticas que permitam melhorar o aproveitamento das marcações de exames diários, conforme os seus tempos reais. Este problema impossibilita a rentabilidade máxima das máquinas de Ressonância Magnética e ao aumento da lista de espera do HB.

Por fim, ainda é importante mencionar que caso o HB guardasse todo o tipo de estatísticas referentes aos exames de RM, ainda seria possível perceber quantos exames, na realidade, foram desmarcados por faltas dos utentes ou pela sua incapacidade de realizar o exame.

6.3 As faltas dos utentes

O aumento da lista de espera, que tem vindo a ocorrer no Hospital de Braga, poderia ser amenizado se não existissem tantos utentes a faltar aos exames, sem desmarcação prévia. Este tipo de comportamento gera problemas com a marcação dos exames, visto que, não só passam a existir *slots* vagas sem aproveitamento, como os utentes voltam para a lista de espera, gerando o aumento da mesma e, conseqüentemente, aumentando o tempo de espera para os restantes pacientes.

6.4 Utilização de *slots* fixas de 30 minutos

De forma geral, as Ressonâncias Magnéticas são feitas segundo protocolos previamente estabelecidos. Estes protocolos especificam como o exame deve decorrer e como devem ser retiradas as imagens necessárias, da zona a ser examinada. Uma vez que cada protocolo tem as suas especificações e que estas demoram sempre o mesmo tempo a ser aplicadas, de forma geral, todos os exames que utilizem o mesmo protocolo deverão ter o mesmo tempo médio de duração. Segundo os dados recolhidos, verifica-se que cerca de 62% dos exames tiveram uma duração igual ou inferior a 30 minutos. Isto significa que a maioria dos exames não demora mais que a *slot* estipulada para marcações. Com o tipo de agendamento atual do HB, através da marcação de RM a cada 30 minutos, as 12 horas diárias que têm disponíveis para a realização dos exames, não está a ser totalmente rentabilizada. Com a utilização dos valores reais de duração das Ressonâncias Magnéticas, é possível realizar mais exames diariamente e diminuir a lista de espera, sem precisar de mais recursos materiais ou humanos.



Exemplificando, existem exames que têm a duração de 15 minutos, o que significaria que uma só *slot* de 30 minutos, seria suficiente para a realização de 2 exames, em vez de apenas um, como acontece atualmente.

6.5 Não aproveitamento total das marcações

A motivação para a realização desta dissertação surgiu baseada na aparente falta de rentabilização total das máquinas de RM e do agendamento dos exames. O número de *slots* disponíveis, para marcação de RM, no HB, numa semana, é de 282 (utilizando as *slots* de 30 minutos). De forma a confirmar o não aproveitamento total das marcações, foi estudado se as vagas das marcações estão a ser utilizadas a 100%. Os meses em análise foram os de janeiro, fevereiro e março de 2018. O estudo foi dividido em nove semanas, com uma amostragem dos exames efetuados desde o dia 2 de janeiro, até ao dia 4 de março. Durante o estudo do plano semanal, foram tidos em conta os seguintes parâmetros:

- Quantos exames eram realizados por dia e por semana;
- Se os exames pertenciam a neurorradiologia ou a radiologia;
- Se haviam *slots* vazias, no plano diário, em alguma das máquinas.

Como os dados não mencionavam o motivo que gerou as *slots* vazias, estas podem ter sido causadas pelo utente ou pelo Hospital, não estando o mesmo especificado. Assim, cada lista de marcações diárias foi analisada individualmente, produzindo os resultados mostrado no Anexo III.

O aproveitamento das marcações em ambas das máquinas de RM é de 88,69% (Anexo IV), o que resulta numa média de 250 exames semanais. Este resultado conclui que a falha é significativa, sendo que, por semana, poderiam estar a realizar, em média, mais 32 exames. De forma a perceber se as falhas das marcações tinham mais incidência durante a semana ou durante o fim-de-semana, foi feito um estudo sobre o mesmo, onde se concluiu que, nos dias úteis, a percentagem de falha das marcações é de 14%, face aos 6,04% ocorridos durante o fim-de-semana (Anexo V). Assim, pode concluir-se a premissa de que as marcações não estão a ser aproveitadas ao máximo, o que cria problemas na lista de espera do Hospital de Braga.



7. SUGESTÕES DE MELHORIA

Após a análise das situações que prejudicam o funcionamento eficaz da área de Imagiologia e, mais especificamente, dos exames de Ressonância Magnética, foram pensadas e criadas uma série de sugestões de melhoria, a serem aplicadas pelo HB, que irão melhorar a situação atual do hospital e rentabilizar a utilização das máquinas de RM. Estas propostas de solução serão apresentadas, individualmente, nas secções seguintes.

7.1 Melhoria do sistema de requisições do Hospital de Braga

Para fazer uma requisição de um exame de Ressonância Magnética, o médico utiliza o sistema informático GLINTT. Neste sistema informático, e dado que a ficha do paciente já se encontra aberta, no computador, durante a consulta externa, o médico apenas tem que fazer o registo do pedido do exame. Atualmente, a triagem é feita aquando da realização da RM, pelos técnicos de imagiologia, quando o utente preenche o formulário que antecede o exame. Com o atual sistema de triagem, apenas no momento da realização da RM é possível perceber se o utente reúne as condições necessárias para a realização do exame. Caso não reúna, a RM é desmarcada, causando um *slot* vazio e desaproveitado.

Com os dados recolhidos entre 21 de abril e 1 de junho de 2017, cedidos gentilmente pela Mestre Susana Mauricio, foi feito um estudo sobre as principais causas que determinavam *slots* de marcação vazias e, também, as principais causas que podem levar à demora dos exames. Estes resultados indicam que 32% dos exames que falharam a sua realização são resultantes de doentes que não reúnem as condições para a realização de RM, nomeadamente, doentes claustrofóbicos e doentes não colaborantes. Face a estes números, é proposta uma melhoria no Sistema Informático, atuando na interface que permite a requisição de RM, ao incluir campos de preenchimento obrigatório, por parte do médico, acerca do historial do seu paciente, permitindo, então, que o próprio médico da especialidade faça uma triagem do paciente para perceber a sua condição. É preciso ter em consideração que um preenchimento demasiado moroso por parte do médico, levará a aumentos significativos na duração das consultas externas, com conseqüente prejuízo nesse setor.

7.1.1 Inclusão de uma triagem médica na requisição da RM

A sugestão proposta passa por inserir perguntas chave, que irão permitir ao próprio sistema avaliar a condição do paciente. Através de algoritmos, resultantes das respostas do paciente, o sistema



iria permitir ou bloquear o pedido da RM. Estas perguntas devem estar organizadas em questões de lista, de forma a facilitar o preenchimento por parte do médico.

Baseado nos dados recolhidos, sobre os principais motivos que levam um utente a não poder realizar um exame de RM, as perguntas-chave devem focar-se, em especial, na informação clínica que o médico tem sobre o paciente. Por outro lado, seria, de igual forma, importante questionar o utente acerca de alguma alteração que possa não estar mencionada no historial, quer por ter sido tratado num setor privado ou num outro país, quer por ter sido uma alteração recente que ainda não tenha sido registada no sistema.

As perguntas chave devem incluir os fatores que não permitem a realização de um exame de RM, mas, também, um apontamento sobre o estado psicológico do paciente, acerca da realização do exame, após uma breve explicação por parte do médico requerente. Muitas vezes, o paciente não sabe o que é, nem como é feita uma Ressonância Magnética, tendo apenas perceção de como é realizado o exame no próprio dia. Isto pode levar a que, no momento em que se veja confrontado com a máquina e com a obrigação de ficar imóvel durante um período de tempo significativo, o leve a situações de pânico e à não colaboração ou até mesmo recusa na realização do exame. Em linha com o que foi estudado, foram criadas uma série de perguntas-tipo, como forma de proposta àquilo que deveria ser aplicado. A Tabela 3 exemplifica o tipo de perguntas que podem ser colocadas aos pacientes.

Tabela 3 - Perguntas-tipo para a Pré-Triage médica

Questão	Respostas
1. O utente possui uma ou mais das seguintes condições clínicas?	a) Claustrofobia b) Próteses Metálicas c) Implantes Metálicos d) Pacemaker e) Encontra-se grávida f) Intervenção cirúrgica. Se sim, qual? g) Tatuagem que possa ter algum tipo de metal h) Dispositivos subcutâneos i) Epilepsia ou crises convulsivas j) Doença de Parkinson k) Alzheimer l) Outro fator possivelmente impeditivo
2. Após uma explicação simples sobre o exame de RM ao utente, escolha a opção que se aplica:	a) Concorda na sua realização, sem receios. b) Concorda na sua realização, com algum medo. c) Não concorda com a sua realização.
3. No caso de o paciente ter algum medo/receio, seria estritamente necessário utilizar algum sedativo?	a) Sim, sedativo leve. b) Sim, sedativo forte. c) Não.
4. No caso da utilização de um sedativo ou da necessidade de contraste, o paciente tem alguma contra-indicação? Se sim, qual?	a) Não. b) Sim, histórico de reação alérgicas significativas. c) Sim, condições cardíacas graves. d) Sim, insuficiência renal. e) Sim, asma brônquica.



7.2 Informatização dos dados

As informações acerca das variáveis resultantes dos exames de Ressonância Magnética (tempo de duração, por exemplo), encontram-se, maioritariamente, em formato de papel. Uma forma de, constantemente, monitorizar e melhorar o serviço prestado é através dos dados históricos, traduzidos em estatísticas que ajudam o departamento de produção a identificar, de melhor forma, os erros sistemáticos que têm vindo a ser cometidos. Desta maneira, trabalhando com os dados reais, torna-se mais fácil arranjar as melhores soluções para as dificuldades sentidas, baseando o estudo em informação fidedigna do Hospital e do seu histórico e não em suposições. Desta forma, é perceptível a necessidade de ter as marcações das Ressonâncias Magnéticas inseridas num sistema, juntamente com o seu nível de urgência. Adicionalmente, o médico de Imagiologia que faz a análise do nível de urgência, poderia, no momento da análise, indicar possíveis fatores a ter em conta que possam vir a influenciar o tempo de realização do exame, como, por exemplo, se o doente, em princípio, precisará de contraste, caso não tenha sido identificado pelo médico prescritor. Para a concretização da sugestão apresentada, inicialmente dever-se-ia inserir todas as RM, que se encontram em arquivo, no sistema informático. Posteriormente, o nível de urgência deveria ser anotado no sistema informático e não em papel, de forma a manter a informação no sistema.

Além destes dados, os próprios técnicos deveriam introduzir no sistema, aquando da realização da RM, a hora de início e de fim, de forma a monitorizar a sua duração, tal como, quando um utente é incapaz de realizar a RM e o seu motivo – facto que seria reduzido significativamente após a aplicação da triagem por parte do médico prescritor. Qualquer outra questão que os médicos, técnicos ou pessoal dos recursos humanos acharem pertinente, deveriam ser incluídas no sistema, em espaço próprio, para possíveis análises futuras. Outra opção seria o próprio sistema guardar os dados de início e fim da retirada das imagens, dispensando esse trabalho aos técnicos. Caso o hospital decidisse que o facto de serem os técnicos a inserirem, de forma manual, o tempo de duração do exame, se torna um desperdício de tempo útil, seria necessário introduzir no sistema que procede à captação das imagens uma função que fizesse com que este arquivasse a hora de início e fim de cada exame, permitindo que todos estes dados ficassem guardados no sistema.



7.3 Melhorias no sistema de faltas dos utentes

Neste estudo foi possível analisar a percentagem de pacientes que faltam ao exame de Ressonância Magnética, sendo que esta é a maior causa de *slots* disponíveis e inutilizáveis durante as marcações diárias. A percentagem de pacientes, do total de exames não realizados, que faltam a um exame sem aviso prévio ascende aos 56%. Sendo este grupo a fatia maior para a não realização de RM e sabendo que impossibilitarão uma nova marcação com outro utente, é necessário pensar em medidas que façam com que este número baixe de forma significativa.

A medida mais drástica seria a de aplicar uma quantia (multa) a ser paga pelo utente que corresponda ao gasto que o Hospital de Braga teve, por não ter realizado a RM e, desta forma, não poder dar seguimento à lista de espera. Este tipo de medidas já são aplicadas no meio judicial, e têm como objetivo evitar custas ocasionadas pela não comparência de uma testemunha – a impossibilidade de comparência não deve ser imputável ao indivíduo e, neste caso, deve ser comunicada até ao máximo de 5 dias de antecedência, no caso de ser previsível (Ministério Público - Procuradoria Geral Distrital Porto, n.d.). No caso de o utente ter uma justificação, como uma alegada doença, morte de um parente ou da entidade patronal, esta deve ser entregue ao Hospital de Braga, para provar a sua situação – nota que estes deveriam ser os únicos casos a ser aceites, para faltas sem a justificação prévia num prazo máximo de 5 dias.

7.4 Sugestão de melhoria para o aproveitamento total das marcações

7.4.1 *Overbooking*

O *overbooking* define-se como a venda ou marcação de um serviço em maior quantidade do que aquele que a empresa dispõe. Este sistema é muito utilizado, atualmente, nos serviços de transporte aéreo e em hotéis, de forma a rentabilizar ao máximo o serviço oferecido, aniquilando o efeito dos utilizadores que compram ou marcam o mesmo e não o utilizam. Esta prática tem vindo a ser discutida, nos últimos anos, pelas empresas e pelos utilizadores, pela sua ética, uma vez que coloca dois utilizadores distintos, numa mesma vaga. Apesar desta discussão, a verdade é que as empresas utilizam o *overbooking* porque notam resultados positivos com o mesmo. Além dos serviços de transporte e dos hotéis, também os serviços de saúde têm optado por aplicar o *overbooking* no seu agendamento: quer colocando dois utentes na mesma vaga, quer utilizando uma vaga de 30 minutos e dividindo o seu tempo para que mais utentes possam ser atendidos na mesma. Esta prática é que resulta, muitas vezes, nos atrasos nas consultas externas nos hospitais (Klietsch, 2016).



Os dados do estudo foram recolhidos, entre 21 de Abril e 1 de Junho de 2017, e fornecidos pela Mestre Susana Maurício. Através do tratamento destes dados, é possível ver que a maior causa para a não realização de um exame de RM previamente marcado é a falta de um utente, equivalente a 56% de todas as RM não realizadas, durante esse período. Deste modo, o *overbooking* poderia ser uma solução para evitar este problema.

Com a utilização do *overbooking* no HB, seria garantido que, mesmo que algum paciente faltasse, a sua vaga seria ocupada por um outro paciente. Segundo os dados recolhidos nas primeiras 9 semanas de 2018, é possível verificar que houve sempre Ressonâncias Magnéticas que ficaram por realizar, como demonstra a Tabela 4.

Tabela 4 - Número de slots que ficaram vazias por semana

	Semana 1	Semana 2	Semana 3	Semana 4	Semana 5	Semana 6	Semana 7	Semana 8	Semana 9
Neurorradiologia	14	21	8	20	17	17	11	15	15
Radiologia	6	9	4	12	11	8	4	10	9

Apesar do *overbooking* ser uma opção vantajosa para o HB, pode, da mesma forma, trazer consequências negativas para o hospital. As estatísticas indicam que, normalmente, existem *slots* disponíveis diariamente para a realização de mais exames do que os marcados, mas, nem sempre, tal acontece. No caso de o *overbooking* ser aplicado, se o paciente que tiver sido chamado para uma vaga que é “inexistente” não conseguir ser encaixado nas *slots* diárias, este terá que deixar o hospital sem o exame realizado, o que acarretará custos ao HB. Uma das opções para equilibrar esta incerteza, pela qual o utente passa, seria o HB garantir que, caso o utente aceite o *overbooking*, o exame seja pago pelo utente que faltou e deixou a vaga livre. Outra opção, seria garantir que esse mesmo utente, caso não consiga realizar o exame nesse próprio dia, tenha uma vaga assegurada para o dia seguinte ou para essa própria semana para diminuir a sua insatisfação. Outra opção seria, apenas encaminhar para *overbooking* pacientes que sejam das proximidades do hospital, deixando os mesmo em alerta e, caso o hospital, com uma antecedência de cerca de 1h30 notasse que teria espaço para a realização de mais um exame, contactasse o paciente, para se dirigir ao hospital e realizar o exame. Por fim, o hospital também poderia optar por pagar o transporte do paciente, caso este aceite o *overbooking*, de forma a compensá-lo pela incerteza na realização do exame.

7.4.2 Alteração do tipo de agendamento utilizado

Outra possível modificação para tentar melhorar o serviço de marcação do Hospital de Braga, seria a mudança do agendamento fixo para o agendamento de marcações abertas. Este tipo de



agendamento possibilitaria que vários utentes fossem chamados para um intervalo de horas específico e fossem atendidos por ordem de chegada. Esta solução diminuiria possíveis atrasos consequentes dos atrasos dos pacientes na sua chegada ao HB e, desta forma, manteria sempre as máquinas em funcionamento, sem interrupção. O ponto negativo neste tipo de marcação seria, para o utente, o facto de ter que estar disponível durante o intervalo de tempo que lhe fosse indicado e não apenas durante o tempo real de todo o processo da RM. Por outro lado, o HB também não saberia prever o fluxo de utentes, ou seja, não saberia se todos chegariam à mesma hora, causando grandes tempos de espera para o paciente, ou se chegariam em horas distintas por opção de cada um individualmente. Ao adotar este novo sistema, também poderia levar a que existisse mais tempo de sobra, após todos os exames efetuados e a possibilidade de marcar mais utentes para esse mesmo intervalo, amenizando a lista de espera.

7.5 Sugestões de melhorias na qualidade do serviço sob o ponto de vista do utilizador

Através do questionário realizado entre 4 e 28 de Junho de 2018, com uma amostra populacional de 105 respostas, foi perceptível o desconforto sentido pelos utentes aquando da realização do exame de RM. Durante o exame, 69% da população nutriu um sentimento negativo face à sua realização, sendo destacados o nervosismo e a impaciência.

Um dos principais motivos de queixa dos utentes, é o ruído que a máquina produz durante a retirada das imagens. Assim, uma das sugestões para melhorar a qualidade de serviço da RM, seria a colocação de música ou rádio, durante a realização do exame, em auscultadores, a serem utilizados pelos pacientes, de forma a amenizar o desconforto e ajudar a passar o tempo.



8. OTIMIZAÇÃO DO AGENDAMENTO DE RM

8.1 Metodologia

Para a realização dos estudos experimentais, de forma a otimizar os agendamentos de RM, recorreu-se a um modelo de Programação Linear. A Programação Linear trata de maximizar ou minimizar uma função linear, tendo em consideração as restrições lineares que lhe são atribuídas. Ou seja, a PL otimiza um determinado problema, tendo em consideração um conjunto de restrições, através de um modelo matemático linear (Noyes & Weisstein, n.d.). Dentro da PL, existem várias formas de programação. Neste caso será utilizada a Programação Linear Inteira. A utilização da PLI torna-se necessária porque os exames não podem ser divididos em frações, uma vez que não se fazem de forma repartida, mas sim de forma inteira (Fourer, Gay, & Kernighan, 2003).

De forma a modelar a PLI, foi utilizada a linguagem a AMPL, acrónimo de “A Mathematical Programming Language”. Segundo Fourer, Gay e Kernighan (2003) a linguagem AMPL foi criada e desenvolvida pelos autores em 1985 e nela ocorrem a seguinte sequência de eventos:

- Formulação do modelo, contendo as variáveis, objetivos e restrições que representam, de forma geral, o modelo a ser resolvido;
- Recolha de dados que permitam a criação de uma instância que seja específica do problema;
- Gerar uma função objetivo específica e equações de restrição do modelo e dos dados;
- Resolução do problema através de um *solver*, aplicando um algoritmo que encontre os valores ótimos para as variáveis;
- Análise dos resultados e;
- Caso seja necessário, proceder à reformulação do modelo e dos dados e à posteriori repetir o processo.

De forma a processar o modelo e os ficheiros de dados, formulados através do *software Gusek*, foram utilizados os *solvers* Gurobi e CPLEX. Para tal, foi utilizada a plataforma *Neos Server*, por se tratar de um recurso *online* de acesso gratuito, com uma grande variedade de *solvers* disponíveis para os vários tipos de linguagem. Todos os resultados foram compilados no *Microsoft Excel* e, aí, analisados.



8.2 Comparação entre a utilização de tempos efetivos e tempos nominais

O Hospital de Braga utiliza *slots* de 30 minutos na marcação dos exames de RM. Além desta restrição, é colocada também a restrição da quantidade de exames que podem ser realizados, por dia e por máquina. Atualmente, e apesar de terem 6 horas disponíveis por cada turno, que permitiriam a realização de 12 exames, nem todas estas horas são utilizadas porque existem turnos que realizam menos exames.

No plano atual, apenas seria possível a realização de 282 exames, por semana, pela restrição de exames por turno, quando, sem a mesma, poderiam ser realizados, segundo os 30 minutos nominais, 294 exames. Este valor de 294 é o resultado do somatório de todos os turnos disponíveis, com 12 exames de 30 minutos, exceto um dos turnos em que os exames têm a duração de 60 minutos e, como tal, apenas se conseguem realizar 6 exames, onde em vez de 12, se manteve a contabilização dos 6 (ver Figura 5).

Dado que, na realidade, os 30 minutos utilizados para cada utente, raramente se confirmam, são apelidados de tempos nominais. Os exames apresentam tempos variados, que diferem com o tipo de exame, e protocolo utilizado, e com o tipo de utente. A estes tempos, que refletem a realidade do tempo de duração, é dado o nome de tempos efetivos.

Após a recolha de dados dos tempos efetivos, que foram anotados pelos técnicos de imagiologia, de alguns exames, foi perceptível que muitos desses exames apresentavam uma duração inferior a 30 minutos. Esta amostra contém 910 exames e os resultados dos tempos efetivos dos mesmos, está disponível na Tabela 5:

Tabela 5 - Percentagem de exames por intervalo de tempo

Intervalo de tempo	Nº de exames da amostra	Nº de exames agrupados por Intervalo de Tempo	Percentagem de exames agrupados por Intervalo de Tempo
<15 min	0	232	25,50%
15-19	48		
20-24	184		
25-29	228	328	36,05%
30	100		
31-35	138	213	23,40%
36-40	75		
41-45	41	137	15,05%
46-50	39		
>50	57		
TOTAL	910	910	100%



Como é possível verificar na tabela anterior, a maioria dos exames (61,55%) teve tempos iguais ou inferiores a 30 minutos, sendo a maior faixa compreendida entre 25 e 30 minutos.

Após esta análise, foi colocada em prática uma análise ao impacto que teria a substituição de tempos nominais por tempos efetivos, aquando da marcação dos exames, para permitir que mais exames fossem realizados dentro dos turnos. Para esta análise foi utilizada a linguagem AMPL, de forma a que fossem testadas diversas instâncias, para comparar o agendamento entre tempos efetivos e tempos nominais. A principal diferença entre estes modelos é que o modelo nominal utiliza a regra do *First-In-First-Out*, o que obriga a que os exames sejam realizados pela sua ordem de chegada, ou seja o primeiro da lista, é o primeiro a ser realizado, ao contrário do modelo efetivo que pode ordenar sem esta restrição.

O modelo utilizado para a obtenção dos resultados nominais pode ser visto na Figura 6, na Figura 7 e na Figura 8.

```
1 RM_02_plan_FIFO.mod
1 param Nexames;
2 param Nturnos;
3
4 #nr de exames e as suas características
5 param Exame{i in 1..Nexames, n in 1..5};
6
7 #nr de turnos e as suas características
8 param Turno{j in 1..Nturnos, k in 1..4};
9
10 #var decisao, 1 se Exame i e realizado no Turno j
11 var x{i in 1..Nexames, j in 1..Nturnos} binary;
12
13 var xt_ini{i in 1..Nexames}, >=0;
14 var xt_dperdido{i in 1..Nexames}, >=0;
15
16 var y{i in 1..Nexames, j in 1..Nturnos} binary;
17 var Y{i in 1..Nexames}, binary;
18
19
20 # mede desvio da data realizada em relacao a data prevista
21 var L{i in 1..Nexames}, >=0;
22
23 #variaveis AUXILIARES
24 var x_adiadosRadio, >=0;
25 var x_adiadosNeuro, >=0;
26 var X_Totaladiados, >=0;
27 var x_totalRadio, >=0;
28 var x_totalNeuro, >=0;
29 var x_total, >=0;
30
31 var Y_Nreal_Radio, >=0;
32 var Y_Nreal_Neuro, >=0;
33 var Y_Nreal, >=0;
34
35 var minutosNusados{j in 1..Nturnos}, >=0;
36 var TOTALminutosNusados, >=0;
```

Figura 6 - Modelo nominal (Parte 1 de 3)



```
1 RM_02_plan_FIFO.mod*
35 var minutosUsados{j in 1..Nturnos}, >=0;
36 var TOTALminutosUsados, >=0;
37 var minutosUsadosNeuro, >=0;
38 var minutosUsadosRadio, >=0;
39 var TOTALminutosExamesRealizados, >=0;
40 var TOTALminutosExamesSolicitados, >=0;
41
42 var TOTALminutosExamesRealizadosNeuro, >=0;
43 var TOTALminutosExamesSolicitadosNeuro, >=0;
44 var TOTALminutosExamesRealizadosRadio, >=0;
45 var TOTALminutosExamesSolicitadosRadio, >=0;
46
47 var TOTALminutosDisponiveis, >=0;
48 var TOTALminutosDisponiveisNeuro, >=0;
49 var TOTALminutosDisponiveisRadio, >=0;
50
51 |
52
53 # minimizar atrasos de dias e penalizar 50 exames nao realizados
54 minimize TempoTotalAcesso: sum{i in 1..Nexames} Exame[i,3] * L[i] + 50*sum{i in 1..Nexames, j in Nturnos-1..Nturnos}x[i,j] + 0.01*sum{i in 1..Nexames}Y[i];# + 0.01*sum{i in 1..Nexames}xt_ini[i];
55
56 subject to empacotar_exames{i in 1..Nexames}: sum{j in 1..Nturnos} x[i,j]=1;
57
58 #restricao medir desvio de datas
59 subject to Latness_exames{i in 1..Nexames}: sum{j in 1..Nturnos-2} (Turno[j,2]-Exame[i,5]) * x[i,j]<=L[i];
60
61 s.t. FIFO_1{i in 1..Nexames-1, j in 1..Nturnos-2:Exame[i,4]=Exame[i+1,4]}:sum{k in 1..j}x[i,k]>=sum{k in 1..j}x[i+1,k];
62
63 #definir tempo inicioExame (minutos)
64 s.t. Tempo_Ini_Exa{i in 2..Nexames,j in 1..Nturnos-2}:xt_ini[i]>=sum{k in 1..i-1}Exame[k,2]*x[k,j];
65
66 s.t. TempoDesperdi{i in 2..Nexames}:xt_dperdido[i]>=xt_ini[i]-360;
67
68 #s.t. Tempo_Ini_ob{i in 2..Nexames}:xt_ini[i]=340;
69 s.t. Tempo_Ini_ob{i in 2..Nexames}:xt_ini[i]-360<=99999*Y[i];
```

Figura 7 - Modelo nominal (Parte 2 de 3)

```
56 subject to empacotar_exames{i in 1..Nexames}: sum{j in 1..Nturnos} x[i,j]=1;
57
58 #restricao medir desvio de datas
59 subject to Latness_exames{i in 1..Nexames}: sum{j in 1..Nturnos-2} (Turno[j,2]-Exame[i,5]) * x[i,j]<=L[i];
60
61 s.t. FIFO_1{i in 1..Nexames-1, j in 1..Nturnos-2:Exame[i,4]=Exame[i+1,4]}:sum{k in 1..j}x[i,k]>=sum{k in 1..j}x[i+1,k];
62
63 #definir tempo inicioExame (minutos)
64 s.t. Tempo_Ini_Exa{i in 2..Nexames,j in 1..Nturnos-2}:xt_ini[i]>=sum{k in 1..i-1}Exame[k,2]*x[k,j];
65
66 s.t. TempoDesperdi{i in 2..Nexames}:xt_dperdido[i]>=xt_ini[i]-360;
67
68 #s.t. Tempo_Ini_ob{i in 2..Nexames}:xt_ini[i]=340;
69 s.t. Tempo_Ini_ob{i in 2..Nexames}:xt_ini[i]-360<=99999*Y[i];
70
71 #Limita o maximo de exames em cada turno sem ultrapassar o limite das seis horas(tempo nominal)
72 subject to max_larg{j in 1..Nturnos}: sum {i in 1..Nexames} Exame[i,1] * x[i,j] <= Turno[j,3];
73
74
75 #Limita o numero maximo de exames em cada turno ao limite definido
76 subject to max_larg2{j in 1..Nturnos}: sum {i in 1..Nexames} x[i,j] <= Turno[j,4];
77
78
79 #garante que o tipo de exame e colocado numa slot dedicada ao tipo de exame
80 subject to exame_slot{i in 1..Nexames, j in 1..Nturnos}: Exame[i,4] * x[i,j] = Turno[j,1]* x[i,j];
```

Figura 8 - Modelo nominal (Parte 3 de 3)



O modelo utilizado para a obtenção dos resultados efetivos pode ser visto na Figura 9 e na Figura 10.

```
1 param Nexames;  
2 param Nturnos;  
3  
4 #nr de exames e as suas caracteristicas  
5 param Exame{i in 1..Nexames, n in 1..5};  
6  
7 #nr de turnose as suas caracteristicas  
8 param Turno{j in 1..Nturnos, k in 1..4};  
9  
10 #var decisao, 1 se Exame i e realizado no Turno j  
11 var x{i in 1..Nexames, j in 1..Nturnos} binary;  
12  
13 # mede desvio da data realizada em relacao a data prevista  
14 var L{i in 1..Nexames}, >=0;  
15  
16 #variaveis AUXILIARES  
17 var x_adiadosRadio, >=0;  
18 var x_adiadosNeuro, >=0;  
19 var X_Totaladiados, >=0;  
20 var x_totalRadio, >=0;  
21 var x_totalNeuro, >=0;  
22 var x_total, >=0;  
23  
24 var minutosNusados{j in 1..Nturnos}, >=0;  
25 var TOTALminutosNusados, >=0;  
26 var minutosNusadosNeuro, >=0;  
27 var minutosNusadosRadio, >=0;  
28 var TOTALminutosExamesRealizados, >=0;  
29 var TOTALminutosExamesSolicitados, >=0;  
30  
31 var TOTALminutosExamesRealizadosNeuro, >=0;  
32 var TOTALminutosExamesSolicitadosNeuro, >=0;  
33 var TOTALminutosExamesRealizadosRadio, >=0;  
34 var TOTALminutosExamesSolicitadosRadio, >=0;  
35  
36 var TOTALminutosDisponiveis, >=0;
```

Figura 9 - Modelo efetivo (Parte 1 de 2)

```
36 var TOTALminutosDisponiveis, >=0;  
37 var TOTALminutosDisponiveisNeuro, >=0;  
38 var TOTALminutosDisponiveisRadio, >=0;  
39  
40  
41  
42 # minimizar atrasos de dias e penalizar 50 exames nao realizados  
43 minimize TempoTotalAcesso: sum{i in 1..Nexames} Exame[i,3] * L[i] + 50*sum{i in 1..Nexames, j in Nturnos-1..Nturnos}x[i,j] ;  
44  
45 subject to empacotar_exames(i in 1..Nexames): sum{j in 1..Nturnos} x[i,j]=1;  
46  
47 #restricao medir desvio de datas  
48 subject to Latness_exames(i in 1..Nexames): sum{j in 1..Nturnos-2} (Turno[j,2]-Exame[i,5]) * x[i,j]<=L[i];  
49  
50  
51 #Limita o maximo de exames em cada turno sem ultrapassar o limite das seis horas  
52 subject to max_larg{j in 1..Nturnos}: sum {i in 1..Nexames} Exame[i,2] * x[i,j] <= Turno[j,3];  
53  
54 #Limita o numero maximo de exames em cada turno ao limite definido  
55 subject to max_larg2{j in 1..Nturnos}: sum {i in 1..Nexames} x[i,j] <= Turno[j,4];  
56  
57  
58 #garante que a tipo de exame e colocado numa slot dedicada ao tipo de exame  
59 subject to exame_slot(i in 1..Nexames, j in 1..Nturnos): Exame[i,4] * x[i,j] = Turno[j,1]* x[i,j];
```

Figura 10 - Modelo efetivo (Parte 2 de 2)



Para a criação das instâncias, foram tidos em conta dois diferentes parâmetros: o parâmetro exame e o parâmetro turno.

Para a criação dos dados que compõe o parâmetro exames, foi criado um ficheiro no *Microsoft Excel*, que permite gerar instâncias, como mostra a Figura 11.

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T	U	V	W
3						7				1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
4		durationNom	durationeffective	urgencia	tipo	data				15	18	18	18	18	18	18	20	20	20	20	20	20	
5	1	30	28	2	1	5																	
6	2	30	28	3	1	2																	
7	3	30	20	1	1	7																	
8	4	30	25	2	2	3																	
9	5	30	23	1	2	6																	
10	6	30	25	3	1	2																	
11	7	30	40	3	2	4																	
12	8	30	29	3	2	1																	
13	9	30	24	1	1	5																	
14	10	30	25	3	2	7																	
15	11	30	28	1	1	7																	
16	12	30	30	3	1	6																	
17	13	30	40	1	2	3																	
18	14	30	29	3	1	3																	
19	15	30	28	1	1	7																	
20	16	30	30	2	1	5																	
21	17	30	30	1	1	7																	
22	18	30	55	2	2	3																	
23	19	30	28	3	2	3																	
24	20	30	75	1	2	3																	
25	21	30	30	2	2	4																	
26	22	30	30	3	2	7																	
27	23	30	25	2	1	1																	
28	24	30	40	2	2	4																	
29	25	30	20	2	1	1																	
30	26	30	26	3	2	2																	
31	27	30	43	1	1	6																	
32	28	30	30	1	2	3																	
33	29	30	25	3	1	2																	
34	30	30	20	2	1	3																	
35	31	30	22	2	2	2																	
36	32	30	22	3	1	1																	
37	33	30	29	1	1	2																	
38	34	30	20	3	2	6																	
39	35	30	30	1	1	6																	
40	36	30	28	3	1	2																	
41	37	30	28	2	1	1																	
42	38	30	24	3	2	5																	
43	39	30	36	2	2	6																	
44	40	30	30	2	1	6																	
45	41	30	25	1	2	1																	
46	42	30	30	3	2	1																	

Figura 11 - Gerador de instâncias

Nesta geração de instâncias, é atribuído o seu número do exame, tempo nominal, tempo efetivo, urgência, tipo de exame e a data em que deve ser realizado. Tendo em consideração os valores máximos e mínimos referentes ao tempo de realização de um exame, disponibilizado pela amostra dos 910 exames, é atribuído um tempo efetivo aleatório que pode variar entre os intervalos de tempo definidos:

- No caso de o exame ser de Neurorradiologia, o valor mínimo do intervalo de tempo é de 15 minutos e o valor máximo é de 90 minutos;
- No caso de o exame ser de Radiologia, o valor mínimo é de 15 minutos e o valor máximo de 80 minutos.



Relativamente ao tipo de exame (definido na Figura 12 como “tipo”), isto refere-se ao critério que define se o exame é de Neurorradiologia ou de Radiologia, de forma aleatória. A data atribuída a cada exame também é aleatória, dentro do intervalo de dias em estudo.

A Figura 12 mostra um exemplo de como foi estabelecido o parâmetro exames.

```
1 250x7(semana1,instancia1).dat
2 #dimensoes para o numero de exames.
3 param Nexames:=250;
4
5 #Diariamente existem 4 turnos
6
7 param Nturnos:=26;
8
9 param Exame:
10  →1 →2 →3 →4 →5:=
11 # →durationNom →durationeffective →urgencia →tipo>data
12 1 →30 →20 →1 →2 →1
13 2 →30 →20 →3 →2 →1
14 3 →30 →35 →3 →2 →1
15 4 →30 →15 →3 →2 →1
16 5 →30 →29 →1 →2 →1
17 6 →30 →35 →2 →2 →1
18 7 →30 →40 →1 →2 →1
19 8 →30 →25 →1 →2 →1
20 9 →30 →20 →3 →2 →1
21 10 →30 →28 →1 →2 →1
22 11 →30 →28 →1 →1 →1
23 12 →30 →30 →3 →1 →1
24 13 →30 →34 →2 →1 →1
25 14 →30 →25 →2 →1 →1
26 15 →30 →20 →3 →1 →1
27 16 →30 →38 →1 →1 →1
28 17 →30 →29 →1 →1 →1
29 18 →30 →24 →1 →1 →1
30 19 →30 →26 →2 →1 →1
31 20 →30 →25 →2 →1 →1
32 21 →30 →21 →2 →1 →1
33 22 →30 →50 →3 →1 →1
34
```

Figura 12 - Parâmetro exames

Na criação do parâmetro turno é descrito o agendamento atual do HB, ou seja, são definidas quantas *slots* estão disponíveis para cada exame, em cada turno, e colocado o número máximo, estabelecido pelo HB, de exames que podem ser realizados por turno. Neste parâmetro não é tido em conta o turno do horário que possui as 6 *slots* de 60 minutos (quinta-feira, da parte da tarde, na máquina Siemens) indicadas para utentes que precisam de anestesia (uma vez que possuem uma marcação diferente), nem os dias em que as máquinas não estão disponíveis. Ainda sobre este parâmetro, é definido que as três primeiras semanas do mês têm um fim de semana disponível para Neurorradiologia e o último para Radiologia, sendo esta a proporção utilizada pelo HB.



A Figura 13 mostra o parâmetro turnos para os fins de semana em que são realizados os exames de Neurrorradiologia, e a Figura 14 mostra o parâmetro turnos utilizado para a obtenção de resultados utilizando o fim de semana em que são realizados exames de Radiologia.

```
1 250x7(semana1,instancia1).dat *
260 249>30→25→3→1→7
261 250>30→45→2→1→7;
262
263 param Turno:
264 1→2→3→4:=
265 #→tipo>dia→duracao→exame
266 1→1→1→360>12
267 2→2→1→360>10
268 3→1→1→360>12
269 4→1→1→360>12
270 5→1→2→360>12
271 6→2→2→360>10
272 7→2→2→360>11
273 8→2→2→360>12
274 9→1→3→360>12
275 10→1→3→360>12
276 11→1→3→360>12
277 12→1→4→360>9
278 13→1→4→360>12
279 14→2→4→360>12
280 15→1→5→360>12
281 16→1→5→360>12
282 17→1→6→360>11
283 18→1→6→360>12
284 19→1→6→360>11
285 20→1→6→360>12
286 21→1→7→360>11
287 22→1→7→360>12
288 23→1→7→360>11
289 24→1→7→360>12
290 25→1→0→10000
291 1000
292 26→2→0→10000
293 1000;
294
```

Figura 13 - Parâmetro turnos com fim de semana Neurrorradiologia



```
1 250x7(semana4, instancia1).dat *
260 249>30→20→1→2→7
261 250>30→23→1→2→7;
262
263 param Turno:
264 1→2→3→4:=
265 #→tipo>dia→duracao→exame
266 1→1→1→360>12
267 2→2→1→360>10
268 3→1→1→360>12
269 4→1→1→360>12
270 5→1→2→360>12
271 6→2→2→360>10
272 7→2→2→360>11
273 8→2→2→360>12
274 9→1→3→360>12
275 10→1→3→360>12
276 11→1→3→360>12
277 12→1→4→360>9
278 13→1→4→360>12
279 14→2→4→360>12
280 15→1→5→360>12
281 16→1→5→360>12
282 17→2→6→360>11
283 18→2→6→360>12
284 19→2→6→360>11
285 20→2→6→360>12
286 21→2→7→360>11
287 22→2→7→360>12
288 23→2→7→360>11
289 24→2→7→360>12
290 25→1→0→10000
291 1000
292 26→2→0→10000
293 1000;
294
```

Figura 14 - Parâmetro turnos com fim de semana de Radiologia

Para a análise inicial do problema, foram criadas 10 instâncias de 1000 exames para 28 dias, de modo a analisar o plano mensal. Estas instâncias foram criadas com uma proporção de 2/3 de exames de Neurrorradiologia para 1/3 de Radiologia, sendo este o valor aproximado utilizado pelo HB, aquando das marcações dos exames.

Após serem submetidas ao *solver* Gurobi, quer para o modelo efetivo, quer para o modelo nominal, obteve-se os resultados demonstrados no Anexo VI e Anexo VII, respetivamente.

Como nas instâncias mensais se conseguiu obter poucos resultados, uma vez que quer o *solver* Gurobi, quer o *solver* CPLEX não apresentavam memória suficiente para gerar resultados, foram criadas 40 novas instâncias para permitir a comparação entre os modelos. Estas instâncias foram geradas com a mesma proporção de 2/3 de exames de Neurrorradiologia para 1/3 de exames de Radiologia. Apesar de poder não corresponder ao valor atribuído por mês, por estarem divididas em semanas e haver a diferença de $\frac{1}{4}$ de fim de semana de Radiologia, para $\frac{3}{4}$ de fim de semana de Neurrorradiologia, utilizou-



se por ser uma média ponderada e de fácil definição. Os resultados obtidos, para o modelo efetivo e para o modelo nominal, são apresentados no Anexo VIII e no Anexo IX, respetivamente.

Tabela 6 - Resultados dos exames realizados e adiados no modelo efetivo e no modelo nominal

	Total de exames realizados Nominal	Total de exames realizados Efetivo	Total de exames adiados Nominal	Total de exames adiados Efetivo
Semana1	222	222	28	28
Semana2	222	222	28	28
Semana3	222	222	28	28
Semana4	212	212	38	38
Semana5	222	222	28	28
Semana6	222	222	28	28
Semana7	222	222	28	28
Semana8	212	212	38	38
Semana9	222	222	28	28
Semana10	222	222	28	28
Semana11	222	222	28	28
Semana12	212	212	38	38
Semana13	222	222	28	28
Semana14	222	222	28	28
Semana15	222	222	28	28
Semana16	212	212	38	38
Semana17	222	222	28	28
Semana18	222	222	28	28
Semana19	222	222	28	28
Semana20	212	212	38	38
Semana21	222	222	28	28
Semana22	222	222	28	28
Semana23	222	222	28	28
Semana24	212	212	38	38
Semana25	222	222	28	28
Semana26	222	222	28	28
Semana27	222	222	28	28
Semana28	212	212	38	38
Semana29	222	222	28	28
Semana30	222	222	28	28
Semana31	222	222	28	28
Semana32	212	212	38	38
Semana33	222	222	28	28
Semana34	222	222	28	28
Semana35	222	222	28	28
Semana36	212	212	38	38
Semana37	222	222	28	28
Semana38	222	222	28	28
Semana39	222	222	28	28
Semana40	212	212	38	38

Relativamente à Tabela 6 e ao número de exames realizados e adiados, os valores são iguais quer no modelo nominal, quer no modelo efetivo. Isto acontece porque a restrição que limita o número de exames é muito restritiva, pelo que não se encontram diferenças nos dois modelos, em termos de número de exames processados. A mesma razão se aplica ao número igual de exames adiados nos dois modelos. É possível verificar que na semana 4, 8, 12, 16, 20, 24, 28, 32, 36 e 40, os valores dos exames adiados, quer no modelo nominal, quer no modelo efetivo, são diferentes dos valores das restantes semanas. Isto acontece porque nessas semanas assinaladas, o fim de semana é utilizado pela



Radiologia, o que, uma vez que a proporção utilizada requer um maior número de exames de Neurorradiologia (167 exames) face ao número de exames de Radiologia (83), faz com que sobrem apenas exames de Neurorradiologia. Nas semanas não assinaladas, o número de exames adiados são todos da área de Radiologia.

Tabela 7 - Resultados dos minutos utilizados e não utilizados no modelo efetivo e no modelo nominal

	Total minutos não utilizados Nominal (N)	Total minutos não utilizados Efetivo (E)	Diferença de minutos não utilizados entre Efetivo e Nominal (E - N)	Valor percentual de (E-N)
Semana1	1899	2099	200	5,00%
Semana2	1812	1900	88	2,37%
Semana3	2117	2136	19	0,45%
Semana4	2259	2345	86	1,87%
Semana5	1920	2002	82	2,09%
Semana6	1497	1553	56	1,84%
Semana7	1989	2074	85	2,09%
Semana8	2250	2381	131	2,83%
Semana9	1981	2086	105	2,58%
Semana10	1563	1754	191	5,76%
Semana11	1657	1783	126	3,66%
Semana12	2488	2633	145	2,83%
Semana13	1955	2036	81	2,03%
Semana14	2051	2192	141	3,32%
Semana15	2010	2074	64	1,57%
Semana16	2492	2617	125	2,45%
Semana17	2046	2163	117	2,78%
Semana18	1886	2010	124	3,18%
Semana19	1697	1845	148	4,18%
Semana20	2559	2583	24	0,47%
Semana21	1622	1699	77	2,32%
Semana22	1684	1868	184	5,18%
Semana23	2055	2218	163	3,81%
Semana24	2520	2631	111	2,15%
Semana25	1816	1856	40	1,09%
Semana26	1838	1973	135	3,54%
Semana27	2012	2174	162	3,87%
Semana28	2483	2632	149	2,91%
Semana29	1726	1833	107	3,01%
Semana30	1964	1998	34	0,86%
Semana31	1731	1895	164	4,52%
Semana32	2420	2440	20	0,41%
Semana33	1895	1934	39	1,02%
Semana34	1862	1990	128	3,32%
Semana35	1993	2097	104	2,54%
Semana36	2551	2708	157	2,99%
Semana37	1815	1921	106	2,84%
Semana38	1961	2033	72	1,80%
Semana39	2084	2121	37	0,88%
Semana40	2469	2491	22	0,44%

Como é possível verificar pela Tabela 7, em todos os testes realizados, relativos a 40 semanas, o modelo efetivo permitiu que, mesmo realizando o mesmo número de exames que o modelo nominal, sobrassem mais minutos. Isto significa que, caso o número de exames a ser realizados pudesse ser aumentado, semanalmente, o modelo efetivo teria mais minutos disponíveis para realizar novos exames. Concluindo, o uso de um modelo efetivo, face a um modelo nominal, otimiza o tempo disponível para o agendamento de exames. Relativamente à questão de como seria possível prever o tempo de cada



exame, de forma a implementar a solução, a resposta passaria por um estudo estatístico dos exames que são realizados do HB, onde se coletaria o tempo necessário para a realização de cada exame, segundo os seus protocolos, e, após a recolha de dados dessa amostra, realizar um estudo para perceber a média de tempos que cada protocolo de imagem exige.

Com estes resultados é possível perceber que, mesmo programando 250 exames, existem sempre exames adiados, apesar de, no total semanal, ser possível realizar 282 exames (ver ponto 6.5). Esta situação acontece devido ao desequilíbrio semanal de *slots*, uma vez que, nas três primeiras semanas estão disponíveis 227 *slots* para Neurorradiologia e 55 *slots* para Radiologia e na última semana estão disponíveis 135 *slots* de Neurorradiologia e 147 *slots* de Radiologia. Isto faz com que hajam sempre exames adiados, por excesso de exames de uma área, face à outra – no caso, nas três primeiras semanas deveriam ser programados mais exames de Neurorradiologia do que os 167 e na última semana deveriam ser programados mais do que os 83 exames de Radiologia. Ainda assim, foi mantida a proporção de 1/3 para 2/3 porque foi a informação apontada pelo HB.

8.3 Estratégia de uso do modelo efetivo

No caso de os exames serem adiados num agendamento, seja ele semanal, quinzenal ou mensal, estes são novamente agendados para a próxima oportunidade de agendamento possível. Com este conhecimento, é interessante perceber como esta estratégia funciona no modelo efetivo, dado que este é o melhor modelo a ser utilizado pelo HB.

Visto que o agendamento pode ser feito por diferentes períodos de tempo, nos testes efetuados para esta análise, foram utilizadas instâncias quinzenais, com uma proporção de 500x14 (500 exames para 14 dias), para ter outro exemplo, além do semanal, de como é possível fazer o agendamento de exames. Nestes testes, continuou a ser aplicada a proporção de 1/3 de exames de Radiologia para 2/3 de exames de Neurorradiologia. Além disto, foi estipulado que as quinzenas ímpares utilizariam o fim de semana para marcações de Neurorradiologia, e nas quinzenas pares um fim de semana realizariam as marcações de Neurorradiologia e o outro de Radiologia.



Após correr 10 testes quinzenais, que equivalem a 5 meses no plano de agendamento, obtiveram-se os resultados expostos na Tabela 8.

Tabela 8 - Estratégia de uso do modelo efetivo

	Quinzena 1	Quinzena 2	Quinzena 3	Quinzena 4	Quinzena 5	Quinzena 6	Quinzena 7	Quinzena 8	Quinzena 9	Quinzena 10
Nº exames adiados	56	52	56	52	56	68	56	79	56	83
Nº de exames que conseguiram ser realizados (relativo aos exames adiados na quinzena anterior)	-	44	40	37	31	27	45	26	48	23
Nº de exames que foram novamente adiados (relativo aos exames adiados na quinzena anterior)	-	12	12	19	21	29	23	30	31	33

Como é possível verificar pela tabela anterior, o número de exames que tendem a ser novamente adiados vai aumentando à medida que se agendam novas quinzenas. Esta situação só não ocorre na quinzena 7, provavelmente devido a que a maioria dos exames da quinzena 6, que foram adiados, serem de Neurorradiologia. A lógica por trás desta afirmação baseia-se no facto de, semanalmente e, consequentemente quinzenalmente, existirem mais *slots* disponíveis para os exames de Neurorradiologia e, desta forma, é mais eficaz no agendamento dos exames que têm vindo a ser adiados nas quinzenas anteriores.

8.4 Comparação do modelo efetivo e nominal com e sem restrição de exames

Uma vez que já se concluiu que o modelo efetivo é mais eficiente para o HB, surge a necessidade de se perceber quantos mais exames seriam realizados caso não se utilizasse a restrição de exames por turno e qual o tempo que sobraria, por semana. Para tal, foi alterado o modelo efetivo, tendo sido removida a restrição que limitava o número de exames por turno, como é possível ver na Figura 15.



```
1 RM_02Efetivo - SEM RESTRIÇÃO.mod
25 var TOTALminutosNusados, >=0;
26 var minutosNusadosNeuro, >=0;
27 var minutosNusadosRadio, >=0;
28 var TOTALminutosExamesRealizados, >=0;
29 var TOTALminutosExamesSolicitados, >=0;
30
31 var TOTALminutosExamesRealizadosNeuro, >=0;
32 var TOTALminutosExamesSolicitadosNeuro, >=0;
33 var TOTALminutosExamesRealizadosRadio, >=0;
34 var TOTALminutosExamesSolicitadosRadio, >=0;
35
36 var TOTALminutosDisponiveis, >=0;
37 var TOTALminutosDisponiveisNeuro, >=0;
38 var TOTALminutosDisponiveisRadio, >=0;
39
40
41
42 # minimizar atrasos de dias e penalizar 50 exames nao realizados
43 minimize TempoTotalAcesso: sum(i in 1..Nexames) Exame[i,3] * L[i] + 50*sum(i in 1..Nexames, j in Nturnos-1..Nturnos)x[i,j];
44
45 subject to empacotar_exames(i in 1..Nexames): sum(j in 1..Nturnos) x[i,j]=1;
46
47 #restricao medir desvio de datas
48 subject to Latness_exames(i in 1..Nexames): sum(j in 1..Nturnos-2) (Turno[j,2]-Exame[i,5]) * x[i,j]<=L[i];
49
50
51 #Limita o maximo de exames em cada turno sem ultrapassar o limite das seis horas
52 subject to max_larg[j in 1..Nturnos]: sum(i in 1..Nexames) Exame[i,2] * x[i,j] <= Turno[j,3];
53
54 #Limita o numero maximo de exames em cada turno ao limite definido
55 #subject to max_larg2[j in 1..Nturnos]: sum(i in 1..Nexames) x[i,j]<= Turno[j,4];
56
57
58 #garante que a tipo de exame e colocado numa slot dedicada ao tipo de exame
59 subject to exame_slot(i in 1..Nexames, j in 1..Nturnos): Exame[i,4] * x[i,j] = Turno[j,1]* x[i,j];
60
```

Figura 15 - Modelo efetivo sem restrição de exames

Após esta alteração, foram corridos novamente os 40 testes semanais, sem conter a restrição de exames por turnos no modelo (Anexo X), para permitir a comparação com os resultados retirados da aplicação do modelo efetivo com restrição. A Tabela 9 mostra os novos resultados obtidos.



Tabela 9 - Número de exames realizados e adiados, no modelo efetivo, com e sem restrição

Modelo Efetivo						
	Total de exames realizados com restrição (R)	Total de exames realizados sem restrição (SR)	Diferença percentual de exames realizados entre com e sem restrição (R-RS)	Total de exames adiados com restrição (R)	Total de exames adiados sem restrição (SR)	Diferença percentual de exames adiados entre com e sem restrição (R-RS)
Semana1	222	241	-4,10%	28	9	51,35%
Semana2	222	235	-2,84%	28	15	30,23%
Semana3	222	240	-3,90%	28	10	47,37%
Semana4	212	226	-3,20%	38	24	22,58%
Semana5	222	236	-3,06%	28	14	33,33%
Semana6	222	239	-3,69%	28	11	43,59%
Semana7	222	239	-3,69%	28	11	43,59%
Semana8	212	226	-3,20%	38	24	22,58%
Semana9	222	238	-3,48%	28	12	40,00%
Semana10	222	235	-2,84%	28	15	30,23%
Semana11	222	237	-3,27%	28	13	36,59%
Semana12	212	227	-3,42%	38	23	24,59%
Semana13	222	237	-3,27%	28	13	36,59%
Semana14	222	242	-4,31%	28	8	55,56%
Semana15	222	238	-3,48%	28	12	40,00%
Semana16	212	225	-2,97%	38	25	20,63%
Semana17	222	240	-3,90%	28	10	47,37%
Semana18	222	238	-3,48%	28	12	40,00%
Semana19	222	238	-3,48%	28	12	40,00%
Semana20	212	224	-2,75%	38	26	18,75%
Semana21	222	240	-3,90%	28	10	47,37%
Semana22	222	239	-3,69%	28	11	43,59%
Semana23	222	241	-4,10%	28	9	51,35%
Semana24	212	225	-2,97%	38	25	20,63%
Semana25	222	240	-3,90%	28	10	47,37%
Semana26	222	238	-3,48%	28	12	40,00%
Semana27	222	238	-3,48%	28	12	40,00%
Semana28	212	227	-3,42%	38	23	24,59%
Semana29	222	238	-3,48%	28	12	40,00%
Semana30	222	236	-3,06%	28	14	33,33%
Semana31	222	238	-3,48%	28	12	40,00%
Semana32	212	226	-3,20%	38	24	22,58%
Semana33	222	238	-3,48%	28	12	40,00%
Semana34	222	238	-3,48%	28	12	40,00%
Semana35	222	240	-3,90%	28	10	47,37%
Semana36	212	224	-2,75%	38	26	18,75%
Semana37	222	239	-3,69%	28	11	43,59%
Semana38	222	238	-3,48%	28	12	40,00%
Semana39	222	238	-3,48%	28	12	40,00%
Semana40	212	230	-4,07%	38	20	31,03%

Como é possível verificar pela Tabela 9, o modelo que utiliza restrição realizou, em todas as semanas, menos exames que o modelo sem a restrição, com uma média aproximada de -3,5% exames por semana. Deste modo, é possível verificar que foram adiados muitos menos exames no modelo sem restrição de exames por turnos, com uma média aproximada de menos 37% exames que o modelo que utiliza a restrição.

Como seria de esperar, os minutos não utilizados no modelo com restrição são superiores, uma vez que não fizeram o aproveitamento total dos minutos disponíveis por turno. Os resultados podem ser verificados na Tabela 10.



Tabela 10 - Minutos não usados, no modelo efetivo, com e sem restrição

	Modelo Efetivo			
	Total minutos não utilizados com restrição (R)	Total minutos não utilizados sem restrição (SR)	Diferença de minutos não utilizados entre Restrição e Sem Restrição (R - SR)	Valor percentual de (R-SR)
Semana1	2099	1623	476	12,79%
Semana2	1900	1619	281	7,99%
Semana3	2136	1810	326	8,26%
Semana4	2345	2245	100	2,18%
Semana5	2002	1734	268	7,17%
Semana6	1553	1293	260	9,14%
Semana7	2074	1693	381	10,11%
Semana8	2381	2188	193	4,22%
Semana9	2086	1760	326	8,48%
Semana10	1754	1426	328	10,31%
Semana11	1783	1432	351	10,92%
Semana12	2633	2425	208	4,11%
Semana13	2036	1765	271	7,13%
Semana14	2192	1728	464	11,84%
Semana15	2074	1821	253	6,50%
Semana16	2617	2469	148	2,91%
Semana17	2163	1730	433	11,12%
Semana18	2010	1619	391	10,77%
Semana19	1845	1446	399	12,12%
Semana20	2583	2516	67	1,31%
Semana21	1699	1359	340	11,12%
Semana22	1868	1507	361	10,70%
Semana23	2218	1803	415	10,32%
Semana24	2631	2482	149	2,91%
Semana25	1856	1545	311	9,14%
Semana26	1973	1632	341	9,46%
Semana27	2174	1802	372	9,36%
Semana28	2632	2410	222	4,40%
Semana29	1833	1559	274	8,08%
Semana30	1998	1752	246	6,56%
Semana31	1895	1598	297	8,50%
Semana32	2440	2288	152	3,21%
Semana33	1934	1644	290	8,11%
Semana34	1990	1678	312	8,51%
Semana35	2097	1726	371	9,70%
Semana36	2708	2528	180	3,44%
Semana37	1921	1526	395	11,46%
Semana38	2033	1737	296	7,85%
Semana39	2121	1883	238	5,94%
Semana40	2491	2217	274	5,82%

Com estes resultados, é perceptível que o uso da restrição de exames por turno, prejudica o nível de serviço do HB. Assim, as marcações deveriam ser feitas conforme o tempo disponível por turno, de forma a realizar mais exames por semana.



De forma de perceber se, mesmo que o Hospital mantenha o modelo nominal, seria benéfico retirar apenas a restrição de exames por turno, também se correu um novo modelo nominal sem a restrição de exames, como mostra a Figura 16.

```
RM_02_plan_FIFO - SEM RESTRIÇÃO.mod*
50
51
52
53 # minimizar atrasos de dias e penalizar 50 exames não realizados
54 minimize TempoTotalAcesso: sum(i in 1..Nexames) Exame[i,3] * L[i] + 50*sum(i in 1..Nexames, j in Nturnos-1..Nturnos)x[i,j] + 0.01*sum(i in 1..Nexames)Y[i];# + 0.01*sum(j in 1..Nturnos)xt_ini[j];
55
56 subject to empacotar_exames(i in 1..Nexames): sum(j in 1..Nturnos) x[i,j]=1;
57
58 #restricao medir desvio de datas
59 subject to Latness_exames(i in 1..Nexames): sum(j in 1..Nturnos-2) (Turno[j,2]-Exame[i,5]) * x[i,j]<=L[i];
60
61 s.t. FIFO_1(i in 1..Nexames-1, j in 1..Nturnos-2)Exame[i,4]=Exame[i+1,4]:sum(k in 1..j)x[i,k]>=sum(k in 1..j)x[i+1,k];
62
63
64
65 #definir tempo inicioExame (minutos)
66 s.t. Tempo_Ini_Exa(i in 2..Nexames, j in 1..Nturnos-2):xt_ini[i]>=sum(k in 1..i-1)Exame[k,2]*x[k,j];
67
68 s.t. TempoDesperdi(i in 2..Nexames):xt_dperdido[i]>=xt_ini[i]-360;
69
70 #s.t. Tempo_Ini_ob(j in 2..Nexames):xt_ini[j]<=340;
71 s.t. Tempo_Ini_ob(i in 2..Nexames):xt_ini[i]-360<=-99999*Y[i];
72
73
74 #Limite o maximo de exames em cada turno sem ultrapassar o limite das seis horas(tempo nominal)
75 subject to max_larg1(j in 1..Nturnos): sum (i in 1..Nexames) Exame[i,1] * x[i,j] <= Turno[j,3];
76
77
78 #Limite o numero maximo de exames em cada turno ao limite definido
79 #subject to max_larg2(j in 1..Nturnos): sum (i in 1..Nexames) x[i,j] <= Turno[j,4];
80
81
82 #garante que o tipo de exame e colocado numa slot dedicada ao tipo de exame
83 subject to exame_slot(i in 1..Nexames, j in 1..Nturnos): Exame[i,4] * x[i,j] = Turno[j,1] * x[i,j];
84
```

Figura 16 - Modelo nominal sem restrição de exames

Com este modelo, verifica-se que, mesmo com o agendamento nominal, os resultados melhoram e mais exames são realizados sem a restrição de exames por turno (Anexo XI). A Tabela 11 reflete essa comparação.



Tabela 11 - Número de exames realizados e adiados, no modelo nominal, com e sem restrição

	Modelo Nominal					Diferença percentual de exames adiados entre com e sem restrição (R-RS)
	Total de exames realizados com restrição (R)	Total de exames realizados sem restrição (SR)	Diferença percentual de exames realizados entre com e sem restrição (R-RS)	Total de exames adiados com restrição (R)	Total de exames adiados sem restrição (R)	
Semana1	222	227	-1,11%	28	23	9,80%
Semana2	222	227	-1,11%	28	23	9,80%
Semana3	222	227	-1,11%	28	23	9,80%
Semana4	212	213	-0,24%	38	37	1,33%
Semana5	222	227	-1,11%	28	23	9,80%
Semana6	222	227	-1,11%	28	23	9,80%
Semana7	222	227	-1,11%	28	23	9,80%
Semana8	212	215	-0,70%	38	35	4,11%
Semana9	222	227	-1,11%	28	23	9,80%
Semana10	222	227	-1,11%	28	23	9,80%
Semana11	222	227	-1,11%	28	23	9,80%
Semana12	212	215	-0,70%	38	35	4,11%
Semana13	222	227	-1,11%	28	23	9,80%
Semana14	222	227	-1,11%	28	23	9,80%
Semana15	222	227	-1,11%	28	23	9,80%
Semana16	212	213	-0,24%	38	37	1,33%
Semana17	222	227	-1,11%	28	23	9,80%
Semana18	222	227	-1,11%	28	23	9,80%
Semana19	222	227	-1,11%	28	23	9,80%
Semana20	212	215	-0,70%	38	35	4,11%
Semana21	222	227	-1,11%	28	23	9,80%
Semana22	222	227	-1,11%	28	23	9,80%
Semana23	222	227	-1,11%	28	23	9,80%
Semana24	212	214	-0,47%	38	36	2,70%
Semana25	222	227	-1,11%	28	23	9,80%
Semana26	222	227	-1,11%	28	23	9,80%
Semana27	222	227	-1,11%	28	23	9,80%
Semana28	212	215	-0,70%	38	35	4,11%
Semana29	222	227	-1,11%	28	23	9,80%
Semana30	222	227	-1,11%	28	23	9,80%
Semana31	222	227	-1,11%	28	23	9,80%
Semana32	212	215	-0,70%	38	35	4,11%
Semana33	222	227	-1,11%	28	23	9,80%
Semana34	222	227	-1,11%	28	23	9,80%
Semana35	222	227	-1,11%	28	23	9,80%
Semana36	212	213	-0,24%	38	37	1,33%
Semana37	222	227	-1,11%	28	23	9,80%
Semana38	222	227	-1,11%	28	23	9,80%
Semana39	222	227	-1,11%	28	23	9,80%
Semana40	212	215	-0,70%	38	35	4,11%

Mesmo obtendo uma diferença mais pequena que a apresentada na utilização do modelo efetivo, continua a ser evidente que o modelo que utiliza a restrição de exames por turno realiza menos exames que o modelo nominal com essa restrição. Apesar de percentualmente o valor ser de aproximadamente 1% de variação, isto significa cerca de 5 exames por semana que seriam realizados, resultando em cerca de 20 mensalmente, o que mostra uma diferença significativa.



Tabela 12 - Minutos não usados, no modelo nominal, com e sem restrição

	Modelo Nominal			
	Total minutos não utilizados com restrição (R)	Total minutos não utilizados sem restrição (SR)	Diferença de minutos não utilizados entre Restrição e Sem Restrição	Valor percentual de (R-SR)
Semana1	1899	1814	85	2,29%
Semana2	1812	1689	123	3,51%
Semana3	2117	2004	113	2,74%
Semana4	2259	2241	18	0,40%
Semana5	1920	1828	92	2,45%
Semana6	1497	1423	74	2,53%
Semana7	1989	1841	148	3,86%
Semana8	2250	2190	60	1,35%
Semana9	1981	1870	111	2,88%
Semana10	1563	1474	89	2,93%
Semana11	1657	1514	143	4,51%
Semana12	2488	2428	60	1,22%
Semana13	1955	1870	85	2,22%
Semana14	2051	1910	141	3,56%
Semana15	2010	1910	100	2,55%
Semana16	2492	2521	-29	-0,58%
Semana17	2046	1945	101	2,53%
Semana18	1886	1743	143	3,94%
Semana19	1697	1532	165	5,11%
Semana20	2559	2503	56	1,11%
Semana21	1622	1466	156	5,05%
Semana22	1684	1613	71	2,15%
Semana23	2055	1949	106	2,65%
Semana24	2520	2454	66	1,33%
Semana25	1816	1634	182	5,28%
Semana26	1838	1703	135	3,81%
Semana27	2012	1998	14	0,35%
Semana28	2483	2419	64	1,31%
Semana29	1726	1636	90	2,68%
Semana30	1964	1774	190	5,08%
Semana31	1731	1682	49	1,44%
Semana32	2420	2315	105	2,22%
Semana33	1895	1687	208	5,81%
Semana34	1862	1846	16	0,43%
Semana35	1993	1832	161	4,21%
Semana36	2551	2531	20	0,39%
Semana37	1815	1601	214	6,26%
Semana38	1961	1830	131	3,46%
Semana39	2084	1973	111	2,74%
Semana40	2469	2307	162	3,39%



Relativamente aos minutos não utilizados no modelo nominal (Tabela 12), apenas num teste (semana 16) os minutos foram melhor aproveitados no modelo com restrição. Esta situação prende-se devido à diferença pequena de número de exames realizados e adiados. Sendo este um caso pontual, nos 40 testes, conclui-se que a utilização da restrição de exames por turno, impede a rentabilização dos tempos disponíveis por cada turno.

8.5 Modelo atual vs Modelo proposto

De forma a comprovar a eficiência do novo modelo proposto, que utiliza tempos efetivos e não contem a restrição de exames, foi feito um estudo de quantos minutos foram realizados, com a utilização das mesmas instâncias.



Tabela 13 - Total de minutos realizados entre modelo atual e modelo proposto

	Total de minutos realizados com modelo atual (MA)	Total de minutos realizados com modelo proposto (MP)	Diferença de minutos realizados entre modelo atual e proposto (MA - MP)	Diferença percentual de minutos realizados entre modelo atual e proposto (MA - MP)
Semana1	6741	7017	-276	-2,01%
Semana2	6828	7021	-193	-1,39%
Semana3	6523	6830	-307	-2,30%
Semana4	6381	6395	-14	-0,11%
Semana5	6720	6906	-186	-1,37%
Semana6	7134	7347	-213	-1,47%
Semana7	6651	6947	-296	-2,18%
Semana8	6390	6452	-62	-0,48%
Semana9	6659	6880	-221	-1,63%
Semana10	7077	7214	-137	-0,96%
Semana11	6983	7208	-225	-1,59%
Semana12	6152	6215	-63	-0,51%
Semana13	6685	6875	-190	-1,40%
Semana14	6589	6912	-323	-2,39%
Semana15	6630	6819	-189	-1,41%
Semana16	6148	6171	-23	-0,19%
Semana17	6594	6910	-316	-2,34%
Semana18	6754	7021	-267	-1,94%
Semana19	6943	7194	-251	-1,78%
Semana20	6081	6124	-43	-0,35%
Semana21	7081	7281	-200	-1,39%
Semana22	6956	7133	-177	-1,26%
Semana23	6585	6837	-252	-1,88%
Semana24	6120	6158	-38	-0,31%
Semana25	6824	7095	-271	-1,95%
Semana26	6802	7008	-206	-1,49%
Semana27	6628	6838	-210	-1,56%
Semana28	6157	6230	-73	-0,59%
Semana29	6914	7081	-167	-1,19%
Semana30	6676	6888	-212	-1,56%
Semana31	6909	7042	-133	-0,95%
Semana32	6220	6351	-131	-1,04%
Semana33	6745	6996	-251	-1,83%
Semana34	6778	6962	-184	-1,34%
Semana35	6647	6914	-267	-1,97%
Semana36	6089	6112	-23	-0,19%
Semana37	6825	7114	-289	-2,07%
Semana38	6679	6903	-224	-1,65%
Semana39	6556	6757	-201	-1,51%
Semana40	6171	6423	-252	-2,00%



A Tabela 13 comprova a eficiência do modelo efetivo sem restrição de exames, uma vez que este conseguiu realizar mais minutos do que o modelo nominal, em todas as semanas, com uma média superior de mais 189 minutos.

8.6 Gurobi vs CPLEX

Adicionalmente, os exames semanais foram corridos quer no *solver* Gurobi, quer no *solver* CPLEX. Uma vez que ambos os *solvers* obtiveram a solução ótima, foi realizada uma análise dos tempos que cada um demorou para a obter. A Tabela 14 mostra a comparação entre as percentagens de eficiência nos tempos para a obtenção da solução ótima, quer para o modelo nominal, quer para o modelo efetivo, no Gurobi e no CPLEX, no estudo das 40 instâncias semanais. A tabela extensiva com a comparação dos tempos encontra-se no Anexo XII.

Tabela 14 - Comparação de tempos entre o solver Gurobi e o solver CPLEX

Efetivo	Nominal
Percentagem de testes que demoraram menos tempo no Gurobi 15,00%	Percentagem de testes que demoraram menos tempo no Gurobi 72,50%
Percentagem de testes que demoraram menos tempo no CPLEX 57,50%	Percentagem de testes que demoraram menos tempo no CPLEX 20,00%
Percentagem de testes que demoraram o mesmo tempo no Gurobi e no CPLEX 27,50%	Percentagem de testes que demoraram o mesmo tempo no Gurobi e no CPLEX 7,50%

A Tabela 14 apresenta as percentagens de rapidez dos *solvers* e a percentagem de testes em que demoraram o mesmo tempo a obter a solução. Pelo que é possível analisar, o CPLEX apresentou maior rapidez na obtenção dos tempos efetivos, enquanto o Gurobi obteve os resultados de forma mais rápida na utilização do modelo nominal. Contudo, é possível verificar que em 27,5% dos testes, no modelo efetivo, ambos tiveram a mesmo tempo de resposta na obtenção dos resultados. Fazendo uma análise geral da rapidez na obtenção da solução ótima, é possível verificar que o *solver* Gurobi é mais eficiente que o *solver* CPLEX.



9. CONCLUSÕES

Com o estado atual da economia portuguesa, tem-se agravado a situação do SNS face à capacidade de resposta para os níveis de utilização exigidos. Os tempos de espera das consultas externas, dos atos cirúrgicos, dos atos de diagnóstico, tal como noutras áreas, tem aumentado. Esta situação deve-se à estagnação no recrutamento de mais trabalhadores e no investimento nas atuais e possíveis novas infraestruturas do Sistema Nacional de Saúde. Além disto, o facto de o índice de envelhecimento ser cada vez maior, significa que existem cada vez mais utentes com mais necessidades de serviços de saúde. Uma vez que, o serviço de Imagiologia é crucial para o diagnóstico atempado dos pacientes, é necessário tentar reverter esta situação, utilizando o menor investimento financeiro possível.

Atualmente, tem sido mais recorrente a requisição de exames de Ressonância Magnética, por serem exames que utilizam menos radiações potencialmente perigosas e permitem uma visualização mais eficaz das partes anatómicas do corpo humano. Isto significa que o número de RM requisitadas tem aumentado, de forma considerável, nos últimos anos, sendo que, no ano 2000, se realizavam 4.2 exames por cada 1000 utentes e, em 2016, os dados indicam que para a mesma quantidade de utentes se realizavam 38.8 exames. O tempo de espera para a realização de RM, pode ascender aos 16 meses, colocando em risco o bem-estar dos pacientes.

A presente dissertação de mestrado tem como objetivo principal rentabilizar as máquinas de Ressonância Magnética ao máximo possível, dentro das possibilidades económicas do Hospital de Braga. Para tal, foram encontradas diversas soluções que, ao ser aplicadas no sistema de agendamento do HB, podem melhorar a sua capacidade de resposta aos pedidos de exames de RM e, conseqüentemente, diminuir a lista de espera que possui. Sendo que o Hospital de Braga serve uma população de 1.2 milhões de utentes, dos distritos de Braga e Viana do Castelo, este consegue efetuar, anualmente, cerca de 12000 exames de RM por ano. Mas, como o número de utentes é tão elevado, a sua lista de espera ronda os 9000 exames, com tempos de espera que podem superar os 12 meses.

Em primeiro lugar, é importante salientar que, apesar das sugestões poderem ser aplicadas isoladamente, seria ideal implementá-las de forma conjunta, para garantir uma melhor solução ao problema. É importante referir que todas as soluções parecem ir de encontro às necessidades do HB e que, apesar de o nível de serviço do hospital, atualmente, ser satisfatório, estas podem incrementar o mesmo.

O Hospital de Braga funciona, atualmente, com agendamentos de Ressonâncias Magnéticas de 30 minutos por exame, excetuando um turno em que são marcados exames de 60 minutos para utentes



que necessitem de anestesia. Com isto, o Hospital apresenta 282 *slots* disponíveis de marcação, por semana, sendo que, por mês, 3 dessas semanas utilizam o fim de semana para exames de Neurorradiologia e 1 semana para Radiologia. Esta divisão ocorre porque 2/3 dos pedidos de exames são da área de Neurorradiologia e, por isso, necessitam de mais tempo de uso de máquinas para conseguir dar resposta a esses mesmo pedidos.

Para a ordenação dos agendamentos, são utilizados três níveis de urgência, sendo que o nível 1 se refere aos exames mais urgentes e o nível 3 aos exames menos urgentes (normalmente atribuído a exames de rotina). Por outro lado, uma vez que, são necessárias antenas para a captação das imagens necessárias, durante o exame, o hospital tem a preocupação de aglomerar os exames que são efetuados à mesma região anatómica, de forma a não desperdiçar 2 minutos em cada troca de antena.

Relativamente aos problemas encontrados durante a investigação para a execução do presente documento, distingue-se as falhas ocorridas pelo atual sistema de requisição de RM, a falta de dados informatizados, as falhas nas marcações e quando estas são causadas por faltas injustificadas dos pacientes e a utilização de *slots* nominais de 30 minutos.

No que concerne ao atual sistema de requisições de exames de Ressonância Magnética, estas são efetuadas pelo médico especialista, aquando da consulta com o utente. O médico requer o exame do paciente, no sistema, e essa requisição, por sua vez, chega à ala de Imagiologia, onde é vista por um médico da área e lhe é atribuída um nível de urgência. Após este passo, a requisição é colocada na lista de espera até ao contacto com o paciente para a marcação do exame. No dia do exame, o utente é chamado para a ala de Imagiologia, onde tem que preencher um formulário a indicar o seu estado de saúde e possíveis impedimentos para a realização da RM. Esta situação leva a que só no dia da realização do exame, se saiba se o utente pode ou não realizar a RM, e consequentemente, pode levar a uma desmarcação e a uma *slot* de agendamento inutilizada.

Para eliminar possíveis desmarcações aquando da realização do exame, por razões que poderiam ter sido indicadas anteriormente, seria benéfica a criação de uma pré-triagem médica aquando da altura da requisição do exame pelo médico especialista. Esta pré-triagem serviria para o médico especialista questionar o seu paciente acerca da sua perceção da RM e de possíveis condicionantes que o impeçam de realizar o exame. Assim, e só com as respostas inseridas no sistema que confirmassem a aptidão do utente ao exame, seria permitido fazer a requisição da RM e evitar desperdícios de *slots*. Além disto, ajudaria a ala de Imagiologia a perceber com que tipo de utente está a lidar (por exemplo, se tem dificuldades de locomoção), de forma a já estar preparada para lhe dar o melhor nível de serviço, sem provocar atrasos inesperados.



Relativamente à informatização de dados, presentemente, todos esses dados sobre as RM estão em formato papel, guardadas em pastas de arquivos, o que torna o seu acesso difícil para consulta. Isto implica que não se consiga aceder facilmente às requisições em lista de espera, nem aos dados dos utentes. Pelo mesmo motivo, não existem quaisquer dados históricos sobre o funcionamento das RM, o que impede que haja estatísticas para perceber o atual nível de serviço da ala de Imagiologia. Com isto, seria um passo crucial informatizar todos os dados que se encontram em papel e começar a tratar de todos os registos informaticamente, de forma a que se consiga perceber, de forma constante, o estado real do HB e retirar dados estatísticos para investigar possíveis melhorias no serviço.

Quanto às falhas nas marcações, chegou-se à conclusão que em nenhuma semana as 282 *slots* disponíveis eram utilizadas a 100%, tendo uma média semanal de utilização de 88,69%. Isto significa que são realizadas uma média de 250 exames semanais, menos 32 do que o possível. Estas falhas ocorrem por diversas razões, desde avarias nas máquinas, a atrasos na realização, até à falta dos utentes sem aviso prévio. Esta última é a causa principal do não aproveitamento das *slots* utilizadas, uma vez que de todos os exames que não se chegam a realizar, se devem, em 56% das vezes, à falta dos utentes. Desta forma, seria crucial evitar faltas injustificadas dos pacientes, ao criar sanções para quem o faça, como já acontece no meio judicial. Isto impediria que os utentes faltassem sem desmarcação atempada ou sem justificação, em caso de não desmarcarem por motivos de força maior. Ainda sobre este ponto, é possível criar-se duas novas estratégias de utilização do sistema de marcações. A primeira seria utilizar o *overbooking*. Esta estratégia já é bastante utilizada nos meios de transporte aéreos e hotéis, mas também já começa a ser utilizada nos serviços de saúde, de forma a evitar desperdícios no serviço. Ao colocar pacientes a mais para uma determinada vaga e/ou turno, fará com que, caso um dos utentes falte, não se deixe de realizar a RM. Apesar de ser uma estratégia que pode beneficiar o hospital, por outro lado, também pode trazer algumas consequências negativas, como a não realização do exame a um dos pacientes, caso todos os pacientes marcados para esse turno apareçam. A segunda estratégia recai sobre a alteração do tipo de agendamento atual (agendamento fixo) para o agendamento de marcações abertas. Este novo agendamento permitiria a marcação de vários utentes para um certo intervalo de horas, o que diminuiria possíveis atrasos no começo das RM. Ao diminuir os atrasos e, possivelmente, aumentando o tempo de sobra no final do turno, possibilitaria a marcação de mais pacientes e, assim, a realização de mais RM por dia.

No que diz respeito à utilização de *slots* fixas de marcação de 30 minutos por exame, estas não permitem rentabilizar, ao máximo, as 12 horas disponíveis, por dia, para a realização de exames. Esta situação acontece porque a maioria dos exames (61,55%) apresenta tempos iguais ou inferiores a 30



minutos. Uma vez que existem protocolos de retiradas de imagem para cada tipo de exame em específico, é conclusivo que cada um desses tipos de exame demorem o mesmo tempo a ser efetuados. Assim, seria importante a utilização de valores efetivos de duração, de forma a permitir a realização de mais exames por dia. Por exemplo, existem exames em que o tempo de duração é de 15 minutos, o que significaria que, em vez de ser apenas realizado um exame na *slot* fixa de 30 minutos, seria possível realizar dois. De forma a perceber a eficácia da aplicação de um modelo com tempos efetivos, em vez do atual modelo nominal utilizado, foram feitos estudos em AMPL que permitiram a comparação entre os modelos.

Numa primeira fase estudaram-se o modelo nominal e o modelo efetivo, tendo em consideração a restrição que não permite fazer mais exames por turno do que aqueles que o HB tem atualmente estabelecidos. Em cada um destes modelos foram corridas as mesmas 40 instâncias criadas, sendo cada uma dessas instâncias referentes a uma semana no mês. Com este estudo foi possível perceber que, apesar de se realizarem o mesmo número de exames e de se obterem o mesmo número de exames adiados – consequente da restrição –, o modelo efetivo consegue realizar os exames mais rapidamente, o que permite ter mais minutos não utilizados por semana, que facilmente poderiam ser substituídos por mais marcações.

Numa segunda fase, foram comparados ambos os modelos com o seu equivalente, mas que não continha a restrição de exames. Com os resultados obtidos foi perceptível que o modelo que não utiliza a restrição, obtém melhores resultados que o modelo que o faz. No caso do modelo efetivo, o modelo que não utilizava a restrição tinha em média menos 37% de exames adiados do que o modelo que utilizava. Isto significava que, por semana, conseguia realizar mais 3,5% dos exames, ou seja, aproximadamente 16 exames.

Por fim, numa terceira fase, foi comparado o modelo atual utilizado pelo HB e o modelo novo proposto. Estando frente a frente, respetivamente, o modelo nominal com restrição de exames e o modelo efetivo sem essa restrição, concluiu-se que, em média, o modelo proposto consegue realizar mais 189 minutos de exame que o modelo atual, no HB. Assim, comprova-se a necessidade de alteração do tipo de modelo utilizado, melhorando o nível de serviço e ajudando a rentabilizar, ainda mais, as máquinas de RM.

Adicionalmente, foram comparados os *solvers* Gurobi e CPLEX. Através desta comparação foi notório que o *solver* Gurobi é mais eficiente do que o *solver* CPLEX, por conseguir obter soluções ótimas com maior rapidez.



Ainda, outra questão que é importante ter em consideração, é sobre a perceção dos utentes relativamente ao exame de Ressonância Magnética, uma vez que, em relação à amostra do questionário (relativa à população que mencionou já ter realizado uma RM), os pacientes revelaram sentirem-se nervosos e incomodados com o barulho do equipamento que realiza os exames. Como medida tendente a minorar estes efeitos seria oportuno inserir música durante o exame para que estes pudessem relaxar e diminuir o seu nível de *stress* durante o mesmo, sendo esta uma condição imprescindível para obtenção das imagens de RM, pois o paciente tem que permanecer imóvel durante todo o período do exame.



REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Ahmad, M. (2017). Role of Operations Research in Public Healthcare System, *13*(3), 29–34. <https://doi.org/10.9790/5728-1303042934>.
- Ahmadi-Javid, A., Jalali, Z., & Klassen, K. J. (2017). Outpatient appointment systems in healthcare: A review of optimization studies. *European Journal of Operational Research*, *258*(1), 3–34. <https://doi.org/10.1016/j.ejor.2016.06.064>.
- Blake, J. T., Dexter, F., & Donald, J. (2002). Operating Room Managers' Use of Integer Programming for Assigning Block Time to Surgical Groups: A Case Study. *Anesthesia & Analgesia*, *94*(1), 143–148. <https://doi.org/10.1213/00000539-200201000-00027>.
- Bonewit-West, K., Edith, A., & Hunt, S. (2012). Scheduling Appointments, 956–977.
- Brailsford, S., & Vissers, J. (2011). OR in healthcare: A European perspective. *European Journal of Operational Research*, *212*(2), 223–234. <https://doi.org/10.1016/j.ejor.2010.10.026>.
- Deloitte. (2011). Saúde em análise: Uma visão para o futuro (PDF Online). *Public Sector, Life Sciences & Healthcare*.
- Diário de Notícias (2016). Doentes esperam 16 meses para fazer uma ressonância no SNS (Online). Acedido a 22 de setembro de 2018 em: <https://www.dn.pt/portugal/interior/doentes-esperam-16-meses-para-fazer-uma-ressonancia-no-sns-5472032.html>.
- Diário de Notícias (2018). Os melhores hospitais do país? São três PPP (Online). Acedido a 5 de Janeiro de 2019 em: <https://www.dn.pt/pais/interior/os-melhores-hospitais-do-pais-sao-tres-ppp-10112287.html>.
- Diário de Notícias (2018a). Três anos de espera para consulta que devia ser feita em dois meses (Online). Acedido a 22 de Setembro de 2018 em: <https://www.dn.pt/portugal/interior/tres-anos-de-espera-para-consulta-que-devia-ser-feita-em-dois-meses-9246441.html>.
- Expresso (2016). Portugal soma mais de 32 mil infeções por bactérias resistentes (Online). Acedido a 22 de agosto de 2018: <https://expresso.sapo.pt/sociedade/2016-11-18-Portugal-soma-mais-de-32-mil-infecoes-por-bacterias-resistentes#gs.lfZEhKOS>.
- Faculdade de Medicina da Universidade de Coimbra. (n.d.). Formulário de Segurança (PDF Online). Acedido a 13 de Janeiro de 2019 em: https://estudogeral.uc.pt/bitstream/10316/18813/3/ANEXO_1_Formulario_de_Seguranca_IBILI.pdf.



- Fourer, R., Gay, D. M., & Kernighan, B. W. (2003). AMPL: A Modeling Language for Mathematical Programming. *Management Science*, (2). <https://doi.org/10.1287/mnsc.36.5.519>.
- Gullhav, A. N., Christiansen, M., Nygreen, B., Aarlott, M. M., Medhus, J. E., Skomsvoll, J. F., & Østbyhaug, P. O. (2017). Block scheduling at magnetic resonance imaging labs. *Operations Research for Health Care*. <https://doi.org/10.1016/j.orhc.2017.08.001>.
- H. C. P. Ltd (2018). *Euro Health Consumer Index (PDF Online)*.
- Hospital Cruz Vermelha. (2019). Neurorradiologia (Online). Acedido a 25 de junho de 2018 em: <http://www.hospitalcruzvermelha.pt/especialidades-medicas/neurorradiologia>.
- Hospital de Braga. (2016). Plano Estratégico 2016_2018 (PDF Online).
- Imagens Médicas Integradas. (2019). O que é o contraste endovenoso e quando é utilizado (Online). Acedido a 4 de setembro de 2018 em: <http://www.imi.pt/pt/content/17-servios/86-o-que>.
- INE. (2017a). Índice de envelhecimento (projeções 2015-2080 - N.º) por Local de residência (Online). Acedido a 4 de Janeiro de 2019 em: https://www.ine.pt/xportal/xmain?xpid=INE&xpgid=ine_indicadores&indOcorrCod=0009095&contexto=bd&selTab=tab2.
- INE. (2017b). Médicas/os especialistas (N.º) por Local de residência (Online). Acedido a 27 de Setembro de 2018 em: https://www.ine.pt/xportal/xmain?xpid=INE&xpgid=ine_indicadores&indOcorrCod=0008465&contexto=bd&selTab=tab2.
- INE. (2018). Índice de envelhecimento (N.º) por Local de residência (Online). Acedido a 10 de Outubro de 2018 em: https://www.ine.pt/xportal/xmain?xpid=INE&xpgid=ine_indicadores&indOcorrCod=0008258&contexto=bd&selTab=tab2.
- Instituto Nacional de Estatística (2003). *Estatísticas da Saúde 2001 (PDF Online)*
- Instituto Nacional de Estatística (2014). *Estatísticas da Saúde 2012 (PDF Online)*.
- Instituto Nacional de Estatística (2018). *Estatísticas da Saúde 2016 (PDF Online)*.
- Joustra, P. E. (2011). Reducing MRI access times by tackling the appointment-scheduling strategy. *BMJ Quality and Safety*, 20(12), 1075–1080. <https://doi.org/10.1136/bmjqs.2010.049643>.
- Klietsch, N. (2016). Why do airlines sell too many tickets? (Online). Acedido a 8 de Novembro de 2018 em: <https://www.youtube.com/watch?v=ZFNstNKgEDI&feature=youtu.be>.
- Lamiri, M., Xie, X., Dolgui, A., & Grimaud, F. (2008). A stochastic model for operating room planning with elective and emergency demand for surgery, *185*, 1026–1037.



<https://doi.org/10.1016/j.ejor.2006.02.057>.

Mazzola, A. A. (2009). Ressonância magnética : princípios de formação da imagem e aplicações em imagem funcional Magnetic resonance : principles of image formation and applications in funcional imaging. *Revista Brasileira de Física Médica*, 3(1), 117–129.

Ministério da Saúde. (2018). *Retrato da Saúde* (PDF Online). Lisboa.

Ministério Público - Procuradoria Geral Distrital Porto. (n.d.). Criminal (Online). Acedido a 5 de Setembro de 2018 em: <https://www.pgdporto.pt/procweb/faq.jsf?faqId=970&ctxId=85&show=5&offset=20&subCtx=93>.

Monks, T. (2016). Operational research as implementation science : definitions , challenges and research priorities. *Implementation Science*, 1–10. <https://doi.org/10.1186/s13012-016-0444-0>.

Noyes, J., & Weisstein, E. W. (n.d.). Linear Programming (Online). Acedido a 12 de Janeiro de 2019 em: <http://mathworld.wolfram.com/LinearProgramming.html>.

O'Brien, R. (2001). Um exame da abordagem metodológica da pesquisa ação [An Overview of the Methodological Approach of Action Research]. In Roberto Richardson (Ed.), *Teoria e Prática da Pesquisa Ação [Theory and Practice of Action Research]*. João Pessoa, Brazil: Universidade Federal da Paraíba. (English version) (Online). Acedido em 29 de Novembro de 2018 em: <http://www.web.ca/~robrien/papers/arfinal.html>.

OECD. (2018). Magnetic resonance imaging (MRI) exams (indicator) (Online). Acedido a 10 de Setembro de 2018 em: <https://doi.org/10.1787/1d89353f-en>.

PORDATA. (2015). Esperança de vida à nascença: total e por sexo (Online). Acedido a 4 de Janeiro de 2019 em: <https://www.pordata.pt/Europa/Esperança+de+vida+à+nascença+total+e+por+sexo-1260-209738>.

Radiologia de Albufeira. (n.d.). O que é a Ressonância Magnética? (Online). Acedido em 26 de Junho de 2018 em: <http://www.radiologiadealbufeira.pt/ressonancia-magnetica.html>.

Rais, A., & Viana, A. (2011). Operations research in healthcare: A survey. *International Transactions in Operational Research*, 18(1), 1–31. <https://doi.org/10.1111/j.1475-3995.2010.00767.x>.

Raposo, J. S., Silvestre, M. E., & Abecasis, F. (n.d.). Sociedade Portuguesa de Radiologia e Medicina Nuclear (Online). Acedido em 23 de agosto de 2018 em: <https://www.sprmn.pt/historia.html>.

SMIC (2019). Ressonância Magnética (Online). Acedido a 26 de junho de 2018: <http://www.smic.pt/exam/exames/ressonancia-magnetica>.



SNS (2018). Guia online do utente (Online). Acedido a 23 de Agosto de 2018 em: http://www.chedv.min-saude.pt/index.php?option=com_content&view=article&id=107:1-servico-nacional-de-saude&catid=39:guia-online-do-utente&Itemid=201.

The European Working group on Operational Research Applied to Health Services. (n.d.). About ORAHS (Online). Acedido a 8 de Dezembro de 2018 em: <http://orahs.di.unito.it/about.html>.



ANEXO I – FORMULÁRIO PARA A REALIZAÇÃO DA RESSONÂNCIA MAGNÉTICA

Formulário de Segurança de Imagem por Ressonância Magnética

IBILI, Faculdade de Medicina da Universidade de Coimbra

Projecto nº:
Exame nº:
(preencher pelo serviço)

Apelido: _____ Nome: _____ Altura: _____ cm Peso: _____ kg
Data nascimento: ____ / ____ / ____ Telefone: _____ E-mail: _____
Endereço: _____ Localidade: _____
Código Postal: _____ Concelho: _____
Nome de Contacto de urgência: _____ Telefone: _____
Médico: _____ Endereço: _____ Telefone: _____

1. Alguma vez foi submetida a alguma cirurgia e/ou algum procedimento invasivo? Sim Não (se sim, especifique em baixo)
Tipo: _____ Data: ____ / ____ / ____
Tipo: _____ Data: ____ / ____ / ____
2. Alguma vez realizou algum exame de Imagem por Ressonância Magnética? Sim Não (se sim, especifique em baixo)
Área do corpo: _____ Data: ____ / ____ / ____ Local: _____
Área do corpo: _____ Data: ____ / ____ / ____ Local: _____
3. Trabalhou como maquinista, com metal, ou lida com metal habitualmente? Sim Não
Teve algum ferimento no olho com metal (ex. lascas metálicas ou corpo estranho)? Sim Não
4. Está grávida, poderá estar grávida, ou encontra-se a amamentar? Sim Não
5. Sofre de anemia falciforme ou talassemia? Sim Não
6. Tem pacemaker ou desfibrilhador cardíaco implantado? Sim Não

A Imagem por Ressonância Magnética (IRM) utiliza um campo magnético muito elevado, gradientes de campo magnético rapidamente modificados e utilização de elevadas radiofrequências. Alguns objectos metálicos e electromagnéticos podem interferir com a realização do exame e até serem perigosos. Antes de ser autorizado a entrar, temos de saber se possui algum objecto metálico no seu corpo, aparelho electromagnético ou se se enquadra em algumas das circunstâncias abaixo referidas.

Por favor, responda de forma correcta.

- | | |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <input type="checkbox"/> Sim <input type="checkbox"/> Não Clip de aneurisma ou clip cerebral | <input type="checkbox"/> Sim <input type="checkbox"/> Não Fragmentos metálicos (ex. olho, crânio, corpo) |
| <input type="checkbox"/> Sim <input type="checkbox"/> Não Clamp vascular na artéria carótida | <input type="checkbox"/> Sim <input type="checkbox"/> Não Clip aórtico |
| <input type="checkbox"/> Sim <input type="checkbox"/> Não Neuro-estimulador | <input type="checkbox"/> Sim <input type="checkbox"/> Não Implantes metálicos ou em malha de arame |
| <input type="checkbox"/> Sim <input type="checkbox"/> Não Bomba de insulina ou de infusão | <input type="checkbox"/> Sim <input type="checkbox"/> Não Agrafos cirúrgicos ou suturas |
| <input type="checkbox"/> Sim <input type="checkbox"/> Não Implante coclear, canais auditivos ou implante auditivo | <input type="checkbox"/> Sim <input type="checkbox"/> Não Barras de Harrington (coluna) |
| <input type="checkbox"/> Sim <input type="checkbox"/> Não Próteses (olho/órbita, etc) | <input type="checkbox"/> Sim <input type="checkbox"/> Não Fixador, parafuso ou placa no osso/articulação |
| <input type="checkbox"/> Sim <input type="checkbox"/> Não Implante colocado por íman forte | <input type="checkbox"/> Sim <input type="checkbox"/> Não Peruca (remover antes de entrar) |
| <input type="checkbox"/> Sim <input type="checkbox"/> Não Próteses de válvulas cardíacas | <input type="checkbox"/> Sim <input type="checkbox"/> Não Cabelo postiço |
| <input type="checkbox"/> Sim <input type="checkbox"/> Não Membro ou articulação artificial | <input type="checkbox"/> Sim <input type="checkbox"/> Não Aparelho auditivo (remover antes de entrar) |
| <input type="checkbox"/> Sim <input type="checkbox"/> Não Outros implantes no corpo ou na cabeça | <input type="checkbox"/> Sim <input type="checkbox"/> Não Dentaduras (remover antes de entrar) |
| <input type="checkbox"/> Sim <input type="checkbox"/> Não Eléctrodos (corpo, cabeça ou cérebro) | <input type="checkbox"/> Sim <input type="checkbox"/> Não Implantes dentários |
| <input type="checkbox"/> Sim <input type="checkbox"/> Não Stents intravasculares, filtros ou outros dispositivos semelhantes | <input type="checkbox"/> Sim <input type="checkbox"/> Não Asma ou doenças respiratórias |
| <input type="checkbox"/> Sim <input type="checkbox"/> Não Shunt (Intraventricular ou cerebral) | <input type="checkbox"/> Sim <input type="checkbox"/> Não Tonturas, epilepsia ou descoordenação motora |
| <input type="checkbox"/> Sim <input type="checkbox"/> Não Cateteres ou porta de acesso vascular | <input type="checkbox"/> Sim <input type="checkbox"/> Não Hospitalização por problemas mentais ou neurológicos |
| <input type="checkbox"/> Sim <input type="checkbox"/> Não Dispositivo intra-uterino ou diafragma | <input type="checkbox"/> Sim <input type="checkbox"/> Não Traumatismo craniano |
| <input type="checkbox"/> Sim <input type="checkbox"/> Não Adesivos ou pensos terapêuticos (ex. Nicotina, Controlo Gravidez, dor, etc) | <input type="checkbox"/> Sim <input type="checkbox"/> Não Enxaqueca ou dor de cabeça migratória |
| <input type="checkbox"/> Sim <input type="checkbox"/> Não Estilhaços metálicos ou balas | <input type="checkbox"/> Sim <input type="checkbox"/> Não Ataques de pânico |
| <input type="checkbox"/> Sim <input type="checkbox"/> Não Tatuagens | <input type="checkbox"/> Sim <input type="checkbox"/> Não Enfarte ou acidente vascular cerebral |
| <input type="checkbox"/> Sim <input type="checkbox"/> Não Sombra ocular (remover antes de entrar) | <input type="checkbox"/> Sim <input type="checkbox"/> Não Problemas de saúde ao deitar-se de costas |
| <input type="checkbox"/> Sim <input type="checkbox"/> Não Piercings (remover antes de entrar) | <input type="checkbox"/> Sim <input type="checkbox"/> Não Problema em terminar exame de IRM prévio |
| | <input type="checkbox"/> Sim <input type="checkbox"/> Não Claustrofobia |

Por favor remova todos os objectos metálicos antes de entrar na sala de IRM incluindo: chaves, alfinetes para o cabelo, brincos, relógios, colares, pulseiras, canetas, cintos, botões metálicos, adereços metálicos (ex. broches, pins, etc), clips, moedas, faca de bolso e roupa com metal na sua constituição. É necessária protecção auditiva durante o exame de IRM.

Confirmo que a informação acima está correcta, de acordo com o meu melhor conhecimento. Li e compreendi todas as questões e termos referidos neste formulário. Foi-me concedida a oportunidade de colocar todas as questões que achei necessárias e as minhas dúvidas acerca deste formulário foram todas esclarecidas.

Assinatura: _____ Data: ____ / ____ / ____
Conferido por: _____ Data: ____ / ____ / ____

Fonte: Repositório digital da Universidade de Coimbra
(Faculdade de Medicina da Universidade de Coimbra, n.d.)



ANEXO II – EXEMPLO DE PROTOCOLO UTILIZADO PELOS TÉCNICOS PARA A OBTENÇÃO DAS IMAGENS



PROTOCOLO ESPECÍFICO RESSONÂNCIA MAGNÉTICA NEURORRADIOLOGIA

5.1. PROTOCOLOS PARA EXAMES DE RESSONÂNCIA MAGNÉTICA

NEURORRADIOLOGIA

CRÂNIO

Para todos os exames:

NEX = mínimo 2; com exceção da sequência T2 Flair em que NEX = 3

TR = mínimo 4000 ms

Matriz alta resolução em T2 e T2 Flair

ROTINA

- o T2 sagital 3 mm
- o T2 axial 3 mm
- o T2 Flair axial 3 mm
- o T2 coronal 3 mm
- o Difusão axial 3 mm
- o T1 axial 4 mm

Após gadolínio (se indicado)

- o T1 nos 3 planos ortogonais com 3 mm de espessura

Realizar T2 GRE (T2*) em caso de cefaleia, patologia vascular, trauma ou Pacientes com mais de 65 anos.

EPILEPSIA (CRISES PARCIAIS COMPLEXAS)

HIPOCAMPOS

- o T1 Sagital MPR (3 mm nos 3 planos ortogonais)
- o T2 Axial 3 mm
- o T2 Flair Axial 3 mm
- o Difusão Axial 3 mm
- o T2 Flair Coronal 3 mm (3 NEX)
- o T1 IR Coronal 3 mm (3 NEX)
- o T2 Coronal 3 mm (3 NEX)
- o T2 GE Axial 3 mm

Os planos coronais são perpendiculares aos hipocampos (referência sagital)

Após gadolínio (se indicado)

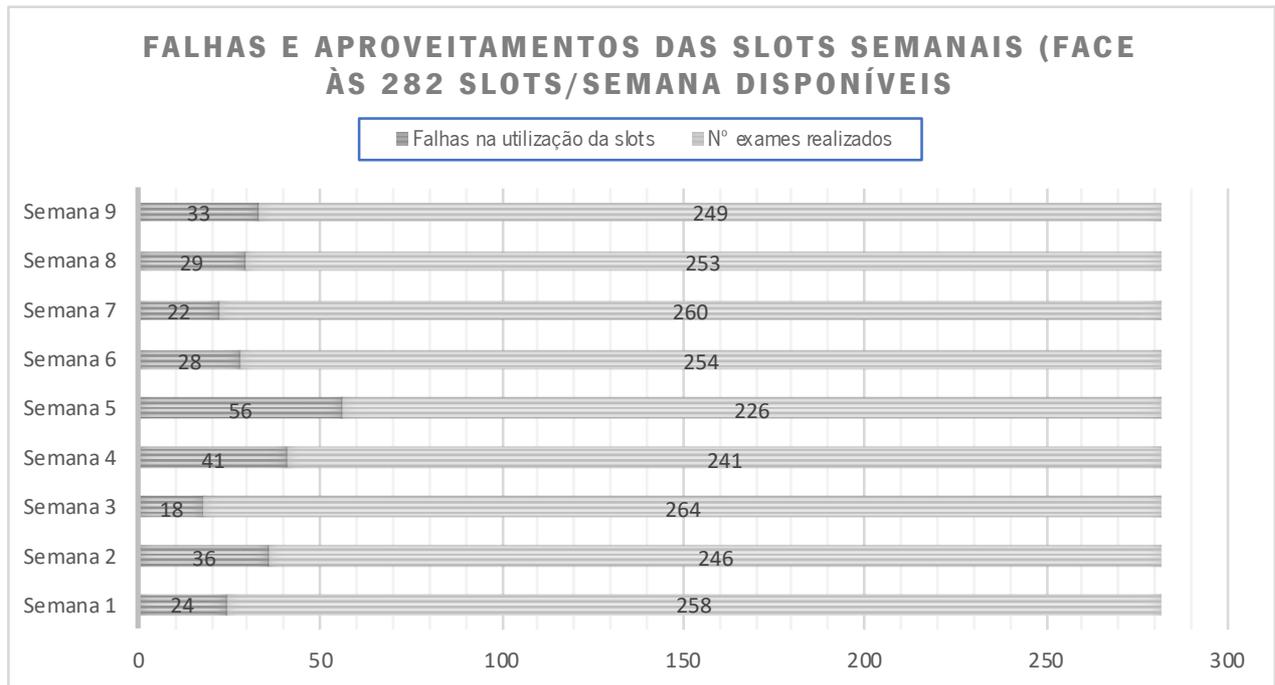
- o T1 nos 3 planos ortogonais com 3 mm de espessura

Nas restantes epilepsias:

- o T2 Flair Axial 3 mm (sem gap) – (Córtex)
- o T2 Flair Coronal 3 mm (sem gap) – (Córtex)
- o T1 MPR (3 mm nos 3 planos ortogonais)
- o T2 Axial 3 mm
- o T2 GRE (T2*) Axial 3 mm

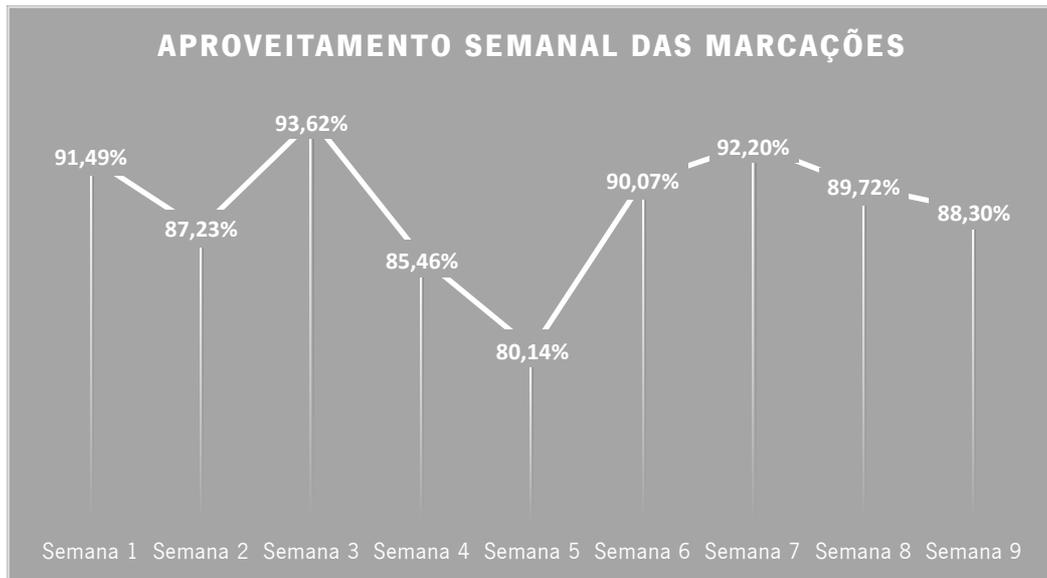


ANEXO III – ANÁLISE DAS FALHAS E APROVEITAMENTOS DAS MARCAÇÕES SEMANAIS



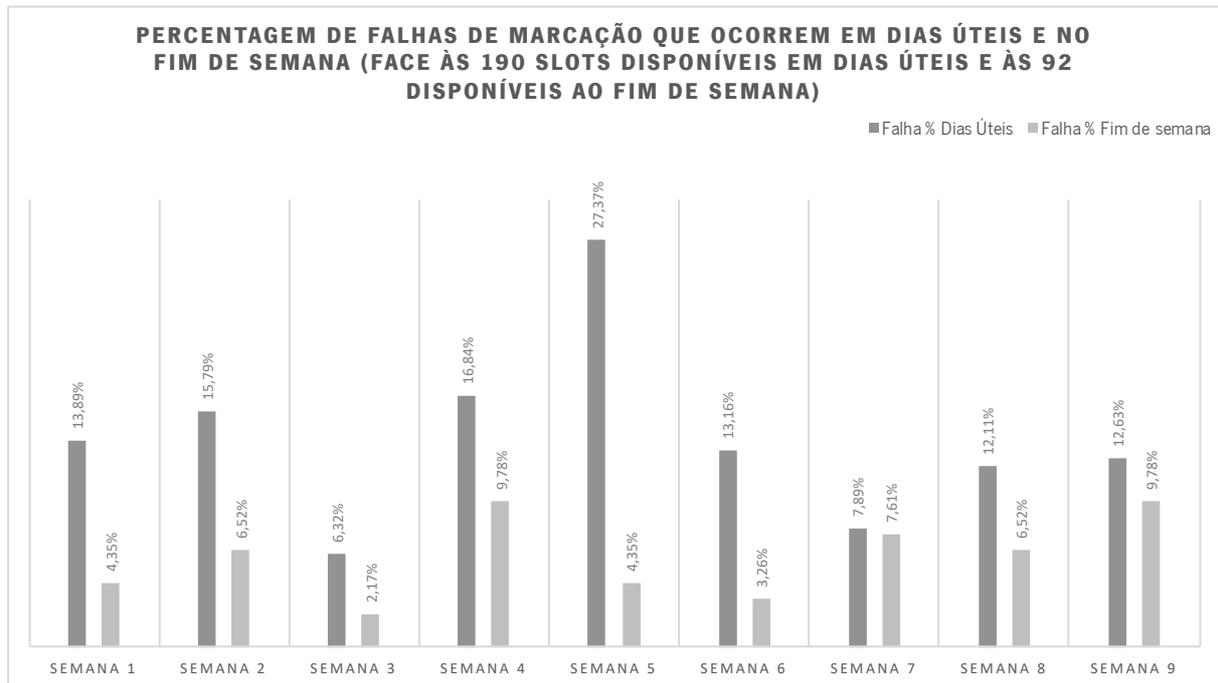


ANEXO IV – PERCENTAGEM DE APROVEITAMENTO SEMANAL DAS MARCAÇÕES





ANEXO V – PERCENTAGEM DE FALHAS DE MARCAÇÃO QUE OCORREM NOS DIAS ÚTEIS E NO FIM DE SEMANA



**ANEXO VI – RESULTADOS DO MODELO EFETIVO COM O USO DAS INSTÂNCIAS MENS AIS**

	Efetivo											
	Minutos não usados Neuro	Minutos não usados Radio	Total Minutos Realizados	Total Minutos Solicitados	Total minutos exames Realizados Neuro	Total minutos exames Solicitados Neuro	Total minutos exames Realizados Radio	Total minutos exames Solicitados Radio	Total Minutos Disponíveis	Total Minutos Disponíveis Neuro	Total Minutos Disponíveis Radio	Total Ne exames adiados
Mês 1	3711	1336	29513	30181	20769	20769	8744	9412	34560	24480	10080	20
Mês 2	3527	981	30052	30631	20953	20953	9099	9678	34560	24480	10080	20
Mês 3	3694	1576	29290	29901	20786	20786	8504	9115	34560	24480	10080	20
Mês 4	3871	1445	29244	29885	20609	20609	8635	9276	34560	24480	10080	20
Mês 5	3649	1603	29308	29934	20831	20831	8477	9103	34560	24480	10080	20
Mês 6	3689	1649	29222	29939	20791	20791	8431	9148	34560	24480	10080	20
Mês 7	3503	1402	29655	30191	20977	20977	8678	9214	34560	24480	10080	20
Mês 8	3661	1004	29895	30583	20819	20819	9076	9764	34560	24480	10080	20
Mês 9	3622	1370	29568	30162	20858	20858	8710	9304	34560	24480	10080	20
Mês 10	4115	1048	29398	29983	20366	20366	9032	9617	34560	24480	10080	20

**ANEXO VII – RESULTADOS DO MODELO NOMINAL COM O USO DAS INSTÂNCIAS MENS AIS**

Nominal												
	Minutos não usados Neuro	Minutos não usados Radio	Total Minutos Realizados	Total Minutos Solicitados	Total minutos exames Realizados Neuro	Total minutos exames Solicitados Neuro	Total minutos exames Realizados Radio	Total minutos exames Solicitados Radio	Total Minutos Disponíveis	Total Minutos Disponíveis Neuro	Total Minutos Disponíveis Radio	Total Nº exames adiados
Mês 1	3711	1314	29535	30181	20769	20769	8766	9412	34560	24480	10080	20
Mês 2	3527	982	30051	30631	20953	20953	9098	9678	34560	24480	10080	20
Mês 3	out of memory											
Mês 4	3871	1472	29217	29885	20609	20609	8608	9276	34560	24480	10080	20
Mês 5	3649	1618	29293	29934	20831	20831	8462	9103	34560	24480	10080	20
Mês 6	3689	1529	29342	29939	20791	20791	8551	9148	34560	24480	10080	20
Mês 7	3503	1471	29586	30191	20977	20977	8609	9214	34560	24480	10080	20
Mês 8	out of memory											
Mês 9	3622	1320	29618	30162	20858	20858	8760	9304	34560	24480	10080	20
Mês 10	out of memory											

**ANEXO VIII – RESULTADOS DO MODELO EFETIVO COM O USO DAS INSTÂNCIAS SEMANAIS**

	Efetivo												
	Minutos não usados Neuro	Minutos não usados Radio	Total Minutos Realizados	Total Minutos Solicitados	Total minutos exames Realizados Neuro	Total minutos exames Solicitados Neuro	Total minutos exames Realizados Radio	Total minutos exames Solicitados Radio	Total Minutos Disponíveis	Total Minutos Disponíveis Neuro	Total Minutos Disponíveis Radio	Total Nº exames adiados	Tipo de exames adiados
Semana1	1623	476	6541	7414	5217	5217	1324	2197	8640	6840	1800	28	Radio
Semana2	1605	295	6740	7786	5235	5235	1505	2551	8640	6840	1800	28	Radio
Semana3	1806	330	6504	7257	5034	5034	1470	2223	8640	6840	1800	28	Radio
Semana4	106	2239	6295	7724	3854	5283	2441	2441	8640	3960	4680	38	Neuro
Semana5	1717	285	6638	7532	5123	5123	1515	2409	8640	6840	1800	28	Radio
Semana6	1287	266	7087	8038	5553	5553	1534	2485	8640	6840	1800	28	Radio
Semana7	1670	404	6566	7448	5170	5170	1396	2278	8640	6840	1800	28	Radio
Semana8	207	2174	6259	7613	3753	5107	2506	2506	8640	3960	4680	38	Neuro
Semana9	1755	331	6554	7481	5085	5085	1469	2396	8640	6840	1800	28	Radio
Semana10	1399	355	6886	7995	5441	5441	1445	2554	8640	6840	1800	28	Radio
Semana11	1417	366	6857	7787	5423	5423	1434	2364	8640	6840	1800	28	Radio
Semana12	213	2420	6007	7475	3747	5215	2260	2260	8640	3960	4680	38	Neuro
Semana13	1742	294	6604	7427	5098	5098	1506	2329	8640	6840	1800	28	Radio
Semana14	1728	464	6448	7358	5112	5112	1336	2246	8640	6840	1800	28	Radio
Semana15	1808	266	6566	7500	5032	5032	1534	2468	8640	6840	1800	28	Radio
Semana16	170	2447	6023	7600	3790	5367	2233	2233	8640	3960	4680	38	Neuro
Semana17	1728	435	6477	7338	5112	5112	1365	2226	8640	6840	1800	28	Radio
Semana18	1606	404	6630	7650	5234	5234	1396	2416	8640	6840	1800	28	Radio
Semana19	1418	427	6795	7782	5422	5422	1373	2360	8640	6840	1800	28	Radio
Semana20	101	2482	6057	7397	3859	5199	2198	2198	8640	3960	4680	38	Neuro
Semana21	1357	342	6941	7779	5483	5483	1458	2296	8640	6840	1800	28	Radio
Semana22	1497	371	6772	7650	5343	5343	1429	2307	8640	6840	1800	28	Radio
Semana23	1803	415	6422	7313	5037	5037	1385	2276	8640	6840	1800	28	Radio
Semana24	183	2448	6009	7586	3777	5354	2232	2232	8640	3960	4680	38	Neuro
Semana25	1521	335	6784	7537	5319	5319	1465	2218	8640	6840	1800	28	Radio
Semana26	1618	355	6667	7654	5222	5222	1445	2432	8640	6840	1800	28	Radio
Semana27	1793	381	6466	7395	5047	5047	1419	2348	8640	6840	1800	28	Radio
Semana28	222	2410	6008	7488	3738	5218	2270	2270	8640	3960	4680	38	Neuro
Semana29	1547	286	6807	7710	5293	5293	1514	2417	8640	6840	1800	28	Radio
Semana30	1739	259	6642	7628	5101	5101	1541	2527	8640	6840	1800	28	Radio
Semana31	1565	330	6745	7703	5275	5275	1470	2428	8640	6840	1800	28	Radio
Semana32	152	2288	6200	7542	3808	5150	2392	2392	8640	3960	4680	38	Neuro
Semana33	1615	319	6706	7636	5225	5225	1481	2411	8640	6840	1800	28	Radio
Semana34	1648	342	6650	7566	5192	5192	1458	2374	8640	6840	1800	28	Radio
Semana35	1716	381	6543	7474	5124	5124	1419	2350	8640	6840	1800	28	Radio
Semana36	197	2511	5932	7486	3763	5317	2169	2169	8640	3960	4680	38	Neuro
Semana37	1521	400	6719	7657	5319	5319	1400	2338	8640	6840	1800	28	Radio
Semana38	1726	307	6607	7550	5114	5114	1493	2436	8640	6840	1800	28	Radio
Semana39	1850	271	6519	7340	4990	4990	1529	2350	8640	6840	1800	28	Radio
Semana40	304	2187	6149	7436	3656	4943	2493	2493	8640	3960	4680	38	Neuro



ANEXO IX - RESULTADOS DO MODELO NOMINAL COM O USO DAS INSTÂNCIAS SEMANAIS

	Nominal												Tipo de exames adiados
	Minutos não usados Neuro	Minutos não usados Radio	Total Minutos Realizados	Total Minutos Solicitados	Total minutos exames Realizados Neuro	Total minutos exames Solicitados Neuro	Total minutos exames Realizados Radio	Total minutos exames Solicitados Radio	Total Minutos Disponíveis	Total Minutos Disponíveis Neuro	Total Minutos Disponíveis Radio	Total Nº exames adiados	
Semana1	1623	276	6741	7414	5217	5217	1524	2197	8640	6840	1800	28	Radio
Semana2	1605	207	6828	7786	5235	5235	1593	2551	8640	6840	1800	28	Radio
Semana3	1806	311	6523	7257	5034	5034	1489	2223	8640	6840	1800	28	Radio
Semana4	20	2239	6381	7724	3940	5283	2441	2441	8640	3960	4680	38	Neuro
Semana5	1717	203	6720	7532	5123	5123	1597	2409	8640	6840	1800	28	Radio
Semana6	1287	210	7134	8038	5553	5553	1590	2485	8640	6840	1800	28	Radio
Semana7	1670	319	6651	7448	5170	5170	1481	2278	8640	6840	1800	28	Radio
Semana8	76	2174	6390	7613	3884	5107	2506	2506	8640	3960	4680	38	Neuro
Semana9	1755	226	6659	7481	5085	5085	1574	2396	8640	6840	1800	28	Radio
Semana10	1399	164	7077	7995	5441	5441	1636	2554	8640	6840	1800	28	Radio
Semana11	1417	240	6983	7787	5423	5423	1560	2364	8640	6840	1800	28	Radio
Semana12	68	2420	6152	7475	3892	5215	2260	2260	8640	3960	4680	38	Neuro
Semana13	1742	213	6685	7427	5098	5098	1587	2329	8640	6840	1800	28	Radio
Semana14	1728	323	6589	7358	5112	5112	1477	2246	8640	6840	1800	28	Radio
Semana15	1808	202	6630	7500	5032	5032	1598	2468	8640	6840	1800	28	Radio
Semana16	45	2447	6148	7600	3915	5367	2233	2233	8640	3960	4680	38	Neuro
Semana17	1728	318	6594	7338	5112	5112	1482	2226	8640	6840	1800	28	Radio
Semana18	1606	280	6754	7650	5234	5234	1520	2416	8640	6840	1800	28	Radio
Semana19	1418	279	6943	7782	5422	5422	1521	2360	8640	6840	1800	28	Radio
Semana20	77	2482	6081	7397	3883	5199	2198	2198	8640	3960	4680	38	Neuro
Semana21	1357	265	7081	7779	5483	5483	1535	2296	8640	6840	1800	28	Radio
Semana22	1497	187	6956	7650	5343	5343	1613	2307	8640	6840	1800	28	Radio
Semana23	1803	252	6585	7313	5037	5037	1548	2276	8640	6840	1800	28	Radio
Semana24	72	2448	6120	7586	3888	5354	2232	2232	8640	3960	4680	38	Neuro
Semana25	1521	295	6824	7537	5319	5319	1505	2218	8640	6840	1800	28	Radio
Semana26	1618	220	6802	7654	5222	5222	1580	2432	8640	6840	1800	28	Radio
Semana27	1793	219	6628	7395	5047	5047	1581	2348	8640	6840	1800	28	Radio
Semana28	73	2410	6157	7488	3887	5218	2270	2270	8640	3960	4680	38	Neuro
Semana29	1547	179	6914	7710	5293	5293	1621	2417	8640	6840	1800	28	Radio
Semana30	1739	225	6676	7628	5101	5101	1575	2527	8640	6840	1800	28	Radio
Semana31	1565	166	6909	7703	5275	5275	1634	2428	8640	6840	1800	28	Radio
Semana32	132	2288	6220	7542	3828	5150	2392	2392	8640	3960	4680	38	Neuro
Semana33	1615	280	6745	7636	5225	5225	1520	2411	8640	6840	1800	28	Radio
Semana34	1648	214	6778	7566	5192	5192	1586	2374	8640	6840	1800	28	Radio
Semana35	1716	277	6647	7474	5124	5124	1523	2350	8640	6840	1800	28	Radio
Semana36	40	2511	6089	7486	3920	5317	2169	2169	8640	3960	4680	38	Neuro
Semana37	1521	294	6825	7657	5319	5319	1506	2338	8640	6840	1800	28	Radio
Semana38	1726	235	6679	7550	5114	5114	1565	2436	8640	6840	1800	28	Radio
Semana39	1850	234	6556	7340	4990	4990	1566	2350	8640	6840	1800	28	Radio
Semana40	282	2187	6171	7436	3678	4943	2493	2493	8640	3960	4680	38	Neuro



ANEXO X – RESULTADOS MODELO EFETIVO SEM RESTRIÇÃO COM O USO DAS INSTÂNCIAS

SEMANAIS

	Minutos não usados Neuro	Minutos não usados Radio	Total Minutos Realizados	Total Minutos Solicitados	Total minutos exames Realizados Neuro	Total minutos exames Solicitados Neuro	Total minutos exames Realizados Radio	Total minutos exames Solicitados Radio	Total Minutos Disponíveis	Total Minutos Disponíveis Neuro	Total Minutos Disponíveis Radio	Total Nº exames adiados
Semana1	1623	0	7017	7414	5217	5217	1800	2197	8640	6840	1800	9
Semana2	1605	14	7021	7786	5235	5235	1786	2551	8640	6840	1800	15
Semana3	1806	4	6830	7257	5034	5034	1796	2223	8640	6840	1800	10
Semana4	6	2239	6395	7724	3954	5283	2441	2441	8640	3960	4680	24
Semana5	1717	17	6906	7532	5123	5123	1783	2409	8640	6840	1800	14
Semana6	1287	6	7347	8038	5553	5553	1794	2485	8640	6840	1800	11
Semana7	1670	23	6947	7448	5170	5170	1777	2278	8640	6840	1800	11
Semana8	14	2174	6452	7613	3946	5107	2506	2506	8640	3960	4680	24
Semana9	1755	5	6880	7481	5085	5085	1795	2396	8640	6840	1800	12
Semana10	1399	27	7214	7995	5441	5441	1773	2554	8640	6840	1800	15
Semana11	1417	15	7208	7787	5423	5423	1785	2364	8640	6840	1800	13
Semana12	5	2420	6215	7475	3955	5215	2260	2260	8640	3960	4680	23
Semana13	1742	23	6875	7427	5098	5098	1777	2329	8640	6840	1800	13
Semana14	1728	0	6912	7358	5112	5112	1800	2246	8640	6840	1800	8
Semana15	1808	13	6819	7500	5032	5032	1787	2468	8640	6840	1800	12
Semana16	22	2447	6171	7600	3938	5367	2233	2233	8640	3960	4680	25
Semana17	1728	2	6910	7338	5112	5112	1798	2226	8640	6840	1800	10
Semana18	1606	13	7021	7650	5234	5234	1787	2416	8640	6840	1800	12
Semana19	1418	28	7194	7782	5422	5422	1772	2360	8640	6840	1800	12
Semana20	34	2482	6124	7397	3926	5199	2198	2198	8640	3960	4680	26
Semana21	1357	2	7281	7779	5483	5483	1798	2296	8640	6840	1800	10
Semana22	1497	10	7133	7650	5343	5343	1790	2307	8640	6840	1800	11
Semana23	1803	0	6837	7313	5037	5037	1800	2276	8640	6840	1800	9
Semana24	34	2448	6158	7586	3926	5354	2232	2232	8640	3960	4680	25
Semana25	1521	24	7095	7537	5319	5319	1776	2218	8640	6840	1800	10
Semana26	1618	14	7008	7654	5222	5222	1786	2432	8640	6840	1800	12
Semana27	1793	9	6838	7395	5047	5047	1791	2348	8640	6840	1800	12
Semana28	2410	0	6230	7488	3960	5218	2270	2270	8640	3960	4680	23
Semana29	1547	12	7081	7710	5293	5293	1788	2417	8640	6840	1800	12
Semana30	1739	13	6888	7628	5101	5101	1787	2527	8640	6840	1800	14
Semana31	1565	33	7042	7703	5275	5275	1767	2428	8640	6840	1800	12
Semana32	0	2288	6351	7542	3959	5150	2392	2392	8640	3960	4680	24
Semana33	1615	29	6996	7636	5225	5225	1771	2411	8640	6840	1800	12
Semana34	1648	30	6962	7566	5192	5192	1770	2374	8640	6840	1800	12
Semana35	1716	10	6914	7474	5124	5124	1790	2350	8640	6840	1800	10
Semana36	17	2511	6112	7486	3943	5317	2169	2169	8640	3960	4680	26
Semana37	1521	5	7114	7657	5319	5319	1795	2338	8640	6840	1800	11
Semana38	1726	11	6903	7550	5114	5114	1789	2436	8640	6840	1800	12
Semana39	1850	33	6757	7340	4990	4990	1767	2350	8640	6840	1800	12
Semana40	30	2187	6423	7436	3930	4943	2493	2493	8640	3960	4680	20

**ANEXO XI – RESULTADOS MODELO NOMINAL SEM RESTRIÇÃO COM O USO DE INSTÂNCIAS****SEMANAIS**

	Minutos não usados Neuro	Minutos não usados Radio	Total Minutos Realizados	Total Minutos Solicitados	Total minutos exames Realizados Neuro	Total minutos exames Solicitados Neuro	Total minutos exames Realizados Radio	Total minutos exames Solicitados Radio	Total Minutos Disponíveis	Total Minutos Disponíveis Neuro	Total Minutos Disponíveis Radio	Total Nº exames adiados
Semana1	1623	191	6826	7414	5217	5217	1609	2197	8640	6840	1800	23
Semana2	1605	84	6951	7786	5235	5235	1716	2551	8640	6840	1800	23
Semana3	1806	198	6636	7257	5034	5034	1602	2223	8640	6840	1800	23
Semana4	2	2239	6399	7724	3958	5283	2441	2441	8640	3960	4680	37
Semana5	1717	111	6812	7532	5123	5123	1689	2409	8640	6840	1800	23
Semana6	1287	136	7217	8038	5553	5553	1664	2485	8640	6840	1800	23
Semana7	1670	171	6799	7448	5170	5170	1629	2278	8640	6840	1800	23
Semana8	16	2174	6450	7613	3944	5107	2506	2506	8640	3960	4680	35
Semana9	1755	115	6770	7481	5085	5085	1685	2396	8640	6840	1800	23
Semana10	1399	75	7166	7995	5441	5441	1725	2554	8640	6840	1800	23
Semana11	1417	97	7126	7787	5423	5423	1703	2364	8640	6840	1800	23
Semana12	8	2420	6212	7475	3952	5215	2260	2260	8640	3960	4680	35
Semana13	1742	128	6770	7427	5098	5098	1672	2329	8640	6840	1800	23
Semana14	1728	182	6730	7358	5112	5112	1618	2246	8640	6840	1800	23
Semana15	1808	102	6730	7500	5032	5032	1698	2468	8640	6840	1800	23
Semana16	74	2447	6119	7600	3886	5367	2233	2233	8640	3960	4680	37
Semana17	1728	217	6695	7338	5112	5112	1583	2226	8640	6840	1800	23
Semana18	1606	137	6897	7650	5234	5234	1663	2416	8640	6840	1800	23
Semana19	1418	114	7108	7782	5422	5422	1686	2360	8640	6840	1800	23
Semana20	21	2482	6137	7397	3939	5199	2198	2198	8640	3960	4680	35
Semana21	1357	109	7174	7779	5483	5483	1691	2296	8640	6840	1800	23
Semana22	1497	116	7027	7650	5343	5343	1684	2307	8640	6840	1800	23
Semana23	1803	146	6691	7313	5037	5037	1654	2276	8640	6840	1800	23
Semana24	6	2448	6186	7586	3954	5354	2232	2232	8640	3960	4680	26
Semana25	1521	113	7006	7537	5319	5319	1687	2218	8640	6840	1800	23
Semana26	1618	85	6937	7654	5222	5222	1715	2432	8640	6840	1800	23
Semana27	1793	205	6642	7395	5047	5047	1595	2348	8640	6840	1800	23
Semana28	9	2410	6221	7488	3951	5218	2270	2270	8640	3960	4680	35
Semana29	1547	89	7004	7710	5293	5293	1711	2417	8640	6840	1800	23
Semana30	1739	35	6866	7628	5101	5101	1765	2527	8640	6840	1800	23
Semana31	1565	117	6958	7703	5275	5275	1683	2428	8640	6840	1800	23
Semana32	27	2288	6325	7542	3933	5150	2392	2392	8640	3960	4680	35
Semana33	1615	72	6953	7636	5225	5225	1728	2411	8640	6840	1800	23
Semana34	1648	198	6794	7566	5192	5192	1602	2374	8640	6840	1800	23
Semana35	1716	116	6808	7474	5124	5124	1684	2350	8640	6840	1800	23
Semana36	20	2511	6109	7486	3940	5317	2169	2169	8640	3960	4680	37
Semana37	1521	80	7039	7657	5319	5319	1720	2338	8640	6840	1800	23
Semana38	1726	104	6810	7550	5114	5114	1696	2436	8640	6840	1800	23
Semana39	1850	123	6667	7340	4990	4990	1677	2350	8640	6840	1800	23
Semana40	120	2187	6333	7436	3840	4943	2493	2493	8640	3960	4680	35



ANEXO XII – RESULTADOS DO TEMPO NECESSÁRIO PARA OBTENÇÃO DA SOLUÇÃO ÓTIMA DO *SOLVER* GUROBI E DO *SOLVER* CPLEX

	Efetivo		Nominal	
	Gurobi	CPLEX	Gurobi	CPLEX
Semana 1	00:00:06	00:00:05	00:00:20	00:00:25
Semana 2	00:00:15	00:00:05	00:00:25	00:00:36
Semana 3	00:00:10	00:00:06	00:00:11	00:00:11
Semana 4	00:00:05	00:00:05	00:07:25	00:17:16
Semana 5	00:00:05	00:00:06	00:00:15	00:00:51
Semana 6	00:00:10	00:00:05	00:00:50	00:00:45
Semana 7	00:00:11	00:00:05	00:00:20	00:00:20
Semana 8	00:00:15	00:00:05	00:00:15	00:00:55
Semana 9	00:00:05	00:00:05	00:00:15	00:00:20
Semana 10	00:00:05	00:00:05	00:01:20	00:06:46
Semana 11	00:00:15	00:00:05	00:00:15	00:00:45
Semana 12	00:00:10	00:00:05	00:00:20	00:00:55
Semana 13	00:00:05	00:00:05	00:00:15	00:00:26
Semana 14	00:00:26	00:00:10	00:00:40	00:05:35
Semana 15	00:00:05	00:00:05	00:00:11	00:00:21
Semana 16	00:00:20	00:00:20	00:00:41	00:51:38
Semana 17	00:00:05	00:00:11	00:00:05	00:00:15
Semana 18	00:00:05	00:00:05	00:00:21	00:02:26
Semana 19	00:00:11	00:00:05	00:00:10	00:00:21
Semana 20	00:00:16	00:00:05	00:00:26	00:01:05
Semana 21	00:00:20	00:00:21	00:11:36	00:25:27
Semana 22	00:00:06	00:00:06	00:00:16	00:00:15
Semana 23	00:00:16	00:00:06	00:00:21	00:00:15
Semana 24	00:00:06	00:00:15	00:00:21	00:01:40
Semana 25	00:00:16	00:00:06	00:00:37	00:00:41
Semana 26	00:00:05	00:00:05	00:05:21	00:21:07
Semana 27	00:00:16	00:00:05	00:00:27	00:01:01
Semana 28	00:00:15	00:00:06	00:00:45	00:00:25
Semana 29	00:00:16	00:00:05	00:00:37	00:01:10
Semana 30	00:00:16	00:00:05	00:00:22	00:00:20
Semana 31	00:00:16	00:00:05	00:00:23	00:00:20
Semana 32	00:00:06	00:00:10	00:00:15	00:01:00
Semana 33	00:00:26	00:00:11	00:00:10	00:00:21
Semana 34	00:00:16	00:00:05	00:00:15	00:00:25
Semana 35	00:00:21	00:00:26	00:00:44	00:11:46
Semana 36	00:00:21	00:00:05	00:00:55	00:00:50
Semana 37	00:00:05	00:00:05	00:00:10	00:00:31
Semana 38	00:00:06	00:00:06	00:00:10	00:00:10
Semana 39	00:00:06	00:00:05	00:00:10	00:00:20
Semana 40	00:00:06	00:00:05	00:00:21	00:00:15