Compilação de *benchmark instances* para o planeamento e escalonamento do bloco operatório

Catarina Martins Santos

Dissertação para obtenção do Grau de Mestre em

Engenharia e Gestão Industrial

Orientadores: Dr. Daniel Rebelo dos Santos
Prof. Inês Marques Proença

Júri

Presidente: Prof. Mónica Duarte Correia de Oliveira
Orientador: Dr. Daniel Rebelo dos Santos
Vogal: Prof. Klára Dimitrovová

Dezembro 2021

Agradecimentos

Primeiramente, gostaria de agradecer ao Daniel pela ajuda, orientação e disponibilidade na realização deste projeto. Também à Mariana por, apesar de não ter responsabilidade para comigo, ter estado sempre disponível durante todo o processo. Por último, também a todos os investigadores e hospitais com quem contactei, pois sem eles este projeto não teria pernas para andar.

Foram 6 anos que marcaram este percurso que chega aqui ao fim. Não o poderia ter feito sem o apoio incondicional da minha família, que esteve sempre lá com a palavra de força e confiança que muitas vezes precisei e com a compreensão interminável pelas minhas ausências. Mas em especial, quero agradecer aos meus pais porque sem eles não teria chegado aqui. Obrigada por me terem dado tudo e muito mais do que precisava, por terem apoiado as minhas decisões e terem confiando que seriam o melhor para mim. Obrigada por terem estado sempre cá. Sou a pessoa que sou hoje muito por vocês, portanto esta vai por si!

À minha irmã, Cátia, não por estes 6 anos, mas por desde sempre ser o meu ponto de abrigo, por ser o meu lugar confortável. Obrigada por seres muitas vezes a calma e a palavra certa. Obrigada por estares incondicionalmente cá. Tenho a maior sorte do mundo por te ter como irmã. Obrigada.

Ao Zé, obrigada por seres o irmão que nunca tive. Por apesar de muitas vez não compreenderes, saberes sempre ouvir e seres a pessoa positiva que és. Obrigada por toda a ajuda e pela interminável paciência para aturares as Manas.

Sempre ouvi dizer que o técnico não se faz sozinho, e de facto não se fez. Quero agradecer a todas as pessoas que se cruzaram comigo academicamente, no NEB ou na CP, levo em mim um bocadinho de todos vocês. Em especial, um agradecimento à Bibas, Lena e Hélder por terem acompanhado os primeiros e mais difíceis anos deste caminho. Partilhámos muitas memórias juntos que guardo com todo o carinho. À Marta, um obrigada por seres a melhor cozinheira, por seres o conforto, por me mimares, por à tua maneira teres sido sempre um ombro amigo. Ao Jomi, um obrigada por me teres segurado nos dias mais difíceis, pelo apoio constante, nos melhores e piores momentos. A ti Cristina, que esta vitória é tanto minha quanto tua. Obrigada por teres estado cá desde o dia um, obrigada por viveres a vida ao mesmo ritmo que eu, por bastar apenas um olhar, por me conheceres como ninguém. O técnico deu-me esta amizade e é o que mais valioso levo. A todos as memórias que vivemos e a todos as que sei que aí vêm. À Salomé e à Bea, obrigada por terem feito com que cada aula fosse divertida, por todos os desesperos nos projetos e estudos para testes. Tive muita sorte em vos ter encontrado nestes últimos dois anos. Obrigada a todos por terem percorrido este caminho comigo. Seria possível sem vocês, mas teria sido tão pior.

Ao Rafael, apesar de não estares cá desde o início, o teu apoio e confiança incondicional ajudaram-me a ultrapassar estes últimos difíceis meses. Obrigada pela força, pela presença nas gargalhadas e nos choros. Obrigada por teres acreditado mais que eu. Obrigada por me teres mostrado um lado diferente da vida. Obrigada por estares cá.

De fora do técnico, quero agradecer à Matilde, uma amiga para a vida. Obrigada por, apesar de não teres experienciado estes últimos anos comigo, teres sido sempre tão compreensiva. Obrigada por seres um escape e por me contagiares com a tua alegria interminável. Por último, à Inês e à Bia, agradeço por, cada uma à sua maneira, serem parte da casa que tanto precisava em Lisboa.

Chegou ao fim. Finalmente. Obrigada a todos e cada um de vocês.

Abstract

The increasing demand for healthcare coupled with insufficient resource and service levels in hospital units results in large inefficiencies in hospital management. Operating Rooms generate the highest revenue – but also the highest operating costs, representing 40% of them – and its cost-effective management has been widely debated and studied over the past couple of years. However, the existing literature only addresses this problem from either a theoretical approach or when experimental, the models are only developed for specific case studies. Additionally, the lack of methodologies tested with the same data base hinders the comparison between them, hampering the selection of the best methodology and its effective application at hospitals.

In this context, the objective of this work is to compile several benchmark instances for operating room planning and scheduling, empowering the scientific community with high-value data. For that, several researchers were contacted in order to obtain data which was analysed and converted to the format defined for the instances.

Thus, it was possible to compile a set of 247 instances formed with real surgical data and generated data. The diversified parameters that are included focus on lists of performed and planned surgeries and waiting lists. Lastly, a website was developed to publish the benchmark instances so that the scientific community can use it in their own experiments. This work paves the avenue to a greater cooperation between hospitals and researchers, allowing the evolution in the field of surgery planning optimization.

Keywords

Operating Room; Optimization; Planning; Scheduling; Benchmark Instances

Resumo

O constante aumento na procura de cuidados de saúde pela população e a disponibilidade insuficiente de recursos e serviços nas unidades hospitalares resultam numa gestão hospitalar ineficiente. O Bloco operatório (BO) é a unidade responsável pela maior contribuição de receitas de um hospital mas é também responsável por 40% da despesa do mesmo, tornando-se assim num objeto de estudo frequente nos últimos anos. Contudo, a literatura existente até à data apresenta apenas uma base teórica ou com metodologias desenvolvidas apenas para casos de estudo específicos. Adicionalmente, não existem várias metodologias a serem testadas através do mesmo conjunto de dados, dificultando a comparação entre estas e levando a que nenhuma seja reconhecida como mais eficiente e utilizada universalmente.

Para a comparação entre metodologias, é necessária a existência de conjuntos de dados referentes ao processo cirúrgico. A presente dissertação pretende mitigar esta necessidade, através da compilação de *benchmark instances* no âmbito da otimização do planeamento e escalonamento do BO. Com esse fim, foram contactadas várias entidades para proceder à recolha de dados, os quais foram analisados e uniformizados para a formação de instâncias.

Foram reunidas 247 instâncias constituídas por dados cirúrgicos reais e dados gerados. Estas incluem diversos parâmetros e o seu conteúdo foca-se nas listas de cirurgias realizadas e planeadas e em listas de espera por cirurgia. Por fim, foi desenvolvido um *website*, que será disponibilizado e divulgado para possibilitar a utilização da compilação de instâncias, pela comunidade científica. Este trabalho promove uma maior cooperação entre hospitais e investigadores, permitindo o avanço na otimização do planeamento de cirurgias.

Palavras Chave

Bloco Operatório; Otimização; Planeamento; Escalonamento; *Benchmark Instances*

Conteúdo

1 Introdução **1**

1.1 Contexto e Motivação . . . 1

1.2 Objetivos . . . 2

1.3 Estrutura do Documento . . . 3

2 Descrição do Problema **5**

2.1 Bloco Operatório . . . 5

2.1.1 Visão geral . . . 5

2.1.2 Entidades envolvidas . . . 6

2.2 Definição do Problema . . . 8

2.3 *Benchmarking* . . . 10

2.3.1 Visão geral . . . 10

2.3.2 Importância . . . 14

2.3.3 Aplicação ao Planeamento e Escalonamento do Bloco Operatório . . . 14

2.4 Atividade Cirúrgica em Portugal . . . 15

2.5 Hospitais Portugueses . . . 19

2.5.1 Centro Hospitalar Universitário Lisboa Norte (CHLN) . . . 19

2.5.2 Hospital do Espírito Santo de Évora (HESE) . . . 21

2.6 Conclusão . . . 22

3 Revisão de Literatura **25**

3.1 Níveis de Decisão . . . 25

3.1.1 Nível Estratégico . . . 25

3.1.2 Nível Tático . . . 26

3.1.3 Nível Operacional . . . 26

3.2 Problemas no planeamento e escalonamento do Bloco Operatório . . . 27

3.2.1 *Master Surgery Scheduling Problem* (MSSP) . . . 28

3.2.2 *Elective Patient Scheduling Problem* (EPSP) . . . 33

3.3 Indicadores de Desempenho . . . 37

3.4 Aplicabilidade dos artigos . . . 40

3.5 Conclusão . . . 42

4 Metodologia **43**

4.1 Recolha de dados . . . 43

4.1.1 Definição de parâmetros . . . 44

4.1.2 Contacto com entidades de interesse . . . 44

4.2 Criação das *benchmark instances* . . . 45

4.3 Publicação das *benchmark instances* . . . 46
4.4 Conclusão . . . 47

5 Apresentação e análise de resultados **49**
5.1 Recolha de dados . . . 49
5.1.1 Parâmetros definidos . . . 49
5.1.2 Contactos efetuados . . . 49
5.1.3 Dados recolhidos . . . 51
5.2 Criação das *benchmark instances* . . . 54
5.2.1 Apresentação e análise dos dados recolhidos . . . 54
5.2.2 Uniformização e formulação das instâncias . . . 58
5.2.3 Análise dos dados utilizados . . . 61
5.3 Publicação das *benchmark instances* . . . 64
5.3.1 Confirmação da partilha . . . 64
5.3.2 Formato das instâncias . . . 65
5.3.3 Desenvolvimento do *website* . . . 66

6 Conclusão **67**

A Anexos **79**
A.1 Parâmetros utilizados na literatura . . . 80
A.2 Contactos realizados . . . 82
A.2.1 Contacto para recolha de dados . . . 82
A.2.2 Contacto para confirmação da publicação . . . 82
A.3 Tratamento de dados . . . 83
A.3.1 *Script* - Remoção de conteúdos duplicados . . . 83
A.3.2 *Script* - Remoção de linhas com um certo número de células vazias . . . 83
A.4 Publicação das *benchmark instances* . . . 84
A.4.1 Exemplo de ficheiro que explicita a leitura das instâncias . . . 84
A.4.2 Imagens representativas do *Website* desenvolvido . . . 85

Lista de Figuras

2.1 Processo de *benchmarking*. 13
2.2 Número de habitantes por Administração Regional de Saúde. 16
2.3 Percentagem de capacidade utilizada de BO por ARS. 17
2.4 Taxa de ocupação médica e cirúrgica. 18

3.1 Hierarquia dos três níveis de decisão do planeamento e escalonamento do bloco operatório. 27
3.2 Parâmetros mais referenciados e respetiva percentagem de utilização. 39
3.3 Aplicabilidade dos artigos existentes entre 2004 e 2014. 40

4.1 Esquematização das três fases e respetivas etapas da metodologia proposta. 43

5.1 Respostas positivas e negativas obtidas dos contactos realizados. 50
5.2 Parâmetros utilizados na criação das várias instâncias e respetivas percentagens de utilização. 63

A.1 Parâmetros identificados na revisão de literatura realizada e respetiva percentagem de utilização nos artigos revistos. 80
A.2 Continuação dos parâmetros identificados na revisão de literatura realizada e respetiva percentagem de utilização nos artigos revistos. 81
A.3 Exemplo de um ficheiro criado que acompanha um conjunto de instâncias para facilitar a sua leitura e utilização. 84
A.4 Parte superior da página de entrada no *website*. 85
A.5 Parte inferior da página de entrada no *website*. 86
A.6 Página relativa aos conjuntos de dados compostos por dados reais. 87
A.7 Página relativa aos conjuntos de dados compostos por dados gerados. 88
A.8 Página relativa aos geradores de dados. 89

Lista de Tabelas

2.1 Número de hospitais e número de salas de operações em Portugal em 2018. 17
2.2 Número de cirurgias programadas e cirurgias urgentes por ARS. 18
2.3 Resumo dos dados recolhidos acerca da atividade do CHLN em 2019. 20
2.4 Atividade cirúrgica no CHLN ao longo dos 5 anos. 20
2.5 Resumo dos dados recolhidos acerca da atividade do HESE em 2019. 21
2.6 Atividade cirúrgica no HESE ao longo dos anos. 22

3.1 Número de artigos revistos baseados em dados reais, em dados teóricos e aplicados na prática. 41

5.1 Lista dos artigos e respetivas referências do quais se obteve resposta positiva. 51
5.2 Características dos dados recolhidos. 53
5.3 Número de instâncias e geradores de dados, extraídos de cada conjunto de dados. . . . 62
5.4 Correspondência entre os vários parâmetros selecionados e definidos com os conjuntos de dados onde estes se encontram presentes. 62

Acrónimos

ARS	Administração Regional de Saúde
BO	Bloco operatório
CHLN	Centro Hospitalar Universitário Lisboa Norte, E.P.E.
CSV	*Comma-separated values*
EPSP	*Elective Patient Scheduling Problem*
HESE	Hospital do Espírito Santo de Évora, E.P.E.
HSM	Hospital Santa Maria, E.P.E.
HPV	Hospital Pulido Valente, E.P.E.
ICU	*Intensive Care Unit*
INE	Instituto Nacional de Estatística
KPI	*key performance indicator*
LVT	Lisboa e Vale do Tejo
MSS	*Master Surgery Schedule*
MSSP	*Master Surgery Scheduling Problem*
PACU	*Post-Anesthesia Care Unit*
SNS	Sistema Nacional de Saúde
SO	Sala de operações
UCI	Unidade de Cuidados Intensivos
UCM	Unidade de Cuidados Médios
UCPA	Unidade de Cuidados Pós-Anestésicos

1. Introdução

O primeiro capítulo tem como objetivo introduzir a presente dissertação, ao contextualizar e explicar a motivação da abordagem da problemática (Secção 1.1). São nomeados os objetivos da dissertação (Secção 1.2) e é descrita a estrutura do documento (Secção 1.3).

1.1 Contexto e Motivação

Com a rápida evolução da tecnologia, a facilidade de acesso a serviços básicos, como a saúde, aumentou exponencialmente nos últimos anos. Evidências mostram que esta facilidade, para além de ter impactos positivos no desenvolvimento da sociedade, também provoca um aumento significativo na procura de cuidados hospitalares [1]. Porém, este aumento não tem sido proporcionalmente acompanhado pela disponibilidade de serviços e recursos nas unidades hospitalares.

A atividade cirúrgica tem um impacto significativo nos hospitais. Cerca de 40% das despesas apresentadas por um hospital destinam-se ao Bloco operatório (BO) e 60% das admissões hospitalares referem-se a procedimentos cirúrgicos [2]. O BO é, portanto, responsável por uma fração substancial dos custos e das receitas hospitalares. Sendo uma unidade com grandes dimensões é necessário mobilizar um número significativo de recursos materiais e humanos, para que o seu funcionamento não seja comprometido [3].

Devido à sua complexidade, o planeamento e escalonamento é crucial para uma boa gestão do BO. Qualquer pequeno erro, como uma má estimativa da duração de uma cirurgia, conduz a uma utilização ineficiente de toda a unidade e recursos associados e, consequentemente, acarreta maiores custos hospitalares [4]. Assim, a otimização da atividade do BO é fundamental para o bom funcionamento das unidades hospitalares e da sociedade em geral e, portanto, tem sido alvo de um número crescente de estudos e artigos.

Entre várias problemáticas que o BO apresenta, as duas mais abordadas na literatura são o *Master Surgery Scheduling Problem* (MSSP), referente à definição de um calendário cirúrgico que aloca as especialidades a cada BO em cada bloco de tempo, e o *Elective Patient Scheduling Problem* (EPSP) que se baseia na atribuição de um BO a uma data e hora para cada cirurgia em lista de espera [5].

Várias abordagens, com diferentes objetivos têm sido propostas para a resolução dos dois problemas anteriormente referidos. Ainda assim, não existe um modelo que seja geralmente reconhecido como mais eficaz e escolhido para ser utilizado pelos centros hospitalares, tornando a procura por novos métodos e metodologias incessante. É de notar que, apenas 7% dos artigos disponíveis na literatura retratam casos reais onde estes foram estudados [6]. Desta forma, a literatura existente aborda-os apenas conceptualmente, testando-os com base em casos práticos específicos, sendo a sua aplicação prática extremamente limitada.

Ao realizar uma revisão da literatura centralizada no MSSP e no EPSP, até ao momento, é raro encontrar dois ou mais artigos que utilizem o mesmo conjunto de dados para testar as suas metodologias, sejam estes dados fornecidos por centros hospitalares ou dados gerados. Este facto provém da escassa partilha por parte dos hospitais, mas também, da comunidade científica. Como consequência, não existe uma possível comparação entre metodologias já existentes e novas a serem desenvolvidas e, desta forma, é difícil para cada gestor hospitalar decidir que metodologia aplicar, afetando o desenvolvimento e melhoria do planeamento e agendamento de cirurgias do respetivo BO.

Como referido, a compilação de dados referentes ao planeamento de cirurgias no BO é rara, apesar das vantagens que proporciona. Comparativamente com outras problemáticas exaustivamente estudadas, como por exemplo, o *Travelling Salesman Problem* [7] e o *Vehicle Routing Problem* [8], para os quais existe uma vasta gama de *benchmarks* que comparam as metodologias existentes. No âmbito dos cuidados de saúde, existem também alguns *benchmarks* disponíveis relacionados com a admissão de pacientes no hospital [9] [10] ou com a hospitalização domiciliária [11], mas no caso do agendamento de cirurgias, neste momento, apenas existe um *benchmark set* [12]. Este é homogéneo, pois mantém o foco em poucos indicadores de desempenho, tonando-se limitante o número de artigos que lhe consegue dar uso e, é constituído apenas por dados gerados, apesar de baseados em informação disponibilizada por um hospital. Ainda que a sua existência seja vantajosa, acaba por ser limitante e insuficiente para o crescente desenvolvimento da área.

A necessidade da conceção e desenvolvimento de uma plataforma pública com *benchmark instances*, com principal foco em ser constituída por dados reais provenientes de hospitais e possuir uma larga combinação de indicadores de desempenho, é deveras urgente e promissor. Visto que, tal ainda não se encontra disponível para ser utilizado pela comunidade científica que aborda o tema e para a criação de possíveis *benchmarks*.

1.2 Objetivos

A lacuna existente na comparação de metodologias para a otimização do planeamento e escalonamento do BO é a principal motivação da presente dissertação. Esta comparação é invulgar na literatura, devido a uma escassa partilha de dados relativos ao agendamento de cirurgias no BO. Desta forma, o principal objetivo detém-se na compilação e partilha de várias *benchmark instances*, com foco em dados pertinentes para o estudo do *Master Surgery Scheduling Problem* (MSSP) e do *Elective Patient Scheduling Problem* (EPSP). Após a recolha e tratamento de dados, para que estes possam ser utilizados para testar e comparar novas metodologias, o objetivo é publicar e disponibilizar *benchmark instances* criadas com os dados colectados, através de um *website* público. Adicionalmente, estas instâncias podem ser utilizadas para a criação de *benchmarks*, que até à data não existem.

Assim, de forma a atingir o principal objetivo, neste trabalho pretende-se reunir dados a nível global já existentes na literatura e, adicionalmente, recolher novos através do contacto direto com investigadores com estudos e trabalhos extensos na área, hospitais e outras entidades relevantes, sendo para isso necessário:

- Definir o problema através da caracterização do Bloco operatório (BO) e do conceito de *Benchmarking* e *Benchmark instances*, bem como uma descrição detalhada do estado atual da atividade cirúrgica em Portugal;
- Realizar uma revisão de literatura atual focada nos níveis de decisão estratégico, tático e operacional e os seus respetivos problemas, bem como as soluções já estudadas e descritas na literatura e os indicadores de desempenho por elas utilizados;
- Contactar várias entidades relevantes na área, como investigadores e gestores hospitalares, para a obtenção de dados;
- Definir um modelo *standard* para ser utilizado na formação das *benchmark instances* e converter os dados recolhidos para esse modelo;
- Publicar as *benchmark instances* num *website* público.

1.3 Estrutura do Documento

A presente dissertação é composta por seis capítulos. No Capítulo 1, é realizada uma introdução à dissertação, onde é apresentado e contextualizado o tema que explicita a motivação do estudo. São ainda enumerados os objetivos do projeto e uma breve explicação do processo para os concretizar, sendo por fim detalhada a estrutura do documento.

No Capítulo 2, o problema em estudo é caracterizado. Com esse propósito, é apresentada uma visão geral do funcionamento do BO e das suas entidades envolvidas. De seguida, é definido o problema em questão e é descrito o conceito de *benchmarking* e *benchmark instances*, a sua importância e a sua aplicação à otimização do planeamento do BO. Por fim, é realizada uma análise da atividade cirúrgica em Portugal, e, adicionalmente, é dada uma visão geral de dois hospitais em particular, o Centro Hospitalar Universitário Lisboa Norte, E.P.E. (CHLN) e o Hospital do Espírito Santo de Évora, E.P.E. (HESE).

O Capítulo 3 é destinado a uma revisão de literatura acerca do planeamento e escalonamento do BO. São abordados os vários níveis de decisão, são expostos os problemas associados e são revistos os indicadores de desempenho e parâmetros mais utilizados. Por fim, é explicitado o estado atual da literatura relativamente à aplicabilidade dos artigos e metodologias no âmbito, conduzindo à relevância do desenvolvimento da dissertação.

No Capítulo 4 é explicitada a metodologia utilizada nas três grandes fases do projeto, a recolha, o tratamento e a partilha de dados. Dentro de cada uma das fases, é detalhado o procedimento seguido para alcançar os diferentes objetivos.

O Capítulo 5 dedica-se à apresentação dos resultados obtidos nas três diferentes fases anteriormente referidas. Primeiramente, é feita uma análise às respostas recolhidas no contacto com investigadores e hospitais. De seguida, são apresentados e analisados os dados recolhidos. Por último, é demonstrada a plataforma escolhida para a partilha desses mesmos dados em forma de *benchmark instances*.

No último capítulo, Capítulo 6, são relatados os objetivos alcançados ao longo do processo da dissertação e enumeradas as conclusões retiradas, bem como referidas oportunidades para um possível trabalho futuro a ser desenvolvido na área.

2. Descrição do Problema

Ao longo deste capítulo o problema em estudo é contextualizado. Em primeiro lugar é realizada uma visão geral do funcionamento do Bloco operatório (BO) (Secção 2.1) e o problema associado à investigação da sua otimização é definido na Secção 2.2. De seguida, os conceitos de *benchmarking* e de *benchmark instances* são definidos, bem como a sua aplicabilidade ao planeamento e escalonamento do BO (Secção 2.3). Por último, é realizada uma análise da atividade cirúrgica em Portugal (Secção 2.4), mais centrada em dois hospitais em particular, o CHLN e o HESE (Secção 2.5) e é realizada uma conclusão do presente capítulo na Secção 2.6.

2.1 Bloco Operatório

O Bloco operatório (BO) representa um elemento crucial na gestão hospitalar e na prestação de um serviço de alta qualidade aos pacientes. A presente secção tem como objetivo dar uma visão geral do bloco operatório e do seu funcionamento (Secção 2.1.1) e caracterizar as entidades envolvidas no mesmo (Secção 2.1.2).

2.1.1 Visão geral

Segundo o Ministério da Saúde, o Bloco operatório (BO) é uma unidade hospitalar que se destina a intervenções cirúrgicas, exames ou outros procedimentos invasivos que necessitem de um controlo de assepsia e anestesia, através de um conjunto de meios físicos e humanos, com o objetivo de eliminar qualquer dano que impeça o estado clínico saudável do paciente [13]. Cada Bloco operatório (BO) é constituído por uma ou mais Sala de operações (SO), conjuntamente com salas de desinfeção, salas de apoio e salas de indução anestésica. É uma unidade com elevadas exigências técnicas, englobando um número considerável de recursos humanos e materiais, e, portanto, difícil de gerir eficientemente [14].

As várias unidades hospitalares influenciam-se mutuamente. As duas principais unidades de saúde que se interligam com o BO são: a Unidade de Cuidados Intensivos (UCI) (*Intensive Care Unit* (ICU), em inglês) e a Unidade de Cuidados Pós-Anestésicos (UCPA) (*Post-Anesthesia Care Unit* (PACU), em inglês). Quando a UCPA se encontra congestionada, os pacientes que terminam uma cirurgia não podem ser transferidos para essa mesma, tendo que permanecer na Sala de operações (SO), afetando o plano laboral desse dia. A capacidade da UCI influencia de forma análoga a saída de pacientes da SO [3]. Desta forma, é vantajoso optar por um estudo que integra as unidades de saúde ao BO, com o intuito de melhorar a sua eficiência conjunta.

A abordagem do planeamento e escalonamento de uma forma integrada torna o caso de estudo mais complexo, mas muito mais fiel à aplicação real. Apenas 50% dos artigos relativos à otimização do BO utiliza esta abordagem, os restantes focam-se apenas no BO como uma unidade isolada [6]. Este

facto deve-se à dificuldade e complexidade acrescida, tanto em recursos humanos adicionais, como recursos materiais a gerir e avaliar.

Cada paciente chega ao BO proveniente das urgências, do internamento ou de serviços ambulatórios. É assim possível dividir cada cirurgia em dois tipos: programadas (ou eletivas) e urgentes (ou não eletivas). Os pacientes que provêm do serviços de urgências são caracterizados com cirurgias não eletivas, ou seja, cirurgias não previstas que devem ser iniciadas num curto espaço de tempo. Por outro lado, na maioria dos casos, os pacientes que provêm de serviços ambulatórios ou do internamento realizam cirurgias eletivas ou programadas que, tal como o nome indica, são previstas e agendadas para uma data, hora e SO específica [3].

Cada intervenção cirúrgica está associada a uma especialidade, como por exemplo, Neurocirurgia, Cirurgia Torácica, Cirurgia Geral, Urologia, Cirurgia Plástica, entre outras. Devido à grande diversidade de especialidades e de intervenções cirúrgicas, a otimização do planeamento do BO é alvo de vários estudos nos quais são aplicadas diversas metodologias. É na formação de um horário semanal para cada BO, no qual é correspondido cada bloco de tempo a cada especialidade, e na alocação de cirurgias em lista de espera a cada uma das Sala de operações (SO), atribuindo-lhe uma data e uma hora, que se encontra com maior frequência dificuldades na sua otimização. Uma alocação ineficiente gera tempos mortos na SO e, por conseguinte, custos adicionais ao hospital [15]. Sendo uma das unidades mais dispendiosas, a sua gestão adequada é de suma importância, logo é alvo de vários estudos com o objetivo de elaborar novas metodologias para a sua otimização.

Várias abordagens a estas problemáticas foram estudadas, ainda que nenhuma seja habitualmente implementada. Estas são discutidas no Capítulo 3. Para facilitar a compreensão dessas abordagens, de seguida, é realizada uma caracterização das entidades envolvidas no BO.

2.1.2 Entidades envolvidas

As entidades envolvidas no Bloco operatório (BO) têm uma elevada importância quando pensamos em otimização. As decisões, objetivos e prioridades de cada uma delas influencia a gestão hospitalar mas em conjunto formam uma equipa médica responsável por cada cirurgia. Assim, é importante definir e caracterizá-las.

Cirurgião: É uma das principais entidades da Sala de operações (SO), pois é o médico responsável pela cirurgia e pela maioria das decisões tomadas no seu decorrer. O planeamento e escalonamento também depende principalmente desta entidade por duas razões. A sua disponibilidade é a que mais afeta e define o agendamento da cirurgia e é este que estima o tempo de cada operação. Habitualmente está associado a uma especialidade específica, apesar de realizar vários tipos cirurgias dentro da área [16]. As sua principais funções vão desde o pré-operatório, com a avaliação, observação e preparação

do doente para a cirurgia, o decorrer da cirurgia (perioperatório), de se certificar da existência de todos os recursos humanos e materiais necessários, até ao cuidado e observação no pós-operatório. É ainda responsável pela realização de um relatório final composto por todos os procedimentos cirúrgicos efetuados. Dependendo da cirurgia a realizar é necessário um ou mais cirurgiões. No caso de serem vários, um é definido como cirurgião principal e os restantes como cirurgiões assistentes, ainda que as tarefas anteriormente mencionadas sejam partilhadas. Apesar da sua importância, o cirurgião é bastante dependente das restantes entidades seguidamente caracterizadas [17].

Anestesiologista: É o médico responsável pela administração da anestesia a todos os pacientes submetidos a procedimentos cirúrgicos. Tal como o cirurgião, tem um papel bastante importante, tanto durante a cirurgia, como no pré e pós-operatório [18]. No pré-operatório é responsável pela realização de uma consulta para analisar o estado clínico do paciente e formular o seu plano anestésico. Durante a cirurgia tem como funções administrar a anestesia, controlar e monitorizar os sinais vitais do paciente, a dor e o nível de consciência do mesmo. No pós-operatório tem a obrigação de manter o paciente estável e monitorizá-lo na UCPA até o desaparecer dos efeitos anestésicos. É necessário apenas um anestesiologista por cada cirurgia e cada um deve controlar apenas um paciente de cada vez [17].

Enfermeiro: Existem vários tipos de enfermeiros associados ao decorrer de um processo cirúrgico, cada um caracterizado pelas suas variadas responsabilidades. O Enfermeiro Chefe é encarregue da gestão de todos os enfermeiros (da definição de horários de trabalho, por exemplo), da gestão funcional dos assistentes operacionais e da gestão logística do BO (agendamento cirúrgico, disponibilidade de recursos materiais, por exemplo). O Enfermeiro de Anestesia deve auxiliar o Anestesiologista durante a administração, manutenção e desaparecimento dos efeitos anestésicos. O Enfermeiro Circulante deve garantir tanto a segurança do paciente, bem como de todas as outras entidades durante o ato cirúrgico, verificando que todos os aspetos do BO se encontram em condições normais. Tem ainda a função adicional de recolher os materiais não estéreis já utilizados pelo cirurgião. Por fim, o Enfermeiro Instrumentista é responsável pela verificação de todo o material necessário no momento da cirurgia e pelo manuseamento do material estéril a ser utilizado pelo cirurgião. Para além das funções anteriormente referidas, estes devem assegurar o acompanhamento do paciente até à SO na hora da cirurgia, elaborar registos necessários acerca da cirurgia, auxiliando o relatório final a ser esrito pelo cirurgião principal e acompanhar o paciente até à UCPA no final da cirurgia. Devem ainda ter conhecimento de todo o processo cirúrgico para anteverem as necessidades do cirurgião ou corrigir pequenas falhas que possam ocorrer [16].

Assistentes Operacionais: Tal como referido anteriormente, estes são geridos pelo Enfermeiro Chefe. São responsáveis pela higienização e limpeza da SO e pela realização de cuidados adicionais ne-

cessários ao paciente. Todavia, é a entidade que tem maior influência numa das medidas de desempenho mais estudadas, o tempo médio de transição entre diferentes cirurgias (*turnover time*). Os assistentes operacionais têm um intervalo de tempo pré-definido para a realização da higienização da SO, para que tudo esteja pronto para a cirurgia seguinte. Desta forma, a sua produtividade é bastante influente na otimização do horário cirúrgico definido diariamente para cada bloco [16].

Apesar de não serem recursos humanos contratados pelas unidades hospitalares, os pacientes são uma entidade extremamente importante no planeamento e escalonamento da atividade cirúrgica do BO. É por isso relevante descrevê-los e detalhar a sua influência no mesmo. Existem dois tipos de classificação que lhes pode ser atribuída: pacientes eletivos e pacientes não eletivos, pacientes internados e pacientes de ambulatório. Pacientes **eletivos** estão associados a cirurgias que são programadas antecipadamente, às quais é associada um SO, uma data e uma hora. Por outro lado, pacientes **não eletivos** são pacientes com chegadas não previstas que necessitam de cirurgias urgentes, normalmente a decorrer nas duas/três horas seguintes à sua chegada ao hospital [18]. Dentro dos pacientes eletivos e não eletivos, podemos ainda distinguir entre pacientes **internados**, que pernoitam pelo menos uma noite no hospital, e pacientes de **ambulatório** que, habitualmente, entram e saem do hospital no mesmo dia [19]. Adicionalmente, a cada cirurgia é associada uma prioridade, a qual definirá a ordem pela qual as cirurgias serão agendadas. Esta prioridade pode ser afetada pelo tipo de cirurgia a realizar, mas também pela idade do paciente, por exemplo. Cada paciente pode ainda apresentar várias características que influenciam a cirurgia. Exemplos dessas características são a idade e o género do paciente, presença de outras doenças (não relativas à cirurgia) ou fatores de risco, como a obesidade.

Ainda que o número de entidades envolvidas no BO não seja elevado, a combinação de todas as suas características e necessidades resulta no aumento da complexidade da organização do mesmo. O agendamento de uma única cirurgia depende da disponibilidade simultânea de todas as entidades, incluindo a do paciente. Ademais, a produtividade dos médicos e assistentes contratados pelo hospital é uma condicionante fulcral para a redução de tempos mortos e, consequentemente, da otimização do planeamento das cirurgias. Assim, é importante entender a importância da inclusão destas entidades no estudo das problemáticas do BO.

2.2 Definição do Problema

O planeamento e escalonamento do BO é um dos processos mais complexos do hospital. O número de entidades envolvidas, de especialidades e de recursos materiais necessários e os cuidados a ter no processo cirúrgico, culminam num elevado custo operacional. Adicionalmente, a crescente procura e necessidade de cuidados de saúde, conduz a um aumento da dimensão das listas de espera para cirurgia nos hospitais. Desta forma, a otimização do seu procedimento é de extrema importância.

A otimização da utilização do BO é crucial ao funcionamento eficaz da unidade hospitalar. Neste sentido, cada vez surge um maior interesse no estudo desta problemática, com o objetivo de solucionar dois dos seus grandes problemas: a atribuição de especialidades cirúrgicas às Sala de operações (SO) criando um horário para cada uma das salas (*Master Surgery Scheduling Problem*) e o agendamento da hora e data e alocação da Sala de operações (SO) para cada cirurgia a ser programada (*Elective Patient Scheduling Problem*). Desta forma, a comunidade científica desenvolveu-se no sentido da criação de novas metodologias que consigam colmatar estes dois problemas, com a finalidade de encontrar sempre a solução mais eficaz.

Apesar do crescente interesse e consequente aumento no número de artigos referentes ao tema, é possível identificar um padrão. O número de artigos unicamente teóricos é bastante superior ao número de artigos que se dedica em parte à vertente prática. Adicionalmente, os artigos que a abordam, fazem-no apenas no âmbito de casos de estudo muito específicos, não expondo o problema numa visão geral a vários centros hospitalares [19]. Noutra abordagem, existe um elevado número de revisões de literatura que divide os artigos de várias formas: pelo tipo de metodologia aplicada, pelo problema abordado, pelos indicadores de desempenho utilizados. Em suma, ao analisar a literatura é possível identificar que existe uma lacuna na passagem do estudo teórico para a aplicabilidade deste no mundo real.

Resultante do elevado número de artigos no tema, presentemente existe um número relevante de metodologias já desenvolvidas para a otimização do planeamento do BO. É possível também constatar que apesar de serem desenvolvidas, estas não estão a ser utilizadas em massa pelos hospitais, pois, tal como referido anteriormente, estas metodologias são estudadas teoricamente e na sua maioria não são expostas, testadas e aplicadas a casos reais. E ainda que sejam, é através de casos de estudo num hospital, com um conjunto de dados que não se encontra livre para o uso público. Independente do número de metodologias existentes, não foi ainda realizada uma comparação entre estas, portanto não existe uma conclusão de qual apresenta a solução mais eficiente. Logo, quando cada gestor hospitalar tem de optar por uma metodologia a implementar, a decisão é divergente.

É possível identificar dois alicerces desta falha. Os artigos que já desenvolveram a parte prática, testando as suas metodologias, utilizam casos de estudo específicos com dados apenas partilhados com a equipa de investigadores em questão. Assim, cada um deles utiliza um conjunto de dados diferente, tornando a comparação direta entre as diversas metodologias complicada ou até impossível. Por outro lado, o conjunto de artigos que desenvolve metodologias apenas com base teórica, não são testados, nem comparados devido a uma falha na disponibilidade de dados reais referentes ao BO por parte dos hospitais, mas também da comunidade científica. Neste momento, tal como referido no Capítulo 1, apenas existe um *website* com a partilha de dados gerados baseados em parâmetro cedidos por um centro hospitalar o que, para o estado atual da literatura, é insuficiente.

Existem duas alternativas. A primeira baseia-se na partilha de conjuntos de dados que possam ser utilizados por grupos de investigação para testarem as metodologias a serem desenvolvidas. A segunda alternativa passa pela utilização de processos que permitem a comparação direta de metodologias já existentes. Um dos processos mais utilizados para colmatar este problema é o *benchmarking*. Este permite comparar a performance desempenhada por serviços ou procedimentos, encontrando o mais eficiente. Este tipo de processo é inexistente para o estudo em questão, apesar das vantagens que apresenta. Para que seja desenvolvido é necessário que existam conjuntos de dados fornecidos relativos ao funcionamento do BOs, para a criação de *benchmark instances*. Estes conceitos são explicitados na secção que se segue (Secção 2.3), bem como uma breve análise da sua aplicação ao planeamento e escalonamento do BO.

2.3 *Benchmarking*

Existem várias definições para o conceito de *benchmarking* e este pode ser aplicado para diferentes objetivos. Na Secção 2.3.1 será dada uma perspetiva geral da sua definição, dos vários tipos e do seu processo de desenvolvimento. Na Secção 2.3.2 será explicitada a importância desta metodologia e, por fim, na Secção 2.3.3 como será aplicada no caso específico do planeamento e escalonamento do BO.

2.3.1 Visão geral

O *benchmarking* pode ser definido como um processo contínuo utilizado com o objetivo de analisar e comparar a performance desempenhada por uma organização numa tática, serviço ou produto com outras organizações na área, ou seja, possíveis concorrentes. É reconhecida como uma das metodologias mais utilizadas na gestão de qualidade de uma organização, com o intuito de melhorar técnicas e práticas e definir a posição estratégica da mesma [20]. Por ser tão abrangente, este conceito, colecionou várias definições ao longo dos anos.

O *benchmarking* visa diminuir a diferença de performance entre organizações, melhorando táticas existentes, ou adotando novas utilizadas pela organização com melhor performance [21]. Habitualmente, a comparação é feita com empresas de renome ou líderes que ocupam as primeiras posições no mercado [20]. É uma metodologia bastante flexível e pode ser aplicada universalmente, conseguindo, desta forma, chegar a uma enorme gama de entidades [22].

Na realização de um *benchmarking* são criadas ***benchmark instances***. Estas são constituídas por conjuntos de dados recolhidos e podem divergir no tamanho e no conteúdo. Por norma provêm de dados reais cedidos por várias entidades, mas também podem ser constituídas por dados meramente gerados. Relativamente ao seu conteúdo, pode abranger apenas um tipo de informação, um indicador, bem como vários [23]. Pegando no exemplo prático a ser estudado, uma instância pode corresponder

a uma lista de cirurgias programadas na qual, para cada cirurgia, é referida a duração, a prioridade e o tempo de espera.

Ao realizar um *benchmarking* é importante definir o modelo que será utilizado para a formação das *benchmark instances*. No desenvolvimento deste, deve-se definir o tipo de dados que cada instância irá incluir e de que forma será apresentado. Para a sua correta formação, é importante a procura dos indicadores de desempenho certos ligados à avaliação da performance do processo em estudo, para que, sejam englobados o tipo de dados mais proveitoso. Assim, após a recolha de dados, cada conjunto é convertido numa instância, para que todos os dados recolhidos de diferentes fontes se encontrem num formato *standard*. Cada *benchmark instance* pertence a um problema específico e/ou uma organização específica e, portanto, são interessantes de uma perspectiva organizacional [23]. Após o seu desenvolvimento, as instâncias são utilizadas para dar continuidade ao processo de *benchmarking*. Ao utilizar as várias instâncias em diferentes modelos, é possível comparar as várias performance e definir a sua posição no mercado.

A presente dissertação não tem como objetivo realizar um *benchmarking*, mas sim criar várias *benchmark instances* que possam posteriormente ser utilizadas para testar e avaliar novas metodologias, mas também para que possam ser englobadas na formação de um futuro *benchmarking*. Desta forma, é importante criá-las congruentes com o tipo de *benchmarking* que poderá ser desenvolvido.

O conceito de *benchmarking* evoluiu ao longo dos anos, sendo possível distinguir cinco fases: Análise Competitiva do Produto ou Engenharia Reversa, *Benchmarking* Competitivo, *Benchmarking* de Processos, *Benchmarking* Estratégico e *Benchmarking* Global [20].

Relativamente à primeira fase, a **Análise Competitiva do Produto** baseava-se na comparação de características e funcionalidades de serviços ou produtos com outros similares de outras organizações [20]. Era comum adquirir o produto ou serviço de uma empresa concorrente, desintegrá-lo para uma análise mais completa das suas características que posteriormente seriam utilizadas na produção de uma nova versão do produto em questão [21].

O ***Benchmarking* Competitivo** transformou a análise de características para a análise do processo de desenvolvimento do produto, comparando eficiência e custos de produção com a concorrência [24]. Tinha como objetivo compreender as decisões estratégicas que fariam uma organização ter vantagem competitiva perante as outras [20].

O ***Benchmarking* de Processos** mudou a perspetiva das organizações, percebendo que se poderiam comparar com outras de diferentes setores e, dessa forma, adquirir maior conhecimento, resultando num campo de estudo mais vasto [24].

O ***Benchmarking* Estratégico** aproxima-se bastante do conceito atual. É um processo sistemático de avaliação de alternativas, implementação de estratégias e aprimoramento da performance de uma organização, examinando e adotando os comportamentos de sucesso de outras organizações mais

eficientes. É um processo longo e contínuo de desenvolvimento do produto ou serviço [24]. Difere da geração anterior, maioritariamente pelo crescente empenho dedicado a este processo pelas organizações [20].

Por último, o ***Benchmarking* Global** estende as fronteiras geográficas, incluindo organizações com diferenças culturais, resultando numa vasta e heterogénea rede de partilha, com o propósito de maximizar a variedade das alternativas disponíveis, abrindo consequentemente fronteiras mentais para as diversas organizações [24].

Existem vários tipos de *benchmarking*. Estes são definidos através do objetivo que apresentam e da sua aplicabilidade. De seguida, encontram-se resumidos os principais tipos.

Performance: Tal como o nome indica, é utilizado para comparar a performance desempenhada nos processos, produtos e serviços chave de uma organização ou outras formas de medidas de desempenho como, por exemplo a análise de estatísticas operacionais. Desta forma, permite a compreensão da posição estratégica de uma organização [25].

Interno: É aplicado em comparações feitas dentro da mesma organização, entre equipas ou departamentos. É utilizado quando existem unidades mais eficientes que outras, com diferenças na produtividade dos trabalhadores ou na sua situação financeira. É mais comum em grandes organizações [20].

Estratégico: Analisa características específicas das estratégias utilizadas em organizações líderes de mercado, para, posteriormente, serem utilizadas para melhorar a eficiência de uma organização, levando-a a atingir objetivos estratégicos e melhorar a sua posição no mercado [26].

Competitivo: É posto em prática quando se pretende comparar concorrentes diretos, na mesma área. Tem como objetivo posicionar no mercado cada uma das organizações da área [20].

Funcional: Não é aplicado necessariamente a organizações concorrentes, visto que é direcionado para organizações que desempenhem processos semelhantes, mesmo que de diferentes indústrias. Este realiza uma análise apenas à área funcional [27].

Genérico: Da mesma forma que o anterior, não é estritamente aplicado a organizações da mesma indústria, mas sim entre organizações líderes de mercado entre todas as áreas. É utilizado para relações análogas [28].

Ao analisar os vários tipos de *benchmarking* descritos anteriormente e aplicando-os ao caso do planeamento e escalonamento do BO, o *benchmarking* do tipo performance é o mais coerente. Este tipo permite comparar as várias metodologias desenvolvidas e definir posições competitivas, concluindo quais as mais eficientes.

Tal como até agora foi referenciado, a metodologia de *benchmarking* não possui uma uniformidade na sua definição por ser um método tão abrangente. Assim, também o seu processo apresenta um variado número de etapas com diferentes graus de especificidade. De forma a facilitar a compreensão

do conceito, foi desenvolvido um modelo que engloba todas estas etapas, denominado ciclo PDCA - *plan, do, check, act* - ou seja, planear, realizar, verificar, agir [20]. O processo da sua realização está dividido em quatro fases, que podem ser designadas de: **planeamento**, **recolha e análise de dados**, **adaptação** e **implementação**.

Figura 2.1: Processo de *benchmarking* dividido em quatro fases: planeamento, análise, adaptação e implementação.

Na fase do **planeamento**, deverão ser feitas duas perguntas: *O que vai ser o objeto de estudo? Quais as organizações que serão englobadas nesse estudo?* Para responder a estas duas questões, serão estabelecidos os indicadores de desempenho (*key performance indicator*s (KPIs)) a utilizar e escolhidas as organizações a avaliar. Assim, o tipo de *benchmarking* a realizar será mais claro e mais facilmente planeado o modo como serão recolhidos os dados para a sua posterior utilização [29]. A segunda fase pode ser dividida em duas etapas: **recolha de dados e análise de dados**. Para proceder à recolha de dados, deverão ser obtidos os de domínio público, disponibilizados por todas as entidades existentes na área. De seguida, deverá também ser realizado um contacto direto com outras entidades com o intuito de disponibilizarem mais dados, que até ao momento não fossem de domínio público, mas que possam ser proveitosos para o processo em questão. Durante a análise de dados, estes devem ser organizados e uniformizados, dando origem a várias *benchmark instances*. Estas serão utilizadas para identificar diferenças entre as organizações em estudo e para definir os processos considerados críticos que, por um lado levam à melhor performance das organizações líderes e, por outro, levam à baixa performance de outras [30].

As duas últimas fases são referentes à aplicação para cada organização individual. A terceira fase, a **adaptação**, visa definir o objetivo estratégico da organização em estudo, bem como o processo que deve ser posto em prática para esta alcançar esse objetivo e, consequentemente, obter uma melhor performance. Por último, a quarta fase destina-se à **implementação** das ações concretas definidas na

fase anterior e consequente monitorização dos resultados e progresso da organização [31].

O processo de *benchmarking* pode ser visto de uma forma contínua. No fim da quarta fase, após a implementação das mudanças estratégicas definidas, estas devem ser monitorizadas, atualizadas e calibradas se necessário, uma vez que todas as organizações estão em constante evolução e melhoria.

2.3.2 Importância

Existem diversas razões pelas quais uma organização utiliza a técnica de *benchmarking*, como por exemplo, acelerar a melhoria de um processo, atingir um determinado resultado operacional ou resolver um problema organizacional [21]. É uma metodologia que se destaca das existentes, pelo facto de normalizar o conceito da comparação entre organizações e a partilha de dados entre as mesmas, com o fim de promover o desenvolvimento e evolução do mercado [32].

Uma das grandes vantagens que o *benchmarking* apresenta é a identificação das oportunidades de melhoria dentro da organização, avaliando o ambiente exterior e possibilitando a perceção da posição no mercado da mesma. No caso de serem necessárias mudanças profundas, toda a estrutura e cultura de uma empresa será analisada, detetando outras oportunidades de melhoria e, portanto, proporcionando uma maior transformação [33]. É possível argumentar que a partilha de informação de uma organização fará com que esta perca a vantagem perante os seus concorrentes. Mas o facto de que com a melhoria de uma organização, as restantes tenderão a melhorar também, resultando na evolução do mercado e trazendo vantagens para todas as organizações nele envolvidas.

A rápida evolução desta metodologia gerou um número crescente de abordagens e aplicações, alicerçada numa maior partilha inter-organizacional e com diferentes expressões em cada país. Este facto pode dever-se à existência de um paradoxo entre a necessidade de comparação entre organizações e a proteção de dados e de estratégias utilizadas pelos líderes de mercado, para manterem a sua vantagem competitiva. Cabe então a cada organização a decisão de competir ou cooperar [33].

2.3.3 Aplicação ao Planeamento e Escalonamento do Bloco operatório (BO)

Nos últimos anos, o conceito de *benchmarking* tem crescido a nível mundial e tem sido aplicado na monitorização do BO [34]. Apresenta uma vantagem sobre outras metodologias: habitualmente utiliza casos de estudo reais. Para uma unidade como o BO isto é muito pertinente, uma vez que um planeamento realístico da SO tem em conta as incertezas a elas associadas, otimizando a utilização da mesma, a satisfação das entidades envolvidas, e consequentemente, diminui os custos associados evitando a subutilização ou sobreutilização das salas [35].

Quando se iniciou a introdução da aplicação desta metodologia na área da saúde, formaram-se parcerias entre hospitais e universidades. Contudo, estas parcerias são bastante exclusivas, não existindo partilha de dados recolhidos e resultados obtidos através do *benchmarking*. Muito frequentemente, es-

tes dados continuam a ser reservados apenas para os hospitais que os realizam. A escassa partilha de informação e colaboração é um dos grandes problemas observados na área da saúde o que, tal como referido anteriormente, pode dever-se ao paradoxo existente entre os hospitais sobre cooperar ou competir.

Um dos passos mais importantes e desafiantes na realização de um *benchmarking* é a definição dos KPIs, realizada na primeira fase (planeamento). Os KPIs devem ser informações já existentes, evitando-se a escolha de indicadores qualitativos. Para que o estudo seja fidedigno, é importante haver uma conformidade entre os dados dos vários hospitais o que, por vezes, apresenta uma grande barreira na recolha e análise de informação. Desta forma, é habitual utilizarem-se indicadores simples e diretos.

Quando pensamos em vários hospitais, é fácil encontrar diferenças nestes, seja em tamanho, número de especialidades e número de BOs. Mesmo em termos técnicos, as definições para certos processos é distinta de hospital para hospital. A comparação de estruturas com características por um lado semelhantes mas por outro tão diferentes, é um dos grandes entraves à existência de *benchmarks* na área, visto que a dificuldade da uniformização de dados entre vários hospitais é grande. Tomando como exemplo o KPI tempo médio de transição entre cirurgias, vários hospitais definem como o momento desde o qual um paciente sai da SO e o momento em que um novo paciente entra. Para outros hospitais, significa o momento em que o paciente é suturado e o momento em que é feita a primeira incisão no paciente seguinte [34]. É necessário assim, uma precisão bastante rigorosa na definição de cada KPI para que não haja uma comparação incorreta, neste caso entre dois tempos que não representam o mesmo procedimento.

Tal como referido anteriormente, é raro encontrar qualquer tipo de estudo relativo à otimização do planeamento do BO que utilize o *benchmarking* como método para avaliar a performance de um hospital. Adicionalmente, não existe ainda uma mentalidade livre para a partilha de dados de hospitais, existindo apenas um sítio público com a partilha dos mesmo, mas ainda assim, apenas referente a um hospital. No contexto da presente dissertação, o processo de *benchmarking* será iniciado e aplicado ao planeamento do BO apenas até à segunda fase, a recolha e análise de dados com a compilação de conjuntos de dados de diversas fontes, convertidos em várias *benchmark instances*. Os problemas identificados, tanto no funcionamento do BO, bem como na aplicação desta metodologia serão levados em conta, aquando a realização do trabalho. O processo desenvolvido para executar esse fim encontra-se explicitado no Capítulo 4.

2.4 Atividade Cirúrgica em Portugal

De forma a facilitar a perceção do panorama cirúrgico e uma futura recolha de dados hospitalares, na presente secção é feita uma revisão e análise do atual estado da atividade cirúrgica em Portugal. Na Secção 2.5, esta análise é aprofundada para dois hospitais portugueses em particular.

Segundo o Relatório de Estatísticas da Saúde do Instituto Nacional de Estatística (INE), em 2018, existiam 230 hospitais em Portugal, dos quais 119 eram privados. Os hospitais públicos apresentam um maior número de camas e um maior número de habitantes a dispor do seu serviço. Estes podem ainda ser divididos em 174 hospitais centrais (com mais de uma especialidade) e 56 hospitais especializados, apenas com uma especialidade. Em termos cirúrgicos, efetuaram-se 970,2 mil cirurgias e 170,7 mil pequenas cirurgias, das quais 63,6% foram realizadas em hospitais públicos [36]. É de notar que pequenas cirurgias referem-se a cirurgias que não necessitam de ser realizadas num BO, nas quais o paciente tem alta imediata após a intervenção.

Entre 1995 e 2001, com o objetivo de elevar a autonomia e eficiência da coordenação dos hospitais, o Sistema Nacional de Saúde (SNS) criou cinco Administrações Regionais de Saúde (ARS) em Portugal Continental: Algarve, Alentejo, Lisboa e Vale do Tejo (LVT), Centro e Norte [37]. A Figura 2.2 mostra o número de habitantes abrangido por cada uma delas, onde se pode ver que a do Norte e a de LVT são as que albergam um maior número de habitantes.

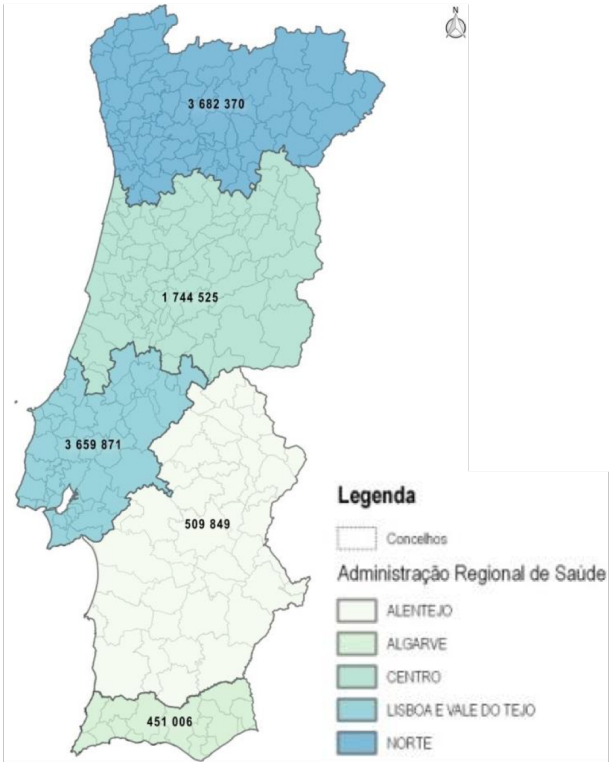

Figura 2.2: Número de habitantes por Administração Regional de Saúde (ARS) [38].

Utilizando a divisão das cinco regiões em Portugal Continental e adicionando as regiões autónomas dos Açores e da Madeira, é pertinente avaliar o número de hospitais e o número de salas de operações existentes em cada uma das ARSs, tendo em mente o número de habitantes abrangidos em cada uma delas. Estes dados podem ser consultados na Tabela 2.1.

Tabela 2.1: Número de hospitais (públicos e privados) e número de salas de operações em Portugal no ano de 2018 [39] [40].

	Nº de Hospitais			Nº de Salas de Operações
	Total	Público	Privado	
Portugal	230	111	119	891
Algarve	11	4	7	28
Alentejo	10	6	4	31
Lisboa e Vale do Tejo	59	28	31	287
Centro	59	34	25	191
Norte	74	33	41	322
Região Autónoma dos Açores	8	3	5	20
Região Autónoma da Madeira	9	3	6	12

Analisando a tabela 2.1, é importante salientar que existem 891 salas de operações em Portugal, com maior distribuição nas região Norte e LVT, tal como esperado, visto que são as duas ARSs com o maior número de habitantes. Noutra perspectiva, o maior número de hospitais corresponde às regiões do Norte, LVT e Centro. Apesar de na região central, o número de habitantes ser muito menor, esta apresenta ainda assim um número elevado de salas de operações, bem como de hospitais.

Ainda que existam cerca de 230 hospitais em Portugal, dos quais 111 são públicos, estes encontram-se divididos em 50 centros hospitalares. Adicionalmente, 16 pertencem à região Norte, 13 ao Centro, 16 a LVT, 4 ao Alentejo e 1 ao Algarve [41].

Através da monitorização mensal realizada pelo SNS dos 50 hospitais [41], foram analisados três parâmetros: a percentagem de capacidade utilizada do BO por ARS (Figura 2.3), a taxa de ocupação cirúrgica (Figura 2.4) e o número de cirurgias programadas e urgentes por cada ARS (Tabela 2.2).

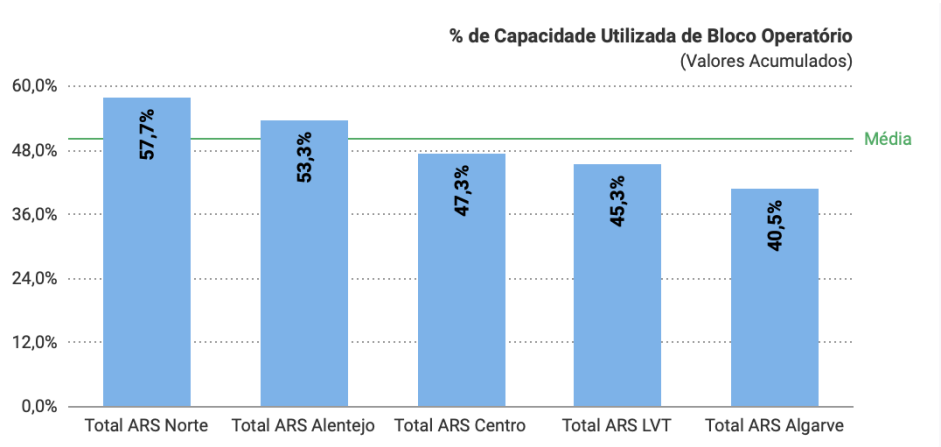

Figura 2.3: Percentagem de capacidade utilizada de BO, referente aos 50 hospitais por ARS em 2019 [41].

Na Figura 2.3, observa-se que, em todas as cinco regiões, a percentagem de capacidade utilizada do bloco operatório ronda os 50%, sendo essa a média. Uma taxa de ocupação cirúrgica elevada e uma percentagem de capacidade de utilização do BO baixa implica uma ineficiência no planeamento do mesmo. Analisando as duas curvas do gráfico da Figura 2.4, verifica-se que tanto a taxa de ocupação médica como a taxa de ocupação cirúrgica são bastante elevadas, apesar de a cirúrgica ser inferior ao longo de todo o ano. A taxa de ocupação médica corresponde à ocupação de todo o hospital, ou seja, de todas as suas unidades, enquanto a taxa de ocupação cirúrgica apenas corresponde a uma unidade, a unidade cirúrgica. As taxas de ocupação elevadas podem levar à ineficiência do hospital e afetar a segurança do mesmo para todos os envolvidos [42].

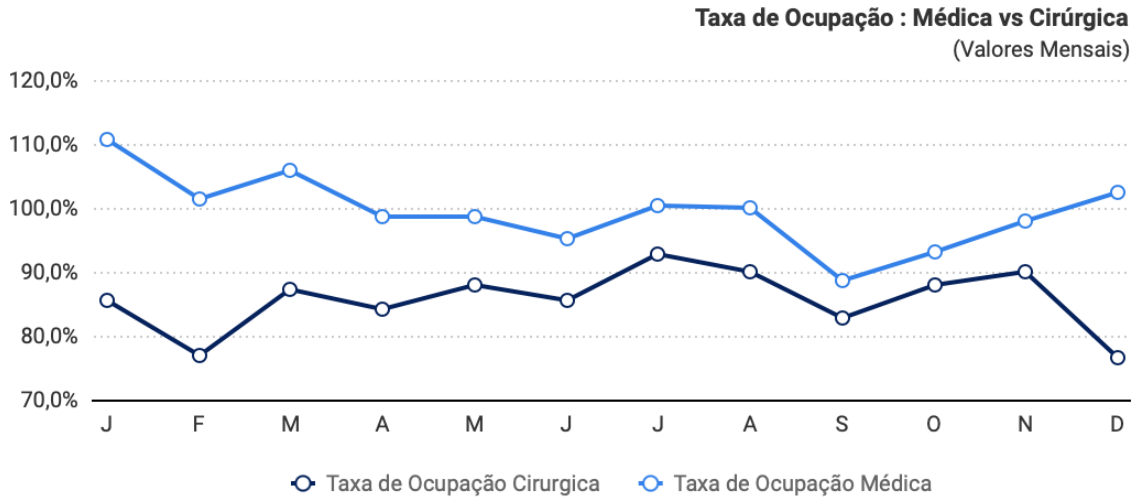

Figura 2.4: Taxa de ocupação médica e cirúrgica em 2019, referente aos 50 hospitais [41].

Através da Tabela 2.2 é possível concluir que o número de cirurgias programadas e cirurgias urgentes mais elevado corresponde às regiões Norte, Centro e LVT. Este resultado é esperado, tendo em conta que estas são as regiões com maior número de habitantes. Ainda assim, a discrepância entre as várias ARS é bastante pequena, principalmente no número de cirurgias urgentes que está equiparado em todo o país. Estes valores serão utilizados posteriormente para analisar o alcance dos dois hospitais específicos em análise dentro da sua Administração Regional de Saúde (ARS).

Tabela 2.2: Número de cirurgias programadas e cirurgias urgentes por 100 000 habitantes (valores acumulados), referente aos 50 hospitais por ARS em 2019 [41].

	Cirurgias Programadas	Cirurgias Urgentes
Algarve	2 569	921
Alentejo	5 815	942
Lisboa e Vale do Tejo	5 314	980
Centro	6 193	1 043
Norte	7 016	1 044

2.5 Hospitais Portugueses

Para facilitar o início da formação das *benchmark instances*, foram disponibilizados dados reais por dois hospitais, o CHLN e o HESE. Ao longo deste capítulo será apresentada uma visão geral destes, CHLN (Secção 2.5.1) e HESE (Secção 2.5.2), bem como alguns resultados obtidos nos últimos anos, para um melhor conhecimento da dimensão de cada um destes hospitais.

2.5.1 Centro Hospitalar Universitário Lisboa Norte (CHLN)

Fundado em 2008, o CHLN resultou da fusão entre o Hospital Santa Maria, E.P.E. (HSM) e o Hospital Pulido Valente, E.P.E. (HPV), ambos situados em Lisboa. Apesar de o HPV não possuir uma vasta variedade de especialidades, as poucas que opera apresentam uma grande diferenciação e especialização. Por outro lado, o HSM dispõe de uma elevada panóplia de especialidades e técnicas, tanto ao nível de ensino como de investigação, sendo constituído pela Faculdade de Medicina de Lisboa e pelo Instituto de Medicina Molecular [43]. Em conjunto, operam dez especialidades: Cirurgia Plástica, Estomatologia, Oftalmologia, Ortopedia, Otorrinolaringologia, Urologia, Cirurgia Cárdio-Torácica, Ginecologia, Cirurgia Vascular e Neurocirurgia [44].

O CHLN abrange cerca de 329 mil habitantes (aproximadamente 3,2% da população portuguesa) na sua área de influência direta (a secção Norte de Lisboa), apesar de oferecer os seus serviços a todo o território nacional, incluindo regiões autónomas [43].

Segundo o Plano de Contas de 2019, o CHLN apresenta um resultado operacional negativo de 96,456 milhões de euros [41]. Em termos de recursos humanos, em 2017, este centro hospitalar era constituído por um total de 6 290 colaboradores, sendo cerca de 87% correspondente ao HSM e os restantes 13% ao HPV. Destes, 1 904 são enfermeiros (30,2%), 1 480 são assistentes operacionais (23,5%) e 1 442 são médicos (22,9%) [45].

Relativamente à atividade cirúrgica, no ano de 2019 realizaram-se 29 996 cirurgias programadas e 5 976 cirurgias urgentes, resultando num total de 35 972 cirurgias, o que corresponde a 5,11% das cirurgias em Portugal e 15,73% das cirurgias na região LVT [41]. Relativamente ao número de pessoas em fila de espera para cirurgia, os últimos dados disponíveis são de 2017, e indicam que existiam 9 280 doentes inscritos, com 114 dias de mediana de tempo de espera [45]. Esta última informação não será mencionada na Tabela 2.3 para que não haja uma comparação errada entre dados de diferentes anos.

O CHLN apresenta uma lotação média de 1 050 camas, das quais 379 são camas cirúrgicas, apresentando uma taxa de ocupação de 89,7% [41]. Uma taxa constantemente superior a 85%, poderá afetar a segurança do hospital e, consequentemente, o seu funcionamento, mas inferior a 80% considera-se um potencial desperdício de recursos [42]. Deste modo, conclui-se que a taxa de ocupação do CHLN é pouco saudável, sendo o acréscimo de 4,7% significativo. Por último, a percentagem de capacidade

utilizada do BO é 39,1%, um valor relativamente baixo sendo que a média em Portugal é 50% [41]. Os dados anteriormente referidos encontram-se resumidos na Tabela 2.3.

Tabela 2.3: Resumo dos dados recolhidos acerca da atividade do CHLN em 2019.

Nº de Especialidades	10
Nº de Habitantes Abrangidos	329 000
Resultado Operacional	- 96 456 000€
Nº Camas Cirúrgicas	379
Taxa de Ocupação	89,7%
% de Capacidade Utilizada do BO	39,1%
Nº de Blocos Operatórios	10

Numa visão mais aprofundada da atividade cirúrgica do centro hospitalar em destaque, é importante referir que o HSM realiza cirurgias programadas e urgentes, ao contrário do HPV, que apenas realiza cirurgias programadas ambulatórias. O HSM possui cinco blocos operatórios, cada um deles com duas salas de operações, somando um total de dez blocos operatórios. Dentro destes dez, seis são dedicadas a cirurgias programadas (duas para Ortopedia, duas para Cirurgia Geral, um para Urologia e um para Cirurgia Vascular) e os restantes quatro são reservadas para cirurgias urgentes de todas as especialidades e para Ginecologia. Cada bloco operatório possui ainda uma UCPA, aberta 24 horas por dia com doze camas disponíveis, no qual cada paciente permanece cerca de 2 a 3 horas.

Na Tabela 2.4 observar-se um balanço do número de intervenções cirúrgicas no CHLN, separadamente por cirurgias programadas e cirurgias urgentes, relativas aos últimos 5 anos.

Tabela 2.4: Atividade cirúrgica no CHLN ao longo dos 5 anos [41].

	2015	**2016**	**2017**	**2018**	**2019**
Cirurgias Programadas	31 746	32 614	32 411	29 461	29 996
Convencional	16 231	15 656	13 275	11 212	10 549
Ambulatória	15 515	16 958	19 136	18 249	19 447
Cirurgias Urgentes	5 323	5 637	6 005	6 161	5 976
TOTAL	37 069	38 251	38 416	35 622	35 972

Numa breve análise, é possível concluir que o número de cirurgias urgentes tem vindo a aumentar ao longo dos anos, apesar de ter diminuído pouco significativamente em 2019, ao contrário do número de cirurgias programadas que se manteve praticamente estável. Verifica-se um aumento significativo das cirurgias ambulatórias assim como uma diminuição no número de cirurgias convencionais.

2.5.2 Hospital do Espírito Santo de Évora (HESE)

Desde 1567 que o HESE incorpora a Santa Casa da Misericórdia de Évora e foi em 2006 que se transformou numa Entidade Empresarial. Devido à sua expansão, em 2008 foi classificado como Hospital Central da região.

Está localizado no Alentejo Central, tendo uma área de influência direta com 155 000 habitantes. No entanto, nos últimos anos tem alastrado e abrangido outras áreas, tais como o Alto Alentejo, Baixo Alentejo e Alentejo Litoral, resultando num total de 473 235 habitantes (cerca de 4,6% da população portuguesa). Visto que é a maior e principal unidade hospitalar do Alentejo, é a única que possui determinadas especialidades e técnicas na área, sendo essa a principal razão da sua afluência [46].

O HESE obteve um resultado operacional negativo de 13,864 milhões de euros em 2019 [41]. Ainda assim, existe um esforço continuo ao longos dos anos no sentido de melhorar os cuidados de saúde prestados. No final do ano de 2017, o HESE contava com 1 501 efetivos, dos quais 516 enfermeiros (34,4%), 338 assistentes operacionais (22,5%) e 301 médicos (20,1%) [47]. Tal como referido para o CHLN, o número de efetivos não entrará na Tabela 2.5 por serem referentes a um ano díspar dos restantes dados.

Analisando a atividade cirúrgica, no ano de 2019, foram efetuadas 16 750 cirurgias programadas e 1 780 cirurgias urgentes, resultando num total de 18 530 cirurgias e, representando assim 2,63% das cirurgias em Portugal e 53,79% das cirurgias no Alentejo [41]. No mesmo ano, o HESE tinha 293 camas, das quais 134 eram camas cirúrgicas, apresentando uma taxa de ocupação de 83,7% [47] e uma percentagem de capacidade utilizada do BO de 84,7%. Quando comparado com outros hospitais portugueses, os presentes resultados são bastante positivos. Os dados anteriormente referidos encontram-se resumidos na Tabela 2.5.

Tabela 2.5: Resumo dos dados recolhidos acerca da atividade do HESE em 2019.

Nº de Especialidades	8
Nº de Habitantes Abrangidos	473 235
Resultado Operacional	- 13 864 000€
Nº de Camas Cirúrgicas	134
Taxa de Ocupação	83,7%
% de Capacidade Utilizada do BO	84,7%
Nº de Blocos Operatórios	6

O HESE possui uma UCPA e seis blocos operatórios [48]. Serve oito especialidades cirúrgicas: Cirurgia Geral, Ortopedia, Urologia, Oftalmologia, Otorrinolaringologia, Cirurgia Plástica, Cirurgia Vascular e Neurocirurgia [47]. Cada um dos blocos opearórios, ao contrário do que acontece no CHLN, opera mais do que uma especialidade. Um dos blocos é dedicado a cirurgias urgentes e a Otorrino-

laringologia, um apenas para Ortopedia, outro para Oftalmologia e os restantes blocos são utilizados para todas as outras especialidades cirúrgicas.

O número de intervenções cirúrgicas realizadas nos últimos 5 anos no HESE pode ser consultado na Tabela 2.6, diferenciadas em cirurgias programadas (convencional e ambulatória) e cirurgias urgentes.

Tabela 2.6: Atividade cirúrgica no HESE ao longo dos 5 anos [41].

	2015	**2016**	**2017**	**2018**	**2019**
Cirurgias Programadas	12 553	12 737	11 610	14 590	16 750
Convencional	5 005	4 604	4 194	4 783	5 586
Ambulatória	7 548	8 133	7 416	9 807	11 164
Cirurgias Urgentes	1 487	1 378	1 449	1 700	1 780
TOTAL	14 040	14 115	13 059	16 290	18 530

O número de cirurgias programadas manteve-se praticamente constante até 2018. Neste mesmo ano e no ano seguinte (2019), o número de cirurgias aumentou devido à construção de duas novas salas de operações, aumentando assim a capacidade de cirurgias do hospital. Destas, tal como no CHLN, realizam-se mais cirurgias ambulatórias e menos cirurgias convencionais nos últimos anos. Relativamente às cirurgias urgentes, o número manteve-se constante.

2.6 Conclusão

No presente capítulo foi descrito o problema em mãos. Primeiramente, foi feita uma visão geral do funcionamento do Bloco operatório (BO) e das suas entidades envolvidas e, de seguida, foi definido o problema. Destas secções, concluiu-se que sendo o BO uma unidade hospitalar bastante complexa e que mais custos acarreta a um hospital, torna-se imprescindível otimizar o seu desempenho. Consequentemente, é necessária a evolução do estudo da otimização do mesmo que, neste momento, se encontra impedida pela falta de partilha de dados, que possam ser utilizados para comparar as metodologias desenvolvidas para colmatar as duas maiores problemáticas do BO, o *Master Surgery Scheduling Problem* (MSSP) e o *Elective Patient Scheduling Problem* (EPSP).

Uma das metodologias mais utilizadas para este fim é o *benchmarking* e a formação e partilha de *benchmark instances*. As suas definições foram dadas na Secção 2.3, bem como a importância que apresentam e como a sua utilização no caso de estudo, apesar de complexa, pode ser uma ponte de lançamento para definir as metodologias mais eficazes no planeamento e escalonamento do BO, que permitirá a cada gestor hospitalar uma escolha mais informada de qual pôr em prática.

Adicionalmente, foi realizada uma análise do estado da atividade cirúrgica em Portugal para um melhor conhecimento do panorama cirúrgico. Neste, concluiu-se que em média apenas 50% da capacidade do BO é utilizada, apesar de a sua taxa de ocupação ser bastante elevada. Foi também analisada a situação de dois hospitais portugueses nos últimos anos, informações estas que serão utilizadas nas

respetivas *benchmark instances*, formadas com conjuntos de dados partilhados pelos mesmos.

No Capítulo 3 será realizada uma revisão de literatura focada no planeamento e escalonamento do Bloco operatório (BO), dividida pelos seus três níveis de decisão - estratégico, tático e operacional - referindo os problemas que apresentam, os indicadores de desempenho mais utilizados e as soluções já estudadas pela literatura.

3. Revisão de Literatura

No presente capítulo é apresentada uma revisão de literatura acerca do planeamento e escalonamento do Bloco operatório (BO) para uma melhor compreensão do problema a abordar. Na Secção 3.1 é explicada a hierarquia dos níveis de decisão mais comummente utilizada na literatura, na Secção 3.2 são apresentadas as duas problemáticas em estudo, bem como metodologias desenvolvidas para as resolver, na Secção 3.3 são revistos os indicadores de desempenho e os parâmetros mais utilizados. Na Secção 3.4 é realizada uma revisão da literatura acerca da aplicabilidade dos artigos desenvolvidos na área. A Secção 3.5 serve de conclusão.

3.1 Níveis de Decisão

A gestão de um Bloco operatório (BO) implica vários fatores, recursos materiais, procedimentos e entidades envolvidas, sendo uma unidade hospitalar bastante complexa. Assim, a sua otimização também é, consequentemente, um processo complexo, existindo já vários métodos para facilitar o seu estudo.

Analisando a literatura existente, a vasta maioria considera que o planeamento e escalonamento do BO pode ser decomposto em três níveis hierárquicos - **estratégico**, **tático** e **operacional** [49] [50] [51] [52] [53]. Estes estão associados ao tempo e à disponibilidade de informação, e, desta forma, o impacto que cada decisão implica está diretamente associado ao nível de detalhe que apresenta. As decisões globais são tomadas no primeiro nível (nível estratégico), enquanto que as decisões baseadas em informação mais detalhada são tomadas posteriormente (tático e operacional) [3]. É de notar que os três níveis estão diretamente associados visto que a decisão do primeiro influencia as decisões do segundo e terceiro nível, e assim consecutivamente [50]. Esta associação leva a um crescente interesse por parte da comunidade científica de estudar os três níveis de decisão conjuntamente, de forma a avaliar as influências e consequências que apresentam em cadeia. Porém, como o nível de complexidade de um nível isolado já é bastante elevado, ao juntar os três, a complexidade aumenta exponencialmente e gera-se um estudo bastante desafiante [54]. Na Secção 3.1.1, Secção 3.1.2 e Secção 3.1.3 são detalhados pormenorizadamente os diferentes níveis hierárquicos de decisão e resumidos na Figura 3.1.

3.1.1 Nível Estratégico

O primeiro nível corresponde às decisões a nível estratégico. O seu planeamento é extenso e pode demorar mais de um ano até ser implementado, tendo assim um impacto a longo prazo no BO e podendo alterar a sua função. É baseado em previsões, projeções e informação generalizada. [51].

Este nível aborda decisões estruturais que definem o comportamento global que se pretende implementar. Tal como o nome indica, o seu propósito é definir estratégias, a forma como estas são aplicadas e estudar de que forma a sua aplicação afeta o a eficiência do BO [49].

Alguns exemplos práticos de decisões estratégicas aplicadas ao BO são a construção de um centro ambulatório, implementação ou desenvolvimento de novos protocolos médicos ou a aquisição de novos recursos materiais [52] [49]. Este tipo de decisões pode ser tomada quando existe necessidade de aumentar a capacidade do BO devido a uma procura mais elevada que a oferta ou, por outro lado, para expandir o alcance do próprio hospital, com o objetivo de atingir um nível mais elevado de procura [2].

Uma das principais decisões a ele associada é a definição anual do tempo que cada Sala de operações (SO) terá atribuída a cada especialidade existente no hospital [50]. Desta forma, está associado a problemas no planeamento e alocação da capacidade de resposta à procura, sendo o mais comummente estudado na literatura, o *Case-Mix Problem*.

3.1.2 Nível Tático

O nível de decisão tático representa um nível intermédio entre o nível estratégico e o nível operacional. Normalmente implementa as decisões tomadas no nível anterior, facilitando a aplicação das do nível posterior. É mais detalhado que o nível estratégico e menos baseado em projeções, visto que a única característica que é estimada é a procura. Esta é prevista através do nível das listas de espera [2].

Aborda a organização de todo o procedimento, respondendo a várias perguntas: *o quê?, quem?, onde?, quando? e como?*. Por norma, estas decisões são tomadas uma ou duas vezes por ano, ou seja, têm um horizonte temporal mais reduzido [52]. Um exemplo prático de uma decisão tática é o escalonamento dos turnos dos recursos humanos do BO, como enfermeiros ou cirurgiões [49].

Neste nível, uma das decisões mais importantes é a criação de um horário cíclico semanal que se denomina, em inglês, por *Master Surgery Schedule* (MSS) [53]. Utilizando o número de horas designadas a cada especialidade já definido no nível de decisão estratégico, é possível definir o número de BOs disponíveis, o número de horas que estes operam e a que cirurgiões e especialidades essas horas serão atribuídas [50]. A definição deste horário semanal é de elevada complexidade devido à incerteza associada à procura, maioritariamente nas cirurgias não eletivas. Por exemplo, cada gestor hospitalar encontra-se na indecisão entre deixar um BO disponível para as cirurgias urgentes, implicando que sempre que estas não existem, o BO não é utilizado, ou alocar cirurgias para todos os blocos, que posteriormente podem ser canceladas aquando o aparecimento de uma cirurgia urgente. A alocação de cada BO às especialidade existentes é denominado por MSSP e é abordado na Secção 3.2.1.

3.1.3 Nível Operacional

Por último, o terceiro nível de decisão é o operacional. Este engloba as decisões a curto prazo (uma semana) que devem assegurar o funcionamento do dia-a-dia do BO. Após a definição do MSS, é necessário realizar o escalonamento de cada paciente eletivo em lista de espera, com um horizonte temporal de uma semana. Esta tarefa é uma das incluídas no presente nível de decisão [50].

Tal como referido anteriormente, possui um nível de informação mais detalhado, existindo já um conhecimento acerca da procura (cirurgias eletivas), mas sendo necessário realizar uma previsão das cirurgias urgentes. Adicionalmente, este nível é o menos flexível, visto que todas as decisões tomadas anteriormente, influenciam as decisões operacionais [51].

O planeamento operacional pode ser visto como um todo, ou pode ainda ser dividido em duas fases: *offline* e *online* [6]. A primeira reflete a marcação de cada cirurgia para uma SO específica, a definição do início e fim da cirurgia e também a reserva prévia do equipamento necessário. A segunda fase, *online*, ocorre no dia da cirurgia e implica a sua monitorização e a reação a eventos inesperados que possam surgir. Esta fase é necessária devido à incerteza existente na atividade cirúrgica, na chegada de cirurgias urgentes e a falta de um equipamento necessário [52]. O problema associado à alocação de uma SO para cada cirurgia e definição de data e hora para a mesma é denominado por *Elective Patient Scheduling Problem* (EPSP) e está incluído no nível de decisão operacional. Este encontra-se explicado na Secção 3.2.2.

Figura 3.1: Hierarquia dos três níveis de decisão - estratégico, tático e operacional - do planeamento e escalonamento do Bloco operatório (BO). As principais decisões e o horizonte temporal que os caracteriza.

3.2 Problemas no planeamento e escalonamento do BO

Para além de o planeamento do BO ser um processo complexo, devido ao elevado número de entidades e recursos envolvidos, é uma unidade que possui grande incerteza em todo o seu processo. Porém, é a unidade hospitalar que mais custos apresenta e que tem as maiores listas de espera. Assim, nos últimos anos, observou-se um aumento no número de artigos existentes que estuda a sua otimização, bem como os problemas a ele associados. Utilizando a divisão hierárquica anteriormente proposta, é possível identificar os principais problemas associados a cada nível de decisão: no estratégico o *Case-Mix Problem*, no tático o *Master Surgery Scheduling Problem* e no operacional o *Elective Patient Scheduling Problem*. No contexto da presente dissertação, a literatura referente ao MSSP e ao EPSP será analisada de seguida.

3.2.1 *Master Surgery Scheduling Problem* (MSSP)

O *Master Surgery Schedule* (MSS) é um horário cíclico que distribui o número de horas que cada BO opera por cada uma das especialidades existentes e respetivos cirurgiões [55]. É realizado semestralmente, apesar de poder ser alterado quando necessário, por exemplo quando o número de horas total que cada BO opera, altera. Na sua realização é importante ter em consideração as duas unidades de pós-operatório associadas (UCPA e UCI), pois a capacidade das mesmas pode influenciar todo o processo. É ainda essencial considerar a incerteza associada à chegada de pacientes não eletivos e à duração de cada cirurgia na formação do horário [19].

A utilização de um horário cíclico possui vantagens e desvantagens. Um horário não cíclico aumenta a flexibilidade do planeamento e diminui gastos associados à equipa médica. Por outro lado, um horário cíclico diminui a incerteza associada à procura. Assim, este último possibilita um melhor planeamento dos seus recursos materiais e diminuição do custo dos mesmos e, consequentemente, a diminuição do número de cancelamentos existentes e aumento da receita associada a cada cirurgia [49]. Considerando todas as desvantagens e vantagens, o horário cíclico, MSS, é o mais utilizado pelos hospitais [56].

A definição de um MSS é um processo complexo devido ao elevado número de objetivos que pretende abranger. Na literatura, os mais referenciados são o equilíbrio entre as listas de espera das várias especialidades, a minimização de mudanças necessárias no MSS durante cada semestre, a maximização da utilização do BO, a minimização dos custos associados ao BO, a maximização do lucro, a minimização dos cancelamentos e dos tempos de espera e a minimização do número de horas extra necessárias. Têm sido desenvolvidas várias metodologias e abordagens no sentido de atingir estes objetivos, aplicando vários métodos, desde programação inteira mista a métodos metaheurísticos [57].

Em 2009, um grupo de investigação holandês analisou a influência de considerar o tempo de permanência num centro cardiotorácico uma variável estocástica e não determinística. Com o objetivo de otimizar o nível de utilização dos recursos materiais necessários e utilizando um modelo de programação linear inteira mista, foi criada uma distribuição empírica para o tempo de permanência, tanto na UCI como na Unidade de Cuidados Médios (UCM). Concluíram que é possível diminuir em 40% os desvios existentes entre a disponibilidade e a utilização dos recursos materiais, quando considerado o tempo de permanência uma variável estocástica, melhorando o nível de utilização dos mesmos. Adicionalmente, demonstraram que a inclusão das unidades que se interligam com o BO no estudo deste, resulta numa considerável melhoria na performance do mesmo [58].

Ainda em 2009 em parceria com o centro médico de Roterdão, foi definido um MSS como um modelo matemático contendo restrições probabilísticas, com o intuito de otimizar a utilização do BO e diminuir a utilização de camas nas unidades interligadas, como por exemplo a UCI. Desta forma, foi possível também diminuir a incerteza associada ao tempo de cirurgia. Posteriormente foram ainda adicionadas

outras restrições feitas pelas entidades envolvidas, bem como o estudo de outros recursos materiais influentes no BO. Concluíram que a implementação de um horário cíclico para o planeamento dos seus BOs otimiza a sua utilização e diminui os custos associados do mesmo [59].

Em 2017, utilizando um algoritmo genético híbrido, foi desenvolvido um modelo capaz de determinar que tempo de cada BO deverá ser atribuído a cada especialidade e a cada equipa médica, enquadrado num caso de estudo num hospital italiano. Neste foi tido em consideração as necessidades que cada entidade apresenta, os recursos materiais exigidos e as características de cada cirurgia, com o objetivo de otimizar o conflito de todos os parâmetros e que a melhoria de um não implica a deterioração de outro. Adicionalmente, permite que o estado das listas de espera, a disponibilidade dos recursos materiais e humanos esteja em constante atualização e, portanto, que o planeamento do semestre seguinte seja facilitado e fiável. Este modelo, apesar de simples, pode ajudar o gestor hospitalar a fazer melhores escolhas aquando a definição do MSS. Ainda assim, é necessário que este seja testado com a inclusão de mais parâmetros, visto que os utilizados no presente estudo representam um número insignificante comparativamente ao número necessário de gerir no planeamento do BO [60].

Mais recentemente, em 2018, um grupo de investigação em colaboração com um hospital alemão, estudou um modelo ótimo para a distribuição das horas ativas para cirurgia por cada BO, com o objetivo de diminuir o número de cirurgias canceladas ou a necessidade de realizar horas extra. Algumas barreiras foram encontradas associadas à incerteza da duração de cada cirurgia, que foram combatidas com a inclusão de probabilidades ao invés de médias. Concluiu-se que a otimização da definição do MSS está diretamente associada a alguns indicadores de desempenho como o número de horas extra e a utilização do BO e que, a previsão mais certeira da duração de cada cirurgia é bastante relevante para o planeamento diário de cada SO. O presente estudo foi apenas desenvolvido para duas especialidades do hospital, apesar de cada BO ser utilizado para mais que uma, sendo esta a grande barreira da aplicação do modelo desenvolvido a um caso real [61].

Existem vários aspetos que podem ser considerados na construção de um MSS: a inclusão das unidades associadas ao bloco (UCI e UCPA), a equipa médica, os recursos materiais necessários, os custos e ganhos associados à atividades cirúrgica, a categorização de pacientes, a inclusão dos pacientes não eletivos, o número de horas extra e o tempo de inatividade do bloco, entre outros [61] [62] [63] [64] [65] [66]. Ainda assim, alguns aspetos não são tão frequentemente estudados, como é o caso das preferências dos cirurgiões [56]. A inclusão de vários aspetos no desenvolvimento de modelos de otimização provoca o aumento na complexidade do estudo mas, por outro lado, aproxima-o ao caso de hospitais de grande dimensão. Existe ainda um longo caminho a percorrer na presente área de investigação, para a combinação de um número significativo de fatores que afetam o planeamento do BO, por forma a que a sua aplicação seja mais fiável e interessante para a aplicação ao mundo real.

Independentemente do objetivo e metodologia abordada, existem três estratégias - ***block, open*** e ***modified block*** - utilizadas para o estudo do problema em mãos - *Master Surgery Scheduling Problem*.

Block Strategy

É a estratégia mais utilizada entre os hospitais. Nesta, o número de horas ativas de cada Bloco operatório (BO) é dividido em blocos que, posteriormente, são divididos pelas especialidades existentes no hospital. Cada bloco consiste num intervalo de tempo associado a uma data e SO específica [67]. Cada especialidade fica responsável pelos blocos a ela atribuídos, no quais associa uma equipa médica a cada um deles. São ainda responsáveis por reservar os recursos materiais necessários com antecedência, sendo que na sua maioria, estes estão associados ao tipo de cirurgia. Por norma, cada bloco fica atribuído a uma especialidade durante algumas semanas ou meses, podendo sofrer alterações quando necessário, como por exemplo, quando existe uma mudança repentina no número de pacientes em lista de espera para cada especialidade [50].

Este tipo de estratégia facilita a realização das decisões operacionais, visto que a associação de cada especialidade a cada BO já se encontra definida pelo MSS, facilitando a associação de cada cirurgia ao bloco respetivo. A maioria dos cirurgiões prefere esta abordagem visto que lhes é permitido associar as cirurgias a qualquer altura do dia dentro do seu bloco, e a sua carga horária já se encontra previamente agendada [3].

Por outro lado, também apresenta algumas desvantagens. O facto de o tempo de cada BO encontrar-se atribuído a cada especialidade ou mesmo a cada cirurgião, impossibilita a utilização deste por outras especialidades ou outros cirurgiões, mesmo que não esteja a ser utilizado. Isto resulta portanto, numa menor utilização do bloco e cria tempo “morto” entre cirurgias [5].

De forma a otimizar a utilização de todo o tempo disponível dos BOs, algumas cirurgias são reagendadas entre dois a três dias antes, alterando a sua hora de início. Este processo é feito manualmente, mas nos últimos anos surgiram alguns modelos que o realizam de forma mais eficaz. Em 2015, nos Estados Unidos, um grupo de investigadores reuniu dados de três hospitais e formularam um modelo que reagendava as cirurgias necessárias, dois dias antes destas ocorrerem. Provaram que o agendamento mais próximo da data, reduzia os custos associados à equipa médica a operar em cada BO. Além disso, mostraram que um hospital que coopera ativamente com os seus cirurgiões, consegue aumentar o número de cirurgias realizadas com o mesmo número de BOs e que a introdução de um número apropriado de turnos longos é benéfica e potencia uma melhoria na performance de cada BO [68].

Open Strategy

É menos utilizada que a estratégia anterior e representa uma variante da mesma. É mais flexível visto que não existe uma associação entre cada BO e cada especialidade. Desta forma, vários cirurgiões de várias especialidades podem operar na mesma SO à mesma hora, em dias diferentes [67]. O seu processo é mais simples, cada cirurgião marca as cirurgias que pretende realizar, com dois ou três dias de antecedência, e o gestor responsável pelos BOs atribui essas cirurgias a uma ou mais SO.

O escalonamento do BO funciona como um todo, não havendo prioridade entre cirurgiões para a marcação de cirurgias [69]. Habitualmente é aplicada a metodologia de *first-come-first-served*, o que significa que as primeiras cirurgias a terem uma SO associada, são as que correspondem aos cirurgiões que realizarem a marcação primeiro. Desta forma, não existe uma prioridade entre especialidades, nem por SO, nem data, nem hora [70].

Tal como a *block strategy*, esta apresenta algumas vantagens e desvantagens na sua utilização. O facto de apresentar uma maior flexibilidade no escalonamento resulta numa maior taxa de utilização do BO, diminuindo os tempos mortos existentes entre cirurgias [19]. Como cada cirurgião não necessita de esperar pela disponibilidade de uma SO específica, visto que podem realizar as suas cirurgias em qualquer uma delas, a performance e o número de cirurgias realizadas por dia aumenta significativamente, comparativamente à estratégia anterior [69].

Uma maior flexibilidade do modelo não tem apenas consequências positivas, existindo também algumas desvantagens associadas a esta estratégia. A principal desvantagem prende-se ao acréscimo da dificuldade no planeamento do MSS. Sendo um processo que envolve bastante incerteza, tanto na duração de cada cirurgia, bem como na chegada de pacientes não eletivos, um mau planeamento do MSS resulta num aumento do número de cirurgias perdidas pela falta de disponibilidade de BOs, ou pelo cancelamento de cirurgias devido ao elevado número de pacientes em lista de espera [19].

A sua principal desvantagem está associada às cirurgias não eletivas. Sendo que todos os BOs disponíveis estão designados para as cirurgias de todas as especialidades existentes, a chegada de um paciente não eletivo pode ocorrer numa ocasião em que não existe nenhum BO disponível, resultando num tempo de espera pela cirurgia elevado, para uma cirurgia que deve ser realizada com urgência. Para colmatar esta problemática, alguns hospitais têm recorrido ao método de reservar um BO para a realização apenas de cirurgias não eletivas e, desta forma, certificam-se que aquando a sua chegada, irá existir um bloco de tempo que possa ser utilizado. Porém, a reserva deste BO contraria a vantagem da flexibilidade desta estratégia. É também uma estratégia pouco apreciada pelas equipas médicas porque impossibilita uma organização diária das cirurgias, estando estas distribuídas por vários blocos e dias, consoante a disponibilidade existente [71].

Modified Block Strategy

As estratégias anteriormente referidas possuem vantagens e desvantagens na criação de um MSS. O crescente interesse no estudo destas levou à formulação de uma terceira estratégia - *Modified Block Strategy* - que se baseia num nível intermédio, com o objetivo de captar apenas as vantagens que as duas estratégias oferecem [72].

Esta estratégia consiste na implementação da primeira, a *block strategy*, com a diferença de que quando algum bloco de tempo se encontra disponível, este pode ser utilizado por qualquer cirurgião ou especialidade [69]. Ao realocar blocos de tempo a cirurgiões que dele necessitem, é possível diminuir o tempo de inatividade do BO e, consequentemente, aumentar a taxa de utilização do mesmo. A sua alocação depende, por exemplo, da procura associada a cada especialidade, através da dimensão das respetivas listas de espera [56]. A possibilidade do seu rearranjo proporciona uma maior flexibilidade comparativamente à *block strategy*, mas não tão elevada como a da *open strategy*, de forma a manter uma maior simplicidade no planeamento do BO [19].

Existem duas abordagens frequentemente utilizadas para a sua formulação. Na primeira, apenas alguns blocos de tempo são atribuídos a especialidades ou a cirurgiões e os restantes são livres e comuns, podendo ser utilizados por qualquer cirurgião ou especialidade que dele necessitem. Estes são posteriormente alocados pelo gestor hospitalar, dependendo dos pedidos de cirurgias pendentes. A segunda consiste na atribuição de todos os blocos de tempo de todas as SOs a cada especialidade, mas com a libertação posterior dos blocos correspondentes a uma SO inativa. Estes blocos são alocados a outras especialidades que deles necessitem, independente do tipo de especialidade que operam. Tal como a primeira, a atribuição destes blocos de tempo é realizada pelo gestor hospitalar [70].

É de notar que o problema associado à incerteza da chegada de cirurgias não eletivas não é resolvido com a aplicação desta estratégia. Assim, algumas metodologias particularizam a reserva de um ou mais BOs apenas para cirurgias urgentes, de forma a existir sempre uma SO disponível, tal como referido para a *block strategy* [73].

Apesar de ser uma estratégia mais recente, já foi estudada e aplicada em vários hospitais, apresentando resultados positivos no aumento da taxa de utilização dos BOs, diminuição do tempo de espera e diminuição no número de cancelamentos de cirurgias [72] [74] [75]. Por exemplo, em 2015 foi aplicada a presente estratégia num hospital belga, com o objetivo de agendar o maior número de cirurgias possível no menor número de SOs. Foi considerado um número de recursos limitado, de forma a otimizar ao máximo a utilização dos mesmos. Através de instâncias providenciadas pelo hospital, conseguiram concluir que com a aplicação do modelo desenvolvido, era possível agendar um maior número de cirurgias por SO comparativamente a outros modelos que utilizam outras estratégias, bem como foi possível aumentar a eficiência na utilização dos recursos materiais, diminuindo os seus custos associados [69].

3.2.2 *Elective Patient Scheduling Problem* (EPSP)

O *Elective Patient Scheduling Problem* (EPSP) está associado ao nível de decisão operacional. Neste, as cirurgias eletivas são agendadas para uma certa hora, data e SO. Por ser uma decisão que necessita de informação bastante específica, é tomada o mais tardar possível, com o objetivo de diminuir o nível de incerteza associado.

O presente problema, pelo facto de ser bastante complexo, é dividido em duas fases consecutivas: ***advance scheduling*** e ***allocation scheduling***. A primeira fase é respetiva à atribuição de uma data e uma SO a cada cirurgia e a segunda corresponde à decisão da hora de início de cada cirurgia e da realização do escalonamento diário das mesmas [6].

A elevada especificidade que o nível de decisão operacional apresenta e o grau de incerteza a ele associado são os dois grandes fatores que afetam o estudo do EPSP. É de notar que no estado atual da literatura, o elevado nível de diferenciação entre vários países e hospitais leva a uma grande dificuldade no estudo do presente problema e no desenvolvimento de modelos generalizados possíveis de aplicar em várias unidades hospitalares, em vários países, ou até mesmo em hospitais de diversas dimensões [19].

De seguida, serão apresentadas as duas fases do problema anteriormente referidas, as suas características, bem como alguns exemplos de estudos realizados até ao momento na área.

Advance Scheduling

A primeira fase - *advance scheduling* - corresponde à associação de uma SO e uma data a cada cirurgia, num horizonte temporal de uma semana a um mês [19].

Esta fase pode ainda ser dividida em dois tipos: o escalonamento dinâmico ou o escalonamento estático. No primeiro, o paciente, ao marcar a sua cirurgia, tem imediato acesso à data da mesma. No segundo tipo de escalonamento, cada paciente é colocado numa lista de espera, sendo todas as cirurgias agendadas de uma só vez à *posteriori*. Desta forma, consoante o tipo de escalonamento adotado, o hospital utiliza uma metodologia diferente para o implementar. Para o escalonamento dinâmico são utilizadas políticas que devem ser seguidas pelo responsável da marcação das cirurgias, e no escalonamento estático são utilizados algoritmos que realizam esta tarefa, não sendo necessário o auxílio de um gestor hospitalar [6]. Até ao dia de hoje, ainda não foi comprovado se algum dos tipos é mais eficaz do que outro na aplicação aos hospitais, portanto é utilizado por estes de uma forma equiparada.

Para associar cada paciente a uma SO e a um cirurgião, podem ser utilizadas várias estratégias. Na primeira - **P-S-OR** - o paciente é associado a um cirurgião e posteriormente o conjunto paciente-cirurgião é associado a uma SO [76]. Na segunda estratégia - **P-OR-S** - o paciente é associado a uma SO e, de seguida, o conjunto paciente-SO é atribuído a um cirurgião [77]. Por último, a terceira

estratégia representa um meio termo entre as duas anteriores, sendo que algumas cirurgias são agendas segundo a primeira estratégia, e a outras utilizando a segunda estratégia [78]. Aos pacientes que primeiramente lhes é atribuída uma SO, é-lhes associado um cirurgião fictício que, mais tarde, será representado por um cirurgião do turno correspondente que não se encontre associado a nenhuma cirurgia. Através de um modelo de programação inteira mista, em 2009, num hospital universitário espanhol, as três estratégias foram utilizadas e testadas, no qual se conclui que a estratégia P-OR-S é mais flexível, devido ao facto de que cada cirurgia não depende da disponibilidade do cirurgião e apresenta melhores resultados que a P-S-OR, tanto a nível do número de cirurgias agendadas, como na qualidade do serviço. A terceira estratégia também apresenta bons resultados nas duas vertentes, apesar de serem ligeiramente piores que na estratégia P-OR-S [78].

Ainda que as unidades de pós-operatório influenciem o planeamento do BO, estas também não são habitualmente incluídas na literatura associada ao nível operacional [50]. Contudo em 2010, dois investigadores nos Estados Unidos utilizaram um método de *sample average approximation (SAA)*, considerando a duração de cada cirurgia uma variável estocástica, tendo em conta a incerteza associada à mesma, e a capacidade dos recursos materiais na UCI, ao longo de vários períodos de tempo, com o objetivo de minimizar os custos totais associados a cada cirurgia. Este método foi avaliado computacionalmente, provando que ao considerar a duração de cada cirurgia uma variável estocástica e incluindo a capacidade da UCI, aumenta a robustez do modelo e diminui a incerteza associada ao mesmo [79]. Se as unidades adjacentes ao BO não forem consideradas no seu planeamento, ignoramos que este está dependente delas. Este facto limita os estudos realizados, principalmente quando estes são testados no mundo real, porque por exemplo, a disponibilidade da UCPA para receber um paciente, influencia a possibilidade de realizar uma cirurgia ou não.

A chegada de cirurgias urgentes é das incerteza mais importantes associadas ao planeamento do BO. Principalmente no nível operacional, é crucial ter em conta a possível chegada destas cirurgias aquando o agendamento das cirurgias eletivas. Assim, alguns estudos foram desenvolvidos nesse sentido [80] [81] [82]. Num cômputo geral, estes concluíram que a utilização de modelos estocásticos ao invés da utilização de valores esperados, implica uma maior proximidade dos modelos com a realidade, obtendo melhores resultados na sua aplicação.

Apesar de ser uma condicionante pouco abordada, as preferências das entidades envolvidas no BO podem provocar uma grande influência no planeamento do mesmo. Combinando a preferência de cada entidade com a incerteza associada a cada cirurgia, em 2015, foi desenvolvida uma abordagem robusta de otimização multi-critério, em parceria com um hospital alemão. Esta tem como objetivo ser utilizada pelos hospitais no escalonamento dinâmico e como um ponto de partida na negociação com as entidades envolvidas (cirurgiões, enfermeiros, etc). Os investigadores em questão concluíram que apenas foram necessárias pequenas mudanças nas preferências de cada entidade para chegar a uma solução

ótima. Assim, comprovaram que é possível fazer um balanço saudável entre os interesses de cada uma e o planeamento ótimo para o hospital. Adicionalmente, ao considerar as várias vertentes mencionadas, o número de reagendamentos de cirurgias eletivas necessários diminuiu e, consequentemente, os gastos associados a este. [83].

Allocation Scheduling

A segunda fase - *allocation scheduling* - corresponde à atribuição de uma hora específica para o início de cada cirurgia, fazendo uma sequenciação das mesmas para cada dia. Nesta fase, são também atribuídos os recursos materiais necessários [19].

Para definir esta sequenciação são utilizadas várias regras. As três mais simples e mais utilizadas são a marcação das cirurgias mais longas primeiro, a marcação das cirurgias mais curtas primeiro e a marcação das cirurgias aleatoriamente. Existem ainda outras regras que são menos utilizadas mas, ainda assim, têm alguma relevância. A regra de *Johnson*, por exemplo, que tem em conta o tempo de permanência necessário na UCPA, as cirurgias com menor duração são marcadas primeiro e as cirurgias com o menor tempo de permanência na UCPA são marcadas para o mais tardar possível. Ainda outras regras que se baseiam apenas na duração de cada cirurgia e combinam várias formas de as agendarem, são comparadas na literatura [54] [84] [85].

Tal como na fase anterior, alguns artigos analisam o impacto que as unidades pós-operatórias têm no planeamento do BO [86] [87]. Qualquer atraso ocorrido na admissão dos pacientes na UCPA leva a um aumento na taxa de horas extra do BO, visto que o paciente tem que permanecer no mesmo, enquanto não é admitido nesta unidade. Assim, em 2006, foi analisada a influência que as regras de sequenciação de pacientes têm na UCPA, considerando quatro parâmetros, o número de horas extra do BO, o tempo de permanência na UCPA, os atrasos na admissão na UCPA e as entidades envolvidas nesta. Uma grande conclusão foi retirada da aplicação de todas as regras: é de extrema importância relacionar o número de enfermeiros na UCPA com o número de cirurgias agendadas. Foi ainda desaconselhada a utilização da sequenciação dos casos mais longos primeiro, devido à sua baixa performance nos quatro parâmetro anteriormente mencionadas, principalmente, na acumulação de pacientes na UCPA. As restantes regras são mais adequadas, pois suavizam o fluxo de pacientes a entrar na UCPA [86].

Todos os modelos referidos anteriormente, apesar de serem mais eficientes, apresentam uma desvantagem comum: a sua complexidade é uma barreira para o interesse e aplicação nos hospitais. Assim, mais recentemente, em 2020, foi desenvolvido um modelo heurístico que visa minimizar o tempo de espera dos pacientes, o número de horas extra e o tempo de inatividade do BO, no agendamento das cirurgias do dia seguinte. Este modelo é fácil de implementar e não necessita de ferramentas de otimização, nem de softwares para calcular qualquer parâmetro, sendo apenas baseado em dados

históricos de outras cirurgias, que devem ser acedidos pelo gestor hospitalar. Visto que ainda não foi realizado um trabalho extenso nesta vertente, ainda não foi possível concluir se este tipo de metodologias apresentam uma boa performance no agendamento para vários BOs, ou na inclusão das unidades de saúde associados a este, devido ao aumento da complexidade no modelo e do número de recursos a ter em conta. Uma barreira prática encontrada pelos investigadores foi a acessibilidade limitada a dados históricos de cirurgias, visto que o tipo de cirurgias é bastante vasto e a duração de cada uma é facilmente variável e, portanto, é importante ter uma variedade de dados considerável [88].

O facto de ser a última fase do escalonamento das cirurgias no BO, implica que a informação necessária para esta apresenta uma especificidade e uma incerteza bastante elevadas. Apesar de influenciar o processo de sequenciação das cirurgias por dia, existem poucos artigos que incluem esta fase, devido à complexidade associada ao seu estudo. Analisando a literatura existente, é possível deduzir que a maioria dos artigos não considera as duas fases em simultâneo e dificilmente são aplicados a casos reais. Porém, estão a ser desenvolvidos modelos que consideram a incerteza da duração de cada cirurgia e a incerteza associada à chegada de pacientes não eletivos durante a presente fase, com a formulação de modelos estocásticos, de forma a maximizar a utilização do BO [89] ou a diminuir os custos totais associados [90].

Ainda assim, em 2012, foi desenvolvido um modelo de programação linear inteira, com o objetivo de maximizar a taxa de utilização do BO, atribuindo uma SO, data e hora de início a cada cirurgia num horizonte temporal de uma semana. O modelo foi testado com dados reais de 2004 a 2008, disponibilizados por um hospital público português. Concluíram que a abordagem tomada cumpria os requisitos impostos pelo hospital e otimizava o processo de agendamento das cirurgias eletivas, comparativamente ao processo utilizado anteriormente, permitindo diminuir a quantidade de cirurgias em lista de espera [91]. Mais tarde, em 2015, foi desenvolvido um modelo capaz de realizar o planeamento do BO a médio prazo (seis meses), ao estimar a semana na qual cada paciente será operado, com o objetivo de otimizar a gestão dos recursos humanos e materiais necessários para cada cirurgia. Adicionalmente, possibilita a realização de alterações de última hora para todas as cirurgias agendadas e, desta forma, o presente modelo consegue ser aplicado a médio e curto prazo. Este foi testado num hospital espanhol, no qual obteve bastante sucesso ao otimizar o processo de sequenciação das cirurgias, continuando a ser posteriormente utilizado pelo hospital em questão [92].

A revisão de literatura realizada acerca do presente problema, o EPSP, permite concluir que a utilização de modelos de apoio à decisão, otimiza o planeamento e escalonamento das cirurgias no BO, melhorando a qualidade do serviço apresentado aos pacientes e aumentando o número de cirurgias agendadas e, consequentemente, a diminuição do número de cirurgias em lista de espera. Estes modelos necessitam assim de serem testados em casos reais, utilizando listas de espera de grandes dimensões, com maior horizonte temporal, para que a sua aplicação ao mundo real seja fidedigna [78].

3.3 Indicadores de Desempenho

No desenvolvimento de um estudo ou na formulação de uma metodologia, um dos maiores desafios é a definição dos indicadores de desempenho a utilizar. Cada indicador tem a função de reportar informação sobre a atividade à qual está associado, para possibilitar a avaliação da sua performance. Estes indicadores estão diretamente relacionados com o objetivo que o estudo ou metodologia pretende atingir e, portanto, funcionam como *outputs*. Existem vários indicadores de desempenho, ou KPIs, utilizados para avaliar a performance do planeamento e escalonamento do BO.

Existem dois tipos de indicadores: quantitativos e qualitativos. Por norma, os mais utilizados são os quantitativos, representados por números ou quantidades mensuráveis quantitativamente, constituídos por informações passíveis de serem disponibilizadas pelo hospital por serem mais diretos e de fácil análise, como por exemplo a duração da cirurgia ou o número de camas. Os indicadores qualitativos são representados por opiniões recolhidas, por exemplo através de inquéritos, e são pouco aconselhados por serem pouco exatos, visto que cada entidade poderá interpretar e avaliar de forma díspar a característica a ser analisada, dificultando a sua medição e quantificação [3].

Tal como referido, cada indicador está associado à otimização de um processo ou atividade, podendo ser a sua utilização interessante para variadas entidades. Um obstáculo comummente encontrado é a concordância entre as várias entidades sobre os KPIs a monitorizar. Por exemplo, para o gestor hospitalar é mais importante otimizar a utilização de cada BO e diminuir os custos associados a cada cirurgia, mas para um cirurgião é mais relevante diminuir o número de horas extra a realizar [93]. Adicionalmente, cada grupo de investigadores ao definir o objetivo do seu artigo, necessita também de definir o seu público alvo e estabelecer indicadores de desempenho coerentes que satisfaçam as diferentes entidades.

Os indicadores de desempenho podem ser agrupados em classes mais abrangentes consoante o objetivo associado. Na literatura é possível identificar que os mais utilizados são: tempo de espera, produção cirúrgica, utilização do BO, utilização de recursos, tempo de BO disponível, cancelamento cirúrgico, métricas financeiras e preferências das entidades [3] [6] [84]. Os indicadores referidos anteriormente, vão ao encontro dos objetivos mais abordados pela literatura, mencionados anteriormente.

A definição de cada indicador é também diferente de hospital para hospital. Porém, a uniformização das suas definições tem sido um ponto de interesse, para que a comparação entre hospitais através destes critérios seja fidedigna [93]. Em 2008, foi criado um glossário com a definição de várias variáveis e indicadores referentes ao perioperátorio, pela sociedade alemã de anestesiologistas e gestores hospitalares. Este tem sido atualizado consoante o desenvolvimento da complexidade do processo cirúrgico [94]. É assim possível definir, de um modo mais generalizado, os indicadores de desempenho referidos. O **tempo de espera** refere-se ao tempo de espera no dia da cirurgia, mas também ao tempo

na fila de espera até à marcação da cirurgia. Quanto à **produção cirúrgica**, esta mede o número de cirurgias realizadas por dia ou mês, a **utilização do BO** mede o número de cirurgias realizadas por BO ou o número de horas ativas por dia e a **utilização de recursos** é referente aos recursos materiais ou humanos utilizados num certo espaço de tempo. O **cancelamento cirúrgico** indica as cirurgias que foram canceladas e possivelmente reagendadas. Por fim, as **preferências** remetem à prioridade das várias cirurgias, por exemplo, as cirurgias em crianças serem alocadas para primeiras do dia, ou até mesmo a definição da prioridade da cirurgia na lista de espera [3] [84].

Um só problema pode abranger vários indicadores. Assim, alguns estudos abrangem vários objetivos simultaneamente, com o intuito de os otimizar, e não prejudicar os que são diretamente afetados [93]. Por exemplo, ao otimizar a produção cirúrgica é importante ter em consideração a utilização do BO, visto que é necessário ter um bom nível da sua utilização para que os tempos mortos não sejam em demasia, mas por outro lado, também não deverão ser agendadas cirurgias em excesso, causando a necessidade de horas extra. Sendo que o BO funciona como um todo, é crucial ter este tipo de relações em conta.

Os indicadores estão associados a parâmetros que funcionam como *inputs* no modelo desenvolvido que, habitualmente, são dados e informações possíveis de serem disponibilizados por hospitais. De forma a analisar e conhecer os parâmetros utilizados para a análise da otimização do planeamento e escalonamento do BO, foram revistos 91 artigos no âmbito das duas problemáticas do BO, o *Master Surgery Scheduling Problem* (MSSP) e o *Elective Patient Scheduling Problem* (EPSP). Destes 91 artigos, foram identificados 83 parâmetros que foram utilizados para formular e aplicar as metodologias em estudo. Visto que o número de parâmetros recolhido é bastante elevado, foram ainda escolhidos os que são referidos em mais de 10% dos artigos, resultando numa gama de 15 parâmetros: duração real da cirurgia, duração esperada da cirurgia, número de SOs, especialidade cirúrgica, número de cirurgias realizadas por semana, tempo de permanência, *timestamps*, número de cirurgiões, taxa de chegada, prioridade, capacidade de recursos, lista de espera, tempo ativo do bloco, cirurgião alocado e utilização de recursos, por ordem decrescente dos mais utilizados. Estes encontram-se resumidos na Figura 3.2, acoplados à percentagem de utilização nos artigos revistos.Os restantes parâmetros identificados nos 91 artigos e respetivas percentagens de utilização encontram-se detalhados no Apêndice A.1.

Através da análise da Figura 3.2, é possível retirar algumas conclusões relativamente aos parâmetros e percentagens de utilização respetivas. Primeiramente, os parâmetros mais utilizados para o MSSP são os mesmos que para o EPSP. Apesar de alguns serem mais referenciados para um do que para outro, a sua análise será realizada em conjunto. Relativamente aos parâmetros em si, a duração quer real quer esperada de cada cirurgia são os parâmetros mais utilizados, pois são incluídos na avaliação de vários indicadores, desde a utilização do BO e dos recursos até à produção cirúrgica. Adicionalmente, na maioria dos artigos, é dada importância ao conhecimento de algumas características do

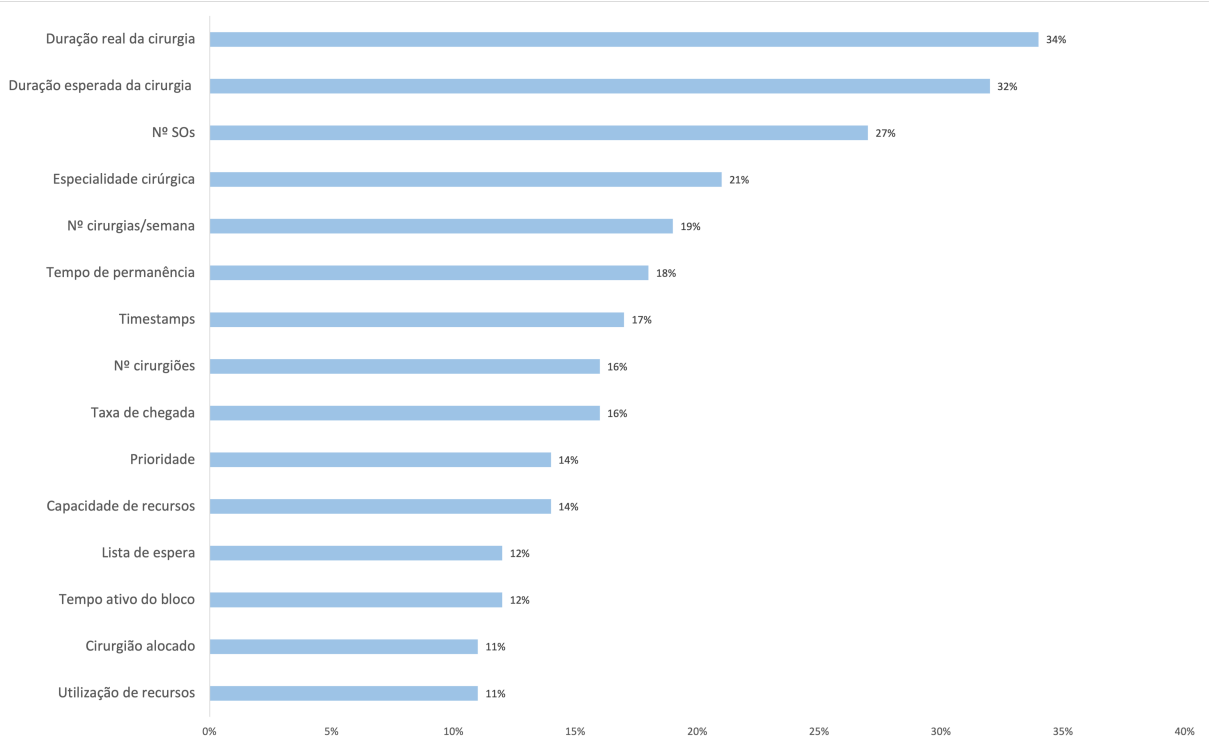

Figura 3.2: Parâmetros mais referenciados nos noventa e um artigos revistos e respetiva percentagem de utilização nestes.

hospital em si, como por exemplo o número de SOs, o número de cirurgiões de cada especialidade e o tempo ativo do bloco. Para algumas metodologias é importante ter acesso a várias características associadas a cada cirurgia, como as durações, a especialidade cirúrgica, o tempo de permanência do paciente no hospital, a prioridade associada e o cirurgião alocado. A capacidade de recursos corresponde ao número de recursos existentes no hospital, ou quando se refere a recursos humanos, à sua disponibilidade em número de horas. A comparação desta capacidade e da sua utilização permite a sua otimização e alocação, quer na diminuição do seu número se em excesso, ou identificando a necessidade de aumentar o número de recursos.

Por último, é importante referir que a percentagem de utilização de *timestamps* (marcas temporais da ocorrência de eventos) e de listas de espera não é das mais elevadas, ainda que estas sejam constituídas por bastante informação acerca das cirurgias realizadas. Este facto deve-se à dificuldade de aquisição destes dados por parte dos hospitais visto que, por um lado, a partilha de listas de espera implica a proteção de dados dos pacientes, sendo necessário o esforço por parte do gestor hospitalar para as tornar anónimas para serem partilhadas e, por outro lado, a obtenção de marcas temporais é complexa pois registam o tempo no qual ocorrem vários acontecimentos no processo cirúrgico, como por exemplo, a entrada e saída do BO e o início da anestesia, implicando que a sua hora de início e término deve ser registada logo após a sua ocorrência. Esta anotação é muitas vezes posta de parte,

não sendo realista e apenas uma aproximação à realidade ou então é sequer realizada. Os parâmetros são introduzidos conjuntamente no modelo, sendo que quanto mais informação do mesmo hospital e das cirurgias existir, mais completo o modelo e mais fiável será o seu resultado, para posterior análise através dos seus *outputs*, os indicadores de desempenho.

3.4 Aplicabilidade dos artigos

A maioria dos artigos que estudam o planeamento e escalonamento do BO, testam a aplicabilidade da sua metodologia desenvolvida. Esta pode ser realizada através de métodos computacionais, com dados gerados, ou através de dados reais providenciados por hospitais. Nos dois casos, é importante que o conjunto de dados utilizados seja extenso.

Na revisão de literatura realizada em 2016, no âmbito do escalonamento do BO, foi possível concluir que, entre 2004 e 2014, a maioria dos artigos são baseados em dados reais, referentes a artigos que utilizam casos de estudo específicos para testarem as suas metodologias. Ainda assim, apenas cerca de 7% dos artigos são aplicados na prática, o que parece contraditório [6]. Estas informações foram analisadas através da Figura 3.3.

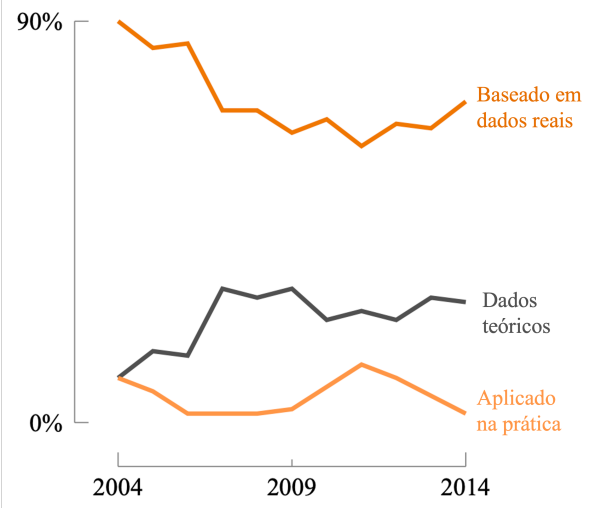

Figura 3.3: Aplicabilidade dos artigos existentes entre 2004 e 2014, divididos nos que se baseiam em dados reais, os que apenas utilizam dados teóricos e os que são aplicados na prática. [6]

Foram encontradas vários fatores que estão associados à diferença significativa entre a percentagem de artigos que utilizam dados reais e a percentagem de artigos que desenvolvem metodologias que são aplicadas na prática. O primeiro é o facto de que testar uma metodologia com um conjunto de dados específico, não é suficiente para comprovar que esta pode ser aplicada a outros hospitais. O segundo prende-se ao facto de que as metodologias desenvolvidas são, na sua maioria, específicas a um hospital não sendo, à partida, desenvolvido um modelo que possa ser aplicável a outros. A dimensão

de cada hospital varia bastante na quantidade de recursos, no número de especialidades, no tipo de cirurgias que são efetuadas, entre outras. Desta forma, é de elevada complexidade desenvolver uma metodologia que seja possível ser aplicada a vários tipos de hospitais [6].

Adicionalmente, mesmo quando a implementação é realizada num hospital específico, por norma, existe pouco detalhe acerca desta, não existindo informações sobre a forma como foi realizada e sobre as falhas ocorridas. A identificação e partilha, principalmente destas falhas, ajuda os investigadores a construir novos modelos que consigam refletir de melhor forma o mundo real, e de se aproximarem de metodologias que sejam aplicáveis a vários hospitais. Por último, foi constatado que uma pequena gama de artigos utiliza dados ou resultados obtidos noutros artigos mais antigos [3].

Em forma de conclusão, os autores da revisão de literatura incentivam a partilha dos dados utilizados nos artigos que se baseiam em casos específicos, caso haja permissão por parte do hospital em questão. Esta partilha pode ajudar a colmatar os vários fatores apontados anteriormente. Por exemplo, um artigo que se baseie apenas num hospital, pode testar vários conjuntos de dados de hospitais distintos para confirmar se a sua metodologia pode ser generalizada. Por outro lado, podem ser também utilizados por artigos que não disponham de dados reais, diminuindo a percentagem de estudos baseados em dados teóricos. Por último, esses conjuntos de dados podem ser utilizados futuramente para a comparação da performance das várias metodologias [6].

Para obter uma perspectiva mais recente da literatura, foram analisados os artigos revistos na presente dissertação referentes ao planeamento do BO. A Tabela 3.1 resume as conclusões retirada da análise realizada.

Tabela 3.1: Número de artigos revistos baseados em dados reais, em dados teóricos e aplicados na prática.

Nº de artigos revistos	61
Nº de artigos baseados em dados reais	37 (61%)
Nº de artigos baseados em dados teóricos	17 (28%)
Nº de artigos aplicados na prática	7 (11%)

Dos artigos referenciados na presente dissertação, 61% são baseados em casos reais e 11% são aplicados na prática. Comparativamente à revisão de literatura realizada em 2016 [6], a percentagem de artigos aplicados a casos reais aumentou, mas continua a existir uma diferença considerável *versus* a percentagem dos artigos baseados em casos específicos. Isto deve-se à permanência dos fatores referidos anteriormente, fazendo com que mesmo os artigos baseados em casos específicos não sejam aplicados e testados noutros hospitais. Até ao momento ainda não foi desenvolvida uma plataforma, onde vários conjuntos de dados de diferentes hospitais possam ser partilhados e utilizados pela comunidade de investigadores, apesar da importância da sua criação já ter sido salientada em 2016.

3.5 Conclusão

A presente revisão de literatura permitiu retirar algumas conclusões. Em primeiro lugar, verifica-se que na formulação de novas metodologias, os principais objetivos utilizados são a minimização do número de horas extra, dos custos associados a todo o processo, do tempo de inatividade de cada SO, do tempo de espera total e do número de cancelamentos e a maximização da utilização do BO.

Em segundo lugar, é de notar que a incerteza associada à duração de cada cirurgia, a incerteza da chegada de cirurgias urgentes e a integração das unidades relacionadas com o BO no pós e pré operatório (UCPA e UCI) são características que, apesar de tornarem o problema mais complexo, devem ser consideradas nos estudos realizados, de forma a aproximá-los ao estudo de casos reais. Apesar de nos últimos anos a literatura estar a evoluir neste sentido, continua a existir um número significativo de artigos que não consideram estas incertezas, ou apenas consideram uma delas.

Relativamente aos indicadores de desempenho, é possível identificar que os mais utilizados são o tempo de espera, a produção cirúrgica, utilização do BO, a utilização de recursos, o tempo de BO disponível, o cancelamento cirúrgico, as métricas financeiras e as preferências das entidades. Associados a estes, foi realizado um estudo para identificar os parâmetros mais utilizados, que funcionam como *inputs* nos modelos desenvolvidos, concluindo-se que estes são a duração real e esperada da cirurgia, o número de SOs e cirurgiões, a especialidade cirúrgica, o número de cirurgias realizadas por semana, o tempo de permanência, os *timestamps*, a taxa de chegada, a prioridade e o cirurgião alocado de cada cirurgia, a capacidade de recursos, as lista de espera, o tempo ativo do bloco e a utilização de recursos, por ordem decrescente dos mais utilizados. Estes vão ao encontro dos indicadores de desempenho e objetivos mais utilizados e serão utilizados para a recolha de dados para a criação das instâncias.

Por último, é possível concluir que, apesar de existir uma vasta literatura focada no tema e um número considerável de revisões desta, existe um número reduzido de artigos que desenvolvem modelos que posteriormente são aplicados em hospitais. Alguns deles testam as suas metodologias com dados reais de casos de estudo específicos, mas não existe uma concordância nos dados a serem utilizados, visto que cada um utiliza os seus dados e não os partilha, tornando impossível a comparação entre as várias metodologias desenvolvidas. Neste sentido, com o aumento do número de artigos na área e com o crescente interesse no planeamento do BO, a criação de uma plataforma com vários conjuntos de dados partilhados por vários hospitais é bastante vantajosa para a evolução e otimização do problema em questão, possibilitando o teste e comparação entre novas metodologias emergentes.

4. Metodologia

Após a contextualização e definição do problema e a realização da revisão do estado atual da literatura acerca da otimização do planeamento e escalonamento do BO, é importante definir a metodologia que será utilizada na realização da presente dissertação. Tal como visto, é notável uma lacuna na existência de uma plataforma na qual são partilhados dados relativos ao processo cirúrgico, para que estas sejam utilizados pelos próprios investigadores para testar as metodologias criadas ou para comparar as metodologias já existentes. Com o intuito de colmatar esta falha, serão compiladas várias *benchmark instances* que serão partilhadas numa plataforma *online*. Para esse fim, foi definida uma metodologia realizada sequencialmente, na qual cada fase depende das anteriores. Esta pode ser divida em três grandes fases: a recolha de dados, a criação de *benchmark instances* e a publicação das *benchmark instances*, tal como se encontram esquematizadas na Figura 4.1. O seu processo é aprofundado na Secção 4.1, Secção 4.2 e Secção 4.3, respetivamente.

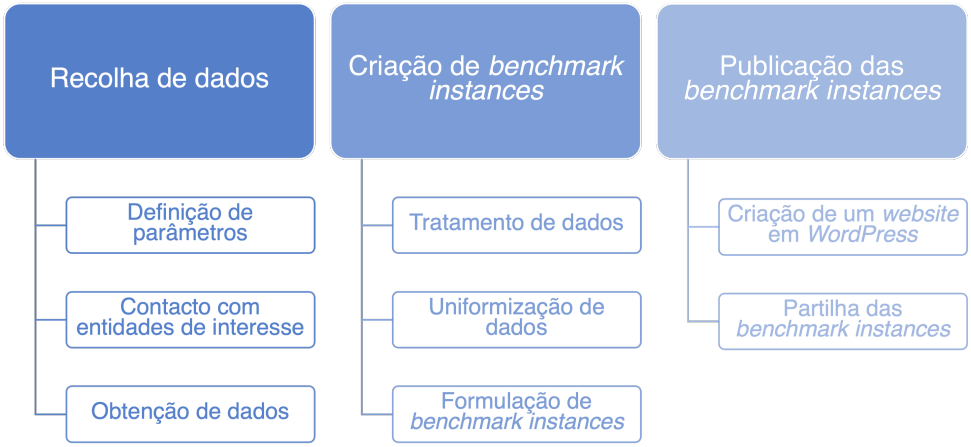

Figura 4.1: Esquematização das três fases e respetivas etapas da metodologia proposta: recolha de dados, criação de *benchmark instances* e a publicação das *benchmark instances*.

4.1 Recolha de dados

Para iniciar o processo, o primeiro passo fulcral é a recolha de dados no âmbito do Bloco operatório (BO) que irão despoletar o restante desenvolvimento da dissertação. Dentro deste existem dois pontos importantes a abordar: o seu conteúdo, ou seja, a definição dos parâmetros de maior interesse, a definição das entidades que serão contactadas para a recolha e de que forma este contacto será realizado.

4.1.1 Definição de parâmetros

No Capítulo 3, após a revisão do estado atual da literatura, foi possível apontar os indicadores de desempenho e parâmetros associados mais utilizados nos artigos referentes ao MSSP e ao EPSP.

A revisão realizada na Secção 3.3 foi desenvolvida com 91 artigos referidos na bibliografia do projeto de dissertação, que remetem ao desenvolvimento e estudo da otimização do planeamento e escalonamento do BO, para obter uma revisão diversificada, com diferentes objetivos e metodologias. Esta foi utilizada para a definição dos parâmetros de interesse para o estudo da duas problemáticas, facilitando a seleção dos dados recolhidos, numa fase posterior.

Foi dada preferência aos 15 parâmetros expostos na Figura 3.2, visto que são os mais utilizados pelos vários modelos já desenvolvidos, podendo ser utilizados por estes para serem testados e avaliados, ainda que o interesse esteja apontado para todos os 83 parâmetros associados ao MSSP e ao EPSP, apresentados nos anexos. Por último, qualquer parâmetro que se enquadre nas duas problemáticas, mas que não tenha sido referido na análise anterior, será avaliado e utilizado se assim fizer sentido.

4.1.2 Contacto com entidades de interesse

Não existe nenhuma plataforma que promova a partilha de conjuntos de dados reais cirúrgicos provenientes de hospitais ou centros hospitalares. Assim, para a sua obtenção é necessário contactar diretamente as entidades que possuem estes dados.

Como ponto de partida para a recolha de dados e formação das *benchmark instances*, foram recolhidos dois conjuntos de dados respetivos aos dois hospitais portugueses referidos anteriormente, oCHLN e o HESE.Foram também contactados outros investigadores na área da otimização do BO, com vista a aumentar a dimensão e a complexidade do conjunto de dados já existente.

Com o intuito de recolher o maior número de conjuntos de dados possível, foi desenvolvido uma metodologia para o contacto com autores. Este encontra-se enunciado em baixo e foi procedido pela ordem escrita:

- Foram identificados os 91 artigos da bibliografia do projeto de dissertação e contactados os investigadores associados a artigos que utilizam dados cirúrgicos reais providenciados por hospitais;
- Foi analisada uma revisão de literatura [6] na qual são enumerados artigos que utilizam dados cirúrgicos reais. Estes foram listados e os respetivos autores foram contactados;
- Dos 91 artigos da bibliografia do projeto de dissertação, foram contactados os autores dos artigos que utilizam dados gerados;
- Foi reenviado email aos autores dos quais não se obteve resposta.

O contacto realizado com os diferentes autores foi preferencialmente via email. Os endereços de contacto foram obtidos de várias formas: através dos artigos escritos pelos autores, através do *Google Scholar* ou das páginas pessoais dos investigadores. Foram também realizadas algumas reuniões via *Zoom* para o esclarecimento do objetivo do projeto ou para a demonstração por parte dos autores, dos dados que dispunham.

Para agilizar o processo de contacto foi inicialmente desenvolvido um corpo de texto para um email tipo, que foi enviado em simultâneo a todos os autores escolhidos em cada fase do processo anteriormente descrito. Neste email foi apresentado o projeto e o seu objetivo, demonstrando o interesse em recolher os dados utilizados como *input* das metodologias desenvolvidas. O email tipo encontra-se apresentado no Apêndice A.2.1.

4.2 Criação das *benchmark instances*

Para a criação de várias *benchmark instances*, os dados recolhidos na fase anterior foram organizados, editados e uniformizados. As várias instâncias formadas não têm de abranger o mesmo conteúdo, o mesmo tipo de parâmetros, nem possuir o mesmo tamanho. Como cada conjunto de dados foi recolhido por autores diferentes e hospitais diferentes, por norma não são semelhantes em nenhum dos campos referidos, mas é importante que a apresentação e o nome e dado a cada parâmetros seja uniformizado.

Numa primeira etapa, foi desenvolvido um modelo para ser utilizado para todos os conjuntos de dados analisados e para a sua transformação em *benchmark instances*, permitindo que todas as instâncias fossem uniformizadas. Foram definidos três pontos de interesse: a formatação, a ordem dos parâmetros e o nome e definição dos parâmetros. Visto que as instâncias serão partilhadas em formato *Comma-separated values* (CSV), os dados foram organizados em tabelas, pois este tipo de ficheiro apresenta os valores e informações em texto sem formatação, separada por vírgulas em modelo tabular. Para o segundo ponto, foi utilizado o conjunto de dados fornecido por um dos hospitais portugueses, o HESE. Através deste, foi definida a ordem pela qual os parâmetros seriam apresentados em cada instância. Por último, o nome de cada parâmetro foi definido através da revisão de literatura realizada e referida no Capítulo 3 e, adicionalmente, a definição de cada parâmetro foi previamente feita com o glossário [94], apesar de ser necessária a sua adaptação a cada conjunto de dados específico.

Como a maioria dos conjuntos recebidos provinham diretamente de documentos partilhados por hospitais, foi necessário proceder à sua análise e tratamento, para que se moldassem ao modelo anteriormente referido e, consequentemente, fosse possível a criação das várias instâncias. Todo o processo foi realizado no *Microsoft Excel*, maioritariamente através das seguintes funções e ferramentas:

- **Localizar e substituir:** Permite localizar e selecionar as células com um certo conteúdo e substituir esse conteúdo em todas as células selecionadas simultaneamente.

- **Formatação condicional:** Através desta ferramenta é possível realçar células, linhas ou colunas que apresentem um valor maior que, menor que, entre e igual a para valores numéricos, células que contêm um certo texto e células com valores exclusivos ou duplicados.
- **Remoção de duplicados:** Permite remover células com conteúdo duplicado em linhas ou colunas específicas ou na folha inteira.
- **Remoção de duplicados, mantendo a restante linha:** Para apenas remover os conteúdos duplicados, tornando a respetiva célula numa célula vazia mas mantendo a linha e o seu conteúdo, foi utilizado um *script* VBA através da ferramenta macro que permite a automatização do processo. Este encontra-se disponibilizado no Apêndice A.3.1.
- **Remoção de linhas com um certo número de células vazias:** Permite a remoção de um linha por inteiro se apresentar um número definido de células vazias. Tal como a anterior, foi utilizado um *script* VBA que automatiza o processo através da ferramenta macro. Este encontra-se também disponibilizado no Apêndice A.3.2.

Após o tratamento de dados através das ferramentas descritas e consequente formação das várias *benchmark instances*, é necessário definir o formato e a plataforma no qual serão apresentadas. Estes encontram-se explicitados na secção seguinte.

4.3 Publicação das *benchmark instances*

Após a criação das várias *benchmark instances*, o foco detém-se na sua partilha e publicação. Para tal, as várias instâncias criadas foram enviadas aos autores e hospitais que as providenciaram, para que estes confirmassem que todos os dados poderiam ser partilhados em conjunto com a fonte (o artigo) que os disponibilizou. Esta confirmação foi realizada através do contacto por email, que se encontra exemplificado no Apêndice A.2.2.

Foi também importante definir previamente a organização e formato no qual estas seriam partilhadas, assim como o tipo de plataforma que seria desenvolvida. Para se proceder à partilha das várias instâncias, estas foram organizadas e colocadas num formato acessível para a sua fácil utilização. Desta forma, as instâncias foram separadas em pastas em formato *zip*, em que cada pasta corresponde a um caso de estudo de um hospital ou centro hospitalar específico, partilhado por um autor ou investigador, ou também por um dos hospitais parceiros.

Cada pasta contém o número de instâncias que o respetivo autor ou hospital providenciou no formato CSV e um documento no formato *txt*. O formato CSV é um ficheiro que separa os valores e informações de cada linha ou coluna por vírgulas e não possui formatação. Este é fácil de ler e de editar e, adicionalmente, pode ser convertido facilmente em todos os outros formatos e aberto em qualquer

folha de cálculo e editor de texto. É habitualmente utilizado para armazenar e ler bases de dados, visto que é compatível com a maioria das plataformas [95]. As instâncias são ainda acompanhadas por um ficheiro *txt* que providencia a fonte pela qual os dados foram obtidos, informações adicionais acerca do hospital ao qual pertencem os dados, bem como informações e instruções em como ler cada instância.

Finalmente, com as instâncias criadas, foi necessário definir e criar uma plataforma de acesso livre para a sua publicação, com o objetivo de serem utilizadas pela comunidade científica. Foi decidido que a sua partilha seria realizada num *website* desenvolvido através de *WordPress*. Este é um sistema de código aberto de gestão de conteúdos, que permite a criação e edição de um *website* de forma simples e prática, não sendo necessário utilizar uma linguagem de programação [96]. Para que o *website* seja de acesso público, é necessário a sua hospedagem num domínio que foi disponibilizado pelo Instituto Superior Técnico. Assim, foi criado e desenvolvido um *website* de fácil acesso, que será divulgado com todas as *benchmark instances* criadas até ao momento.

4.4 Conclusão

O presente capítulo descreve a metodologia aplicada no desenvolvimento da dissertação. Esta foi dividida em três principais fases: a **recolha de dados**, que inclui a definição dos parâmetros de interesse, a descrição do contacto com as entidades e a obtenção de dados. A **criação das *benchmark instances*** através do tratamento e uniformização de dados e, por último, a **publicação** destas no formato CSV num *website* desenvolvido em *WordPress*. Os resultados obtidos através da aplicação da metodologia explicitada encontram-se apresentados e analisados no Capítulo 5.

5. Apresentação e análise de resultados

O presente capítulo consiste na apresentação e análise dos resultados obtidos, através da aplicação da metodologia descrita no capítulo anterior. Os resultados são apresentados através da divisão nas mesmas três fases: a recolha de dados na Secção 5.1, a criação das *benchmark instances* na Secção 5.2 e, por último, a publicação das *benchmark instances* na Secção 5.3.

5.1 Recolha de dados

Através da revisão de literatura foi possível compreender que presentemente não existe nenhum local público onde exista partilha de dados cirúrgicos possíveis de serem adquiridos e utilizados. Assim, para a sua recolha, foi necessário proceder ao contacto com várias entidades. Foram previamente definidos os parâmetros de *input* de interesse para as metodologias e modelos que abordam as duas problemáticas, o MSSP e o EPSP.

5.1.1 Parâmetros definidos

A definição dos parâmetros de maior interesse, que funcionam como *inputs* nas metodologias desenvolvidas, foi realizada pela revisão de literatura anteriormente descrita. Desta foi possível extrair 83 parâmetros que são apresentados no Apêndice A.1 e a sua percentagem de utilização nos artigos revistos. Os 15 parâmetros mais utilizados são: duração real da cirurgia, duração esperada da cirurgia, número de SOs, especialidade cirúrgica, número de cirurgias realizadas por semana, tempo de permanência, *timestamps*, número de cirurgiões, taxa de chegada, prioridade, capacidade de recursos, lista de espera, tempo ativo do bloco, cirurgião alocado e utilização de recursos, por ordem decrescente de utilização.

Com esta revisão pretendeu-se atingir dois objetivos, a recolha e inclusão da maior variabilidade de parâmetros nas instâncias, para que estas consigam adaptar-se ao maior número de metodologias já existentes ou a serem desenvolvidas e também dar preferência aos mais utilizados, pois estes, em princípio, serão também os mais utilizados futuramente. Outros parâmetros poderão ser também analisados e utilizados, caso se enquadrem no estudo das problemáticas.

5.1.2 Contactos efetuados

Para a obtenção de conjuntos de dados, foram contactados vários autores de artigos no âmbito do MSSP e do EPSP. Os autores a contactar foram escolhidos através de artigos referidos na bibliografia do projeto de dissertação e através da revisão da literatura referida [6]. Dentro destas, foi dada prioridade aos artigos que utilizam dados cirúrgicos reais provenientes de hospitais e, posteriormente, foram contactados os autores de artigos da bibliografia que utilizam dados gerados.

Foram assim abordados um total de 145 autores via email (disponibilizado no Apêndice A.2.1) e, posteriormente, foi ainda enviado um 2º email para 46 autores, dos quais não se obteve resposta ao primeiro email. Das 145 tentativas de contacto, foram obtidas 54 respostas. Das respostas recebidas, 14 (26%) foram de autores que enviaram e partilharam os conjuntos de dados utilizados nos seus artigos (respostas positivas) e 40 (74%) foram de autores que não enviaram, devido a diversas razões. Estas informações encontram-se apresentadas nos gráficos circulares da Figura 5.1.

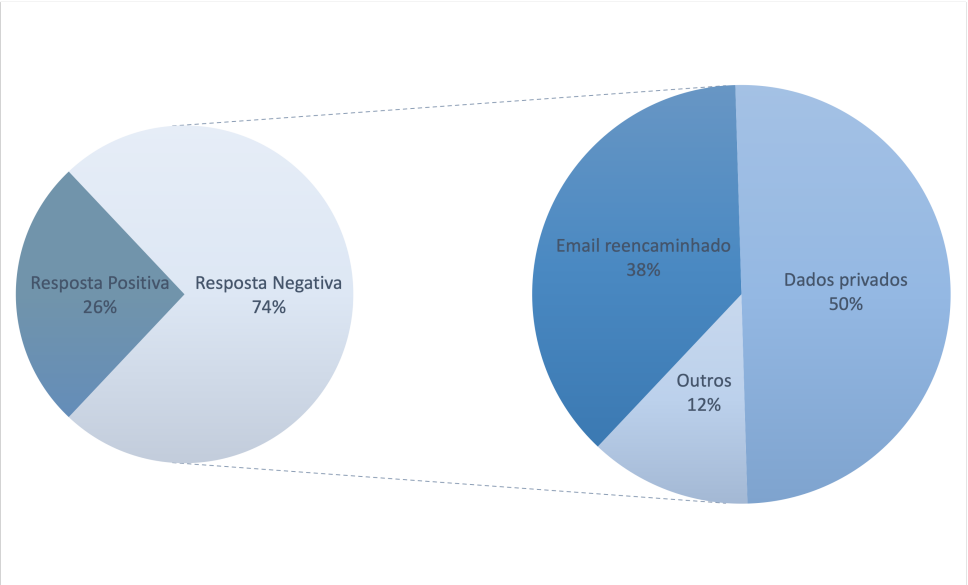

Figura 5.1: Respostas obtidas dos contactos realizados. O gráfico circular da esquerda apresenta a percentagem de respostas positivas e negativas. O gráfico circular do direita apresenta, dentro das respostas negativas, a percentagem da razão associada a essa resposta.

As respostas positivas são analisadas na Secção 5.1.3. Quanto às respostas negativas, foram recebidas várias razões por cada autor pelo não envio dos dados utilizados nos seus artigos. Das 40 respostas negativas, 15 (38%) foram emails que foram reencaminhados pelo autor contactado para outros coautores, 20 (50%) estão associados à impossibilidade da partilha devido a acordos de confidencialidade com o hospital e 5 (12%) são referentes a outras respostas, como por exemplo, o idioma no qual os dados se apresentavam ou a indisponibilidade para a procura dos mesmos.

Ainda que apenas 26% destas tenha sido positiva, mostrando disponibilidade para a cooperação e partilha de dados, este número foi superior ao esperado. Quanto às respostas negativas, as correspondentes a emails reencaminhados não tiveram seguimento por parte dos restantes coautores, apesar de o autor contactado ter demonstrado interesse. As incluídas na última secção representam problemas logísticos, que impossibilitam a partilha dos conjuntos de dados. Relativamente aos 50% que representam os dados privados, é demonstrativo do problema que existe hoje em dia na partilha e publicação de dados. Dos autores que se recebeu esta resposta, na sua maioria, justificaram a impossibilidade de partilha das instâncias utilizadas devido a políticas de privacidade por parte dos hospitais e não pelos

investigadores em causa. Isto leva a concluir que o maior entrave no desenvolvimento de uma plataforma como esta detém-se maioritariamente nos hospitais e não na comunidade científica que estuda o tema, pois estes assinaram acordos de confidencialidade para a proibição da partilha dos dados utilizados. São, portanto, os hospitais que impedem a divulgação dos seus dados ainda que estes sejam anónimos, por exemplo nas listas de espera. Este facto é representativo do referido na Secção 2.3.2 no qual os hospitais preferem não partilhar os seus dados (não cooperar) ainda que a cooperação a longo prazo possa trazer vantagens no desenvolvimento de metodologias que permitem otimizar os seus processos, como neste caso o planeamento do BO.

Ao analisar a literatura existente, não era expectável um número tão elevado de respostas positivas, visto que até ao momento ainda não foi desenvolvida nenhuma plataforma do género. Foi assim possível dar continuidade ao projeto com uma quantidade significativa de conjuntos de dados.

5.1.3 Dados recolhidos

Dos contactos realizados, tal como referido anteriormente foram recebidas 14 respostas positivas de autores de artigos diferentes, nas quais foram partilhados os conjuntos de dados utilizados por cada um. Na Tabela 5.1 estão listados os artigos e respetivas referências dos quais foi possível obter os conjuntos de dados. A cada artigo está associada uma letra, de A a N, que será utilizada na análise dos respetivos dados, no restante processo.

O conjunto de dados I está associado a um artigo e autor anónimo que permitiu a partilha dos parâmetros utilizados desde que estes não estivessem associados a nenhuma informação que pudesse identificar quer o hospital, quer o artigo.

Tabela 5.1: Lista dos artigos e respetivas referências do quais se obteve resposta positiva.

	Artigo	Referência
A	Optimizing a multiple objective surgical case sequencing problem	[84]
B	Robust surgery loading	[77]
C	Application of a patient flow model to a surgery department	[97]
D	A decision support system for cyclic master surgery scheduling with multiple objectives	[98]
E	Visualizing the Demand for Various Resources as a Function of the Master Surgery Schedule: A Case Study	[99]
F	Improving operational effectiveness of tactical master plans for emergency and elective patients under stochastic demand and capacitated resources	[100]
G	Bi-Criteria Scheduling of Surgical Services for an Outpatient Procedure Center	[101]
H	Patient mix optimisation and stochastic resource requirements: A case study in cardiothoracic surgery planning	[58]
I	*Anónimo*	-
J	Process Modeling of ICU Patient Flow: Effect of Daily Load Leveling of Elective Surgeries on ICU Diversion	[102]
K	Integrating Data Mining and Optimization Techniques on Surgery Scheduling	[103]
L	Planning and scheduling of semi-urgent surgeries	[104]
M	A pre-assignment heuristic algorithm for the Master Surgical Schedule Problem (MSSP)	[105]
N	Master surgery scheduling with consideration of multiple downstream units	[106]

Com o desenvolvimento do processo de recolha de dados foi ainda possível entrar em contacto com três investigadores na área que desenvolveram projetos relacionados quer com *benchmarking*, quer com compilação de dados relacionados com a atividade cirúrgica. Foi contactado o responsável pela plataforma *online* [12] referida anteriormente, que apresenta um vasto *benchmark set* com dados gerados, bem como um gerador de instâncias, baseados em dados cirúrgicos reais provenientes de um

hospital. Ainda que seja constituída por instâncias, esta é complementar à plataforma a ser desenvolvida visto que o objetivo é ser constituída por conjuntos de dados e parâmetros diversificados, com um foco maior em dados cirúrgicos reais. A plataforma já disponibilizada será partilhada no *website* desenvolvido no âmbito da dissertação.

No processo de recolha, foi contactado o autor correspondente de vários artigos no âmbito [51] [86], que apesar de não ter conjuntos de dados reais de hospitais, partilhou uma *drive* constituída por uma base de dados gerados [107], que inclui uma lista de várias cirurgias com vários parâmetros: BO e SO associados a cada cirurgia, duração real da cirurgia, especialidade cirúrgica, informação relativa ao nível de comorbidade do paciente e informação sobre se o pedido de cada cirurgia foi realizado após o fecho do agendamento diário para cada SO. Esta base de dados será também partilhada na plataforma a ser desenvolvida, sendo constituída por uma instância que apresenta poucos parâmetros, mas é composta por um nível significativo de cirurgias.

Por último, através do contacto com uma investigadora foi possível tomar conhecimento do desenvolvimento de um *benchmark* com dados cirúrgicos de intervenções cirúrgicas cardiovasculares. É constituído por 150 a 200 instâncias mas não é público, nem é possível a sua partilha, sendo apenas utilizado pelo grupo de investigadores associado ao hospital que providenciou os dados. Ainda assim, foi realizada uma reunião para a partilha da experiência na recolha de dados e desenvolvimento das instâncias. Neste *benchmark* foram utilizados poucos parâmetros (utilização da SO, taxa de cancelamento e tempo de permanência) uma vez que apenas inclui a especialidade cardiovascular. Foram recebidos dois conselhos para o processo de criação das instâncias: recolher toda a informação possível do hospital que providencia os dados e ter em consideração os países onde estes estão sediados. Esta investigadora deu bastante ênfase a estes dois aspetos para que, quando as instâncias foram utilizadas, exista a possibilidade de saber a dimensão e funcionamento do hospital, visto que estes afetam várias características dos dados, como por exemplo a dimensão das listas de espera ou a capacidade e utilização de recursos. Será assim dada importância à recolha de toda a informação referente a cada hospital e as instâncias serão separadas consoante o hospital do qual provêm.

Neste momento, existem apenas três compilações de dados cirúrgicos referentes ao planeamento do BO e apenas dois deles são de acesso público. Ambos são constituídos por dados gerados e por um número pequeno de parâmetros, limitando assim a sua utilização para a comparação de várias metodologias. Ao serem constituídas apenas por dados gerados, a existência de simetrias entre as várias instâncias é mais provável, quando comparadas com instâncias constituídas por dados reais. Estas duas plataformas foram desenvolvidas por autores e investigadores que estudam o tema e notam a lacuna existente na partilha e compilação de dados e, portanto, a sua criação veio tentar colmatar essa falha. Analisando o número de artigos e metodologias já desenvolvidas no tema, existe um número bastante reduzido e insuficiente de instâncias que possam ser utilizados para o estudo e teste dos

modelos e metodologias desenvolvidas. Foi também denotado pelos autores contactados, que incentivaram a recolha e formulação desta plataforma, inclusivamente os dois anteriormente referidos, que deram importância à sua criação para complementar as duas plataformas para já existentes.

Para além dos dados recebidos através do contacto com autores dos artigos referidos na Tabela 5.1, foram também utilizados os conjuntos de dados partilhados pelos dois hospitais portugueses, o CHLN e o HESE. Cada um destes foi associado à letra O e P, respetivamente.

Tabela 5.2: Características dos dados recolhidos (país, data, tipo de dados e número de instâncias).

Dados	País	Data	Tipo de dados	Nº instâncias
A	Bélgica	2005	Gerados	224
B	Países Baixos	2006	Gerados	1
C	Itália	2008	Reais	1
D	Bélgica	2004	Reais	1
E	Bélgica	2004	Reais	1
F	Países Baixos	2011	Gerador	-
G	EUA	2006	Gerador	-
H	Países Baixos	2006	Gerador	-
I	EUA	2014	Gerador	-
J	Reino Unido	2009	Reais	1
K	Portugal	2011	Reais	10
L	Países Baixos	2007	Reais	1
M	Itália	2010	Reais	1
N	Países Baixos	2008	Gerador	-
O	Portugal	2008-2019	Reais	14
P	Portugal	2015-2019	Reais	7

Na Tabela 5.2 são disponibilizadas algumas características dos dados recolhidos: país, data, tipo de dados (gerados, reais, gerador) e número de instâncias. O país está associado à localização do hospital, se for o caso, ou o local onde o grupo de investigação se situa. A data é referente à data dos dados se forem reais, ou de quando foram gerados, em caso contrário. Relativamente ao tipo de dados, podem ser reais, ou seja quando são originais e providenciados por hospitais, podem ser gerados, baseados em informações cedidas por hospitais ou apenas em projeções feitas pelos investigadores e, por último, podem ser geradores de dados que, tal como o nome indica, são constituídos por parâmetros e distribuições que permitem a geração de novos dados.

A primeira observação que é possível retirar ao observar a tabela é que os dados recolhidos, na sua maioria, são antigos. Este facto pode trazer alguma desvantagem no desenvolvimento das instâncias, pois quanto mais recentes forem as instâncias mais estas se assemelham ao estado atual da atividade cirúrgica. Relativamente ao tipo de dados, recolheu-se 5 geradores de dados, 2 conjuntos de dados gerados e 9 conjuntos de dados reais. Apesar de ter sido desenvolvido um esforço para recolher o maior número possível de dados reais, esta tarefa foi dificultada também pelo número reduzido de artigos que os utilizam e pelos acordos de confidencialidade assinados entre os investigadores e os hospitais, tal

como mencionado na Secção 5.1.2. Ainda assim, o número de dados reais é superior aos gerados, o que para as barreiras encontradas é positivo. Os conjuntos de dados gerados são também valiosos, mas comparativamente com os reais, apresentam algumas desvantagens já referidas. Os geradores de dados, apesar de não serem instâncias em si permitem, tal como o nome indica, gerar novos conjuntos e portanto novas instâncias.

Foi possível reunir um total de 262 instâncias, das quais 37 são constituídas por dados reais e 225 por dados gerados. Esta discrepância é razoável, visto que na geração de dados, é possível produzir um número elevado de conjuntos, sendo que 224 são apenas referentes a um artigo que as gerou para testar a sua metodologia. É importante ter em consideração que os conjuntos de dados reais são diretamente extraídos de documentos cedidos por hospitais. Por todas as dificuldades já apresentadas para a obtenção destes, é possível dizer que o número de possíveis instâncias é elevado.

Em suma, concluiu-se que a recolha de dados com os contactos realizados foi bem sucedida pelo número de conjuntos obtidos e pela variabilidade da sua origem. O número de possíveis instâncias a resultar desta recolha é elevado e suficiente para a criação de uma plataforma consistente que só por si possibilitará a utilização destas instâncias, para a comparação das metodologias já existentes. De seguida, na Secção 5.2, é analisado o conteúdo de cada conjunto, bem como se este é aplicável ao estudo das problemáticas em causa.

5.2 Criação das *benchmark instances*

Para a criação das *benchmark instances* é necessário analisar os dados recolhidos, no sentido de definir os que serão utilizados, e os quais devem ser posteriormente uniformizados para a formulação de várias instâncias. Esta secção descreve este processo e analisa os dados utilizados nas instâncias desenvolvidas.

5.2.1 Apresentação e análise dos dados recolhidos

Tal como visto na Secção 5.1, foi possível recolher um total de 16 conjuntos de dados através de vários autores de artigos e dos dois hospitais portugueses. Cada conjunto é constituído por uma ou mais instâncias e cada uma destas por vários tipos de parâmetros. Desta forma, foi necessário analisar previamente o tipo de dados que foram recolhidos de forma a concluir se estes iam ao encontro das duas problemáticas nas quais se pretende focar na criação das instâncias, mas também para analisar o seu conteúdo e o tipo de tratamento de dados que seria necessário realizar. De seguida, esta análise é apresentada para cada um dos conjuntos de dados recebidos.

Conjunto A

O conjunto de dados A é constituído por 224 instâncias de dados gerados baseados em dados hospitalares. Cada uma das instâncias representa uma lista de cirurgias planeadas, mas o número de cirurgias varia entre instâncias apesar dos parâmetros serem os mesmos. Para cada cirurgia são indicados os seguintes parâmetros: **tipo de cirurgia, duração esperada da cirurgia, tempo de permanência na UCPA, instrumentos restritivos utilizados e outras informações relacionadas ou com o paciente ou com a cirurgia**. Cada instância foi recebida num ficheiro *txt* apenas com os valores associados a cada parâmetro e, paralelamente, o autor enviou o código utilizado para gerar as instâncias, para que fosse possível lê-las.

Conjunto B

Este foi enviado pelo autor do único *website* existente de acesso livre com conjuntos de dados gerados. Para além de enviar a sua plataforma onde se encontram várias instâncias geradas, enviou também uma instância com maior dimensão constituída também por dados gerados. Esta é representativa de uma lista de cirurgias com os seguintes parâmetros: **dia da semana da cirurgia, SO alocada, especialidade cirúrgica, duração esperada da cirurgia, desvio padrão da duração da cirurgia e duração da cirurgia**. Adicionalmente, foi enviado um gerador de dados constituído por uma distribuição que permite criar novas listas de cirurgias realizadas com informação sobre a especialidade e a duração média e desvio padrão da duração. Este último é constituído também pela disponibilidade do bloco por dia e a probabilidade de chegada de cirurgias urgentes por especialidade, que permite a geração de dados relativos a cirurgias planeadas.

Conjunto C

Composto por uma instância de dados reais cedidos por um centro hospitalar. Esta instância é composta por uma lista de cerca de 100 pacientes que se foca na **prioridade** da respetiva cirurgia e nos **tempos de espera** de cada paciente em várias fases de todo o processo cirúrgico (agendamento da cirurgia, admissão no hospital, espera pela cirurgia e espera pela alta hospitalar) e a soma de todos os tempos de espera. Esta métrica está por vezes incompleta dado que nem todos os tempos de espera estão disponíveis. No entanto, o número de vezes que tal ocorre não é significativo para descartar esta instância.

Conjunto D e E

O conjunto D e o conjunto E foram disponibilizados pelo mesmo autor mas correspondem a dois conjuntos de dados utilizados em artigos diferentes. O conjunto D é composto por uma instância com várias cirurgias planeadas e algumas informações associadas a estas como a **data e dia da semana da cirurgia, a enfermaria e cirurgião alocados e o tempo de permanência no hospital**. O conjunto E

é composto pela ligação entre a **lista de cirurgiões do hospital e o consumo de recursos utilizados por cada um**, onde é apresentado o número de blocos de tempo e turnos em que são aplicados.

Conjunto F

O conjunto de dados F não possui uma lista de pacientes individuais, mas sim grupos de pacientes que são divididos de acordo com a sua idade, o nível de complexidade da cirurgia e o tempo de permanência na SO e na UCI. Para cada grupo é apresentado a **taxa de chegada por dia, a duração esperada da cirurgia, o tempo médio de permanência antes da cirurgia e distribuições do tempo de permanência na UCI e UCM**. É ainda apresentada a **capacidade de vários recursos** por dia da semana. Este conjunto de dados está apresentado no artigo respetivo [100] presente na literatura e foi desenvolvido através de dados reais cedidos por um hospital, mas também pode ser utilizado para gerar novos dados para listas de pacientes individuais.

Conjunto G

O conjunto G é também um gerador de dados baseado em parâmetros reais hospitalares, o qual está disponível no artigo respetivo [101]. Para cada especialidade foram fornecidos os seguintes parâmetros: **número de cirurgias, duração média da cirurgia, desvio padrão da duração**, bem com a **distribuição** associada a cada etapa do processo cirúrgico. São também apresentadas as distribuições e parâmetros associados relativas ao **tempo de transferência do paciente entre unidades hospitalares** e **tempo de transição entre cirurgias**. Os parâmetros anteriormente referidos permitem a criação de novas listas para o planeamento de cirurgias.

Conjunto H

O conjunto de dados H é um gerador de dados bastante similar ao conjunto de dados F, mas com menos informação que este. Posteriormente foi entendido que os autores que enviaram os dois geradores realizaram os dois artigos em conjunto e estes são baseados nos mesmos dados hospitalares. Assim, como o conjunto F é mais completo que o conjunto H, este último será excluído e não será utilizado para a criação das instâncias.

Conjunto I

É constituído por uma lista de especialidades para cada uma destas apresenta **número de cirurgias, número médio de cirurgias por semana, duração média da cirurgia, tempo médio de transição entre cirurgias e desvio padrão do número de cirurgias, da duração e do tempo de transição**. Este conjunto de dados foi parcialmente fornecido por um hospital e adaptado pelos investigadores que o utilizaram para o seu artigo. Tal como o conjunto F pode ser utilizado no seu formato original ou para criar novos dados.

Conjunto J

O conjunto J é constituído por uma instância composta por dados reais providenciados por um hospital. Esta é constituída pelo **fluxo de entrada e saída de pacientes de 4 UCIs** durante um mês. Apesar de ser uma instância que tem apenas um parâmetro diferente dos habitualmente recolhidos, foi utilizada para a criação de uma instância porque pode ser utilizada para, por exemplo, analisar o número máximo de cirurgias que se pode agendar dependendo do número de camas disponíveis em cada UCI, possibilitando a sua utilização para este tipo de estudos, aumentando assim a diversidade de dados disponíveis nas instâncias formuladas.

Conjunto K

O conjunto K apresenta 10 instâncias, em que cada uma delas corresponde a uma lista de espera referente a cada especialidade existente num hospital português. Cada lista possui vários parâmetros como a **prioridade, a especialidade cirúrgica, o cirurgião alocado, o tempo de espera por cirurgia e a duração esperada da cirurgia**. Além disso, ainda é referida a **disponibilidade de cada bloco** por cada turno e por especialidade.

Conjunto L

O conjunto L foi adquirido através de um artigo que estuda o planeamento de cirurgias semi-urgentes. Deste foi partilhada uma tabela com o **número de cirurgias eletivas, urgentes, semi-urgentes, realizadas em horas extra ou canceladas** e com **capacidade de cada BO** por semana. Visto que não é possível formar uma instância com o conjunto de dados fornecido, este será excluído.

Conjunto M

É composto por uma instância com cerca de 400 cirurgias planeadas e pelos respetivos parâmetros associados a cada cirurgia: **data da cirurgia, prioridade, especialidade cirúrgica, duração da cirurgia e tempo esperado de permanência**.

Conjunto N

Tal como alguns dos geradores de dados anteriores, este encontra-se disponível no artigo do qual foi retirado e apresenta vários parâmetros para um total de 7 especialidade cirúrgicas. Os parâmetros são: **número esperado de pacientes operados, probabilidade de um paciente necessitar de UCI, tempo esperado de permanência na UCI e tempo esperado de permanência na enfermaria**. O presente conjunto está relacionado e pode ser utilizado para o planeamento do MSS tendo em conta as unidades hospitalares associadas ao BO.

Conjunto O

O conjunto O foi fornecido pelo CHLN. Este é constituído por 14 instâncias com dados cirúrgicos reais que se resumem em três tipos diferentes: **listas de espera, planos operatórios e registos com *timestamps***. As listas de espera são constituídas por **data de pedido de cirurgia, data de nascimento e género do paciente, prioridade, tipo de cirurgia, especialidade cirúrgica e cirurgião alocado**. Os planos operatórios têm a **data prevista para a cirurgia e data do seu pedido, BO e SO alocados, prioridade, tipo de cirurgia, especialidade cirúrgica e equipa médica alocada**. Por último, os registos com ***timestamps*** possuem várias marcas temporais de todo o processo cirúrgico, desde que o paciente entra no BO até entrar no recobro. Ao analisar os vários documentos existentes foi possível observar que existiam vários dados de cirurgias que se repetem ao longo destes e, por essa razão, foi necessário excluir algumas instâncias deste conjunto, resultando apenas em 10 instâncias no total.

Conjunto P

O conjunto P é referente aos dados recolhidos através do HESE, no qual foram fornecidas 7 instâncias. Entre estas os parâmetros fornecidos são os mesmos referidos no conjunto de dados anterior (O), inclusivamente estão divididos nos três tipo de dados: **listas de espera, plano operatório e registos com *timestamps***. Pela mesma causa referida anteriormente, a existência de cirurgias em duplicado nalgumas instâncias, 2 destas foram excluídas, ficando com um total de 5 instâncias.

Após a análise apresentada ao conteúdo dos 16 conjuntos de dados recolhidos, foram excluídos dois destes (H e L), restando um total de 14 conjuntos de dados para dar continuação à criação das instâncias. Após esta etapa foi percetível que teria que ser realizado algum tratamento de dados para a formação das várias instâncias, de modo a uniformizá-las. Este processo é descrito na secção que se segue, assim como o título e definição associados a cada parâmetro incluído nas instâncias.

5.2.2 Uniformização e formulação das instâncias

Para desenvolver a compilação das várias instâncias recolhidas dos 14 conjuntos de dados, é essencial criar um modelo e formato uniforme para aplicar aos vários conjuntos. Com esse fim, foi necessário definir algumas características que se pretendiam incluir no formato de cada instância. Foi definido que em todas as instâncias cada coluna correspondia a um parâmetro, e as linhas às cirurgias individuais, especialidades ou grupos de pacientes, dependendo do caso. Qualquer informação adicional do hospital que fosse geral a todas as instâncias pertences a cada conjunto, não seria incluída em cada instância mas sim seria enunciada ou através do *website* a ser desenvolvido, ou num documento à parte. Visto que as instâncias foram convertidas em formato CSV, foi importante que a sua organização fosse a

mais clara e simples possível, visto que este formato apenas divide as informações por vírgulas e não apresenta formatação. Ao formar as instâncias no *Excel*, cada documento não pode ser composto por mais que uma folha, visto que tal não é compatível com o formato CSV, bem como a impossibilidade da união de várias células.

Através da análise realizada anteriormente aos 14 conjuntos de dados recolhidos, foram selecionados e definidos os parâmetros que seriam incluídos em cada instância, para que haja coerência entre as várias instâncias desenvolvidas. Assim, através desta e da revisão de literatura realizada aos parâmetros utilizados nos artigos existentes (Secção 3.3), foram estabelecidos os seguintes parâmetros:

- **Duração da cirurgia:** corresponde ao tempo decorrido desde a entrada do paciente no BO até à sua saída, e é representada em minutos.
- **Duração esperada da cirurgia:** corresponde à duração esperada do processo descrito da duração da cirurgia, e é também representada em minutos.
- **Tempo de permanência:** refere-se ao tempo no qual o paciente está no hospital em dias. Dentro de cada instância este pode ainda especificar-se no tempo de BO, na UCI ou UCM, UCPA ou tempo de permanência necessário de pré-operatório.
- **Utilização de recursos:** por recursos entende-se recursos materiais, como camas, instrumentos, aparelhos e recursos humanos como cirurgiões, enfermeiros, assistentes. Pode ser apresentada em número de recursos ou horas de utilização.
- **Capacidade de recursos:** refere-se ao mesmo tipo de recursos enumerados acima e é apresentado nas mesmas unidades.
- **Características do paciente:** como a idade, a data de nascimento ou o género.
- **Características da cirurgia:** como o tipo de cirurgia, a data, o dia da semana, a SO, a enfermaria ou o cirurgião alocado.
- **Especialidade cirúrgica:** corresponde à especialidade a qual a cirurgia está associada, como cirurgia geral, cardiovascular ou plástica.
- **Prioridade:** cada cirurgia tem uma prioridade definida, dependente da urgência associada à mesma. Habitualmente varia entre 0 a 4, sendo 4 as cirurgias mais prioritárias.
- **Desvio padrão da duração da cirurgia:** indica o grau de variação da duração da cirurgia, e é apresentado em minutos.
- **Duração média da cirurgia:** baseada em registos históricos, é a duração média associada a cada tipo de cirurgia ou a às cirurgias de uma especialidade específica. É também apresentada em minutos.

- **Número esperado de cirurgias urgentes:** é baseado em dados históricos e representa o número esperado de cirurgias urgentes a receber no hospital, por semana ou dia.
- **Disponibilidade do bloco:** apresenta o número de horas que cada BO está disponível realizar cirurgias.
- **Tempo de espera:** pode referir-se ao tempo de espera entre o agendamento e o dia da cirurgia, mas também o tempo de espera no hospital, entre a entrada neste e a cirurgia em si ou entre a cirurgia e a alta hospitalar. É apresentado em dias ou minutos.
- **Taxa de chegada de pacientes:** número de pacientes que entra no hospital por hora, dia ou semana.
- **Tempo de transferência entre unidades hospitalares:** é apresentado em minutos e representa o tempo de transferir um paciente entre o BO e as suas unidades hospitalares associadas (UCPA, UCI, por exemplo).
- **Tempo de transição entre cirurgias:** representa o tempo entre o fim de uma cirurgia e o início de outra, e é apresentado em minutos.
- **Número médio de cirurgias realizadas:** baseado em registos históricos e representa o número de cirurgias realizada por dia ou semana ou por BO.
- **Número esperado de cirurgias realizadas:** baseado em registos históricos e representa o número esperado de cirurgias realizadas por dia ou semana ou por BO.
- **Desvio padrão do número de cirurgias realizadas:** indica o grau de variação do número de cirurgias realizadas por dia, semana ou BO.
- **Número pacientes na UCI**
- **Probabilidade de UCI:** é a probabilidade de um paciente necessitar de permanecer na UCI.
- ***Timestamps*:** são marcas temporais de vários acontecimentos no processo cirúrgico, como por exemplo a entrada no BO ou o início da anestesia.

No total foram selecionados e definidos 23 parâmetros que se encontram presentes nos vários conjuntos de dados utilizados. Apesar de se ter desenvolvido uma definição geral para cada parâmetro, dentro de cada instância e no documento de apoio à sua leitura, os parâmetros presentes em cada instância são especificados para a mesma, principalmente no caso das características do paciente e da cirurgia, por exemplo, que são parâmetros generalizadas. É também referida a unidade na qual cada parâmetro está apresentado.

Com a definição dos 23 parâmetros presentes nas várias instâncias, foi também necessário uniformizá-las em termos de estrutura. Apesar de alguns conjuntos já se encontrarem no formato definido para o modelo das instâncias, noutros foi necessário realizar algumas alterações. No conjunto de dados A, por exemplo, foi necessário analisar as instâncias recolhidas através do código utilizado para as gerar. Adicionalmente, cada instância estava em função do tipo de cirurgia em vez de ser constituída por uma lista de cirurgias, tendo sido feitas alterações ao formato das instâncias para que os parâmetros fossem apresentados para cada cirurgia presente em cada instância. O conjunto de dados K era composto por 10 instâncias, em que cada uma delas era a lista de espera correspondente a uma especialidade. As várias listas de espera foram reunidas apenas em duas instâncias, quando estas correspondiam à mesma data de recolha das listas de espera pelo hospital. Noutros conjuntos as instâncias foram recebidas no formato *txt*, no qual cada linha correspondia a um parâmetro, tendo este também sido alterado, visto que se definiu previamente que cada coluna correspondia a um parâmetro. Os conjuntos O e P diretamente enviados por hospitais, não se encontravam organizados como os restantes dados recolhidos, existindo um número elevado de duplicados dentro da mesma instância e mesmo entre várias instâncias. Foi também comum encontrar vários registos vazios, os quais não apresentavam informações suficientes sobre cada cirurgia. Assim, ainda nestes dois últimos conjuntos, foram excluídas várias instâncias pelas razões apresentadas acima. De uma forma geral, para todas as instâncias foram realizadas alterações a nível estrutural com as várias funções e ferramentas descritas na Secção 4.2 e foram excluídas algumas informações e parâmetros redundantes ou não se enquadravam no estudo em questão.

Relativamente aos geradores de dados, estes não são considerados instâncias mas são bastante valiosos pois permitem a geração de novos dados, sendo que estes podem ainda ser adaptados a distribuições. As informações presentes em cada gerador podem não ser suficientes para gerar uma instância completa, mas pode ser útil para alguns estudos desenvolvidos que necessitem de um tipo específico de dados. Ainda que, na sua maioria, já se encontrem disponíveis na literatura, agora será possível encontrar uma compilação destes, o que anteriormente não existia.

No final, foi possível reunir 247 instâncias, as quais são apresentadas e o seu conteúdo é analisado na Secção 5.2.3.

5.2.3 Análise dos dados utilizados

Após a análise e uniformização dos conjuntos de dados anteriormente referidos, foram criadas e compiladas um total de 247 instâncias e 5 conjuntos de geradores de dados para serem publicados. Na Tabela 5.3 é correspondido o número de instâncias e geradores de dados que resultaram de cada conjunto.

Tabela 5.3: Número de instâncias e geradores de dados, representados por G, que foram extraídos de cada conjunto de dados.

	A	B	C	D	E	F	G	I	J	K	M	N	O	P
Nº Instâncias	224	1 + G	1	1	1	G	G	G	1	2	1	G	10	5

Tal como demonstrado na Tabela 5.3, foram reunidas 247 instâncias e 5 geradores de dados. Dentro das instâncias, 225 são constituídas por dados gerados e 22 são constituídas por dados reais. Numa análise generalizada ao seu conteúdo, foi possível reunir instâncias constituídas por listas com informações sobre cirurgias planeadas e outras sobre cirurgias realizadas. Dentro das listas com cirurgias realizadas, foram identificados ainda vários tipos com informações sobre tempos de espera, fluxo de pacientes ou sobre o consumo de recursos por cada cirurgia. Foram ainda construídas várias instâncias formadas por listas de espera de pacientes para cirurgias e outras compostas por marcas temporais relativas ao processo cirúrgico.

Dentro dos vários tipos de instâncias formadas, foram enumerados os parâmetros presentes em cada uma, para possibilitar a análise da utilização destes. A Tabela 5.4 apresenta a correspondência entre os vários parâmetros definidos na Secção 5.2.2 e os conjuntos de dados que são por estes constituídos, bem como a percentagem de utilização de cada parâmetro nas instâncias criadas.

Tabela 5.4: Correspondência entre os vários parâmetros selecionados e definidos com os conjuntos de dados onde estes se encontram presentes. Na última coluna é apresentada a percentagem de utilização de cada parâmetro nos 14 conjuntos de dados.

	A	B	C	D	E	F	G	I	J	K	M	N	O	P	%
Duração da cirurgia		X									X		X	X	**36%**
Duração esperada da cirurgia	X	X				X				X					**21%**
Tempo de permanência	X			X		X					X	X		X	**43%**
Utilização de recursos	X				X										**14%**
Capacidade de recursos					X	X									**14%**
Características do paciente	X												X	X	**21%**
Características da cirurgia	X	X		X	X		X	X	X	X	X		X	X	**79%**
Especialidade cirúrgica		X								X	X	X			**29%**
Prioridade			X							X	X		X	X	**36%**
Desvio padrão da duração da cirurgia		X					X	X							**21%**
Duração média da cirurgia		X					X	X							**21%**
Nº esperado de cirurgias urgentes		X													**7%**
Disponibilidade do bloco		X								X					**14%**
Tempo de espera			X							X			X	X	**29%**
Taxa de chegada de pacientes						X									**7%**
Tempo de transferência entre unidades							X								**7%**
Tempo de transição entre cirurgias							X	X							**14%**
Nº médio cirurgias realizadas								X							**7%**
Nº esperado de cirurgias realizadas												X			**7%**
Desvio padrão do nº cirurgias realizadas								X							**7%**
Nº pacientes na UCI									X						**7%**
Probabilidade de UCI												X			**7%**
Timestamps													X	X	**14%**

A Figura 5.2 apresenta as percentagens por ordem decrescente de utilização dos parâmetros utilizados nas instâncias criadas, de forma a facilitar a sua análise e comparação com a revisão de literatura anteriormente realizada.

Figura 5.2: Parâmetros utilizados na criação das várias instâncias e respetivas percentagens de utilização.

Várias análises podem ser realizadas aos resultados que foram possíveis de obter. Apesar de o objetivo geral da dissertação ser a compilação de várias instâncias, dentro deste existem outras metas que se pretende atingir. Tal como referido anteriormente, a compilação do maior número de instâncias possível, constituídas por um nível de variabilidade elevado dos parâmetros, mas também serem compostas pelos parâmetros mais utilizados na literatura, visto que estes são os relevantes para o estudo das duas problemáticas relativas ao estudo da otimização do planeamento do BO.

Foi possível construir vários tipos de instâncias ou geradores com vários tipos de dados, o que é possível analisar no parâmetros presentes em cada um (Tabela 5.4). Algumas são referentes a listas de cirurgias já realizadas, como o conjunto B, nas quais é comum ser referida a duração esperada e real da cirurgia, o tempo de permanência e, mais especificamente nos conjuntos O e P, que são constituídas por marcas temporais (*timestamps*) que indicam a hora exata a que ocorreu algum evento que, no caso de uma cirurgia, pode ser a entrada e saída do BO, bem como o início ou fim da anestesia. Estes parâmetros só estão acessíveis quando as cirurgias já ocorreram mas são difíceis de obter através dos

hospitais e, portanto, mesmo que se refira a uma lista de cirurgias já realizadas é mais habitual, por exemplo, ter conhecimento da duração esperada da cirurgia, um parâmetro que se define previamente, do que a sua duração real. No que toca às listas de cirurgias planeadas (por realizar), como nos conjuntos D e M, é habitual ser referido a duração média e esperada da cirurgia e outras características gerais desta e do paciente. O terceiro tipo instâncias são as listas de espera, presentes nos conjuntos O e P, que incluem o tempo de espera por cirurgia, características do paciente e a prioridade da cirurgia. Dentro das instâncias recolhidas, são mais as que captam parâmetros pré cirurgia do que pós cirurgia. Ainda assim, foram abordadas várias etapas do processo cirúrgico com os parâmetros recolhidos, bem como várias características fulcrais do planeamento das cirurgias que poderão ser aplicadas para os estudos a ser desenvolvido nas várias vertentes.

No total foram recolhidos 23 parâmetros, dos quais os mais utilizados nas instâncias criadas são as características da cirurgia, o tempo de permanência, a duração da cirurgia, a prioridade, a especialidade cirúrgica e o tempo de espera. Entre todos os parâmetros existe uma grande diferença principalmente na percentagem de utilização das características da cirurgia, o que se deve ao facto deste parâmetro englobar várias informações referidas anteriormente. Os restantes têm uma utilização, nas instâncias criadas, que varia entre 43% e 7%. Comparando com a análise realizada à literatura foi possível reunir nas instâncias criadas os 15 parâmetros mais referidos nos artigos revistos, sendo este um dos objetivos que se pretendia atingir. Para além destes, recolheu-se ainda mais parâmetros que permitiram aumentar o nível de versatilidade da presente compilação. Pretendia-se também recolher um número superior de listas de espera, visto que estas são bastante necessárias para testar as metodologias e modelos desenvolvidos para o agendamento das cirurgias em espera é bastante procurado, segundo os investigadores contactados.

5.3 Publicação das *benchmark instances*

Após criar as instâncias, seguiu se a sua publicação. Foi novamente verificada a possibilidade de partilha destas com os autores, cada grupo de instâncias foi organizado e formatado para facilitar a sua compreensão e utilização e, por último, foi desenvolvido um *website* para a sua publicação.

5.3.1 Confirmação da partilha

Após a finalização das instâncias a partir dos 14 conjuntos de dados, foi importante confirmar de novo com os autores correspondentes que a sua partilha poderia ser realizada, agora com o envio das mesmas. Foi também pedido *feedback* do tratamento e organização dos dados que enviaram, bem como foi necessário esclarecer algumas dúvidas. Desta forma, foi enviado um email para os 14 autores, com as instâncias desenvolvidas anexadas. Dos 14 autores, obteve-se a confirmação da possibilidade

de partilha das instâncias de 12, sendo que dos restantes 2 não se obteve resposta ao email. O email foi ainda reencaminhado mas continuou sem resposta. É assim aconselhado como trabalho futuro a nova tentativa de contacto com os 2 autores correspondentes, com o intuito de recolher a sua confirmação de partilha, sendo que as instâncias já se encontram prontas a serem partilhadas. Visto que a confirmação de partilha destes não foi recebida até à data, prosseguiu-se apenas com as instâncias respetivas aos 12 conjuntos de dados.

5.3.2 Formato das instâncias

Com os 12 conjuntos de dados, prosseguiu-se com o processo de partilha e publicação das respetivas *benchmark instances*. Para cada conjunto foi criada uma pasta que inclui todas as instâncias associadas que, tal como mencionado na metodologia, foram colocadas no formato CSV, o qual é possível de ser convertido em todos os outros formatos existentes.

A cada pasta foi ainda adicionado um ficheiro em formato *txt*, com o objetivo de auxiliar a leitura das várias instâncias mas também com informações adicionais necessárias, como características recolhidas acerca do hospital em questão e a referência ao artigo ou hospital que forneceu o conjunto de dados respetivo, quando assim foi permitido. Todos os ficheiros *txt* são uniformizados e um exemplo destes é demonstrado no Apêndice A.4.1, para facilitar a sua explicitação.

O objetivo deste ficheiro é facilitar a utilização das várias instâncias para as entidades que delas necessitem. No início, apresenta o número de instâncias que o conjunto de dados possui e a sua origem, se foi obtido através do contacto realizado com vários autores ou se de um dos hospitais portugueses, e são deixadas algumas notas que possam complementar a leitura das instâncias. Para além disso, se existirem informações adicionais do hospital do qual os dados provêm, estas são apresentadas neste documento visto que são gerais a todas as instâncias e podem ser essenciais para a sua utilização. Os vários tipos de parâmetros são: **número de especialidades cirúrgicas**, **número de BOs e SOs**, **tempo ativo do bloco em horas**, **número de cirurgiões**, **número de UCIs**, **número de enfermarias** e **número de camas**. Por último, são dadas instruções para a leitura de cada instância, através das definições apresentadas na Secção 5.2, de cada parâmetro que cada coluna possui. Se existirem instâncias semelhantes em cada conjunto de dados, as suas instruções de leitura são dadas em conjunto e, caso contrário, são descritas separadamente.

A uniformização e a facilidade da leitura e utilização das instâncias é de extrema relevância. É importante ter em consideração que é mais complicada a interpretação de cada instância para alguém que não as construa mas que as utilize, foi realizado o máximo esforço no sentido de explicitar todos os parâmetros, bem como todas as informações que se conseguiu obter através dos contacto com as diferentes entidades. Após a organização das várias instâncias, foi desenvolvido um *website* para a última etapa da dissertação, a publicação destas, que se encontra explicitado na secção que se segue.

5.3.3 Desenvolvimento do *website*

Para completar o último objetivo proposto para a dissertação, foi desenvolvido um *website* utilizando *WordPress*, para possibilitar a publicação das várias instâncias criadas. A este foi conferido o nome *"Operating room planning and scheduling benchmark set"*. No Apêndice A.4.2, são disponibilizadas algumas imagens representativas do *website* desenvolvido.

O *website* criado possui quatro páginas principais: *Home, Real data, Generated data* e *data generators*. Na página principal (*Home*) é apresentado o projeto desenvolvido, os principais objetivos a atingir com a criação da plataforma e é descrito o conteúdo disponível e como este foi desenvolvido. Em cada uma das restantes páginas (*Real data, Generated data* e *Data generators*) existe uma explicação do seu conteúdo, o significado do seu nome, o número de conjuntos de instâncias disponibilizadas e como estas estão construídas. Dentro de cada uma das páginas existem vários separadores, nos quais cada separador corresponde a um conjunto de instâncias. Dentro de cada separador, é referido o número e a origem das instâncias, se assim o foi permitido, bem como uma lista dos parâmetros que cada conjunto contem. Para ter acesso a cada conjunto de instâncias, é necessário fazer *download* da pasta correspondente a cada uma delas. Por fim, na parte final do site é ainda apresentado o âmbito no qual a plataforma foi desenvolvida e foi ainda disponibilizado um endereço de email para o contacto no caso de existirem questões relativas à plataforma ou às instâncias, ou ainda para possibilitar a partilha de mais conjuntos de dados se alguém assim o desejar.

Após a elaboração do *website* foi necessário definir o domínio no qual este estaria alojado. O *WordPress* disponibiliza um domínio grátis mas com algumas restrições, sendo que algumas destas impedem o funcionamento planeado da plataforma. Este impede que haja a possibilidade do utilizador fazer *download* de pastas, tornando impossível a partilha das pastas de cada conjunto. Outra desvantagem é o espaço de armazenamento que é bastante reduzido. Visto que o Instituto Superior Técnico disponibiliza um domínio a cada aluno, no qual é possível alojar um *website*, decidiu-se utilizar esta opção. A utilização do domínio providenciado pelo IST permite colmatar as duas maiores restrições referidas anteriormente. Porém, ainda não foi possível fazer a transição da plataforma entre domínios e, por essa razão, esta ainda não se encontra disponível no momento da escrita da dissertação.

A escolha de um *website* para a publicação da compilação de instâncias permite levar o trabalho realizado mais além, visto ser uma plataforma de acesso livre e que é facilmente divulgada. Devido ao número considerável de instâncias que reúne e a sua variabilidade, é um ponto de partida para colmatar a lacuna existente no estudo da otimização do planeamento do BO da falta de partilha de dados cirúrgicos, permitindo o teste e comparação das várias metodologias e modelos desenvolvidos no tema. Após a conclusão da plataforma, é essencial que esta seja divulgada aos autores que cederam os seus conjuntos de dados, bem como outras entidades de interesse.

6. Conclusão

O BO é uma das unidades mais influentes de um hospital, representando 40% das despesas deste, bem como uma das suas unidades mais complexas. Tem-se observado um interesse crescente na otimização do planeamento e escalonamento do Bloco operatório (BO) pelo aumento no número de artigos existentes que abordam o tema. O principal foco tem sido apontado para dois dos seus problemas, o MSSP, que se refere à definição de um calendário semanal que corresponde as várias especialidades cirúrgicas a cada BO existente num hospital, e o EPSP, que aloca cada cirurgia em lista de espera a uma SO, atribuindo-lhe uma hora e uma data.

Ainda que a literatura desta vertente esteja em expansão, nomeadamente no aumento do número de metodologias e modelos desenvolvidos para otimizar os dois problemas anteriormente referidos, estes, na sua maioria, ou são estudados apenas conceptualmente ou são testadas em casos de estudo específicos. Desta forma, é raro encontrar na literatura metodologias que sejam testados com o mesmo conjunto de dados e portanto, a comparação destas é dificultada.

Até aos dias de hoje não existe uma metodologia que se destaque como mais eficiente para o planeamento das cirurgias no vários BOs, dificultando o trabalho para cada gestor hospitalar quando se depara com a tarefa do agendamento das cirurgias. Ainda não é possível denotar uma preferência por vários hospitais num modelo a pôr em prática e este facto deve-se à inexistência de uma comparação entre os vários modelos existentes até à data, de forma a concluir os mais eficientes. Para realizar uma comparação entre metodologias já desenvolvidas ou a desenvolver, é necessário que existam conjuntos de dados disponíveis para tal.

O objetivo da presente dissertação surge da necessidade da formulação de uma compilação de dados, a qual será organizada em *benchmark instances* focadas em parâmetros relativos ao planeamento e escalonamento do BO. Esta compilação pretende colmatar a pequena percentagem de artigos que testam as suas metodologias após as desenvolverem, mas também permitir uma futura comparação entre as metodologias disponíveis na literatura. Nestas será dada a preferência a dados cirúrgicos reais para que o teste e comparação futuramente realizados se aproximem de casos reais.

Ao realizar uma revisão de literatura no âmbito, é percetível que é raro encontrar conjuntos de dados disponíveis a serem utilizados. Até ao momento, apenas existe um *website* que compila várias instâncias de dados gerados e uma *drive* pública também com uma lista destes. Adicionalmente, foi possível ter conhecimento da existência de um conjunto de instâncias desenvolvido com dados cirúrgicos reais mas que não é possível ser partilhado, sendo apenas utilizado por um grupo de investigadores holandês. Na presente revisão foram também descobertas duas grandes barreiras para a realização do trabalho. A primeira detém-se com as políticas de privacidade aplicadas pelos hospitais, que dificilmente partilham conjuntos de dados e quando o fazem com investigadores para casos de estudo específico nalguns artigos, estes também assinam acordos para que não os possam divulgar,

sendo esta uma das razões pelas quais é invulgar a descoberta de instâncias na literatura. A segunda barreira está associada aos parâmetros que funcionam como *inputs* nas metodologias e que constituem as instâncias criadas. Para estes não existe um modelo standard dos parâmetros a utilizar, bem como uma definição universal para cada um deles.

Com as barreiras referidas e o estado atual da literatura em consideração, foram contactadas várias entidades para a recolha de dados e foram definidos os parâmetros de interesse para a recolha. Os conjuntos de dados recolhidos foram uniformizados e transformados em *benchmark instances* que se pretende que sejam publicadas num *website* de acesso livre que foi desenvolvido.

Na primeira fase da realização da dissertação, foram contactados 145 autores via email para que estes fornecessem conjuntos de dados que tivessem à sua disposição, dos quais se obteve 54 respostas e destas apenas 14 foram positivas, de onde foi então possível a recolha de dados. A estes foram adicionados dois conjuntos adicionais, um correspondente a cada hospital português (CHLN e HESE), com os quais se realizou contactos para a recolha e utilização destes. Os dados recolhidos foram analisados para se proceder a uma filtração dos que se encontravam no âmbito das duas problemáticas abordadas, o que levou a que sobrassem 14 conjuntos que foram utilizados para formular as instâncias.

Com os 14 conjuntos de dados utilizados foi possível formar 247 instâncias, das quais 225 são constituídas por dados gerados e 22 por dados reais. Adicionalmente, foram também recolhidos 5 geradores de dados, que apesar de não representarem uma instância por completo, permitem a geração de novos dados associados aos parâmetros pelos quais são constituídos. As instâncias criadas são constituídas de um modo geral por listas de cirurgias planeadas, listas de cirurgias realizadas e listas de pacientes em espera para cirurgia. Cada uma das instâncias é constituída por diversos parâmetros, num total de 23, dos quais os mais utilizados são: características da cirurgia, tempo de permanência, duração da cirurgia, prioridade, especialidade cirúrgica e tempo de espera. Adicionalmente, os parâmetros utilizados foram definidos e uniformizados para que não existisse incerteza na leitura e utilização das instâncias.

Após as instâncias estarem formadas, foram colocadas num formato uniforme e foi desenvolvido um documento para cada conjunto com informações adicionais e para auxiliar a sua leitura. Posteriormente foi desenvolvido um *website* em *WordPress* para a publicação das instâncias criadas, que apesar de estar terminado, ainda não se encontra de acesso público.

Com o término do trabalho realizado no contexto da dissertação é possível considerar que os objetivos foram alcançados com sucesso. Devido à escassa partilha de conjuntos de dados existente por parte de várias entidades envolvidas, não era esperado chegar a um número tão elevado de conjuntos de dados e consequente instâncias recolhidos e formadas, tendo esse aspeto superado as expectativas. As instâncias formadas são compostas por parâmetros de interesse e habitualmente utilizados no estudo da problemática da otimização do planeamento do BO, e a gama versátil que foi possível englobar é um bónus para a compilação desenvolvida.

A existência de *benchmark instances* não contribui para o desenvolvimento de mais metodologias ou modelos no contexto, mas eleva o nível do estado de arte, pois permite o teste e comparação das metodologias existentes, auxiliando os investigadores que as estudam. Como trabalho futuro, relativamente à plataforma desenvolvida, será finalizado o processo de alojamento no domínio e este será divulgado às entidades de interesse. Adicionalmente, poderão ser recolhidos mais conjuntos de dados para a formação de mais instâncias, principalmente focadas em dados reais. Num modo geral, será benéfico o desenvolvimento de mais plataformas do género para promover a cooperação entre os hospitais e os investigadores que estudam o tema para permitir o avanço da literatura, bem como a sua aplicação ao mundo real.

Bibliografia

[1] D. A. Lungu, T. G. Ruggieri, and S. Nuti, "Decision making tools for managing waiting times and treatment rates in elective surgery," *BMC health services research*, vol. 19, no. 1, p. 369, 2019.

[2] Z. Abdelrasol, N. Harraz, and A. Eltawil, "Operating room scheduling problems: a survey and a proposed solution framework," in *Transactions on engineering technologies*. Springer, 2014, pp. 717–731.

[3] B. Cardoen, E. Demeulemeester, and J. Beliën, "Operating room planning and scheduling: A literature review," *European journal of operational research*, vol. 201, no. 3, pp. 921–932, 2010.

[4] A. Fügener, S. Schiffels, and R. Kolisch, "Overutilization and underutilization of operating rooms-insights from behavioral health care operations management," *Health care management science*, vol. 20, no. 1, pp. 115–128, 2017.

[5] E. Demeulemeester, J. Beliën, B. Cardoen, and M. Samudra, "Operating room planning and scheduling," in *Handbook of healthcare operations management*. Springer, 2013, pp. 121–152.

[6] M. Samudra, C. Van Riet, E. Demeulemeester, B. Cardoen, N. Vansteenkiste, and F. E. Rademakers, "Scheduling operating rooms: achievements, challenges and pitfalls," *Journal of scheduling*, vol. 19, no. 5, pp. 493–525, 2016.

[7] [Online]. Available: http://comopt.ifi.uni-heidelberg.de/software/TSPLIB95/

[8] [Online]. Available: http://vrp.atd-lab.inf.puc-rio.br/index.php/en/

[9] [Online]. Available: https://people.cs.kuleuven.be/~tony.wauters/wim.vancroonenburg/pas/

[10] [Online]. Available: https://bitbucket.org/satt/or-pas/src/master/Instances/or_pas_dept2_long04.xml

[11] [Online]. Available: https://data.mendeley.com/datasets/cbgt59hnhk/1

[12] E. Hans, "Surgery scheduling benchmark set." [Online]. Available: https://www.utwente.nl/en/choir/research/BenchmarkORScheduling/

[13] "Ministério da Saúde. Avaliação da Situação Nacional dos Blocos Operatórios - Relatório Final," 2015. [Online]. Available: https://repositorio.hff.min-saude.pt/bitstream/10400.10/1798/4/Sess~ao%20multidisciplinar%20BO%20Fev%202017.pdf

[14] "Administração Central do Sistema de Saúde. Recomendações Técnicas para Bloco Operatório," 2011. [Online]. Available: https://www2.acss.min-saude.pt/Portals/0/RT_05-2011%20DOC%20COMP%20PDF.pdf

[15] D. J. Lee, J. Ding, and T. J. Guzzo, “Improving operating room efficiency,” *Current urology reports*, vol. 20, no. 6, p. 28, 2019.

[16] H. M. B. Terras, “Gestão de bloco operatório,” Ph.D. dissertation, Universidade da Beira Interior, 2017.

[17] A. J. M. Lopes, “Gestão do bloco operatório,” Ph.D. dissertation, Universidade do Minho, 2012.

[18] A. M. M. d. O. Pegado, “Gestão de bloco operatório: Modelos de gestão e monitorização,” Ph.D. dissertation, Escola Nacional de Saúde Pública. Universidade Nova de Lisboa, 2010.

[19] S. Zhu, W. Fan, S. Yang, J. Pei, and P. M. Pardalos, “Operating room planning and surgical case scheduling: a review of literature,” *Journal of Combinatorial Optimization*, vol. 37, no. 3, pp. 757–805, 2019.

[20] P. Garengo, “Benchmarking’,” *Quality Management: Tools, Methods, and Standards. Emerald Publishing Limited*, pp. 91–107, 2019.

[21] T. Stapenhurst, *The benchmarking book*. Routledge, 2009.

[22] D. Ø. Madsen, K. Slåtten, and D. Johanson, “The emergence and evolution of benchmarking: a management fashion perspective,” *Benchmarking: An International Journal*, 2017.

[23] R. Kolisch, C. Schwindt, and A. Sprecher, “Benchmark instances for project scheduling problems,” in *Project scheduling*. Springer, 1999, pp. 197–212.

[24] P. Kyrö, “Revising the concept and forms of benchmarking,” *Benchmarking: An International Journal*, 2003.

[25] M. S. Attiany, “Competitive advantage through benchmarking: field study of industrial companies listed in amman stock exchange,” *Journal of business studies quarterly*, vol. 5, no. 4, p. 41, 2014.

[26] J. Prašnikar, Ž. Debeljak, and A. Ahčan, “Benchmarking as a tool of strategic management,” *Total Quality Management and Business Excellence*, vol. 16, no. 2, pp. 257–275, 2005.

[27] G. H. Watson, “Strategic benchmarking reloaded with six sigma,” *Hoboken (NJ)*, 2007.

[28] B. Singh, S. Grover, and V. Singh, “An assessment model for benchmarking in manufacturing industries,” *International Journal of Hybrid Information Technology*, vol. 8, pp. 241–252, 12 2015.

[29] A. Rolstadås, *Benchmarking—theory and practice*. Springer, 2013.

[30] B. Singh, “Applications of moora method for benchmarking decision in indian industries,” *International Journal of Advanced Operations Management*, vol. 9, no. 2, pp. 88–105, 2017.

[31] L. Dragolea and D. Cotîrlea, “Benchmarking-a valid strategy for the long term?” *Annales Universitatis Apulensis: Series Oeconomica*, vol. 11, no. 2, p. 813, 2009.

[32] J. Raymond, “Benchmarking in public procurement,” *Benchmarking: An International Journal*, 2008.

[33] W. Vermeulen, “Benchmarking as an enabler of business excellence in the south african financial sector,” *Benchmarking: An International Journal*, 2003.

[34] S. Pedron, V. Winter, E.-M. Oppel, and E. Bialas, “Operating room efficiency before and after entrance in a benchmarking program for surgical process data,” *Journal of Medical Systems*, vol. 41, no. 10, p. 151, 2017.

[35] B. S. Kodali, K. D. Kim, H. Flanagan, J. M. Ehrenfeld, and R. D. Urman, “Variability of subspecialty-specific anesthesia-controlled times at two academic institutions,” *Journal of medical systems*, vol. 38, no. 2, p. 11, 2014.

[36] “*Estatísticas de Saúde 2018*,” 2018.

[37] P. Ferrinho, J. Simões, J. Pereira-Miguel, A. Beja, M. Cortes, and Z. Hartz, “Da gestão estratégica do sistema de saúde português à avaliação do seu desempenho—um percurso em construção,” *Anais do Instituto de Higiene e Medicina Tropical. 2º Congresso Nacional de Medicina Tropical*, pp. 76–87, 01 2013.

[38] “*SNS RH, Administrações Regionais de Saúde*,” 2016.

[39] “Hospitais: total e por natureza institucional,” Dezembro 2020. [Online]. Available: https://www.pordata.pt/Municipios/Hospitais+total+e+por+natureza+institucional-247

[40] “Salas de operação nos hospitais,” Fevereiro 2020. [Online]. Available: https://www.pordata.pt/Municipios/Salas+de+operacao+nos+hospitais-253/

[41] “Monitorização Mensal Hospitais,” Dezembro 2020. [Online]. Available: https://benchmarking-acss.min-saude.pt/MH_ProdRacioEficCirurgiaDashboard

[42] A. D. Keegan, “Hospital bed occupancy: more than queuing for a bed,” *Medical Journal of Australia*, vol. 193, no. 5, pp. 291–293, 2010.

[43] “*Plano de Atividades e Orçamento CHNL*,” 2018.

[44] “Especialidades Cirúrgicas,” Outubro 2020. [Online]. Available: http://www.chln.min-saude.pt/index.php/as-nossas-especialidades/especialidades-cirurgicas

[45] “*Relatório e Contas CHNL*,” 2017.

[46] "O Hospital - Hospital do Espírito Santo de Évora," Outubro 2020. [Online]. Available: http://www.hevora.min-saude.pt/2019/12/27/o-hospital/

[47] "*Relatório de Gestão HESE*," 2017.

[48] "Serviços Clínicos - Hospital do Espírito Santo de Évora," Outubro 2020. [Online]. Available: http://www.hevora.min-saude.pt/category/servicos/servicos-clinicos/

[49] P. J. Hulshof, N. Kortbeek, R. J. Boucherie, E. W. Hans, and P. J. Bakker, "Taxonomic classification of planning decisions in health care: a structured review of the state of the art in or/ms," *Health systems*, vol. 1, no. 2, pp. 129–175, 2012.

[50] F. Guerriero and R. Guido, "Operational research in the management of the operating theatre: a survey," *Health care management science*, vol. 14, no. 1, pp. 89–114, 2011.

[51] R. E. Wachtel and F. Dexter, "Tactical increases in operating room block time for capacity planning should not be based on utilization," *Anesthesia & Analgesia*, vol. 106, no. 1, pp. 215–226, 2008.

[52] E. W. Hans, M. Van Houdenhoven, and P. J. Hulshof, "A framework for healthcare planning and control," in *Handbook of healthcare system scheduling*. Springer, 2012, pp. 303–320.

[53] I. Marques, M. E. Captivo, and N. Barros, "Optimizing the master surgery schedule in a private hospital," *Operations Research for Health Care*, vol. 20, pp. 11–24, 2019.

[54] A. Testi, E. Tanfani, and G. Torre, "A three-phase approach for operating theatre schedules," *Health Care Management Science*, vol. 10, no. 2, pp. 163–172, 2007.

[55] S. Choi and W. E. Wilhelm, "On capacity allocation for operating rooms," *Computers & Operations Research*, vol. 44, pp. 174–184, 2014.

[56] M. Penn, C. N. Potts, and P. R. Harper, "Multiple criteria mixed-integer programming for incorporating multiple factors into the development of master operating theatre timetables," *European Journal of Operational Research*, vol. 262, no. 1, pp. 194–206, 2017.

[57] C. Mannino, E. J. Nilssen, and T. E. Nordlander, "A pattern based, robust approach to cyclic master surgery scheduling," *Journal of Scheduling*, vol. 15, no. 5, pp. 553–563, 2012.

[58] I. Adan, J. Bekkers, N. Dellaert, J. Vissers, and X. Yu, "Patient mix optimisation and stochastic resource requirements: A case study in cardiothoracic surgery planning," *Health care management science*, vol. 12, no. 2, p. 129, 2009.

[59] J. M. van Oostrum, M. Van Houdenhoven, J. L. Hurink, E. W. Hans, G. Wullink, and G. Kazemier, "A master surgical scheduling approach for cyclic scheduling in operating room departments," *OR spectrum*, vol. 30, no. 2, pp. 355–374, 2008.

[60] R. Guido and D. Conforti, “A hybrid genetic approach for solving an integrated multi-objective operating room planning and scheduling problem,” *Computers & Operations Research*, vol. 87, pp. 270–282, 2017.

[61] L. Koppka, L. Wiesche, M. Schacht, and B. Werners, “Optimal distribution of operating hours over operating rooms using probabilities,” *European Journal of Operational Research*, vol. 267, no. 3, pp. 1156–1171, 2018.

[62] J.-M. Lehtonen, P. Torkki, A. Peltokorpi, and T. Moilanen, “Increasing operating room productivity by duration categories and a newsvendor model,” *International Journal of Health Care Quality Assurance*, 2013.

[63] R. Aringhieri, P. Landa, P. Soriano, E. Tànfani, and A. Testi, “A two level metaheuristic for the operating room scheduling and assignment problem,” *Computers & Operations Research*, vol. 54, pp. 21–34, 2015.

[64] A. Agnetis, A. Coppi, M. Corsini, G. Dellino, C. Meloni, and M. Pranzo, “A decomposition approach for the combined master surgical schedule and surgical case assignment problems,” *Health care management science*, vol. 17, no. 1, pp. 49–59, 2014.

[65] M. Bai, R. H. Storer, and G. L. Tonkay, “A sample gradient-based algorithm for a multiple-or and pacu surgery scheduling problem,” *IISE Transactions*, vol. 49, no. 4, pp. 367–380, 2017.

[66] G. Latorre-Núñez, A. Lüer-Villagra, V. Marianov, C. Obreque, F. Ramis, and L. Neriz, “Scheduling operating rooms with consideration of all resources, post anesthesia beds and emergency surgeries,” *Computers & Industrial Engineering*, vol. 97, pp. 248–257, 2016.

[67] S. H. Hashemi Doulabi, L.-M. Rousseau, and G. Pesant, “A constraint-programming-based branch-and-price-and-cut approach for operating room planning and scheduling,” *INFORMS Journal on Computing*, vol. 28, no. 3, pp. 432–448, 2016.

[68] F. Li, D. Gupta, and S. Potthoff, “Improving operating room schedules,” *Health care management science*, vol. 19, no. 3, pp. 261–278, 2016.

[69] W. Vancroonenburg, P. Smet, and G. V. Berghe, “A two-phase heuristic approach to multi-day surgical case scheduling considering generalized resource constraints,” *Operations Research for Health Care*, vol. 7, pp. 27–39, 2015.

[70] H. Fei, N. Meskens, and C. Chu, “A planning and scheduling problem for an operating theatre using an open scheduling strategy,” *Computers & Industrial Engineering*, vol. 58, no. 2, pp. 221–230, 2010.

[71] D.-N. Pham and A. Klinkert, “Surgical case scheduling as a generalized job shop scheduling problem,” *European Journal of Operational Research*, vol. 185, no. 3, pp. 1011–1025, 2008.

[72] V. Augusto, X. Xie, and V. Perdomo, “Operating theatre scheduling with patient recovery in both operating rooms and recovery beds,” *Computers & Industrial Engineering*, vol. 58, no. 2, pp. 231–238, 2010.

[73] J. M. Molina-Pariente, E. W. Hans, J. M. Framinan, and T. Gomez-Cia, “New heuristics for planning operating rooms,” *Computers & Industrial Engineering*, vol. 90, pp. 429–443, 2015.

[74] B. Denton, J. Viapiano, and A. Vogl, “Optimization of surgery sequencing and scheduling decisions under uncertainty,” *Health care management science*, vol. 10, no. 1, pp. 13–24, 2007.

[75] C. Van Huele and M. Vanhoucke, “Analysis of the integration of the physician rostering problem and the surgery scheduling problem,” *Journal of medical systems*, vol. 38, no. 6, p. 43, 2014.

[76] A. Jebali, A. B. H. Alouane, and P. Ladet, “Operating rooms scheduling,” *International Journal of Production Economics*, vol. 99, no. 1-2, pp. 52–62, 2006.

[77] E. Hans, G. Wullink, M. Van Houdenhoven, and G. Kazemier, “Robust surgery loading,” *European Journal of Operational Research*, vol. 185, no. 3, pp. 1038–1050, 2008.

[78] J. M. Molina and J. M. Framinan, “Testing planning policies for solving the elective case scheduling phase: a real application,” in *35th International Conference on Operational Research Applied to Health Services*, 2009.

[79] D. Min and Y. Yih, “Scheduling elective surgery under uncertainty and downstream capacity constraints,” *European Journal of Operational Research*, vol. 206, no. 3, pp. 642–652, 2010.

[80] M. Lamiri, X. Xie, A. Dolgui, and F. Grimaud, “A stochastic model for operating room planning with elective and emergency demand for surgery,” *European Journal of Operational Research*, vol. 185, no. 3, pp. 1026–1037, 2008.

[81] M. Lamiri, J. Dreo, and X. Xie, “Operating room planning with random surgery times,” in *2007 IEEE International Conference on Automation Science and Engineering*. IEEE, 2007, pp. 521–526.

[82] M. Lamiri, X. Xie, and S. Zhang, “Column generation approach to operating theater planning with elective and emergency patients,” *Iie Transactions*, vol. 40, no. 9, pp. 838–852, 2008.

[83] S. Rachuba and B. Werners, “A fuzzy multi-criteria approach for robust operating room schedules,” *Annals of Operations Research*, vol. 251, no. 1-2, pp. 325–350, 2017.

[84] B. Cardoen, E. Demeulemeester, and J. Beliën, “Optimizing a multiple objective surgical case sequencing problem,” *International Journal of Production Economics*, vol. 119, no. 2, pp. 354–366, 2009.

[85] ——, “Sequencing surgical cases in a day-care environment: an exact branch-and-price approach,” *Computers & Operations Research*, vol. 36, no. 9, pp. 2660–2669, 2009.

[86] E. Marcon and F. Dexter, “Impact of surgical sequencing on post anesthesia care unit staffing,” *Health Care Management Science*, vol. 9, no. 1, pp. 87–98, 2006.

[87] M. Hamid, M. Hamid, M. Musavi, and A. Azadeh, “Scheduling elective patients based on sequence-dependent setup times in an open-heart surgical department using an optimization and simulation approach,” *Simulation*, vol. 95, no. 12, pp. 1141–1164, 2019.

[88] T. Khaniyev, E. Kayiş, and R. Güllü, “Next-day operating room scheduling with uncertain surgery durations: Exact analysis and heuristics,” *European Journal of Operational Research*, 2020.

[89] J.-P. M. Arnaout and S. Kulbashian, “Maximizing the utilization of operating rooms with stochastic times using simulation,” in *2008 Winter Simulation Conference*. IEEE, 2008, pp. 1617–1623.

[90] Y. Wang, J. Tang, and R. Y. Fung, “A column-generation-based heuristic algorithm for solving operating theater planning problem under stochastic demand and surgery cancellation risk,” *International Journal of Production Economics*, vol. 158, pp. 28–36, 2014.

[91] I. Marques, M. E. Captivo, and M. V. Pato, “An integer programming approach to elective surgery scheduling,” *OR spectrum*, vol. 34, no. 2, pp. 407–427, 2012.

[92] M. Dios, J. M. Molina-Pariente, V. Fernandez-Viagas, J. L. Andrade-Pineda, and J. M. Framinan, “A decision support system for operating room scheduling,” *Computers & Industrial Engineering*, vol. 88, pp. 430–443, 2015.

[93] T. Fixler and J. G. Wright, “Identification and use of operating room efficiency indicators: the problem of definition,” *Canadian Journal of Surgery*, vol. 56, no. 4, p. 224, 2013.

[94] M. Bauer, R. Wäschle, J. Rüggeberg, H. Meyer, C. Taube, M. Diemer, and M. Schuster, “The german perioperative procedural time glossary a concerted recommendation of the german societies of anaesthesiology, surgery and operating room management,” *ANASTHESIOLOGIE & INTENSIVMEDIZIN*, vol. 57, pp. 669–683, 2016.

[95] C. Ge, Y. Li, E. Eilebrecht, B. Chandramouli, and D. Kossmann, “Speculative distributed csv data parsing for big data analytics,” in *Proceedings of the 2019 International Conference on Management of Data*, 2019, pp. 883–899.

[96] "Wordpress." [Online]. Available: http://wordpress.com

[97] D. Antonelli and T. Taurino, "Application of a patient flow model to a surgery department," in *2010 IEEE workshop on health care management (WHCM)*. IEEE, 2010, pp. 1–6.

[98] J. Beliën, E. Demeulemeester, and B. Cardoen, "A decision support system for cyclic master surgery scheduling with multiple objectives," *Journal of scheduling*, vol. 12, no. 2, pp. 147–161, 2009.

[99] ——, "Visualizing the demand for various resources as a function of the master surgery schedule: A case study," *Journal of medical systems*, vol. 30, no. 5, pp. 343–350, 2006.

[100] I. Adan, J. Bekkers, N. Dellaert, J. Jeunet, and J. Vissers, "Improving operational effectiveness of tactical master plans for emergency and elective patients under stochastic demand and capacitated resources," *European Journal of Operational Research*, vol. 213, no. 1, pp. 290–308, 2011.

[101] S. Gul, B. T. Denton, J. W. Fowler, and T. Huschka, "Bi-criteria scheduling of surgical services for an outpatient procedure center," *Production and Operations management*, vol. 20, no. 3, pp. 406–417, 2011.

[102] A. Kolker, "Process modeling of icu patient flow: effect of daily load leveling of elective surgeries on icu diversion," *Journal of medical systems*, vol. 33, no. 1, pp. 27–40, 2009.

[103] C. Gomes, B. Almada-Lobo, J. Borges, and C. Soares, "Integrating data mining and optimization techniques on surgery scheduling," in *International Conference on Advanced Data Mining and Applications*. Springer, 2012, pp. 589–602.

[104] M. E. Zonderland, R. J. Boucherie, N. Litvak, and C. L. Vleggeert-Lankamp, "Planning and scheduling of semi-urgent surgeries," *Health Care Management Science*, vol. 13, no. 3, pp. 256–267, 2010.

[105] E. Tànfani and A. Testi, "A pre-assignment heuristic algorithm for the master surgical schedule problem (mssp)," *Annals of Operations Research*, vol. 178, no. 1, pp. 105–119, 2010.

[106] A. Fügener, E. W. Hans, R. Kolisch, N. Kortbeek, and P. T. Vanberkel, "Master surgery scheduling with consideration of multiple downstream units," *European journal of operational research*, vol. 239, no. 1, pp. 227–236, 2014.

[107] F. Dexter, "Public folder with deidentified data." [Online]. Available: https://FDshort.com/SSIpublic

A. Anexos

A.1 Parâmetros utilizados na literatura

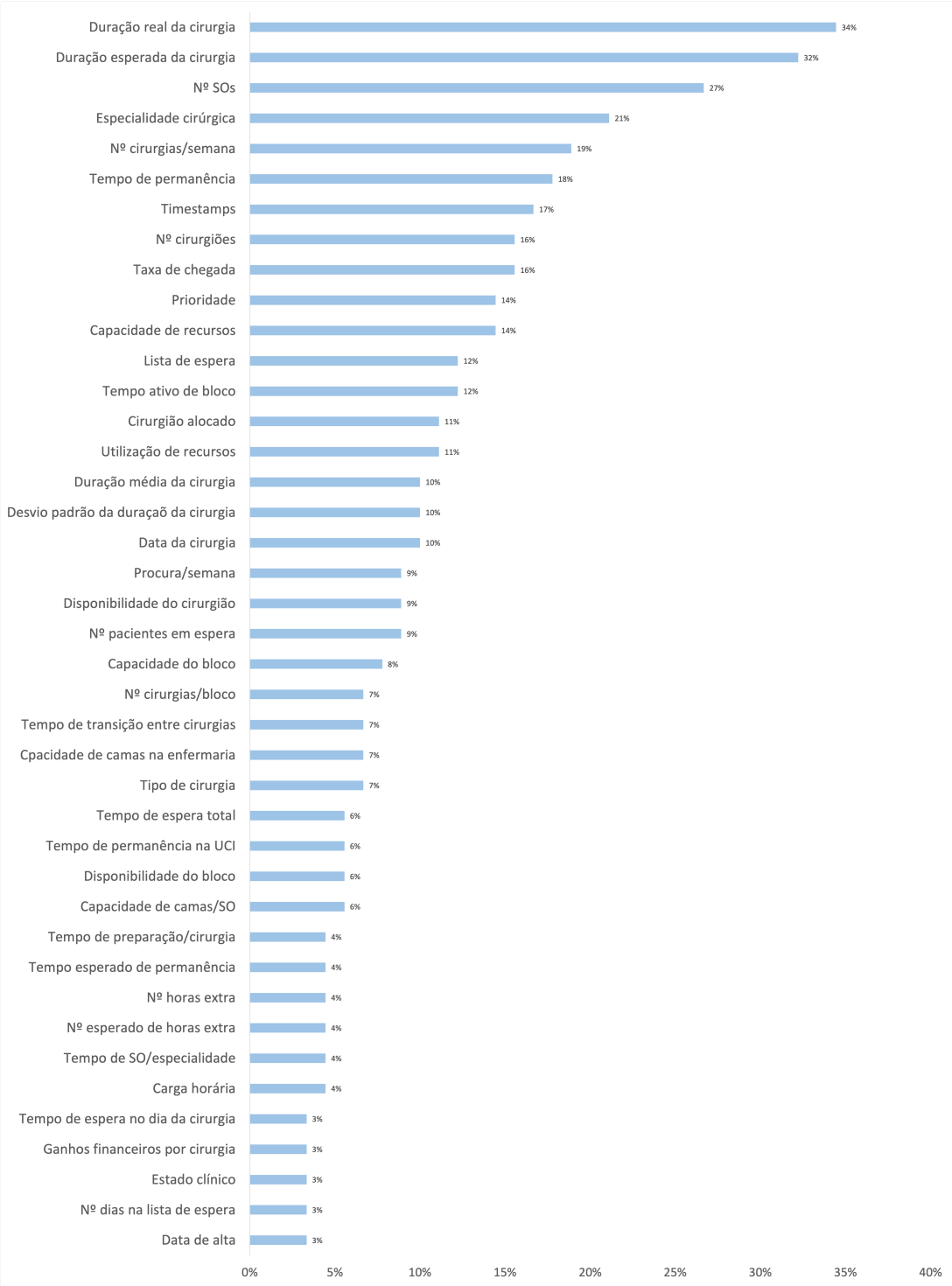

Figura A.1: Parâmetros identificados na revisão de literatura realizada e respetiva percentagem de utilização nos artigos revistos.

Figura A.2: Continuação dos parâmetros identificados na revisão de literatura realizada e respetiva percentagem de utilização nos artigos revistos.

A.2 Contactos realizados

A.2.1 Contacto para recolha de dados

O contacto com as várias entidades para a recolha de dados foi efetuado via email, para o qual foi desenvolvido o seguinte email tipo:

Dear ,

I am writing in reference to your article published in . I'm Catarina and I'm currently taking a master's degree in Industrial Engineering and Management at Instituto Superior Técnico in Lisbon, Portugal. At the moment I'm working in my thesis with Professor Inês Marques and Dr. Daniel Santos with the objective of compiling a set of benchmark instances for operating room planning and scheduling. The aim of this thesis is to provide those benchmark instances to the scientific community to test and compare their own approaches. Therefore, I'm contacting you to ask if it is possible that you share the real data that was used in the article to be part of one benchmarking instance. The numbers don't have to be raw, and when published they will not be associated with the name of the hospital to assure their privacy.

Please let me know if you have any questions.

Best regards,

Catarina Santos

A.2.2 Contacto para confirmação da publicação

Após a formulação das várias instâncias, retomou-se o contacto com as entidades que forneceram os conjuntos de dados para a confirmação da sua partilha. Nesse sentido foi enviado o seguinte email com as instâncias correspondentes em anexo:

Dear ,

First of all, I would like to thank you once more for sharing the real data used in your article. In these past months, I was editing and standardizing all the data that I was able to collect to obtain a considerable number of benchmark instances. Therefore, I'm contacting you to show and confirm that I can publish this instance in a website that I will create soon. It is important to mention that your article will be referred on the website before anyone can see this specific set of instances. Feel free to ask any question or give some feedback.

Best regards,

Catarina Santos

A.3 Tratamento de dados

A.3.1 *Script* - Remoção de conteúdos duplicados

```
Sub RemoveDuplicates()
'UpdatebyExtendoffice20160918

    Dim xRow As Long
    Dim xCol As Long
    Dim xrg As Range
    Dim xl As Long
    On Error Resume Next
    Set xrg = Application.InputBox("Select a range:", "Kutools for Excel", _
                                   ActiveWindow.RangeSelection.AddressLocal, , , , , 8)

    xRow = xrg.Rows.Count + xrg.Row - 1
    xCol = xrg.Column
    'MsgBox xRow & ":" & xCol
    Application.ScreenUpdating = False
    For xl = xRow To 2 Step -1
        If Cells(xl, xCol) = Cells(xl - 1, xCol) Then
            Cells(xl, xCol) = ""
        End If
    Next xl
    Application.ScreenUpdating = True

End Sub
```

A.3.2 *Script* - Remoção de linhas com um certo número de células vazias

```
Sub DeleteBlackCell()
Dim Rng As Range
Dim WorkRng As Range
On Error Resume Next
xTitleId = "KutoolsforExcel"
Set WorkRng = Application.Selection
Set WorkRng = Application.InputBox("Range", xTitleId, WorkRng.Address, Type:=8)
Set WorkRng = WorkRng.SpecialCells(xlCellTypeBlanks)
If Err = 0 Then
WorkRng.EntireRow.Delete
End If
End Sub
```

A.4 Publicação das *benchmark instances*

A.4.1 Exemplo de ficheiro que explicita a leitura das instâncias

```
This file contains 5 instances provided by Hospital do Espírito Santo de Evora (HESE), within the ImproveOR project.
Contains a one waiting list, two lists of planned surgeries and two instances with timestamps.
Note: Cells with "-" correspond to data that was not registered.

Additional hospital information:

8 specialties
6 ORs
134 beds

The format of the "Waiting List" instance is as follows:

1st column: date of surgery request
2nd column: patient age
3rd column: patient sex (M=masculine, F=feminine)
4th column: surgery date
5th column: oncology indicator (1 if it is an oncologic patient and 0 otherwise)
6th column: priority (2=highest priority; 0=lowest priority; U=urgent)
7th column: type of surgery (Conv=conventional, Amb=ambulatory)
8th column: surgical specialty
9th column: surgeon number
10th column: waiting time for surgery in days



The format of the "Planned surgeries1" instance is as follows:

1st column: date of surgery request
2nd column: surgery date
3rd column: priority (2=highest priority; 0=lowest priority; U=urgent)
4th column: type of surgery (Conv=conventional, Amb=ambulatory)
5th column: surgical specialty
6th column: surgeon number
7th column: surgery duration in minutes
8th column: length of stay in days


The format of the "Planned surgeries2" instance is as follows:

1st column: patient age
2nd column: patient sex (M=masculine, F=feminine)
3rd column: surgery date
4th column: priority (1 if it is a priority surgery, U if it is a urgent surgery and 0 otherwise)
5th column: type of surgery (Conv=conventional, Amb=ambulatory)
6th column: surgical specialty
7th column: surgeon number
8th column: surgery duration in minutes
9th column: length of stay in days


The format of the "Timestamps1" instance is as follows:

1st column: surgery weekday (1=Monday, 2=Tuesday, 3=Wednesday, 4=Thursday, 5=Friday)
2nd column: OR number
3rd column: surgical specialty
4th column: OR entry time
5th column: start of induction time
6th column: start of surgery time
7th column: end of surgery time
8th column: end of induction time
9th column: OR exit time
10th column: surgery duration in minutes

Note: The surgery timestamps are presented between 4th and 9th column. Each timestamp corresponds to the exact hour that each event occurred.



The format of the "Timestamp2" instance is as follows:

1st column: patient number
2nd column: surgery date
3rd column: surgery stages (In block, In OR, Induction, Surgery)
4th column: start time of the surgery stage
5th column: end time of the surgery stage

Note: The surgery timestamps are presented in 4th and 5th column. Each timestamp corresponds to the exact hour that each stage starts and ends.
```

Figura A.3: Exemplo de um ficheiro criado que acompanha um conjunto de instâncias para facilitar a sua leitura e utilização.

A.4.2 Imagens representativas do *Website* desenvolvido

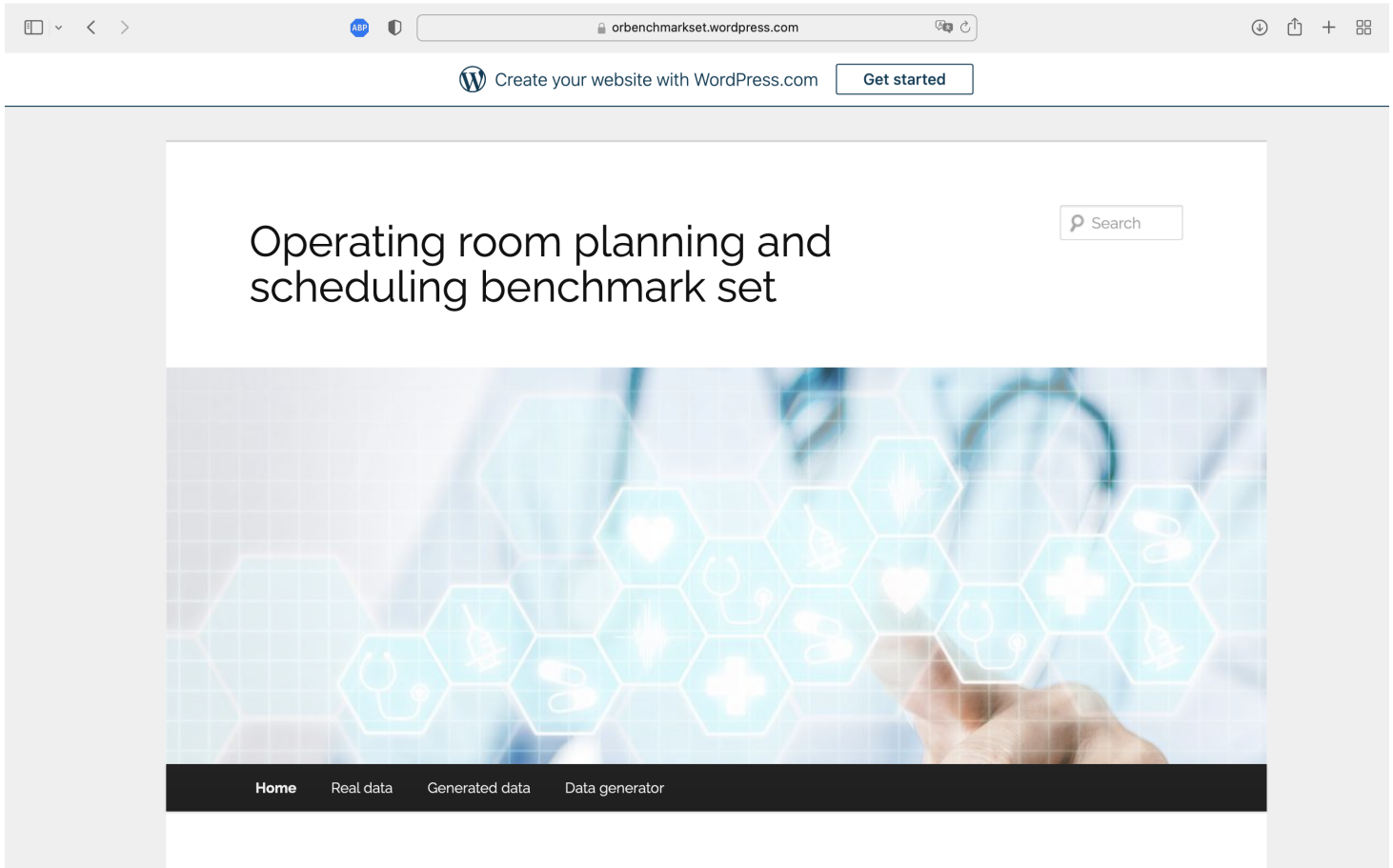

Figura A.4: Parte superior da página de entrada no *website*.

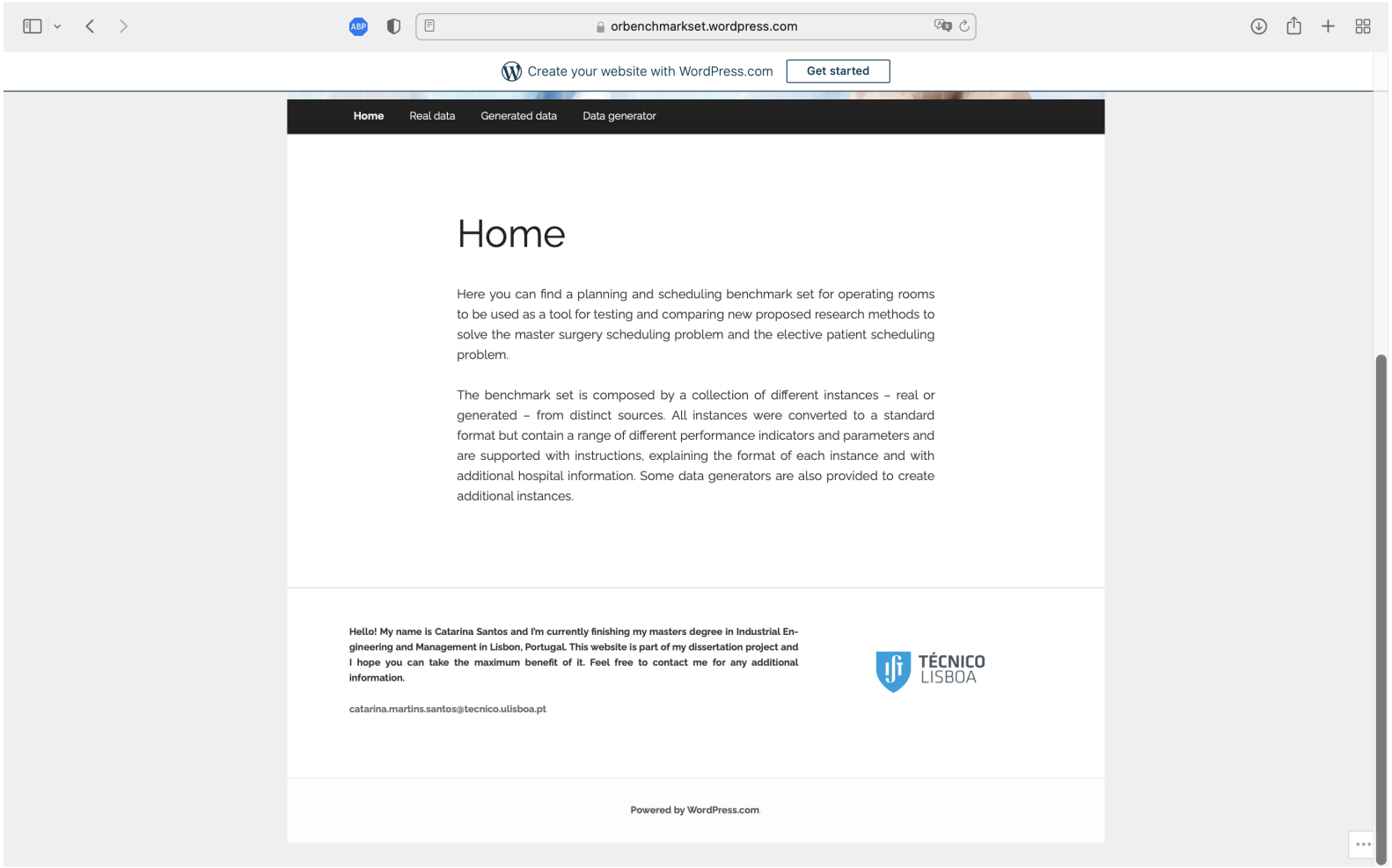

Figura A.5: Parte inferior da página de entrada no *website*, incluindo a introdução à plataforma e o seu objetivo, bem como um resumo do seu conteúdo.

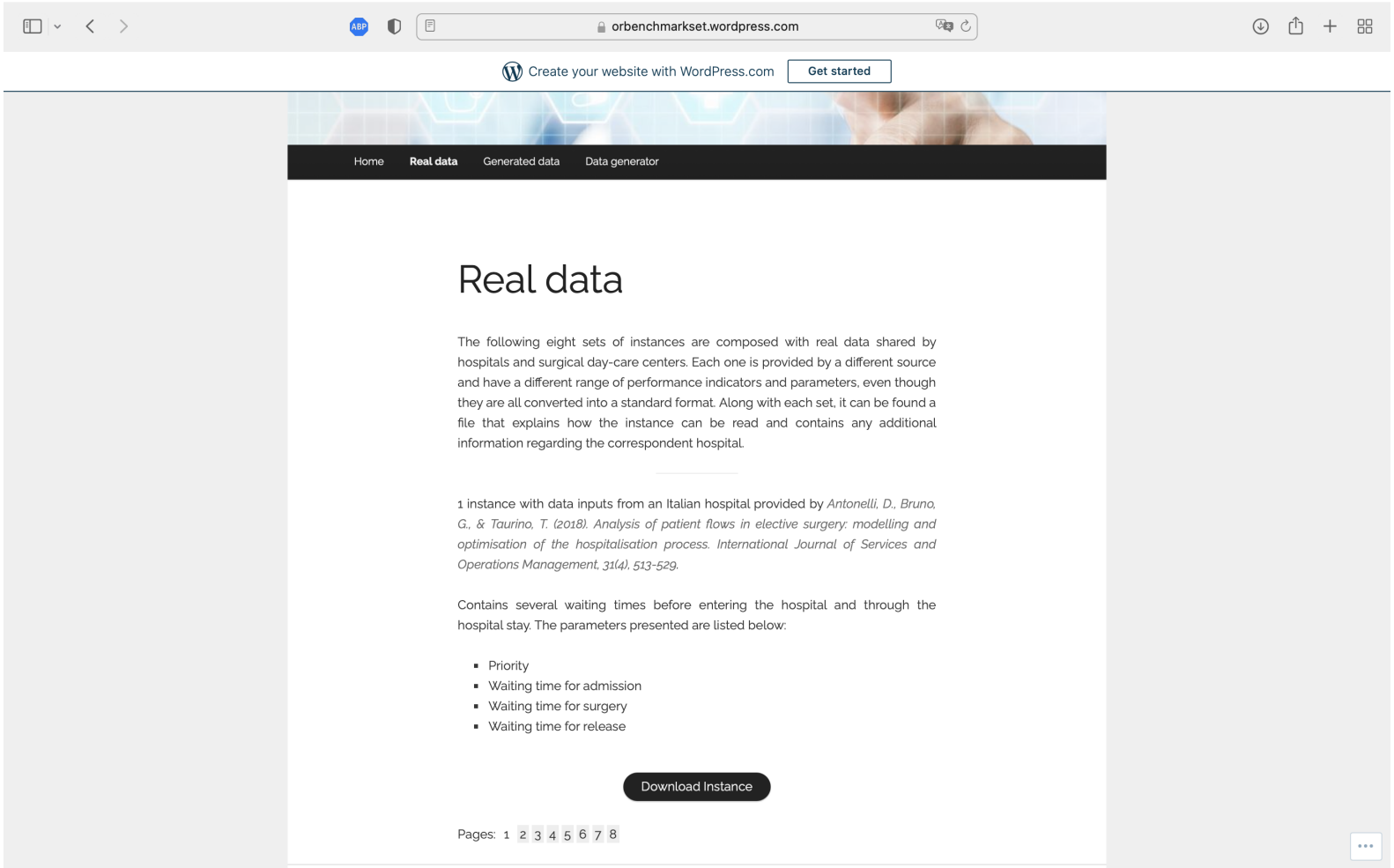

Figura A.6: Página relativa aos conjuntos de dados compostos por dados reais. Contem vários separadores, em que cada um corresponde a um conjunto, nos quais são referidos os parâmetros existentes nas instâncias e possibilita o *download* destas.

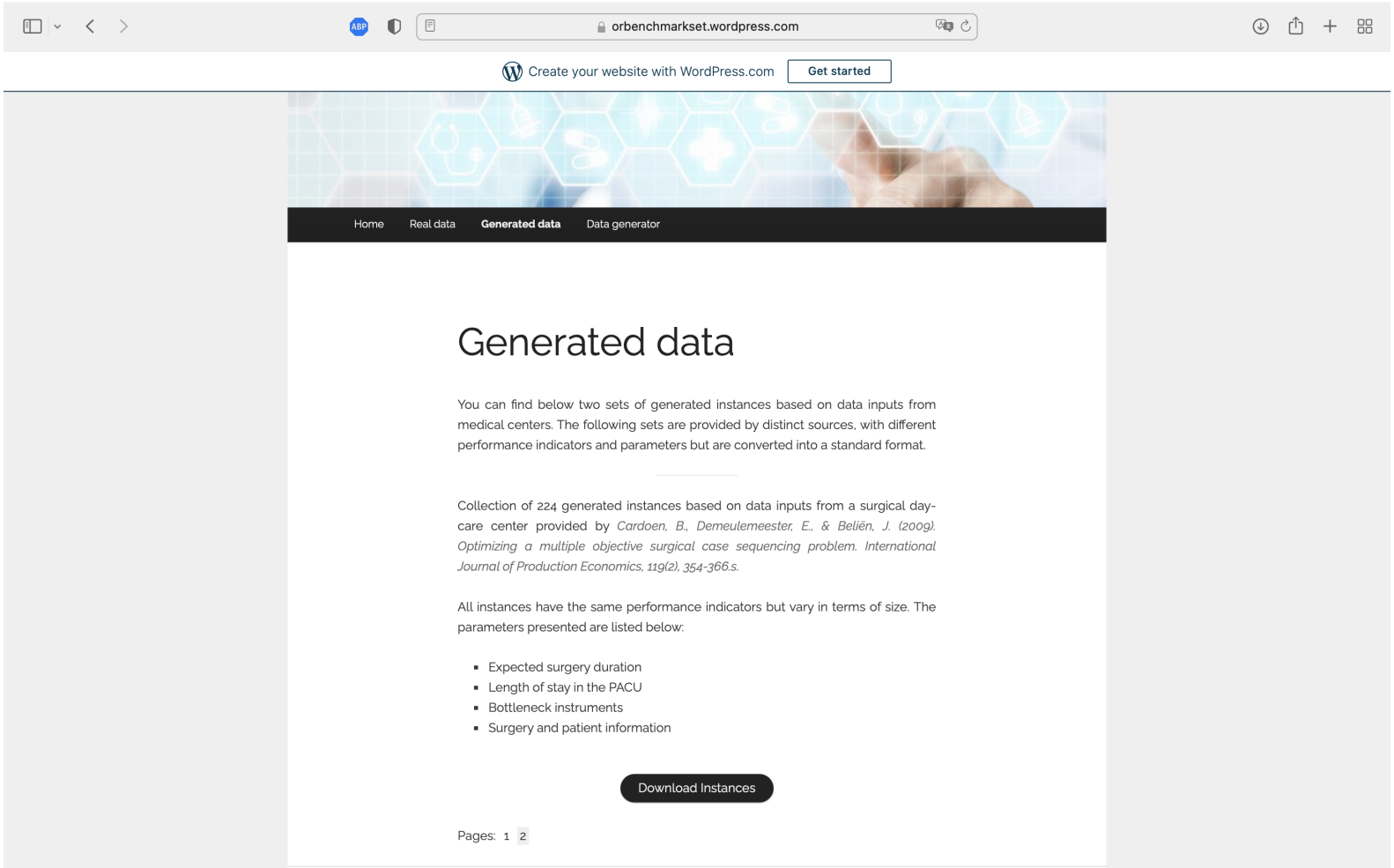

Figura A.7: Página relativa aos conjuntos de dados compostos por dados gerados. Contem vários separadores, em que cada um corresponde a um conjunto, nos quais são referidos os parâmetros existentes nas instâncias e possibilita o *download* destas.

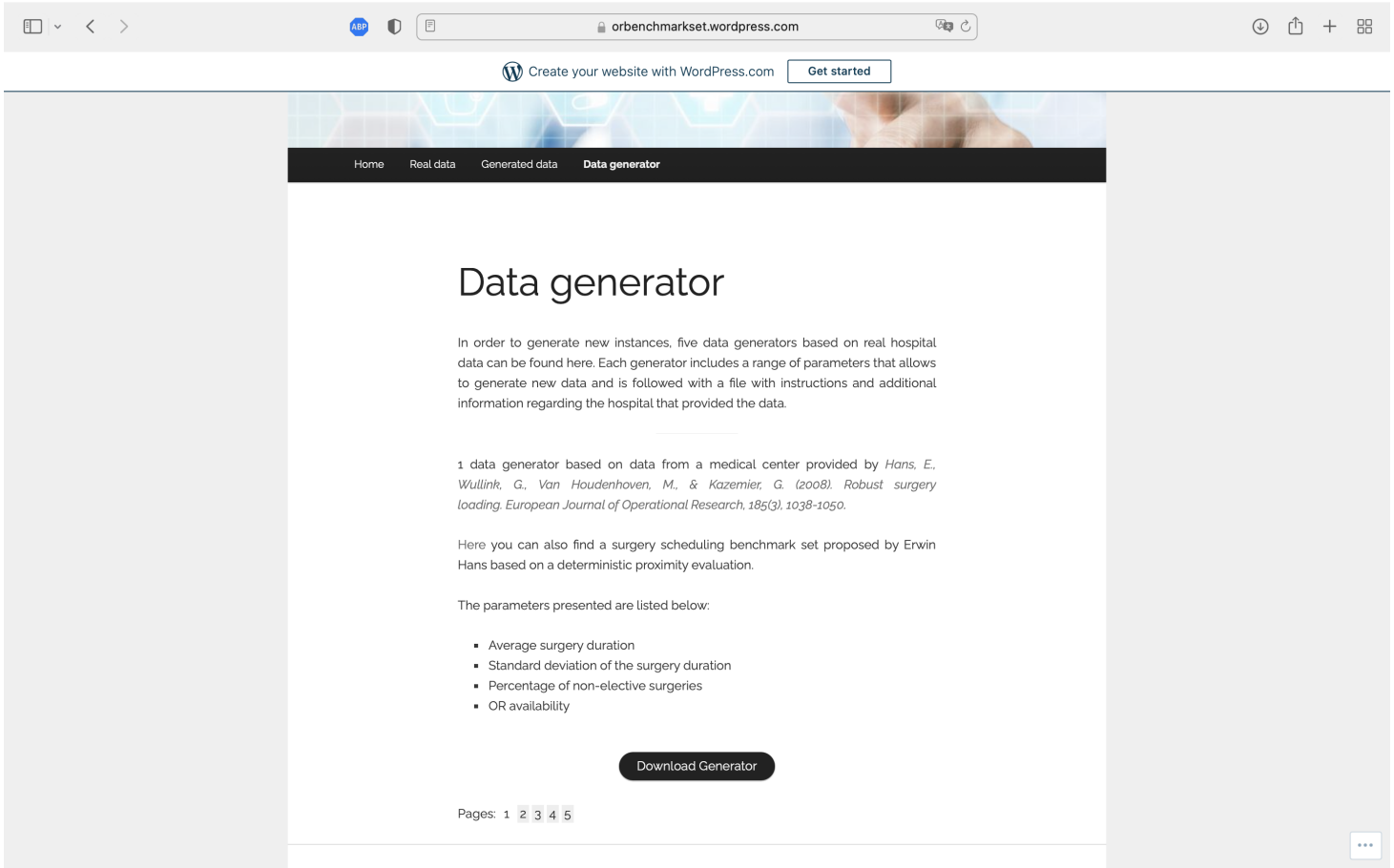

Figura A.8: Página relativa aos geradores de dados. Contem vários separadores, em que cada um corresponde a um conjunto, nos quais são referidos os parâmetros existentes nestes e possibilita o *download* das mesmos.