



# Instituto Superior de Engenharia

Politécnico de Coimbra

DEPARTAMENTO DE FÍSICA E MATEMÁTICA

**Desenvolvimento de um Bloco Operatório: projeto,  
construção, equipamentos médicos e  
vídeo-integração**

Relatório de Estágio para a obtenção do grau de Mestre em  
Instrumentação Biomédica

Autor

**Tiago Gaspar da Silva**

Orientador

**Professora Doutora Verónica Maria Marques do Carreiro Silva  
Vasconcelos**

Supervisor na empresa      Medicinália-Cormédica

**Engenheiro José Paulo Simões Duarte**

Coimbra, junho de 2022



INSTITUTO POLITÉCNICO  
DE COIMBRA

INSTITUTO SUPERIOR  
DE ENGENHARIA  
DE COIMBRA

## **AGRADECIMENTOS**

Esta dissertação marca um período académico de dedicação, motivação e conquistas que não seriam possíveis sem a minha família.

Agradeço à Joana, por me ter acompanhado diariamente em todo este percurso motivando-me sempre para que o mesmo fosse bem-sucedido, inclusive nos momentos mais complicados. Obrigado por acreditares sempre em mim. À minha mãe e à minha avó que tornaram possível este percurso, com muito custo pessoal que nunca será esquecido, desejando sempre o meu sucesso.

Por último, à Professora Doutora Verónica Vasconcelos por não ter desistido deste relatório, ao departamento de equipamentos da Medicinália-Cormédica por me ter acolhido como estagiário com particular relevo ao Engenheiro Paulo Duarte e Engenheiro Pedro Salgado pela próxima mentoria e às especialistas de aplicação Mestre Melanie Rolo, Dr.<sup>a</sup> Carla Serrano e Engenheira Adriana Pinto, bem como todos os colegas, internos e externos que contribuíram para a minha formação.

Obrigado a todos cujo trabalho contribuiu para o conhecimento técnico que hoje reflito sobre este documento.

## **RESUMO**

A engenharia biomédica deve proporcionar conhecimentos multidisciplinares que conjuguem a especificidade técnica com a aplicação clínica. No âmbito do estágio numa empresa comercializadora de equipamentos médicos, estes conhecimentos foram colocados em prática através do estudo do projeto de conceção e construção de um bloco operatório dotado com dispositivos médicos necessários à atividade da referida unidade.

Com o estudo das normas e recomendações vigentes aplicáveis na edificação de um bloco operatório, acompanhamento integral do projeto, obra e prestação de formação aos profissionais de saúde para utilização do espaço e dispositivos, o estagiário ganhou perspetiva sobre as necessidades estruturais, funcionais e técnicas de um bloco operatório.

O conhecimento das necessidades de um bloco operatório é refletido na pesquisa posterior das tecnologias emergentes no mercado, com particular interesse no conceito de integração da sala operatória. Pela revisão bibliográfica realizada, as salas operatórias do futuro deverão ter integração total dos equipamentos médicos entre si e com as infraestruturas informáticas.

A interconectividade entre dispositivos médicos impulsionará o aumento da eficiência da rotina operatória.

Com as últimas observações, termina-se o cumprimento integral do objetivo do estágio: revisão das indicações vigentes para um bloco operatório, acompanhamento da obra do Bloco Operatório Periférico do Instituto Português de Oncologia de Coimbra Francisco Gentil (auxílio na gestão), revisão e previsão da próxima evolução tecnológica nas salas operatórias.

**Palavras-chave:** Bloco Operatório, Design, Dispositivos Médicos, Sistema de gestão de multimédia, Integração

## **ABSTRACT**

Biomedical engineering endows its professionals with multidisciplinary knowledge, allowing them to correlate technical aspects with the clinical application. In the scope of curricular internship in a medical device trading company, this knowledge was applied in the study of design and construction project of a fully equipped surgical unit.

The intern gained perspective about the structural, functional and technical necessities of a surgical unit with the study of current standards and recommendations regarding the construction of this unit, follow up of the project and giving training to medical staff about operating the structure and its medical equipment.

The knowledge in surgical unit specifics is reflected in the last chapter, where the reader can find a review of the emerging technologies in the market, with particular interest in the concept of operating room integration. Based on the carried-out literature review, the operating rooms of the future shall have full integration of medical equipment with each other and with the information technology infrastructure.

The interconnectivity between medical devices will boost the efficiency of the operative routine.

With the conclusions obtained, the objective of the internship is completely fulfilled: review of the current recommendations for an operating room, follow up of the work of the Peripheral Surgical Unit of the Coimbra Oncology Portuguese Institute and its management, review and forecast of the next technological evolution in the operating rooms.

**Keywords:** Operating Unit, Design, Medical Devices, Multimedia management system, Integration

## **ÍNDICE**

Agradecimentos .....	i
Resumo .....	ii
Abstract.....	iii
Índice.....	iv
Índice de Figuras .....	vi
Índice de Tabelas .....	ix
Lista de siglas e acrónimos .....	x
1 Introdução .....	1
2 Conceitos funcionais e de design interligados ao bloco operatório .....	4
2.1 Nota histórica.....	5
2.2 Bloco operatório.....	6
2.2.1 Tipologias de áreas .....	7
2.2.2 Vestiários e Sala de pessoal .....	8
2.2.3 Posto administrativo e Parque de camas .....	9
2.2.4 <i>Transfer</i> de pacientes .....	10
2.2.5 Armazém e Parque de tampos.....	10
2.2.6 Sala de indução anestésica .....	11
2.2.7 Desinfecção de pessoal.....	11
2.2.8 Sala operatória.....	11
2.2.9 Sala de sujos .....	13
2.2.10 Recobro.....	14
2.3 Unidades externas relacionadas com o bloco operatório.....	15
2.3.1 Esterilização .....	16
2.3.2 Urgências .....	16
2.3.3 Recobros (1, 2 e 3), Cuidados Intensivos e Internamentos .....	17
2.3.4 Piso técnico .....	17
2.3.5 Outras estruturas .....	17
2.4 Modelos de bloco operatório.....	18
2.4.1 Corredor único .....	19
2.4.2 Corredor duplo .....	20
2.5 Fatores ambientais no bloco operatório.....	22

*Desenvolvimento de um Bloco Operatório: projeto, construção, equipamentos médicos e vídeo-integração*

3	Requalificação do centro de cirurgia do IPO de Coimbra .....	26
3.1	Planeamento.....	27
3.1.1	Estudo prévio – Iberconcept & Medicinália-Cormédica .....	29
3.2	Projeto.....	29
3.2.1	Projeto definitivo.....	31
3.3	Dispositivos médicos .....	35
3.3.1	Pendentes de teto .....	36
3.3.2	Candeeiros cirúrgicos.....	39
3.3.3	Calha suspensa.....	42
3.3.4	<i>Transfer</i> de pacientes .....	43
3.3.5	Mesas operatórias .....	45
3.3.6	Sistema de gestão de imagens e vídeo.....	48
3.3.7	Monitores de sinais vitais .....	50
3.3.8	Ventilador pulmonar.....	55
3.3.9	Desfibrilhador.....	57
3.3.10	Eletrobisturi.....	59
3.4	Execução .....	62
3.4.1	Testes e ensaios.....	65
3.4.2	Entrega da obra .....	66
4	Sala operatória digital.....	68
4.1	Sistemas de Informação hospitalar.....	69
4.2	Tecnologias emergentes de integração .....	71
4.2.1	Navegação gestual intraoperatória .....	71
4.2.2	Realidade aumentada e mista aplicada em BO .....	73
4.2.3	Interoperabilidade de equipamentos médicos .....	81
4.2.4	Tarefas assistidas por sistema robotizado .....	83
5	Conclusão .....	84
	Referências bibliográficas .....	85
	Anexo A – Plano de trabalhos estipulado para a obra do BOP do IPO de Coimbra .....	92

## **ÍNDICE DE FIGURAS**

Figura 1.1 – Cronograma de estágio .....	3
Figura 2.1 – Teatro operatório antigo situado no Hospital de St. Thomas, Londres .....	6
Figura 2.2 – Tipos de áreas num bloco operatório .....	8
Figura 2.3 – Sala Operatória híbrida com mesa operatória Trumpf, Trusystem 7500 e sistema de Angiografia Siemens, Nexaris .....	13
Figura 2.4 – “Proximidade e relações do BO com outros serviços” .....	15
Figura 2.5 – Modelo de Corredor Único .....	20
Figura 2.6 - Modelo de Corredor de sujos .....	21
Figura 3.1 – IPO de Coimbra Francisco Gentil .....	26
Figura 3.2 – Vista aérea do IPO de Coimbra. Edifício de Cirurgia destacado a laranja .....	27
Figura 3.3 – Planta Arquitetónica proposta para o BO Transitório do IPO de Coimbra .....	31
Figura 3.4 – Gráfico de Plano de Trabalhos Prévio.....	32
Figura 3.5 – Planta Arquitetónica aprovada para o BOP do IPO de Coimbra .....	34
Figura 3.6 – Novo <i>layout</i> da UCPA do BOP do IPO de Coimbra .....	34
Figura 3.7 – Configuração de um BO: Mesa operatória, pendentes e candeeiros operatórios marca Trumpf, sistema de vídeo-integração marca Videomed.....	36
Figura 3.8 – Pendente Truport com dois braços articulados.....	36
Figura 3.9 – Remoção de módulo de tomadas elétricas de um pendente Truport .	37
Figura 3.10 – Configuração de uma SO do BOP do IPO de Coimbra.....	39
Figura 3.11 – Otimização de contraste por alteração da temperatura de cor de 3500 para 5000K.....	40
Figura 3.12 – Candeeiros cirúrgicos Trumpf: a) Trulight 5000; b) iLED 7 .....	41
Figura 3.13 – <i>Tablet</i> para controlo remoto das luminárias do iLED 7.....	42
Figura 3.14 – Calhas hospitalares suspensas, marca Modul, modelo Moduflex 2500 - Instalação no BOP do IPO de Coimbra.....	43
Figura 3.15 – <i>Transfer</i> de pacientes, modelo Orbiter da marca Trumpf.....	44
Figura 3.16 – Esquema de mesa operatória, modelo Trusystem 7500 da marca Trumpf.....	45
Figura 3.17 – Mesas operatórias de dois tipos: a) Mesa sistema; b) Mesa rodada...	46

*Desenvolvimento de um Bloco Operatório: projeto, construção, equipamentos médicos e vídeo-integração*

Figura 3.18 – Mesa de sistema TruSystem 7500.....	47
Figura 3.19 – Secção para transferência, ultraleve, radio-transparente e com sistema de acoplamento tipo gancho ( <i>hook</i> ).....	48
Figura 3.20 – <i>Hardware</i> Truelink 4: a) Módulos de <i>routing</i> , videoconferência e Ultra HD; b) Esquemático dos módulos do Truelink 4.....	49
Figura 3.21 – GUI do Truelink 4 - <i>Routing</i> : a) Alteração da fonte de visualização b) Janela de <i>Routing</i> .....	49
Figura 3.22 – GUI Truelink 4: a) Gravação b) Videoconferência.....	50
Figura 3.23 – Anatomia do coração e respetivas células elétricas .....	51
Figura 3.24 – Onda de ECG .....	52
Figura 3.25 – Triângulo de Einthoven.....	52
Figura 3.26 – Sensores de SpO <sub>2</sub> da marca Nihon Kohden: a) Sensor reutilizável de adulto/pediátrico; b) Sensores descartáveis de crianças e neonatos .....	53
Figura 3.27 – Esquema físico de um cateter arterial .....	54
Figura 3.28 – Monitor de sinais vitais SVM 7500, marca Nihon Kohden .....	54
Figura 3.29 – Central de monitorização CNS 9101, marca Nihon Kohden.....	55
Figura 3.30 – Ventiladores pulmonares Hamilton: C3, na parte inferior os modelos MR1, T1 e C1 e na parte superior os modelos S1, G5 e C6, respetivamente.....	56
Figura 3.31 - Ventilador Hamilton C1 .....	57
Figura 3.32 – Desfibrilhador da Marca Philips, Efficia DFM100 .....	58
Figura 3.33 – Esquema dos modos de trabalho de um eletrobisturi: a) Trabalho monopolar; b) Trabalho bipolar .....	60
Figura 3.34 – GUI de um eletrobisturi com aviso de ligação incorreta do eléctrodo neutro .....	61
Figura 3.35 – Eletrobisturi Atom da marca EMED .....	62
Figura 3.36 – Estrutura metálica do BOP do IPO de Coimbra. Conclusão da fase "Fundações e Estrutura".....	63
Figura 3.37 – Execução da obra do BOP do IPO de Coimbra: a) Revestimento da estrutura metálica e instalação das UTAs e condutas; b) Conclusão do Revestimento exterior.....	63
Figura 3.38 – Instalação das estruturas modulares em outubro de 2020 .....	64
Figura 3.39 – Instalação das pré-estruturas: a) dos pendentos Truport; b) das grelhas de difusão do fluxo laminar.....	64

*Desenvolvimento de um Bloco Operatório: projeto, construção, equipamentos médicos e vídeo-integração*

Figura 3.40 – Bastidores do sistema de gestão de vídeo e imagens Truelink 4. Aplicação no Piso técnico do BOP do IPO de Coimbra: a) Bastidor da sala dois; b) Bastidor da sala um .....	65
Figura 3.41 – BOP do IPO de Coimbra: a) Átrio de Entrada; b) Parque de camas e circuito livre; c) <i>Transfer In e Out</i> de pacientes e material.....	66
Figura 3.42 – SO número dois do BOP do IPO de Coimbra .....	67
Figura 3.43 – UCPA do BOP do IPO de Coimbra .....	67
Figura 4.1 – Infraestrutura do HIS: exemplificação de <i>subsets</i> .....	69
Figura 4.2 – Consulta e navegação de imagens intraoperatórias através do sistema Fluid .....	72
Figura 4.3 – Sobreposição de um modelo virtual, sólido, da coluna sobre a imagem obtida por câmara.....	74
Figura 4.4 – Utilização do HoloLens: a) em ambiente regulamentado [82]; b) Numa SO, por um cirurgião .....	77
Figura 4.5 – Realidade Mista com HoloLens em SO: a) Holograma de implante mandibular; b) Página web com protocolo cirúrgico.....	78
Figura 4.6 – Realidade Mista aplicada numa remoção de tumor do tecido mamário: a) Marcadores fiduciais aplicados sobre o peito; b) Utilização do HoloLens com o modelo virtual da ressonância magnética durante a operação .....	78
Figura 4.7 – Aplicação de AR durante uma operação com o sistema SyncAR: a) imagem original obtida pelo microscópio; B) Imagem real aumentada com modelo anatómico 3D virtual da estrutura.....	80
Figura 4.8 – Aplicação do xvision em ambiente cirúrgico com projeção de modelo anatómico da coluna e informação complementar .....	80

## **ÍNDICE DE TABELAS**

Tabela 2.1 – Características ambientais relacionadas com o BO.....	24
Tabela 3.1 – Áreas projetadas para o BOP de Coimbra.....	30
Tabela 3.2 – Dimensões dos compartimentos a considerar num BO .....	33

## **LISTA DE SIGLAS E ACRÓNIMOS**

ACSS	Administração Central do Sistema de Saúde
AR	<i>Augmented Reality</i>
AV	Nó Atrioventricular
AVAC	Aquecimento, Ventilação e Ar Condicionado
BO	Bloco OperORRG
BOP	Bloco Operatório Periférico
DE	Departamento de Equipamentos
DICOM	<i>Digital Imaging Communications in Medicine</i>
DL	Decreto-Lei
DM	Dispositivo Médico
ECG	Eletrocardiograma
EMR	<i>Electronic Medical Record</i>
GNav	<i>Gesture Navigation</i>
GTC	Gestão Técnica Centralizada
GUI	<i>Graphical User Interface</i>
HIS	<i>Hospital Information System</i>
HL7	<i>Health Level Seven</i>
HMD	<i>Head-Mounted Displays</i>
IPO	Instituto Português de Oncologia
LED	<i>Light-Emitting Diode</i>
MC	Medicinalia-Cormédica
MR	<i>Mixed Reality</i>
O <sub>2</sub>	Oxigénio
PACS	<i>Picture Archiving Communication System</i>
PF	Programa Funcional
PI	Pressão Invasiva
PNI	Pressão Arterial Não Invasiva
RIS	<i>Radiology Information System</i>
SDS	<i>SmartDevice System</i>
SA	Nó Sinodial
SO	Sala Operatória
SpO <sub>2</sub>	Saturação de Oxigénio
TAC	Tomografia Axial Computorizada
UCI	Unidade de cuidados Intensivos
UCPA	Unidade de Cuidados Pós-Anestésicos
UI	Unidade de Indução
UTA	Unidade de Tratamento de Ar
UTAN	Unidade de tratamento de Ar Novo
VC	Ventiloconvetor
VR	<i>Virtual Reality</i>

## **1 INTRODUÇÃO**

A engenharia Biomédica agrupa os conhecimentos técnicos tradicionais da engenharia e especializa-se no ramo da saúde, acarretando consigo a dualidade entre as duas áreas. Esta especialidade foi desenvolvida com o intuito de acompanhar a crescente tecnologia presente na área médica e as crescentes exigências que são estipuladas continuamente.

A necessidade de melhoria contínua das técnicas de medicina para prestação de cuidados de saúde, estimula a evolução tecnológica na área Biomédica. Concluída a fase de desenvolvimento, segue-se todo o processo de aplicação no quotidiano que contempla as instituições de saúde, bem como o respetivo acompanhamento dos equipamentos e manutenção da sua operacionalidade. É neste contexto que agem empresas comercializadoras de dispositivos médicos (DM) e/ou de manutenção dos mesmos.

Na atualidade, devido à elevada quantidade de equipamentos e tecnologia disponível, os prestadores de saúde recorrem muitas vezes às empresas para se manterem atualizados tecnologicamente. Cabe a estas empresas a responsabilidade de possuírem não só toda a informação, mas conhecimento para que possam transmitir a aplicabilidade dos DM, podendo ser consideradas por vezes, consultoras. Como tal, necessitam de mão-de-obra qualificada que entenda a dualidade da área da saúde e as tecnologias, ou seja, da integração das duas. É neste contexto que se enquadra o Engenheiro Biomédico.

Para a obtenção do grau de Mestre em Instrumentação Biomédica, foi realizado um estágio curricular na empresa Medicinália-Cormédica (MC), comercializadora de dispositivos médicos. A MC é uma firma multimarca de distribuição de material hospitalar em Portugal que apresenta cinco áreas de intervenção, estas são: Especialidades Clínicas, Equipamentos Médicos, Ortopedia, Cardiovascular e Serviço Técnico [1].

O Mestrado de Instrumentação Biomédica proporciona aos seus alunos conhecimentos em áreas multidisciplinares, como eletrónica, matemática avançada, manutenção, imagiologia (entre outros) orientados à saúde. Assim, um aluno que conclua este ciclo de estudos deve não só entender a finalidade prática dos equipamentos, como reconhecer a tecnologia que o torna possível. Neste sentido, com o intuito de aplicar os conhecimentos adquiridos, foi efetuado estágio no Departamento de Equipamentos (DE) da empresa. O DE tem como principal atividade a comercialização de dispositivos médicos, mas também procura ser uma empresa consultora para as instituições nos projetos de construção/reestruturação das mesmas. Atua principalmente em cinco áreas: Bloco Operatório (BO), Medicina Intensiva, Urologia, Medicina Geral e Projetos de construção e apetrechamento [2]. Como tal, oferece um serviço comercial aos seus clientes, desde o acompanhamento, aconselhamento, venda e pós-venda.

## *Desenvolvimento de um Bloco Operatório: projeto, construção, equipamentos médicos e vídeo-integração*

O bom funcionamento perante os clientes deve-se a uma boa estrutura e organização. Esta é obtida não só, mas principalmente, através das funções de Especialista de Aplicação e Gestor de Clientes, funções integrantes do DE. O Gestor de Clientes, como o nome indica, executa um acompanhamento completo aos clientes que lhe são atribuídos para garantir a sua satisfação. Este inclui o desenvolvimento de propostas de aquisição, formações de aplicação, resolução de problemas e gestão de projetos. Por outro lado, o Especialista de Aplicação aperfeiçoa o seu conhecimento numa tipologia de equipamentos para que esteja apto para esclarecer dúvidas, formar os clientes no âmbito do dispositivo médico e sua aplicação, auxiliar o gestor na elaboração de propostas, nomeadamente na definição da configuração do equipamento.

Com a conjuntura apresentada, o objetivo principal do estágio foi adquirir conhecimento sobre o portefólio dos equipamentos e dos processos que ocorrem na empresa, para que seja aplicado no acompanhamento e aconselhamento aos clientes. Esta etapa, realizada em fevereiro de 2020, foi possível com o estudo dos manuais dos dispositivos e das pesquisas inerentes ao seu desenvolvimento, acompanhada com uma componente prática de uso dos mesmos. O estágio curricular culminou no acompanhamento do processo de construção e fornecimento dos equipamentos médicos do novo Bloco Operatório Periférico (BOP) do Instituto Português de Oncologia (IPO) de Coimbra Francisco Gentil. Dada a oportunidade, o objetivo desta etapa do estágio foi o acompanhamento e gestão diária do processo até à instalação dos equipamentos em novembro e dezembro de 2020 e posterior formação aos seus utilizadores. Para o desempenho desta função, foi necessário rever vários conceitos, analisar recomendações técnicas e normas no que respeita à construção de um BO, para posteriormente associar ao projeto em causa. São também destaque deste relatório as tecnologias aplicadas, com análise da integração na rede informática e as potencialidades do equipamento associado à distribuição de imagem. Para melhor identificação temporal das fases do estágio é disposto na Figura 1.1 o cronograma do estágio realizado.

*Desenvolvimento de um Bloco Operatório: projeto, construção, equipamentos médicos e vídeo-integração*

Tarefas	Meses (2020)											
	Janeiro	Fevereiro	Março	Abril	Maio	Junho	Julho	Agosto	Setembro	Outubro	Novembro	Dezembro
Integração na empresa	■											
Estudo do portefólio (DM)		■										
Apoio na atividade do DE			■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
Estudo do Projeto do BOP do IPO de Coimbra							■	■				
Acompanhamento da fase de construção							■	■	■	■	■	
Instalação de DM											■	■

Figura 1.1 – Cronograma de estágio

No presente capítulo é introduzido o conceito da Engenharia Biomédica e a sua aplicação no âmbito da saúde, área sobre a qual o local e plano de estágio se refletem. A este capítulo segue-se o capítulo 2 com uma breve nota histórica do BO para contextualização da sua e conceitos teóricos, funcionais e práticos inerentes ao BO, análise da estrutura proposta pela literatura e dos fluxos associados. Esta análise prévia é essencial para que seja possível analisar o projeto desenvolvido para o BOP do IPO de Coimbra no capítulo 3, bem como os equipamentos médicos instalados. Este capítulo também contempla uma explicação à conjuntura que tornou possível o projeto em si, com as diferentes especificidades e dificuldades ao longo do seu desenvolvimento. Segue-se o capítulo 4 com a análise objetiva do conceito de BO Digital e das necessidades de integração envolventes. Para contextualização é ainda explicado o conceito do sistema informático do hospital e todos os subsistemas mais importantes para o tema. A finalizar o relatório encontra-se a análise crítica do percurso efetuado durante o estágio, o capítulo 5.

## **2 CONCEITOS FUNCIONAIS E DE DESIGN INTERLIGADOS AO BLOCO OPERATÓRIO**

Neste capítulo são explicadas as necessidades que levaram ao surgimento das unidades de saúde, especificamente do BO. Após a breve contextualização é apresentada na secção 2.1 uma nota histórica sobre o BO, ao qual se seguem as secções 2.2 a 2.5 com os conceitos funcionais necessários para auxiliar na sua conceção.

A anatomia e fisiologia humanas são complexas, de tal forma que a medicina atual é resultado de séculos de estudos e avanços tecnológicos. Hoje, grande parte dos processos biológicos são conhecidos pelos profissionais de saúde permitindo a aplicação de protocolos de tratamento bem estudados e definidos.

Toda a prestação de cuidados de saúde deve garantir que o próprio ato não representa um risco acrescido para o estado de saúde do doente. No contexto dos cuidados de saúde primários os fatores ambientais não são fatores decisivos para o seu sucesso (exceto em ambientes hostis). Contudo, os procedimentos que necessitam de uma intervenção mais invasiva, onde os fatores do ambiente externo representam maior perigo para o doente, devem ser efetuados em ambientes controlados. É neste sentido que surgiram os edifícios hospitalares ao longo da história, ambientes que são estritamente controlados e concentram os profissionais de saúde e equipamentos para as variadas necessidades.

Dada a elevada importância que as estruturas físicas de saúde representam, para garantir a elevada qualidade no tratamento e segurança de todos os intervenientes, devem ser implementadas as normas e/ou recomendações estipuladas. O conteúdo normativo aplicado em cada país é, em última instância, estipulado pelo próprio país. No caso europeu, os estados-membros pertencentes à União Europeia são obrigados a seguir procedimentos base como por exemplo o Regulamento de Dispositivos Médicos (Regulamento (UE) 2017/745), como em qualquer outra situação.

Nesta área, as normas existentes são frequentemente generalistas para as instalações de saúde, focando-se em elementos estruturais e de segurança “aplicados a qualquer edifício com acesso ao público” [3]. Por este motivo, são geralmente emitidas recomendações pelas entidades reguladoras que são utilizadas como guia de trabalho. Dada a sua aplicação na saúde, o controlo das instalações tem de ser rigoroso, razão pela qual as inspeções acabam por utilizar as recomendações como conteúdo obrigatório e vinculativo (apesar de não o serem legalmente). A não verificação da aplicação das recomendações, poderá ter como consequência um resultado negativo da inspeção (não conformidade), se não existir um motivo devidamente fundamentado e previamente aprovado pelas entidades reguladoras [3].

Nos documentos de recomendações para planeamento e desenvolvimento de um BO, pode-se encontrar diversa bibliografia, mas a principal é referente a

recomendações de outros países e/ou casos de estudo documentados. Por exemplo, nas “Recomendações Técnicas para Bloco Operatório” emitidas em 2011 pela Administração Central do Sistema de Saúde (ACSS) é possível encontrar referência às recomendações técnicas emitidas pelo Reino Unido (*Health Building Note*) e às emitidas pelo *The American Institute of Architects* [3].

Essencialmente, as normas e recomendações aplicadas na área pretendem o melhoramento contínuo das suas infraestruturas de saúde e que os investimentos massivos que representam, sejam duradouros, eficazes e eficientes, proporcionando a mais alta qualidade no tratamento do paciente. Neste sentido, as áreas consideradas como críticas pela debilidade do paciente, devem ter por base condições estruturais mais limitadas, para que não permitam que a condição deste piore por fatores externos, como por exemplo, propagação de uma infeção pelo ar. Um dos locais onde o paciente está numa situação mais fragilizada é o BO, pois é neste local que são efetuados os procedimentos mais invasivos que podem constituir uma porta de entrada a organismos nefastos para o doente. Do ponto de vista regulatório, esta é uma das unidades mais desafiantes e sujeitas a avaliação. Por outro lado, financeiramente, apesar de ser a unidade com maior custo no hospital, representa um investimento, pois é também a que contribui mais significativamente para o budget do hospital. O desempenho do hospital tem uma ligação muito forte ao desempenho do BO [4]. Além destes fatores é frequentemente o local onde a vida do paciente poderá estar em risco com maior facilidade.

## **2.1 Nota histórica**

O conceito de sala de operações surgiu no século dezanove com uma sala anexa às enfermarias destinada à realização isolada de procedimentos cirúrgicos. Estas salas não tinham qualquer tipo de controlo das condições ambientais, sendo que nessa altura também não eram entendidas/conhecidas as fontes de infeção. Por esse motivo, só eram realizados procedimentos superficiais e amputações [3]. Note-se que também não existia anestesia, pois esta foi administrada com sucesso pela primeira vez numa cirurgia em outubro de 1846 [5].

A essas salas segue-se a criação de salas operatórias em espaço aberto (teatro), com melhores condições de luminosidade bem como de isolamento acústico. Estas instalações permitiam a observação da cirurgia pelos estudantes. Na Figura 2.1 é possível visualizar o aspeto de um teatro operatório precedente aos modelos atuais de BO [6].



Figura 2.1 – Teatro operatório antigo situado no Hospital de St. Thomas, Londres

Mais tarde com o maior conhecimento sobre o processo infeccioso e sua propagação, conjuntamente com a realidade vivida na primeira guerra mundial, foram desenvolvidas as primeiras salas operatórias numa unidade dedicada, o BO. Nesta unidade eram agrupadas todas as especialidades cirúrgicas e era desenvolvida de forma centralizada para melhorar os acessos funcionais entre outros serviços.

Com a evolução tecnológica exigida pela segunda guerra mundial, o BO aumenta de dimensão devido à necessidade de compartimentos extra, como por exemplo, para a anestesia e desinfecção. É também nesta fase que surgem os primeiros departamentos cirúrgicos.

Nesta altura, a assepsia do cirurgião já era um princípio globalmente estabelecido, com a utilização de esterilização, luvas, cobertura dos cabelos e utilização de máscara cirúrgica.

Atualmente, estas unidades são tecnologicamente dotadas com equipas de cirurgia igualmente capacitadas, tornando-se umas das áreas mais caras e com maior investimento, resultado também da evolução constante dos procedimentos e da necessidade de dispositivos que os possibilitem e que potenciem os resultados favoráveis [3].

## **2.2 Bloco operatório**

O BO é uma unidade do hospital dedicada a intervir nos pacientes cirurgicamente através de procedimentos invasivos ou minimamente invasivos, para os quais são necessários cuidados anestésicos, não sendo necessariamente aplicada anestesia geral. Caracteriza-se especialmente pelo seu nível de assepsia e pode servir diferentes especialidades clínicas quer através de Salas Operatórias (SO) gerais quer através de SO especializadas.

No bloco os procedimentos realizados podem ser programados e/ou urgentes. A gestão da utilização desta estrutura depende principalmente da tipologia de unidade de saúde em que se integra, dos objetivos impostos pela organização (micro e macro) e dos responsáveis pela unidade. A gestão em causa está ainda condicionada pelas conjunturas e objetivos impostos no seu projeto, isto é, pela tipologia de bloco definida na fase de desenvolvimento. Apesar da inexistência de um esquema

globalmente definido e aceite, a tipologia de BO define as áreas circundantes ao mesmo que influenciam os acessos de recursos humanos e materiais ao serviço, afetando diretamente o tipo de serviço prestado no BO.

Após a definição da tipologia da sala operatória, as estruturas adjacentes e periféricas são dimensionadas, bem como os respetivos protocolos associados. Por boa prática, devem obedecer a princípios de otimização de circulação do paciente, pessoal e materiais, uma das maiores dificuldades no planeamento de institutos de prestação de cuidados de saúde [7]. É por estes motivos que é importante a contextualização dos objetivos futuros da organização do BO.

Apesar de existirem diferentes conceitos e escolas relativamente à tipologia e funcionamento dos BO, as exigências técnicas são rigorosas e transversais em qualquer local, não só das instalações, mas também dos procedimentos e técnicos que as executam. Estas devem corresponder a critérios e normas locais bem definidas que não deixem margem para erros, assegurando a segurança dos intervenientes, pacientes e profissionais hospitalares executantes [3].

Assim, para tomar uma decisão correta na fase de conceção é necessário ter conhecimento das estruturas que são expectáveis no BO, da ligação entre as mesmas, da sua organização e dos modelos indicativos existentes, fazendo sempre cumprir as exigências emitidas pelas entidades locais de inspeção/acreditação. No caso português, estas recomendações técnicas são emitidas pela entidade pública: ACSS. Este papel de gestão entre as condicionantes envolvidas no projeto recai sobre o arquiteto/projetista que desenha a unidade.

Adicionalmente, para regulamentar as condições técnicas nas entidades privadas existem Decretos-Lei (DL) orientadores. No caso específico de uma unidade privada com cirurgia de ambulatório, devem ser cumpridos os requisitos mínimos explícitos na Portaria n.º 291/2012, de 24 de setembro, revogada pela Portaria n.º 111/2014 de 23 de maio [8]. O anexo I do DL em vigor define as categorias de determinados compartimentos e as dimensões mínimas aceites para os mesmos. Estas dimensões podem também ser tidas em conta numa unidade pública, completando as recomendações técnicas referidas anteriormente.

### **2.2.1 Tipologias de áreas**

À exceção de compartimentos imprescindíveis como por exemplo a sala operatória, consoante as necessidades da unidade pode optar-se por desenvolver ou não outros espaços, inevitavelmente condicionadas pelo modelo de BO aplicado. Cada uma destas zonas está associada a um nível de assepsia que contém regras de circulação, desinfeção e da qualidade do ar, garantindo o controlo de infeções durante todo o tempo. Estas áreas são classificadas como: livre, semi-restrita e restrita [3]. Como o nome indica, a área livre é a menos limitada e conseqüentemente aquela em que não existem pessoas/objetos que signifiquem um risco elevado de infeção por contaminação, pelo que é possível a circulação com roupa do exterior. A semi-restrita contém por sua vez algumas medidas de assepsia das quais a obrigatoriedade

## *Desenvolvimento de um Bloco Operatório: projeto, construção, equipamentos médicos e vídeo-integração*

de circulação com roupa de BO (inclui touca). Uma vez que esta área representa o início do controlo de infeções, a passagem entre a zona livre e semi-restrita é feita pelas áreas de transição que se destinam à passagem de recursos materiais e humanos. Note-se que do ponto de vista da segurança, as zonas de transição já são consideradas como semi-restritas. Por fim, a zona restrita é o local onde a contaminação representa maior risco para o doente, pelo que não é só obrigatório o uso de roupa de BO, como também máscara [3].

Os compartimentos existentes mais relevantes são descritos tecnicamente de forma resumida nas secções 2.2.2 a 2.2.10, acompanhados com o seu enquadramento funcional. Estes estão repartidos pelas áreas de assepsia conforme a Figura 2.2, adaptada de [3].

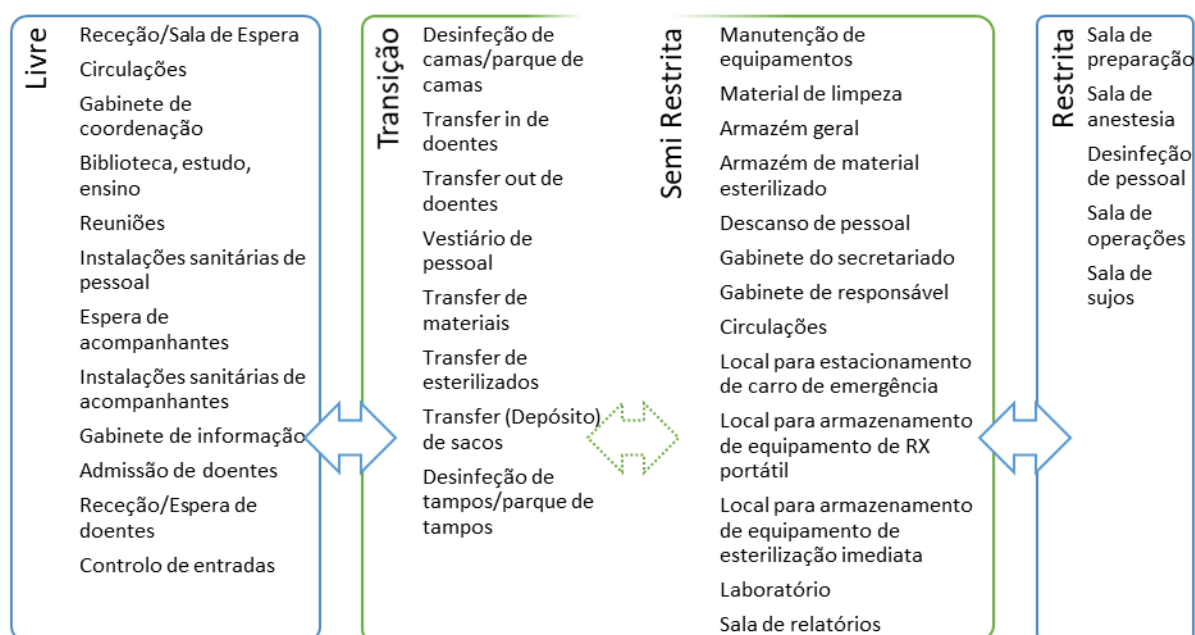


Figura 2.2 – Tipos de áreas num bloco operatório

Estas zonas também são alvo de um controlo técnico minucioso, nomeadamente: parâmetros do ar, temperatura e pressão. Existem normas bem definidas para o controlo da extração de ar em cada área hospitalar (além da sua instalação). No caso do BO, deve existir uma Unidade de Tratamento de Ar (UTA) e ventilador de extração dedicados a cada SO e no recobro, bem como outro conjunto específico destinado às restantes divisões [9]. A gestão da pressão da sala permite, por exemplo, garantir que a pressão é superior à exterior, o que significa que não entra ar para a mesma, logo não entram partículas nem organismos por esse meio. Estes conceitos ambientais são abordados na secção 2.5.

### **2.2.2 Vestiários e Sala de pessoal**

Os vestiários de pessoal são o local de transição de profissionais da área livre para a semi-restrita (circulação dentro do BO). Como tal, servem como posto para troca da roupa exterior para a farda de BO (desinfetadas) e vice-versa, pelo que as saídas para

a circulação devem ser visíveis, de forma que este protocolo seja cumprido. Este espaço deve estar dividido para sexo masculino e feminino, estar equipado com instalações sanitárias e ser centralizado para diminuir as deslocações ao mesmo [10].

A sala de pessoal serve como ponto de descanso dos profissionais e zona de refeições. Deve estar na proximidade dos vestiários e das zonas de apoio, como por exemplo recobro e *transfer* de pacientes, para uma deslocação rápida em caso de necessidade. Caso exista ligação com o exterior, por exemplo para receção de refeições, não deve permitir o acesso de pessoas utilizando-se, por exemplo, um *guichet* [3].

### **2.2.3 Posto administrativo e Parque de camas**

O posto administrativo é fundamentalmente um espaço destinado à receção e admissão dos pacientes para o BO, mas também para a saída da unidade. A alta significa que o doente pode ser transportado para o internamento (ou outra unidade) ou sair do hospital se for cirurgia de ambulatório. Independentemente da situação, a alta só ocorre quando o paciente estiver completamente recuperado da anestesia induzida.

Na chegada à unidade o paciente dá entrada na área de transição afeta, após ser admitido/rececionado, pelo que o posto deverá ser anexo (ligação direta) ao local de transferência do paciente e ao parque de camas (para doentes de internamento vindos em camas/macac hospitalares).

Os pacientes que não provêm de uma unidade de internamento, vindos do exterior (cirurgia de ambulatório), devem ser primeiramente admitidos no hospital e só depois rececionados no BO, daí poder haver distinção física entre os dois espaços. A circulação dos dois tipos de pacientes deve ser separada, fisicamente ou então desfasada no tempo.

Se existir sala de espera para familiares, também poderá fazer sentido existir um gabinete de informação. Este espaço será destinado ao contacto entre os clínicos e os familiares, para prestação de informação e esclarecimentos sobre os pacientes. Contudo, nenhum destes espaços deverá permitir o acesso de pessoas à zona semi-restrita.

O parque de camas é destinado ao estacionamento das camas de transporte dos utentes, desinfetadas para o regresso à unidade de internamento quando saírem do BO. Se a Unidade de Cuidados Pós-Anestésicos (UCPA) estiver localizada dentro do BO, e se a cama tiver condições técnicas para recobro, o doente poderá fazer a sua recuperação nessa mesma cama, sendo transportado diretamente para a unidade de origem quando tiver alta da UCPA. Contudo, a existência destes espaços não se traduz numa maior rentabilidade do serviço e por isso devem ser reduzidos apenas ao essencial [3].

#### **2.2.4 Transfer de pacientes**

O *transfer* de pacientes é uma área de transição da zona livre para a zona de circulação do BO (semi-restrita). Apenas o paciente deverá transitar (ou ser transportado) entre as duas zonas, motivo pelo qual, à parte do equipamento, é recomendável que a restante passagem seja bloqueada através de uma barreira física. Contudo, deverá sempre existir uma porta de emergência para o caso de uma avaria.

O DM referido nesta secção é responsável pela transição do paciente entre as duas áreas, concebido para transferir o doente da cama hospitalar para o tampo da mesa operatória (ou equivalente) e vice-versa. Dependendo do programa funcional do BO, o *transfer* pode ser apenas de entrada (*Transfer In*), de saída (*Transfer Out*) ou de dupla função (*Transfer In e Out*). Esta dupla configuração tem a desvantagem de ser gerador de tráfego, no entanto é a economicamente mais vantajosa, dado o valor do equipamento.

Esta área deverá estar localizada com ligação direta à receção de pacientes e com proximidade à desinfeção de parque de camas/tampos [3].

#### **2.2.5 Armazém e Parque de tampos**

O armazém é um local de armazenamento de materiais. É importante armazenar os materiais e matérias necessárias para o funcionamento contínuo da unidade. Como tal, dependendo do seu Plano Funcional (PF), o BO pode optar por armazenar: equipamentos, fármacos, sangue, soros, instrumental, entre outras opções. Consoante a tipologia, o espaço deverá estar preparado para a ótima conservação dos materiais, mas de forma generalista, deve ser compartimentado e idealmente móvel, para facilitar na limpeza.

O armazém interior ao bloco (zona semi-restrita) deverá ser dimensionado apenas ao estritamente necessário para o funcionamento normal da unidade e situado próximo da entrada de materiais.

Devido ao armazenamento de materiais esterilizados, a sua localização também deverá ser próxima das SO para distribuição facilitada, ou mesmo anexa e acessível por armários de porta dupla (*passbox*). Estes materiais deverão ser acomodados em armários de vitrinas e transportados em carros até às salas operatórias ou pelos armários de porta dupla[3].

Nesta unidade poderá estar incorporado o parque de tampos (mesas operatórias), onde os mesmos poderão ser preparados para as intervenções. A preparação inclui, por exemplo, a montagem de acessórios e desinfeção. O espaço para preparação dos tampos privilegia a segurança e facilidade de reposição de *stocks*, no entanto as tarefas inerentes também podem ser efetuadas dentro da sala operatória, o que economiza espaço sem perda da efetividade do processo [11].

### **2.2.6 Sala de indução anestésica**

A sala de indução anestésica é destinada à preparação do paciente para o procedimento cirúrgico. Esta preparação poderá incluir a administração de anestésicos acompanhada da monitorização do paciente, no entanto não é utilizada para entubação do paciente, mas apenas para indução [10]. Assim, não é necessário ventilar o paciente, logo o sistema de anestesia é dispensável neste espaço. Deverá, no entanto, ser dimensionado espaço suficiente para o *trolley* de material anestésico [3]. A dimensão mínima estipulada é de catorze metros quadrados de área útil (14 m<sup>2</sup>), podendo ser comum a duas salas de operações [8].

Dada a funcionalidade do compartimento, este deverá estar posicionado no meio do percurso do *Transfer In* para a sala de operações [3].

O aumento do fluxo de pacientes numa unidade de cirurgia está em parte relacionado com a existência ou inexistência deste compartimento. A sala de anestesia permite, por exemplo, preparar o paciente enquanto a sala de operações é limpa após a cirurgia anterior, reduzindo assim o tempo de espera. Por outro lado, dado que estes procedimentos podem ser efetuados na sala de operações, se o plano cirúrgico for reduzido, ou se o BO estiver destinado a operações de longa duração, poderá não fazer sentido existir esta área.

Assim, este espaço facultativo constitui uma vantagem para unidades de cirurgia com muita rotatividade de pacientes por dia, aumentando a produtividade e rentabilidade do espaço.

### **2.2.7 Desinfeção de pessoal**

Previamente à entrada na SO a equipa médica deve proceder à desinfeção das mãos. Como tal deve existir uma bancada para este efeito na zona exterior da sala, mas com continuidade para a mesma. O objetivo é o interveniente não perder o nível de assepsia das mãos no caminho para a entrada no espaço de cirurgia, pelo que esta zona não deve estar posicionada em circulações de pessoal (para não haver contacto físico) e a porta deve ser de correr, automatizada (interruptor sem utilização de mãos) com visibilidade para o exterior. Adicionalmente deve também permitir a desinfeção simultânea de três profissionais conforme indicado nas recomendações técnicas [3].

### **2.2.8 Sala operatória**

A SO é o local onde são realizados os procedimentos cirúrgicos, o que significa que o paciente está numa posição fragilizada. É por isso definida como zona restrita.

Do ponto de vista prático, deverá existir continuidade entre a sala de preparação, espaço de limpeza e espaço para embalamento de sujos para que todo o processo seja fluido. A partir do interior da sala de procedimentos, deve ser possível visualizar o espaço exterior para comunicação visual, especialmente o espaço de desinfeção de médicos e enfermeiros, para o que proporciona maior controlo do cumprimento do

protocolo de desinfecção das mãos. Os equipamentos presentes na sala devem ser reduzidos aos estritamente necessários para a intervenção, pois a sala deve ser livre de perigos e de obstruções à circulação da equipa e acesso ao paciente. Também a partir do interior da sala é importante existir comunicação com o circuito de esterilizados, tal como descrito previamente na secção 2.2.5 [3]. A equipa é normalmente constituída por dois cirurgiões, um anestesista e três enfermeiros [11], dos quais um é responsável pela mesa de instrumentação onde são colocados todos os materiais/instrumentos esterilizados necessários para o procedimento. Estes são organizados e manuseados pela enfermeira instrumentista que nunca perde o seu elevado nível de assepsia desde a desinfecção total das mãos.

Os dispositivos médicos fundamentais numa configuração de sala operatória constituem uma mesa operatória tipicamente posicionada no centro da mesma, candeeiros cirúrgicos (tipicamente duas cúpulas) e sistema de anestesia (acompanhado de um *trolley* de anestesia) com monitorização de sinais vitais. Para atingir uma maior flexibilidade e dinâmica do espaço, são aplicados como prática comum pendentes na sala (um de cada lado da mesa) que permitem a colocação dos equipamentos, de tomadas de energia, gases medicinais (como por exemplo: protóxido de azoto, oxigénio e dióxido de carbono), ar medicinal (e industrial), vácuo e exaustão de gases. A configuração mais comum destes dispositivos utiliza dois pendentes. Um deles está tipicamente destinado à anestesia, pelo que constitui o sistema de anestesia completo.

No panorama atual, cada especialidade médica tem as suas especificidades que também se refletem nas necessidades materiais na área cirúrgica em que vão atuar. Assim, quanto maior o grau de especialização de uma SO, menor a rentabilidade do espaço, uma vez que impede a utilização alargada a todas as especialidades cirúrgicas [10]. Contudo, existem algumas exceções. No caso específico da uma sala híbrida, ilustrada na Figura 2.3, apesar do elevado grau de especialização da mesma, esta é compatível com todas as especialidades cirúrgicas [12]. A sala híbrida é especificamente desenvolvida para a utilização de equipamentos de imagiologia durante o período operatório, como por exemplo a Tomografia Axial Computorizada (TAC). Esta especificidade obriga também à aplicação de alguns equipamentos especiais, como mesas operatórias com movimentos de maior amplitude. Esta sala fica assim destinada a determinados tipos de procedimentos que utilizem a tecnologia de forma recorrente, devendo apenas ser dimensionada se existirem necessidades suficientes que rentabilizem o seu uso (justificando o seu investimento e grau de especialização). Por outro lado, a rentabilidade do BO também é aumentada com uma configuração de múltiplas SO, isto é, mais do que uma sala de operações.

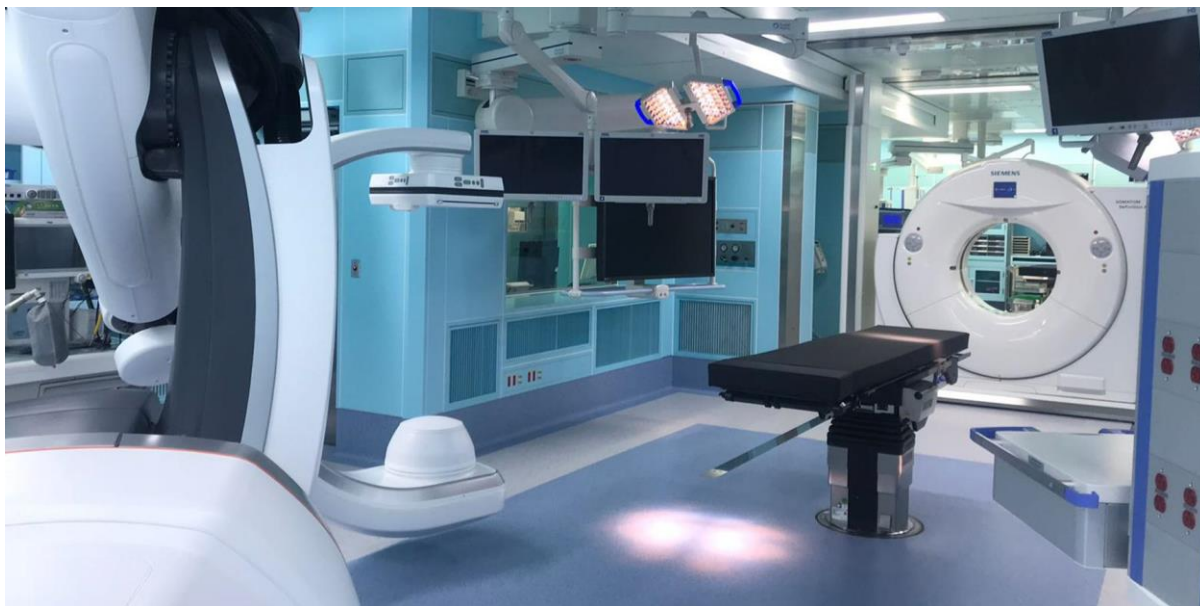


Figura 2.3 – Sala Operatória híbrida com mesa operatória Trumpf, Trusystem 7500 e sistema de Angiografia Siemens, Nexaris

A Portaria n.º 111/2014 de 23 de maio categoriza ainda as SO segundo três classes: Classe A para “cirurgia ‘minor’ com anestesia local ou loco-regional”, Classe B para “Cirurgia ‘major’ com anestesia loco-regional” e Classe C para “Cirurgia ‘major’ com anestesia geral com suporte ventilatório”. A maioria das SO é projetada segunda a classe C, devendo por isso ter um mínimo de trinta e seis metros quadrados (36m<sup>2</sup>) de área útil [8].

Um carro de emergência também deve existir para casos de paragem cardíaca e necessidade de reanimação, embora não necessite de estar dentro da sala. Normalmente, como são desenvolvidas pelo menos duas salas de cirurgia, este carro encontra-se num ponto de igual proximidade para os dois espaços.

### **2.2.9 Sala de sujos**

A sala de sujos é um compartimento destinado à receção de todos os resíduos e materiais utilizados durante o procedimento e como tal, uma área de acesso restrito pelo perigo de contaminação.

Deverá ser anexo à sala de operações para que possa rececionar os sujos, categorizá-los e prepará-los corretamente para a saída da unidade para o exterior. Nesta etapa serão encaminhados para os processos subsequentes, tais como a gestão de resíduos ou a esterilização. Por vezes, além de ser destinada à saída de sujos, também é utilizada para a saída de pacientes da SO. Neste caso, deve ser dimensionada para a passagem dos tampos operatórios.

Este espaço, tal como a sala de indução anestésica, permite a realização simultânea de tarefas: a limpeza da SO pode ocorrer simultaneamente ao tratamento de sujos,

umentando a eficácia do espaço. Por último, a sala de sujos deve estar equipada com todo o material e equipamento necessário para a realização plena das suas funções, sendo sempre compatível com a manutenção das pressões e respetivo sistema de ventilação [3].

### **2.2.10 Recobro**

O recobro é o espaço destinado à recuperação do paciente que foi submetido à cirurgia. O paciente fica nestas salas sob observação médica até ter critérios clínicos que permitam a passagem do doente para unidades de criticidade mais baixa.

Podem distinguir-se três tipos de recobro: Sala de recobro 1 ou UCPA; Sala de recobro 2; e Sala de recobro 3. Qualquer BO tem obrigatoriamente no seu recinto uma UCPA, mesmo que funcionalmente, seja considerada como um circuito externo sem cruzamento com as circulações semi-restritas. Esta necessidade de proximidade deve-se à necessidade de monitorização contínua do paciente até que o mesmo se recupere totalmente dos efeitos anestésicos. Consequentemente, deverá existir um posto de enfermagem estilo *open space* que permita visualizar e monitorizar a sala, sendo que é estipulado um enfermeiro por cada quatro camas. Para existir um contínuo funcionamento da SO é aconselhável existirem duas camas de UCPA por cada sala de cirurgia e respetivo equipamento de monitorização de sinais vitais [11]. Considera-se uma área útil mínima aceitável de doze metros quadrados (12m<sup>2</sup>) por cama para o recobro e de dez metros quadrados (10m<sup>2</sup>) para o posto de controlo [8].

Por outro lado, a Sala de Recobro 2 destina-se a uma estadia de maior duração, pelo que a quantidade de camas influencia diretamente o número de cirurgias que podem ter lugar – que necessitem destas camas – logo é preferível existirem quatro a cinco camas por SO. Nesta unidade, os utentes poderão estar acompanhados e o espaço poderá ser igualmente em *open space* ou em *boxes*. O posto de enfermagem também deverá permitir visão completa da sala e a sua monitorização, com um enfermeiro para cada seis utentes. O mesmo rácio é aplicável à Sala de Recobro 3 com a exceção de que não é necessário que o posto de enfermagem possua visão direta para as camas. Ao contrário dos restantes, a Sala de Recobro 3 é destinada à verificação dos requisitos pré-alta, pelo que os pacientes já se encontram recuperados do procedimento e poderão fazer o resto da recuperação em meio domiciliário. É, portanto, uma sala de cadeirões – recobro tardio – onde também poderão/são acompanhados pelos familiares.

Devido à enorme versatilidade dos procedimentos num bloco operatório, a sua eficácia está fortemente relacionada com a rentabilização e racionalização do espaço. Por este motivo, as salas de recobro 2 e 3 podem estar juntas na mesma área, optando-se por uma configuração ajustável/modular consoante as necessidades. Não obstante, à exceção da UCPA, estas salas podem ser externas ao BO, ou seja, podem ser anexadas a uma unidade de internamento já existente. Nesta configuração, apesar da necessidade de recursos distintos para a unidade de

internamento comum e do recobro, não há duplicação dos serviços nem de estruturas [11].

## 2.3 Unidades externas relacionadas com o bloco operatório

O correto funcionamento do BO implica outras unidades que nem sempre podem estar contempladas no mesmo espaço físico em que este se encontra. No entanto, nem todos os serviços têm de estar inclusos, desde que tenham uma relação próxima/prioritária com o mesmo, podendo mesmo já existir previamente ao seu desenvolvimento.

As relações devem ser priorizadas de acordo com a relevância para o serviço, podendo ter uma proximidade horizontal (mesmo piso) ou vertical (pisos diferentes). Estas são normalmente definidas consoante o plano do hospital e programa funcional [3]. O documento de Recomendações Técnicas para BO de 2011 sugere o esquema exposto na Figura 2.4 [3].

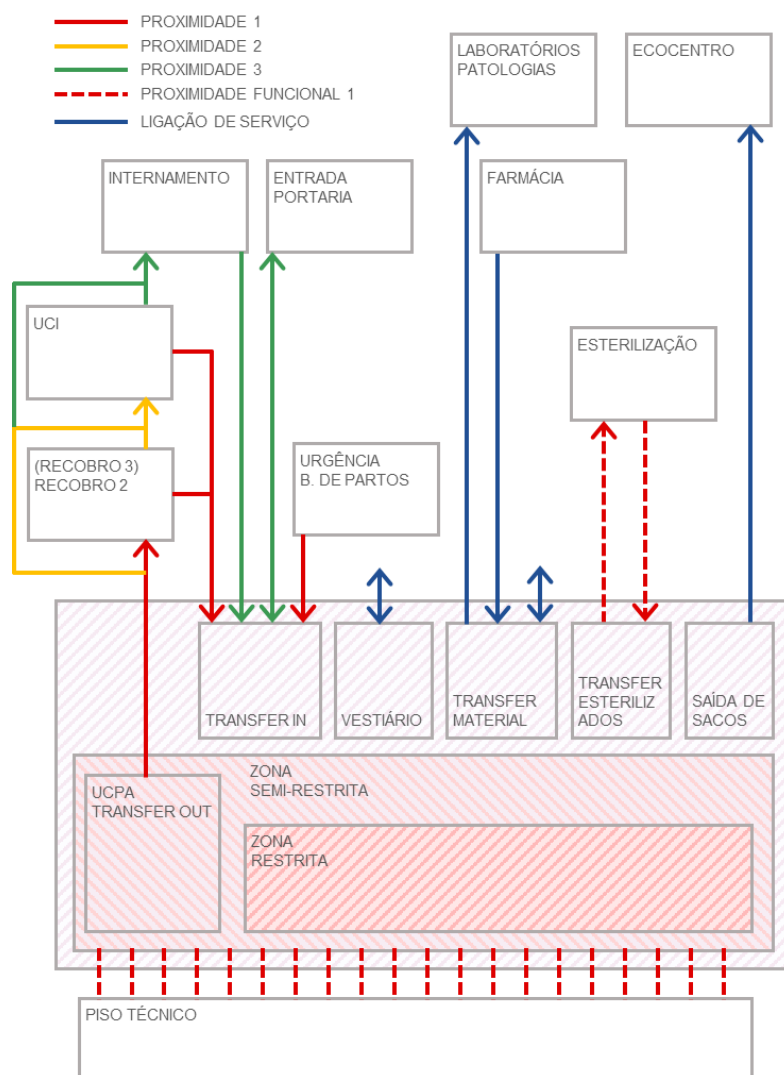


Figura 2.4 – “Proximidade e relações do BO com outros serviços”

Embora não seja o âmbito principal deste relatório, nas secções subsequentes são explicados alguns serviços que podem ser externos ao BO, para contextualização do seu relacionamento funcional.

### **2.3.1 Esterilização**

O serviço de esterilização pretende limpar, descontaminar e esterilizar os materiais reutilizáveis e equipamentos, processo que garante a segurança dos utilizadores e a conformidade com as normas para a sua reutilização nos pacientes. A unidade pode ser interna ao hospital, mas caso não exista o espaço, poderá recorrer-se a serviços externos. Note-se que a última opção diminui a eficácia, uma vez que o transporte acresce tempo na indisponibilidade dos materiais/dispositivos [13].

Relembrando que o bloco é o maior utilizador de materiais reutilizáveis com necessidade de serem esterilizados, para garantir que não existe fonte de infeção para o paciente, é perceptível a necessidade de uma forte proximidade entre as duas unidades [3]. Caso a unidade seja destinada a todo o hospital (logo externa ao BO) é recomendado que a proximidade seja vertical, através da utilização de elevadores de material. Contudo, poderá ser planeada uma unidade de esterilização dedicada às necessidades do serviço de cirurgia. Esta fará sentido se existir um grande volume de procedimentos diariamente e nesse cenário, deverá ser posicionada adjacientemente à unidade [10].

Considerando qualquer uma das unidades, para manter o nível de assepsia dos materiais os circuitos para passagem limpos/sujos devem estar bem estabelecidos e serem cumpridos, isto é, os dois nunca se devem cruzar (se tal ocorrer devem ser devidamente embalados) e se aplicável, usar sempre o *transfer* de materiais esterilizados. Se a unidade for externa ao BO, o planeamento de circuitos deverá ainda ser mais rigoroso [3].

No cenário em que as ferramentas cirúrgicas são únicas/mínimas, caso estas sejam contaminadas por motivos externos à cirurgia durante o decorrer da mesma, o instrumento deve ser imediatamente esterilizado para garantir a continuidade do procedimento (não existe peça de substituição). Neste contexto é recomendado que exista um equipamento de esterilização tipo “*flash*” (esterilização mais rápida) próximo e acessível às SOs [11].

### **2.3.2 Urgências**

Por vezes, as urgências recebem pacientes em estado crítico que necessitam de intervenção cirúrgica e o BO poderá apoiar o serviço caso assim esteja estipulado. Se assim o for, devem ser estabelecidos os protocolos de interação incluindo sempre a transferência do paciente por *transfer* no BO. A sala com especialização para urgências deverá constar no PF da unidade (sala de traumatologia) [3].

### **2.3.3 Recobros (1, 2 e 3), Cuidados Intensivos e Internamentos**

Preferencialmente inserido na área do BO, o recobro 1 (UCPA), como referido na secção 2.2.10, é a unidade de recobro anestésico e por isso deve ser contínuo às salas operatórias. Já o recobro 2 e 3 bem como a Unidade de Cuidados Intensivos (UCI), para pacientes críticos, podem estar mais distantes, mas sempre com acesso rápido e fácil. Atentando ao estado crítico característico dos pacientes que são transportados para e a partir da UCI, a proximidade com o BO torna-se de maior relevância, pois o doente poderá ter de voltar à sala operatória. O transporte dos pacientes deve ser realizado com o menor número de transferências (*transfer*) possíveis, não só para sua comodidade, mas principalmente pela sua segurança.

É passível que o internamento esteja mais afastado, mas o transporte do utente na sua cama de internamento é uma mais-valia. É por este motivo que por vezes o recobro na UCPA é feito já na cama que o transportou até ao BO (desde que seja compatível com cuidados de recobro e após ser desinfetada) [3].

### **2.3.4 Piso técnico**

Dada a exigência técnica do bloco operatório, a nível estrutural torna-se necessário a existência de um espaço técnico onde sejam instalados estes dispositivos. É neste local, não sujeito a controlo de infeções, que serão efetuadas as suas manutenções. Para este espaço é-lhe normalmente atribuído um piso superior, onde são instaladas todas as condutas de ar e filtros respetivos, bem como instalações da rede de gases e entre outras características infraestruturais (passagem de cablagem de rede elétrica, informática, etc.). É por este motivo que se designa por Piso Técnico.

A existência do Piso técnico permite a intervenção nos equipamentos sem a necessidade de entrar dentro do BO, logo, sem a necessidade de seguir os protocolos de desinfecção. Este piso deve ter proximidade imediata, normalmente vertical pois é projetado sob a área do BO. Contudo, é necessário garantir que as circulações para as duas áreas são estanques devido ao controlo de assepsia do ambiente.

No caso de existir equipamento estrutural nas paredes da SO, também pode ser dimensionada uma área técnica entre as paredes, destinada à manutenção (por exemplo: quadros elétricos, sistemas de imagem e vídeo, passagem de gases medicinais, etc.) [3].

### **2.3.5 Outras estruturas**

Dependendo das cirurgias realizadas na unidade, poderá ser necessária a intervenção de outros serviços externos tais como: Laboratórios/Anatomias, Hemodinâmica, Imagiologia e Farmácia.

Os laboratórios/anatomias têm um papel imprescindível na análise de matérias/tecidos. Assim, quando existe necessidade da verificação de amostras, por exemplo verificar se existem células cancerígenas num tecido removido durante

cirurgia, deverá existir uma ligação funcional para o seu envio e para a receção dos resultados. Podem existir pequenas unidades dentro do bloco, caso se verifique a necessidade, e o volume de pedidos a justifique [3].

Também a imagiologia tem um papel importante em algumas cirurgias em que é necessário ter visualização *in situ* da estrutura intervencionada, por exemplo análise de raio-X. Contudo, é mais fácil fazer o exame na SO do que terminar o procedimento para enviar o paciente a uma sala de imagiologia. Neste sentido, podem ser utilizados amplificadores de imagem de raio-X portáteis na sala operatória, equipamentos designados por arco em C. Para exames mais completos o paciente terá obrigatoriamente de se deslocar ao departamento de imagiologia, a menos que exista no BO uma sala híbrida. Estas salas permitem a aplicação de técnicas de imagiologia mais avançadas, enquanto o doente é operado, permitindo imagens *on-site* [3].

Por fim, é necessária uma ligação de serviço com a farmácia para abastecimento regular e controlado dos fármacos necessários no bloco [3].

## **2.4 Modelos de bloco operatório**

A evolução no conhecimento em medicina, o avanço nos procedimentos cirúrgicos e a necessidade de controlar as infeções no ambiente cirúrgico, resultaram na informação disponível atualmente para o correto e seguro desenvolvimento arquitetónico de qualquer unidade cirúrgica. Mesmo com as diversas soluções que são aplicadas internacionalmente, o principal foco no seu desenvolvimento é universal: ambiente estéril na SO e cuidado centrado no doente. Assim são estabelecidos alguns modelos na distribuição das áreas integrantes do BO que servem como base na projeção de uma unidade.

Não existem modelos superiores nem inferiores, pois a escolha na sua conceção depende em tudo da realidade local e do objetivo da unidade. Existem sim modelos preferenciais quer sejam pela sua versatilidade, quer pela rigidez a que obrigam no controlo de infeções. Assim, deve ser selecionado conforme as condições dispostas para o projeto, nomeadamente na área disponível e nos objetivos estabelecidos pela unidade hospitalar: funcionalidade do serviço, ligação ao restante hospital, protocolos de circulação e controlo de infeções. Anteriormente à implementação do protocolo funcional, estruturalmente, o design deve minimizar os riscos de contaminação e constrangimentos de conceção (por exemplo largura dos corredores insuficiente) [3].

Os modelos não são estanques e terão frequentemente de ser adaptados. A escolha de um modelo implica os seus princípios, mas não a sua implementação rigorosa. Os melhores resultados para o hospital são obtidos através da personalização dos modelos, face às suas necessidades, desde que os princípios de fluxo sejam cumpridos [10].

Os modelos apresentados nas secções 2.4.1 e 2.4.2, são díspares pelas circulações que são estabelecidas, contemplando cada um vantagens e desvantagens. Neste relatório serão apenas apresentados os que são implementados com maior regularidade, salvaguardando-se a existência de alternativas não convencionais.

### **2.4.1 Corredor único**

O modelo de corredor único contempla apenas um corredor de acesso às salas de operações, pelo que a circulação de limpos e sujos é comum ao mesmo espaço. Como tal, funcionalmente a estipulação dos procedimentos de circulação é muito importante pois o impedimento de contaminação cruzada depende dos mesmos. É imperativo que ambos limpos e sujos sejam transportados devidamente embalados e selados, e que a sua movimentação seja efetuada em partes distintas do corredor. Deve ainda ser contemplado um protocolo de assepsia rígido que garanta o nível esterilização necessária em cada área.

Para cumprir com os desafios definidos neste modelo, o corredor deve ter dimensão suficiente para permitir a passagem simultânea quer de pacientes, carros de transporte e staff. Adicionalmente, se as SO forem reservadas/distanciadas relativamente às restantes áreas, a propagação de aerossóis (que poderão ter partículas infecciosas) na sala de operações será menor, devido à menor circulação de pessoas [3].

Este plano reduz as áreas brutas necessárias, por isso será indicado para um projeto em que não exista espaço suficiente para todas as estruturas, no entanto, acarreta consigo constrangimentos. Por exemplo, aumenta o risco de contaminação que é dependente do minucioso cumprimento dos protocolos de assepsia e circulação estabelecidos. Note-se por exemplo que um paciente que se encontra à espera para ser operado, cruza-se obrigatoriamente com o doente que foi submetido ao procedimento anterior na SO. Esta arquitetura é preponderante em alguns países como por exemplo nos Estados Unidos da América.

Este género de planta (esquemático na Figura 2.5 baseada em [10] e [11]) é muito utilizado na construção modular. Os blocos operatórios modulares têm a vantagem de serem pré-fabricados e como tal, podem ser enviados para o local de instalação praticamente montados de fábrica. Além da sua enorme versatilidade, permitem uma instalação rápida comparativamente ao habitual para uma obra desta envergadura e reduzem em muito as áreas brutas necessárias. É com o objetivo de maximizar o espaço que estão intimamente relacionados com o modelo de corredor único, mas não é uma solução unicamente fechada a esta planta arquitetónica. Assim, são usualmente aplicados em locais com reduzida área útil, motivo pelo qual simplificam ao máximo os circuitos necessários [3].





#### **2.4.2.1. Corredor de sujos**

O corredor de sujos tem ligação direta à sala operatória, a partir da qual são recolhidos todos os materiais sujos/resíduos e transportados de acordo com as regras e estruturas do BO.

#### **2.4.2.2. Corredor de esterilizados**

Os materiais esterilizados, independentemente do tipo de modelo, necessitam sempre de protocolos de transporte inflexíveis, para que o seu nível de desinfeção não seja perdido. Neste sentido existem alternativas de construção, em que é contemplado um corredor dedicado à sua entrada para a SO. Este corredor destinar-se-á também à passagem dos cirurgiões, pelo que não há contacto com as outras áreas no momento anterior à cirurgia.

Esta pode ser uma alternativa viável, mas não salvaguarda os riscos presentes para um único corredor, à exceção da não contaminação de materiais esterilizados. Além disso, desfavorece o contacto dos cirurgiões com os anestesistas e pacientes no momento pré-operatório. Neste sentido, pode apenas ser aplicado para a passagem dos materiais [10].

### **2.5 Fatores ambientais no bloco operatório**

No decorrer deste capítulo foi descrita a necessidade imprescindível do controlo de infeções no recinto hospitalar, com particular importância para as estruturas do BO. O objetivo é que não ocorram Infeções Associadas aos Cuidados de Saúde que, segundo a Direção Geral de Saúde são uma “infeção adquirida pelos doentes em consequência dos cuidados e procedimentos de saúde prestados e que pode, também, afectar os profissionais de saúde durante o exercício da sua actividade” [14].

Pela sensibilidade da zona restrita do BO, é imprescindível o estabelecimento de condições ambientais que garantam a esterilidade destes compartimentos, que são reforçadas pelos protocolos funcionais rigorosamente cumpridos pelos intervenientes (profissionais de saúde). A SO deve ser estéril durante todo o procedimento. Para que não exista contaminação, são esperadas algumas condições ambientais controladas pelos parâmetros do ar [15]. As instalações de Aquecimento, Ventilação e Ar Condicionado (AVAC) são responsáveis pela manutenção destes parâmetros.

Os sistemas terminais das condutas de AVAC podem distinguir-se em quatro tipos: Unidades de Tratamento de Ar (UTA), Unidades de Tratamento de Ar Novo (UTAN), Ventiloinvetores (VC) e Unidade de Indução (UI).

A UTA difere principalmente da UTAN por também ser destinada à recirculação de ar, respetivo tratamento e à humificação do mesmo. Dado que estas unidades são responsáveis pelo tratamento do ar têm de conter módulos de filtragem para que não entre matéria contaminante para o *campus* hospitalar. Dependendo dos locais a

## *Desenvolvimento de um Bloco Operatório: projeto, construção, equipamentos médicos e vídeo-integração*

que estão destinados, poderão ter de ser utilizados filtros específicos com maior nível de filtragem. Estas duas unidades terão sempre de ficar alojadas em pisos técnicos e nunca em tetos falsos. Para uma melhor gestão das condições ambientais, estes equipamentos devem estar ligados à Gestão Técnica Centralizada do Hospital (GTC).

Estas unidades são responsáveis pela ventilação forçada existente no hospital e como tal, responsáveis por causar os diferenciais de pressão necessários. Estes diferenciais permitem criar um gradiente de pressão que distingue zonas “limpas” de “sujas”. As zonas “limpas” deverão estar em sobrepressão (pressão positiva face às áreas adjacentes), garantindo assim que o ar da sala vai fluir para o exterior não sendo alvo de contaminação pelo ar proveniente de outros compartimentos. Pelo mesmo princípio, as zonas “sujas”/“infetadas” terão de estar em subpressão.

Controlando a temperatura e a humidade das SO, torna-se possível garantir a minimalização da “proliferação microbiana e da eletricidade estática” [15], pelo que são usadas UTAs. Assim, as SO devem ter UTA e ventilador de extração próprios, com filtros suplementares, humificação e com renovação de ar. Deve sempre garantir que a sala está em sobrepressão face às áreas adjacentes (20 Pascal). Adicionalmente, as SO podem estar equipadas com sistema de fluxo laminar.

O fluxo laminar é um método de difusão do ar cuja infraestrutura é instalada no teto imediatamente acima da mesa operatória, criando um fluxo de ar unidirecional e descendente. Esta unidade é mais eficaz a eliminar ar contaminado do que a alternativa clássica [16].

Apesar da superioridade do fluxo laminar, muitos fatores podem influenciar a sua eficácia, como o número de pessoas dentro da SO, abertura da porta da sala, tamanho do difusor e/ou tamanho e formato das luminárias, pelo que os protocolos funcionais devem sempre ser cumpridos para minimizar os riscos de aerobiocontaminação [16].

O recobro também deverá ter uma UTA própria com filtragem suplementar, humificação e deve estar em sobrepressão. O restante bloco poderá partilhar uma UTA, mas com ventilador de extração específico, principalmente para dividir a extração de zonas sujas, nas quais poderão ser necessários filtros específicos. Também deverá ter humificação, mas sem recirculação de ar. A pressão é sempre definida consoante as áreas circundantes, devendo sempre ser menor relativamente ao recobro e salas operatórias [17]. A Tabela 2.1 resume estas condições ambientais, necessárias para a SO, Recobro e outras áreas [9].

Tabela 2.1 – Características ambientais relacionadas com o BO

<b>Características ambientais relacionadas com o BO</b>			
<b>Compartimento</b>	<b>SO</b>	<b>Recobro</b>	<b>Outras áreas</b>
<b>Parâmetro</b>			
<b>Caudal de ar renovado</b>	20 Rec/h	10 Rec/h	Não aplicável
<b>Diferencial de temperatura</b>	Máximo 8°C em frio		
<b>Temperatura</b>	17°C a 27°C	24°C	24°C
<b>Humidade relativa</b>	30 a 60%	60%	50%

Resumindo, o sistema de tratamento de ar promove o fluxo de ar que previne a aerobiocontaminação e a acumulação de gases anestésicos, devendo por isso estar ligado ininterruptamente e em sobrepressão. Os filtros devem garantir uma eficácia de 99,99% relativamente à passagem de agentes contaminantes, sendo imprescindível a sua verificação regularmente. A temperatura da sala e humidade, além de favorecerem a higienização do ar também previnem que os tecidos do paciente desidratem.

As salas limpas são assim reguladas pelas normas ISO 14644-1:2015 e ISO 14644-3:2019, criadas especificamente para classificar as salas e testá-las relativamente a fugas e às partículas presentes na atmosfera. Estas áreas e ambiente associado visam garantir o controlo de contaminação para níveis que permitam a realização da atividade cirúrgica [18].

A norma ISO 14644-1:2015 é responsável pela distinção entre classes de limpeza do ar, consoante o número de partículas (apenas partículas entre 0,1 micrómetros e 5 micrómetros) existentes num volume de ar (concentração). Assim define também o número de amostras que devem ser extraídas em cada espaço. O tamanho das partículas é analisado por contadores de partículas suspensas por dispersão da luz e contadores de partículas macro [19].

Enquanto a norma ISO 14644-1:2015 classifica o ambiente consoante as partículas presentes na atmosfera, a norma ISO 14644-3:2019 descreve métodos de teste para medir a performance da sala, aplicando diferentes metodologias consoante exista sistema de fluxo unidirecional, ou não. Por definição, a sala limpa é uma sala que controla o número de partículas em suspensão no seu ambiente e que é projetada, construída e utilizada de forma a controlar a geração e retenção de partículas dentro do seu ambiente [18]. De forma geral, os testes implementados pretendem medir a capacidade de o sistema eliminar partículas suspensas, a capacidade dos sistemas de filtragem, a estabilidade do caudal e a existência de fugas no sistema. Um dos testes realizados consiste na libertação no ar de um aerossol de teste, sobre o qual existe informação prévia do tamanho das partículas, distribuição e concentração. A partir

*Desenvolvimento de um Bloco Operatório: projeto, construção, equipamentos médicos e vídeo-integração*

daqui é medida a performance do sistema no processo de renovação do ar e eliminação das partículas suspensas [18].

Por outro lado, a segurança elétrica dos profissionais e dos pacientes também deve ser garantida. Para isso a SO encontra-se eletricamente isolada dos restantes circuitos através de separação galvânica (transformador de isolamento). Este método garante que não existe diferença de potencial entre a terra e os circuitos de alimentação elétrica, ou seja, não existe passagem de corrente. Adicionalmente, o piso deve ser condutivo (anti estático) garantindo que todas as superfícies de possível contacto estão ao mesmo potencial.

Cada SO deve também ter um quadro elétrico independente e uma unidade de alimentação contínua, para que em caso de falha de energia essa unidade alimente a sala de cirurgia durante tempo suficiente para que a cirurgia a decorrer não tenha de ser abruptamente interrompida.

Desta forma estão garantidas as principais condições ambiente de segurança para um BO [15].

### **3 REQUALIFICAÇÃO DO CENTRO DE CIRURGIA DO IPO DE COIMBRA**

O Capítulo 3 é dividido em quatro secções onde é descrito o projeto de construção do BOP do IPO de Coimbra, desenvolvido pelo DE e acompanhado pelo estagiário. Após a introdução institucional do IPO de Coimbra, segue-se na secção 3.1 o planeamento do projeto, a concretização do projeto na secção 3.2, uma breve introdução sobre os dispositivos médicos fornecidos pela MC na secção 3.3 e a fase de construção e instalação dos equipamentos na secção 3.4.

O IPO Francisco Gentil é um instituto referenciado pela sua especialização no tratamento das doenças oncológicas. O IPO Francisco Gentil tem origem em Lisboa no século vinte e conta hoje com três grandes centros: Lisboa, Coimbra e Porto [20].

O IPO de Coimbra foi inaugurado em 1961, começando a sua atividade em 1962. Inicialmente era uma pequena vivenda à qual se foram anexando edifícios e remodelando os espaços envolventes. Atualmente tem como objetivo ampliar ainda mais o seu recinto hospitalar, acompanhado por um crescimento em novos equipamentos e tecnologias, bem como o melhoramento das condições para os utentes e profissionais [21]. Na Figura 3.1 é possível visualizar o edifício principal do hospital [22].



Figura 3.1 – IPO de Coimbra Francisco Gentil

Neste contexto de desenvolvimento, melhoria da base instalada e das condições estruturais, surge a necessidade de melhoria do serviço de cirurgia, alocado no Edifício da Cirurgia e Imagiologia. A obra de ampliação e requalificação do Edifício de Cirurgia é um projeto ambicioso com vários marcos ao longo do seu desenvolvimento, resultante da mais importante conjuntura no seu planeamento: como renovar um hospital estruturante na zona centro, responsável por uma zona densamente populosa, sem parar a sua produção cirúrgica.

Durante a sua execução, este projeto requer a desativação do edifício de cirurgia destacado a laranja na Figura 3.2 (retirada do Google Maps [23]), o que implicaria a paragem da atividade cirúrgica por período equivalente ao da duração da construção (dois anos, a partir do início do projeto em 2021) [22]. Não sendo a paragem uma

## *Desenvolvimento de um Bloco Operatório: projeto, construção, equipamentos médicos e vídeo-integração*

alternativa viável, nem a comutação do serviço para outro centro hospitalar, o IPO de Coimbra optou em 2017 por edificar um bloco operatório transitório tecnologicamente dotado, para assegurar a continuidade das operações cirúrgicas aos utentes. Consequentemente, o IPO de Coimbra iniciou um período de consulta prévia a empresas especialistas, resultando na definição das linhas principais do projeto, incluindo a área de implantação.



Figura 3.2 – Vista aérea do IPO de Coimbra. Edifício de Cirurgia destacado a laranja

Delineadas as orientações e especificações pretendidas para a nova área é lançado um concurso público para o projeto, planeamento e conceção do BO transitório. Sem este trabalho concluído, o início da requalificação do edifício de cirurgia fica pendente. É com o objetivo de responder ao concurso que é constituído o consórcio entre a Medicinália-Cormédica, empresa de comercialização de dispositivos médicos e a Iberconcept, empresa de consultoria e projetos de construção. O sucesso do consórcio refletiu-se na adjudicação do concurso ao mesmo, processo descrito pela linha de eventos descrita nas secções seguintes.

### **3.1 Planeamento**

Na fase de planeamento são realizados todos os estudos prévios pelo IPO, para a definição do espaço onde será edificado o novo BO transitório (como por exemplo o estudo de levantamento de cargas). Nesta etapa é definido como objetivo a construção de duas salas operatórias e as principais áreas de apoio para o funcionamento adequado.

Realizado o levantamento de necessidades, três critérios são claros: o bloco deverá assegurar a continuidade do serviço durante o período transitório; a construção deve respeitar os curtos prazos estabelecidos; o projeto deverá cingir-se ao espaço no recinto hospitalar disponibilizado (que era escasso).

## *Desenvolvimento de um Bloco Operatório: projeto, construção, equipamentos médicos e vídeo-integração*

Para otimizar o espaço útil do IPO de Coimbra, foi decidido que este serviço deveria ser construído na platibanda do Serviço de Instalações e Equipamentos. Este local possuía inúmeros constrangimentos para a construção do BO, nomeadamente limitação da carga, a necessidade de serem necessários materiais de construção que assegurem a constante e fácil assepsia do bloco e a reduzida área útil (duzentos e setenta e quatro metros quadrados). Por estes motivos, o IPO reconhece a impossibilidade de cumprir com todas as disposições presentes no Relatório Técnico RT 05/2011 – Recomendações para Bloco Operatório [3], salvaguardando a manutenção dos critérios de segurança, assepsia e ao bom funcionamento da unidade, em detrimento de algumas áreas de apoio dispensáveis. Estas áreas são também consideradas “dispensáveis”, por este se tratar de um bloco de menores dimensões (apenas duas salas cirúrgicas).

As áreas consideradas necessárias inicialmente foram:

- Áreas de Transição: Átrio de acesso, Parque de camas, Posto administrativo, *Transfer In* e *Out* de doentes, Vestiários de pessoal, *Transfer In* de material e *Transfer Out* de material;
- Área Restrita: Sala de cirurgia (duas) para realização de cirurgias “major” com anestesia, Sala de indução anestésica e Desinfecção de Médicos;
- Área Semi-Restrита: Arsenal Cirúrgico, Copa/Sala de pessoal, UCPA (para quatro camas), Corredor de Limpos, Corredor de Sujos.

Destas áreas o *Transfer In* de material pode estar afeto ao mesmo espaço e equipamentos que a sala de *transfer* de doentes, para otimização de área útil. Isto torna-se possível com um reforço organizacional e funcional dos protocolos do BO que permita o desfasamento de transferências, evitando constrangimentos de circulação.

Adicionalmente à fase de projeto e construção é ainda necessário fornecer os equipamentos médicos para a unidade. Os DM necessários para o BO são: pendentes de teto para SO, candeeiros cirúrgicos para SO, calhas suspensas para UCPA, sistema automático para transferência de doentes, mesa operatória do tipo sistema, sistema de gestão e integração de vídeo para SO, monitores de sinais vitais para UCPA e respetiva central de monitorização, ventilador para recobro e transporte interno, desfibrilhadores, eletrobisturis e painéis modulares [23]. Embora se trata de um BO de transição, no qual poderiam ser utilizados equipamentos não estruturais já existentes no hospital, estes são vistos como um investimento futuro para o novo edifício de cirurgia. Trata-se por tanto de um investimento antecipado.

Outros equipamentos médicos que são frequentemente necessários num BO são: Sistemas de anestesia, monitorização de sinais vitais (hemodinâmica e anestésica) e laser cirúrgico. O motivo pelo qual não foram fornecidos no âmbito do presente projeto deve-se ao facto de o hospital ter realizado um investimento nestes equipamentos de forma recente, face ao ano de 2017, altura em que se iniciou a consulta [24].

### **3.1.1 Estudo prévio – Iberconcept & Medicinália-Cormédica**

No estudo prévio realizado pelo consórcio Iberconcept & Medicinália-Cormédica, torna-se evidente que a construção modular, além de ser uma alternativa dinâmica relativa aos métodos tradicionais, é a solução mais vantajosa face aos constrangimentos no local de obra. Quer isto dizer que, tratando-se de um BO transitório, no fim da sua utilização, a estrutura pode ser facilmente reconvertida através da sua desmontagem e reutilização, tornando-se também numa mais-valia económica.

Apesar de ser uma construção modular, os materiais constituintes garantem o maior conforto ambiental com o maior nível de segurança. Além disso, todas as instalações técnicas visam a otimização do espaço, sendo preferencialmente instaladas no piso técnico, não interferindo com os percursos nem com a movimentação e instalação de equipamentos médicos. Este piso técnico será imediatamente construído superiormente ao BO, onde irá acomodar todo o sistema de AVAC.

## **3.2 Projeto**

Concluída a consulta *in loco* das condições de instalação, realiza-se o projeto, fase que culmina na conclusão do estudo do concurso.

Uma vez que o espaço útil é muito reduzido, a melhor decisão é optar por um modelo de corredor único, onde os circuitos de limpos e sujos não têm separação estrutural. A este facto conjuga-se a utilização de estruturas modulares, com o objetivo de maximizar o espaço. Por outro lado, a utilização de estruturas pré-fabricadas também otimiza o tempo de construção que, em conjunto com as instalações de equipamentos e testes ao serviço, contabiliza um total de cento e noventa e seis (196) dias corridos.

Assim, as áreas propostas foram as descritas na Tabela 3.1 baseada na referência [25].

*Desenvolvimento de um Bloco Operatório: projeto, construção, equipamentos médicos e vídeo-integração*

Tabela 3.1 – Áreas projetadas para o BOP de Coimbra

Compartimento	Área [m <sup>2</sup> ]	Funcionalidades
<b>Área de Transição</b>		
Átrio de acesso	NA	Entrada no BO através de comunicação horizontal com o edifício previamente existente
Parque de camas	34	Receção e estacionamento das camas que transportam os doentes para o BO
Posto administrativo	10	Controlo de acessos ao BO
<i>Transfer In e Out</i> de doentes	20	Passagem automática dos doentes da zona exterior para a interior do BO e vice-versa.
Circulação 1	11,4	Corredor de acesso entre o átrio, os vestiários e a sala de sujos
Vestiários de pessoal	24,5	Área para preparação dos profissionais, dividida em balneários masculinos e femininos
<b>Área Semi-Restrita</b>		
Arsenal cirúrgico	24	Armazenamento de equipamentos de cirurgia
Copa/sala de pessoal	12	Pausa e permanência do pessoal
UCPA	40	Área para recuperação dos doentes no pós-operatório
Circulação 2	36	Corredor único interior ao BO; dupla funcionalidade de corredor de limpos (acesso às SO, desinfeção de médicos, <i>transfer in/out</i> de pacientes, materiais e vestiários, sala de indução anestésica, arsenal cirúrgico, sala de pessoal) e corredor de sujos (acesso entre as SO e a sala de sujos)
<b>Área Restrita</b>		
Sala de operações 1	36	Realização de cirurgias “major” com anestesia;
Sala de operações 2	36	
Sala de indução anestésica	26	Indução anestésica nos doentes, com dois postos
Desinfeção de médicos	4	Desinfeção dos profissionais de saúde que necessitam de estar esterilizado, antes do ato operatório
Sala de sujos	12	Área destinada à recolha de material usado nos atos cirúrgicos e devido empacotamento para transporte seguro até ao serviço de esterilização

## Desenvolvimento de um Bloco Operatório: projeto, construção, equipamentos médicos e vídeo-integração

Considerando os fundamentos funcionais e técnicos expostos até ao momento, com base do conhecimento conjunto do consórcio, foi desenvolvida a planta arquitetónica proposta, no âmbito do concurso publicado pelo dono de obra, ilustrada pela Figura 3.3 retirada do Anexo 1 "Arquitetura - Planta de Arquitetura" da referência [26].

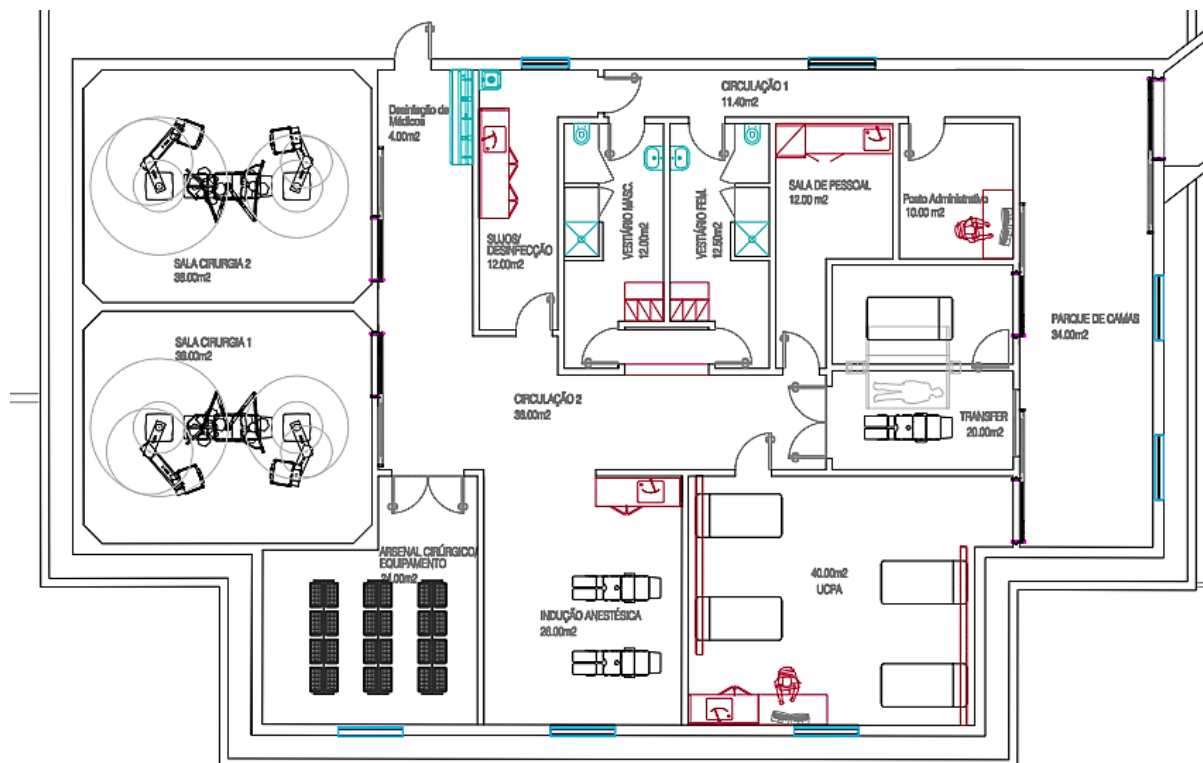


Figura 3.3 – Planta Arquitetónica proposta para o BO Transitório do IPO de Coimbra

Do ponto de vista técnico, o local de maior exigência, a SO, terá três metros de altura acomodando no piso técnico todas as estruturas de apoio dos equipamentos médicos estruturais a instalar (pendentes), do sistema de AVAC e da distribuição de gases medicinais. Cada SO tem destinada uma UTA com as características técnicas regulamentadas, com entrada de ar por fluxo laminar embutido no teto falso e extração por grelhas de extração localizadas na parte superior e inferior (duas grelhas) de cada canto da sala.

Os espaços desenhados estão de acordo com as normas e requisitos expostos no Capítulo 2, para cada área e modelo considerado. A exceção à regra é a exclusão de espaços considerados necessários numa circunstância normal, pelos motivos expostos na secção 3.1. Por exemplo, pela exiguidade de espaço, as transferências de material cirúrgico terão lugar no mesmo espaço que a transferência de pacientes [25].

### 3.2.1 Projeto definitivo

Após apresentação de proposta em janeiro de 2018, e decorridos todos os prazos legais e etapas do concurso público (análise das propostas, reclamações, relatórios), é adjudicada a proposta do consórcio IberConcept & Medicinália Cormédica em

### *Desenvolvimento de um Bloco Operatório: projeto, construção, equipamentos médicos e vídeo-integração*

março de 2018. A partir deste momento, seguem-se as fases de apresentação de projeto definitivo ao dono de obra, no qual poderão ser feitas alterações ao projeto inicial apresentado.

Os prazos planeados são de acordo com a Figura 3.4 (retirada do Anexo “Plano de Trabalhos” da referência [26]), no entanto a demora na aprovação do projeto pelo cliente (prazos a amarelo) e o pedido de alterações alteraram completamente a duração desta fase final do projeto, não tornando possível a construção até à aprovação do projeto de execução.

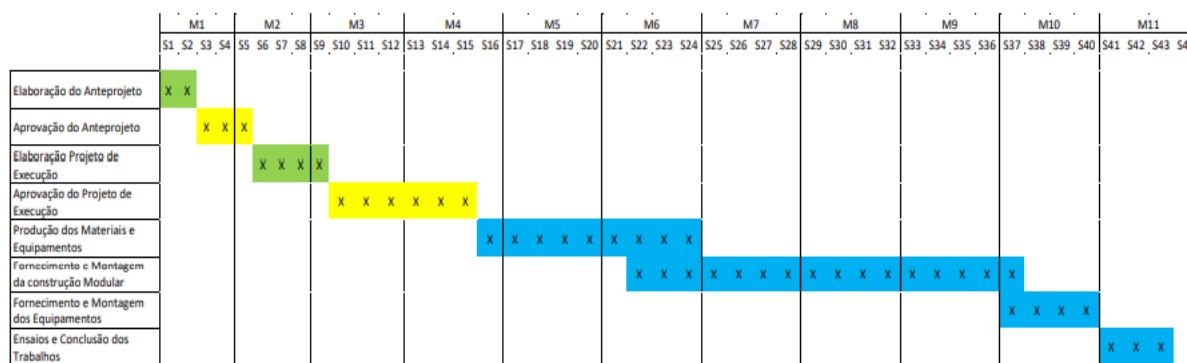


Figura 3.4 – Gráfico de Plano de Trabalhos Prévio

Durante esta fase, entre abril de 2018 e dezembro de 2019 o processo foi reanalisado e reenquadrado pelo IPO, tendo o dono de obra dado continuidade ao mesmo a vinte de dezembro de dois mil e dezanove. Nesta data foi assinado o Auto de Consignação dos Trabalhos<sup>1</sup> pelos representantes do IPO de Coimbra e do consórcio. A partir desta data o adjudicante entrega o espaço a ser intervencionado ao adjudicatário, iniciando a contagem dos prazos propostos para a execução do projeto.

Na fase de aprovação, o dono de obra requereu ao consórcio a inclusão de um corredor de sujos não comum à circulação de limpos, por se entender ser uma mais-valia no controlo de infeções. Apesar das vantagens claras deste modelo de BO, explícitas na secção 2.4.2, o modelo de corredor duplo não foi considerado inicialmente pelas condicionantes físicas do local de obra.

De acordo com o Anexo I da Portaria nº111/2014 de 23 de maio, emitida pelo Ministério da Saúde, no qual se baseia a Tabela 3.2 [8], as salas de operações 1 e 2 constantes na planta arquitetónica, devem ter dimensão mínima de 36 metros quadrados e 5,5 metros de largura. No projeto inicial, as duas SO são simétricas e contam com 5,4 metros de largura e 36 metros quadrados, pelo que a inclusão de um corredor de sujos, sem aumento da área disponível para construção, implicará maior constrangimento no cumprimento das características técnicas recomendadas.

<sup>1</sup> “O dono da obra deve facultar ao empreiteiro o acesso aos prédios (...) onde os trabalhos devem ser executados” sendo o ato oficializado por auto [27]

*Desenvolvimento de um Bloco Operatório: projeto, construção, equipamentos médicos e vídeo-integração*

Tabela 3.2 – Dimensões dos compartimentos a considerar num BO

Compartimento	Área útil (mínima) [m <sup>2</sup> ]	Largura (mínima) [m <sup>2</sup> ]	Observações
Sala de indução anestésica	14	NA	Facultativa, pode ser comum a 2 salas de operações
SO	Classe A	3,5	Cirurgia “minor” com anestesia local ou loco -regional
	Classe B	4,5	Cirurgia “major” com anestesia loco -regional
	Classe C	5,5	Cirurgia “major” com anestesia geral com suporte ventilatório
UCPA	12/cama		Classe B / C — 2 camas/sala de operações
Posto de controlo	10		Controlo dos doentes da UCPA, com bancada de trabalho de enfermagem, no interior da sala

Assim, a inclusão de um corredor de sujos implica maior transigência entre o cumprimento da regulamentação aplicável, o espaço disponível e os custos. A melhor solução contempla o redimensionamento das SO, no qual é necessário redistribuir as cargas da nova estrutura, para se ampliar a área útil na parte esquerda do edifício, através de um varandim prolongado. Portanto, é incluída uma sala para receção e saída dos sujos das SO, a partir da qual serão transportados até à sala de sujos. Infelizmente, devido ao reduzido espaço, ao fator monetário e à necessidade de garantir iluminação natural ao edifício adjacente que contempla as janelas do Serviço de Anatomia Patológica, não é possível incluir um coberto que ligue a saída de sujos à sala de sujos, sendo este percurso transitório no exterior do edifício, de acordo com a nova planta na Figura 3.5 retirada do Anexo "2.3" da referência [28].

## Desenvolvimento de um Bloco Operatório: projeto, construção, equipamentos médicos e vídeo-integração

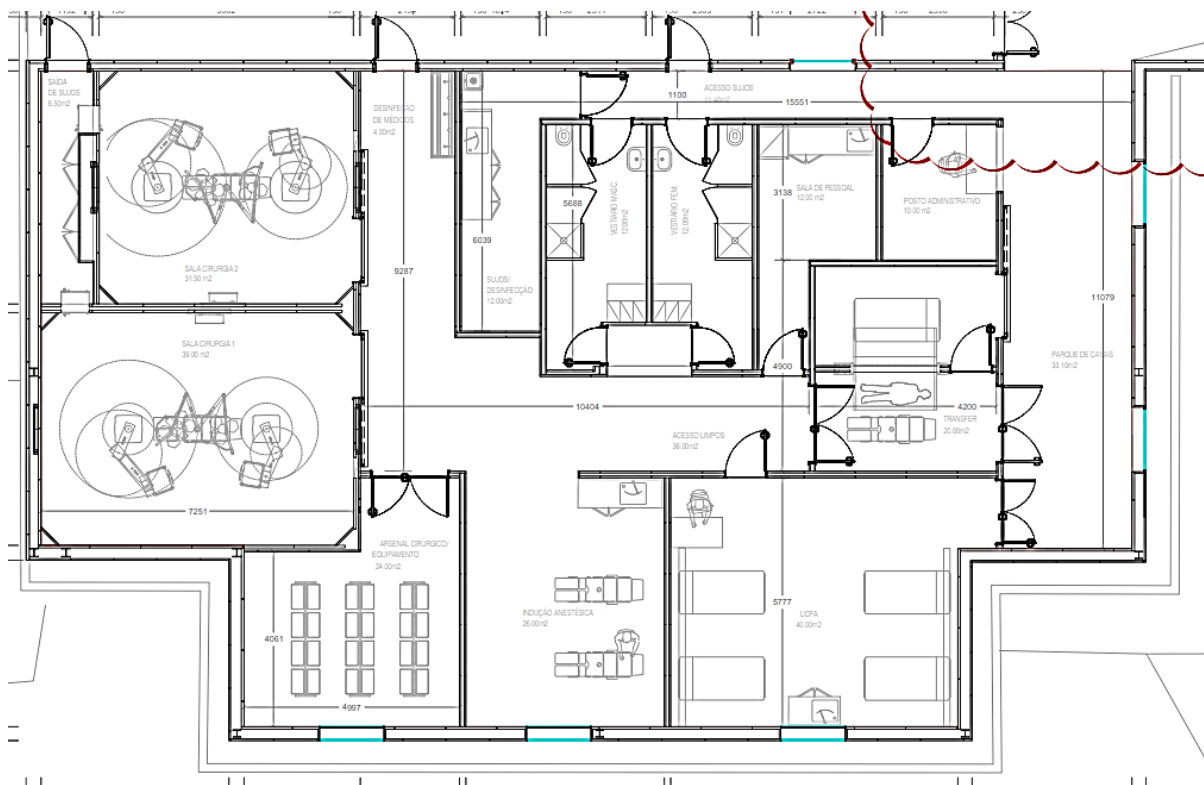


Figura 3.5 – Planta Arquitetónica aprovada para o BOP do IPO de Coimbra

Com o redimensionamento constante na Figura 3.5, “as dimensões passam para 7251mm x 5398mm e 5902mm x 5406mm para a Sala Cirúrgica 1 e Sala Cirúrgica 2 respetivamente. A estas dimensões corresponde às áreas de 39,00m<sup>2</sup> para a Sala Cirúrgica 1 e 31,50m<sup>2</sup> para a Sala Cirúrgica 2. Desta forma é beneficiada a largura da Sala Cirúrgica 1 e favorecida a sala de Arsenal Cirúrgico, resultante do posicionamento da porta automática da sala operatória” [28]. Por outro lado, o posicionamento do posto de trabalho e das camas de pacientes na UCPA é alterado de forma a garantir a otimização do fluxo de trabalho, de acordo com a Figura 3.6 retirado do Anexo "UCPA\_B" da referência.

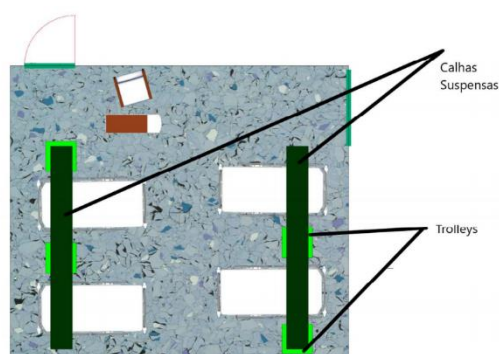


Figura 3.6 – Novo *layout* da UCPA do BOP do IPO de Coimbra

As alterações expostas são assim aceites pelo Dono de Obra através da aprovação do projeto. Durante este processo torna-se perceptível a qualidade da infraestrutura modular, dos equipamentos a instalar e a otimização da área útil. Com todos os

espaços fundamentais para o correto funcionamento da unidade, estão reunidas as condições para o uso prolongado do espaço como BO. É nesta fase que o BO “Transitório” passa a dominar-se BOP do IPO de Coimbra.

### **3.3 Dispositivos médicos**

Dispositivos médicos (DM) são equipamentos usados por profissionais de saúde ou leigos, “destinados, pelo seu fabricante, a serem utilizados para (...) prevenir, diagnosticar ou tratar uma doença humana”, mas sem utilizar “acções farmacológicas, metabólicas ou imunológicas, por isto se distinguindo dos medicamentos” [29].

Existem inúmeros DM com diferentes aplicações e finalidades, desde equipamentos simples para rastreio das pressões arteriais, equipamentos complexos para exames imagiológicos (radiografias, tomografia axial computadorizada, ressonância magnética, entre outros), equipamento estrutural e aparelhos utilizados no âmbito cirúrgico como lasers, eletrobisturis e máquinas de anestesia. Devido à variedade de DM existentes são classificados por categorias consoante a sua aplicação no paciente, finalidade e risco para os utilizadores e paciente. O Regulamento de Dispositivos Médicos é o responsável por categorizar as tipologias de DM, garantindo a segurança de utilização e aplicação dos mesmos através de vários critérios que deverão ser cumpridos durante a investigação, produção, venda e acompanhamento dos aparelhos.

O departamento de equipamentos da MC, não sendo o único na empresa que comercializa DM, contém o maior portefólio. Alguns dos equipamentos contidos neste portefólio são equipamentos estruturais (pendentes de teto, calhas hospitalares, candeeiros operatórios, *transfer* de pacientes, mesas operatórias), equipamentos de electromedicina (eletrobisturis, ventilador pulmonar, máquina de anestesia, monitores de sinais vitais) e equipamentos gerais como camas hospitalares. Esta oferta de equipamentos disponibilizada pelo DE foi desenvolvida estrategicamente, com vista a possibilitar o apetrechamento total de um BO ou Unidade de Cuidados Intensivos (UCI), de acordo com exemplificado na Figura 3.7 [30]. Um dos exemplos da especialização da empresa é a obra em que se insere esta secção [2].



Figura 3.7 – Configuração de um BO: Mesa operatória, pendentes e candeeiros operatórios marca Trumph, sistema de vídeo-integração marca Videomed

### **3.3.1 Pendentes de teto**

Os pendentes de teto como o da Figura 3.8, são equipamentos considerados estruturais por serem fixos ao teto da unidade [31]. Não são estruturas que possam ser movimentadas pelos clínicos, fora dos graus de liberdade proporcionados pelas suas articulações.



Figura 3.8 – Pendente Truport com dois braços articulados

Conceptualmente consistem num cabeçal vertical onde podem ser instaladas tomadas de gases hospitalares, rede elétrica, rede Ethernet e outras conexões como por exemplo as tomadas de entrada e saída de um sistema de gestão de vídeo e imagens. Por sua vez o cabeçal que está suspenso na sala, pode ser seguro por braços horizontais (um ou dois) permitindo assim liberdade de deslocação. Para travar o sistema numa determinada posição são utilizados diferentes de travões consoante a

### *Desenvolvimento de um Bloco Operatório: projeto, construção, equipamentos médicos e vídeo-integração*

marca e/ou modelo: fricção, pneumáticos, electropneumáticos, eletromagnéticos, entre outras soluções.

A solução precedente às estruturas suspensas continha este tipo de conexões fixa à parede, ou seja, longe do campo cirúrgico (mesa operatória). A grande vantagem destes sistemas com braços articulados é o facto de a mobilização das tomadas agora ser possível, possibilitando a aproximação das mesmas ao destino necessário. A proximidade das tomadas ao equipamento/destino erradica os fios que se verificavam anteriormente pelo chão da sala, pelo que diminui os obstáculos, logo aumenta a segurança de todos os intervenientes.

Usualmente as SO contêm dois pendentes, podendo em alguns casos serem aplicados três. Como nos procedimentos com indução anestésica é necessário fornecer gases medicinais para a máquina de anestesia, normalmente destina-se um pendente para este fim, personalizando-o para essas necessidades. Assim, o posicionamento preferível deste equipamento é juntamente ao local que está destinado à localização da cabeça do paciente. Por outro lado, na posição oposta da mesa operatória é colocado o segundo pendente, destinado à configuração cirúrgica, isto é, com as conexões anestésicas necessárias para a utilização de todos os equipamentos destinados à cirurgia. São exemplo as unidades de electrocirurgia.

Do portefólio da MC fazem parte os pendentes Truport, da marca Trumpf. Os Truport são pendentes de conceção modular, o que significa que permitem a sua reconfiguração *on-site*, sem necessidade de intervenção técnica especializada, de acordo com a Figura 3.9 (fotografia do autor). Com esta solução, a configuração que consta nos desenhos técnicos, oriunda de fábrica, já não necessita de ser a conceção final, podendo ser adicionados módulos extra no cabeçal, ou reposicionados. Adicionalmente, os mais de cem acessórios comercializados permitem um encaixe simples e rápido nas calhas laterais do cabeçal [32]. São fabricados em alumínio de alta resistência, com travões electropneumáticos sem pressão de ar em posição de travado, o que garante maior imunidade a fugas e baixo consumo de ar comprimido.



Figura 3.9 – Remoção de módulo de tomadas elétricas de um pendente Truport

## *Desenvolvimento de um Bloco Operatório: projeto, construção, equipamentos médicos e vídeo-integração*

No desenho específico do projeto descrito neste capítulo, foi considerada exatamente a disposição descrita nos parágrafos anteriores. O pendente de cirurgia contempla dois braços horizontais articulados (um metro mais sessenta centímetros), com deslocamento vertical motorizado no segundo braço, cabeçal de cinquenta centímetros de comprimento, correspondendo a uma carga útil disponível de cento e oitenta quilogramas. A configuração contemplou ainda seis tomadas elétricas, quatro pinos equipotenciais, duas portas Ethernet (RJ45), uma tomada de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>), uma tomada de vácuo, uma tomada de ar comprimido medicinal, uma tomada de oxigénio (O<sub>2</sub>) e uma prateleira com comandos de controlo das articulações e com gaveta. De igual forma, o pendente de anestesia é constituído por dois braços de igual dimensão (sessenta centímetros) e cabeçal de um metro de comprimento, ao qual corresponde a uma carga útil disponível de duzentos e trinta quilogramas. Comparativamente ao pendente de cirurgia foram dimensionadas mais duas tomadas elétricas, mais uma de O<sub>2</sub> e ar comprimido medicinal, uma tomada de óxido nitroso (N<sub>2</sub>O), uma prateleira sem gaveta, um braço articulado com poste de infusão para soros e um sistema *pivot* para fixação do sistema de anestesia. Além disso não contém nenhuma tomada de dióxido de carbono.

A vantagem adicional da deslocação vertical do pendente é libertar totalmente a área de trabalho dos profissionais de saúde. Uma vez que o cabeçal deixa de estar numa posição inferior, permite a movimentação de equipamentos e pessoas imediatamente abaixo do seu posicionamento, libertando a sala de obstruções à circulação.

Acrescenta-se ainda que pelo facto de os pendentos serem equipamentos estruturais, devem estar presentes no planeamento de qualquer unidade, isto é, na planta arquitetónica, pois é necessário dimensionar os pontos de fixação e as cargas inerentes.

Para auxiliar o utilizador, a Trumpf oferece aos seus colaboradores a ferramenta de *rendering* a três dimensões (3D) TruTops Quote. Este *software* permite a configuração de todas os equipamentos estruturais Trumpf, sendo obtida posteriormente a cotação inerente e os desenhos técnicos. É a partir destes desenhos que são estabelecidos os critérios detalhados de fixação das pré-estruturas ao teto. A Figura 3.10 apresenta os desenhos obtidos para o projeto em estudo neste relatório (esquema fornecido pela MC).



Figura 3.10 – Configuração de uma SO do BOP do IPO de Coimbra

### **3.3.2 Candeeiros cirúrgicos**

Os candeeiros cirúrgicos, de igual forma aos pendentes, são fixos ao teto e, portanto, são equipamentos estruturais. Este dispositivo médico tem como finalidade iluminar o campo cirúrgico.

A iluminação do campo cirúrgico representa sempre um processo de elevada ponderação pelos cirurgiões e hospitais, uma vez que influenciam todo o trabalho do cirurgião. Para estes profissionais são importantes características como a quantidade de luz, redução de sombras, direção do feixe de luz, produção de calor e cor da luz pois influenciam a sua visão [33]. De facto, o controlo da luminosidade dos candeeiros é um fator importante, pois uma intensidade elevada poderá causar demasiado brilho nas estruturas e por conseguinte, falta de contraste, além de que a longo prazo poderá afetar a saúde dos médicos (fadiga ocular) [34]. De igual forma, a possibilidade de alterar a temperatura da cor contribui para o contraste, por exemplo: se uma área de ferimento é predominantemente azulada deve ser utilizada uma temperatura de cor mais baixa (3500 a 4000 kelvin - K) e pelo contrário, se a área de ferimento for avermelhada, uma temperatura de cor mais elevada (4000 a 4500K) irá aumentar o contraste [35]. A Figura 3.11 ilustra o efeito da temperatura de cor no contraste visual [36].



Figura 3.11 – Otimização de contraste por alteração da temperatura de cor de 3500 para 5000K

A configuração mais comum envolve duas cúpulas, uma cúpula principal e uma segunda cúpula satélite (ou auxiliar), suportadas por um sistema de braços suspensos no teto, para movimentação “ilimitada” das cúpulas. A cúpula principal é reconhecida por ser a luminária de controlo, maior, normalmente com mais capacidades tecnológicas nomeadamente, maior iluminância. Contudo, a cúpula satélite nem sempre é tecnologicamente desprovida podendo mesmo ser igual à luminária principal. Cada cúpula tem uma pega (centralizada ou não), para permitir a movimentação do candeeiro. A esta pega estão associados acessórios esterilizáveis ou descartáveis que permitem a movimentação do equipamento de forma esterilizada durante a operação. O candeeiro também pode ter associado uma câmara de vídeo (com ou sem fios – *wireless*) utilizada para gravação de procedimentos. Note-se que outras configurações são possíveis, nomeadamente a fixação das cúpulas na parede.

Atualmente os candeeiros operatórios são fabricados com díodos emissores de luz (LED, do inglês *Ligh Emitting Diode*), substituindo a tecnologia de lâmpadas incandescentes (por exemplo lâmpadas de xénon ou de halogéneo). Das principais diferenças é de salientar a longevidade da fonte de luz. Enquanto as lâmpadas de halogéneo têm uma duração entre mil e quinhentas horas até quatro mil horas, os LEDs podem ter uma duração de quarenta mil horas até cinquena mil horas, pelo que normalmente não é necessária a sua substituição durante o período de vida útil dos aparelhos [34]. O LED também permite a funcionalidade de alteração da temperatura da cor.

Apesar das enormes vantagens dos candeeiros operatórios, e de serem considerados um equipamento imprescindível em qualquer sala operatória, também têm associadas algumas desvantagens. Algumas encontradas são os constrangimentos causados no fluxo laminar pelo tamanho e aquecimento das luzes [33], dificuldades mecânicas de posicionamento, perigo de contaminação da pega e o perigo de queimadura dos tecidos [34]. Contudo, a maioria destas dificuldades são combatidas pela tecnologia LED, por ser de menor dimensão face à alternativa de halogéneo, bem como a redução do calor gerado diminuindo o risco de queimaduras. Por outro

lado, a pega esterilizável após ter sido utilizada a primeira vez pelo cirurgião fica com matéria proveniente do paciente. Essa matéria pode criar o risco de contaminação cruzada se for utilizada noutra estrutura mais sensível. Muitas vezes é pedido ao enfermeiro circulante que movimente a cúpula sem tocar nessa pega, ou então o enfermeiro instrumentista utiliza uma compressa sobre a pega para redirecionar o feixe luminoso.

Como representante nacional da marca Trumpf, o DE comercializa atualmente os modelos com iluminação LED Truligh 3000, Trulight 5000 e iLED 7, expostos na Figura 3.12 [36] [37]. Os modelos Trulight permitem a sua configuração conforme as necessidades do projeto envolvente enquanto o iLED 7 é uma solução topo de mercado com tecnologia inovadora que garante a máxima eficácia de iluminação. Uma configuração dupla de iLED 7 utiliza o mesmo modelo para ambas as cúpulas.

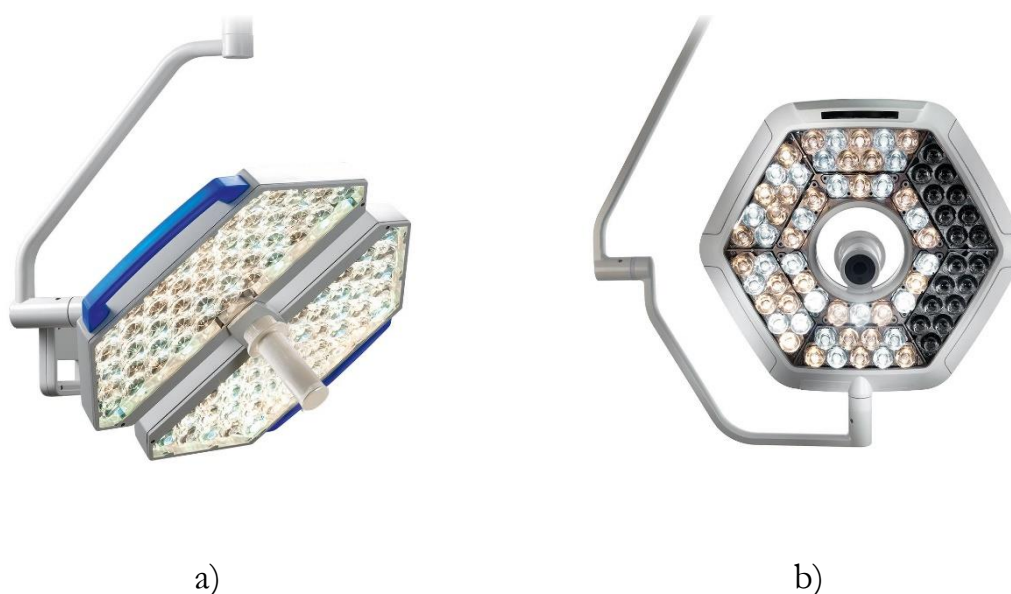


Figura 3.12 – Candeeiros cirúrgicos Trumpf: a) Trulight 5000; b) iLED 7

O iLED 7, que é o modelo adjudicado para o IPO de Coimbra neste projeto, garante cento e sessenta mil lux de iluminação, índice de renderização de cor de noventa e sete (Ra) com tecnologia adaptativa que permite o autoajuste do candeeiro consoante as condições encontradas no seu ambiente de operação. Estas características incluem por exemplo o ajuste automático do campo de iluminação, a supressão automática de sombras e temperatura de cor ajustável entre 3500 K e 5000 K. O laser contido na cúpula do candeeiro permite a leitura automática da distância da cúpula ao campo cirúrgico bem como a deteção de obstáculos (por exemplo a cabeça dos cirurgiões). No caso de detetar objetos, consegue ajustar as suas matrizes de LEDs de forma a garantir a iluminação máxima possível no campo cirúrgico. O seu algoritmo permite-lhe também diminuir a intensidade luminosa na zona obstruída para que o cirurgião não sofra aumento de temperatura. Adicionalmente, o candeeiro iLED 7 é fornecido com um *tablet* idêntico ao da Figura 3.13 para controlo *wireless* das suas

## *Desenvolvimento de um Bloco Operatório: projeto, construção, equipamentos médicos e vídeo-integração*

funcionalidades [37] [38]. O seu design inovador e ergonómico permite ainda diminuir o impacto na operacionalidade do fluxo laminar.



Figura 3.13 – *Tablet* para controlo remoto das luminárias do iLED 7

Os candeeiros operatórios são assim DM *standard* que fazem parte de todas as SO. No BOP foi projetado um sistema de teto duplo por sala com cúpulas iLED 7, permitindo uma alta qualidade de iluminação e consequente otimização da capacidade visual da equipa cirúrgica do hospital.

### **3.3.3 Calha suspensa**

As calhas suspensas são equipamentos estruturais fixos ao teto usualmente aplicados em enfermarias.

Estes equipamentos visam facilitar a ergonomia da sala através da disponibilização de tomadas elétricas, tomadas de gases, Ethernet entre outras possibilidades, imediatamente superiormente à cama do paciente.

Relativamente às calhas de parede, permitem adicionar módulos verticais na calha, com colocação de acessórios para arrumação, como por exemplo prateleiras para colocação de equipamentos, gavetas para arrumos de acessórios e postos de infusão para fixação de soros, seringas infusoras, entre outras possibilidades. Estes módulos são ainda normalmente movíveis ao longo da calha.

Outras inovações na área incluem por exemplo a inclusão de braços entre a calha e os módulos.

No caso do IPO de Coimbra, foram instaladas duas calhas no recbro com um módulo por cada cama (quatro módulos) para colocação, por exemplo, do monitor de sinais vitais conforme Figura 3.14 (fotografia do autor).



Figura 3.14 – Calhas hospitalares suspensas, marca Modul, modelo Moduflex 2500 - Instalação no BOP do IPO de Coimbra

### **3.3.4 Transfer de pacientes**

Um paciente que esteja deitado numa superfície e não se possa movimentar sozinho necessita do auxílio dos profissionais de saúde para ser transferido para outra superfície. Este processo é tipicamente realizado manualmente, no entanto é exigido aos profissionais de saúde um esforço físico elevado, podendo mesmo ser responsável por lesões.

No contexto do BO os pacientes que estão internados necessitam de ser transportados até à unidade na sua cama e transferidos para o circuito interno. Conforme indicado no capítulo 3, esta passagem do paciente implica que o mesmo passe de uma zona exterior para a zona semi-restrita. Como tal, de forma a facilitar a passagem do paciente foram desenvolvidos equipamentos eletromecânicos para aliviar o esforço dos clínicos e para diminuir o risco de contaminação entre as zonas durante a transferência. Estes equipamentos são designados como *Transfer* de pacientes e apresentam uma configuração semelhante ao da Figura 3.15 [39].



Figura 3.15 – *Transfer* de pacientes, modelo Orbiter da marca Trumpf

O *transfer* de pacientes é um sistema de transferência automática do paciente entre duas superfícies horizontais, a cama e o tampo/mesa cirúrgico [40]. É colocado estrategicamente de modo a bloquear a passagem de qualquer objeto/pessoa que não utilize a plataforma, devendo estar devidamente fixo ao chão, pelo que é um equipamento estrutural. Desta forma é garantida a assepsia do ambiente semi-restrito. Adicionalmente o equipamento poderá incluir uma janela divisória para diminuir este risco, contudo, com o apertado controlo das condições de sobrepressão das áreas, pode ser considerada como desnecessária.

Com este equipamento o profissional de saúde apenas necessita de posicionar a mesa operatória, posicionar a cama do paciente e controlar o equipamento através de um comando disponibilizado e supervisionar o procedimento. Além do bem-estar de todos os intervenientes, a segurança do paciente é sempre garantida bem como o seu conforto, considerando que os tampos são geralmente aquecidos [40].

Todo o processo de contacto com o paciente é feito pelo tampo central (de cor verde-escuro na Figura 3.15). No processo de entrada do paciente para o BO, para a carga, o tampo deverá ser posicionado mecanicamente à altura da cama hospitalar e transferido horizontalmente em direção ao doente, enquanto o tapete roda no sentido contrário de forma a arrastar o doente para cima da superfície. Após este procedimento, o tampo é totalmente transferido para zona limpa onde deverá esta a mesa operatória. Este tampo é colocado imediatamente abaixo da superfície do transfer, podendo-se iniciar o processo de descarga: aproximar o tampo verticalmente da mesa operatória, deslocar o tampo horizontalmente para a zona suja enquanto o tapete roda no sentido inverso de forma a descarregar o doente. O

processo inverso de transferência do paciente da zona limpa para a suja também é possível.

Desta forma, o paciente é transferido de forma segura sem perigo de contaminação e pode ser imediatamente levado para a SO.

### **3.3.5 Mesas operatórias**

A mesa operatória é a superfície na qual o paciente é posicionado durante o procedimento cirúrgico, pelo que é o equipamento médico principal numa sala operatória. O posicionamento deste dispositivo dita a forma como os restantes equipamentos são posicionados, como os pendentes e candeeiros cirúrgicos [41].

Evolutivamente, este DM surgiu como uma mesa de madeira, evoluindo para diferentes materiais (como o metal) e possibilitando diferentes posicionamentos do paciente. Esta evolução natural surge das necessidades do cirurgião em posicionar o seu paciente. Assim, os profissionais de saúde têm a necessidade de ajustar a altura da mesa, para trabalharem numa posição mais favorável, inclinar a mesa verticalmente (posição de Trendelenburg e Anti-Trendelenburg), realizar posicionamentos para manobras de emergência, inclinar a mesa lateralmente para melhor visualização da cavidade sob cirurgia, ajuste individual das articulações e segmentos da mesa para atingirem os corretos posicionamentos anatómicos (particularmente para ajustar as extremidades do paciente consoante as necessidades operatórias), radiotransparência do tampo e almofadas para exames imagiológicos intraoperatórios e almofadas especializadas para a redução de úlceras no paciente por pressão [41].

No estado atual da tecnologia, as mesas são constituídas por materiais assépticos, divididas em três zonas: a coluna, tampo e almofadas, conforme esquema na Figura 3.16 [43].

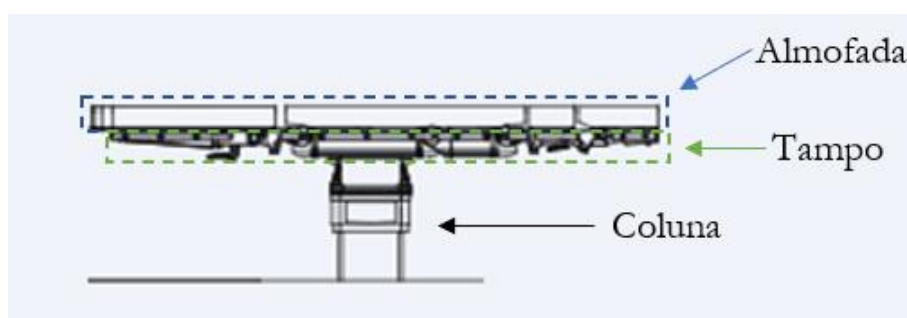


Figura 3.16 – Esquema de mesa operatória, modelo Trusystem 7500 da marca Trumpf

A coluna contém a tecnologia responsável pelos movimentos globais do tampo, isto é, inclinação total da mesa, deslocação vertical e horizontal (pode ser electro-hidráulica, eletromecânica entre outras). Consoante o tipo de coluna são categorizadas em coluna embutida, mesas sistema ou mesas rodadas [41]. As mesas de sistema consistem numa coluna com uma base plana para apoio no solo, mas amovível através de um *trolley* de transporte, capaz de movimentar também o tampo

### *Desenvolvimento de um Bloco Operatório: projeto, construção, equipamentos médicos e vídeo-integração*

cirúrgico. Conceptualmente são aproveitadas para melhorar os tempos cirúrgicos diminuindo o período de espera entre a transição de doentes, através da utilização de dois *trolleys* e dois tampos cirúrgicos para a mesma coluna. A única diferença entre esta solução a de coluna embutida é a possibilidade de movimentar a base/coluna permitindo o reposicionamento da mesma e/ou fácil substituição. Por outro lado, a mesa rodada contém na sua base rodas para a movimentação de todo o sistema como um só. Uma vez que não assenta sobre uma base plana no chão, a plataforma elevada dificulta a aproximação da equipa cirúrgica ao paciente, tornando-se um obstáculo. Além disso, a estabilidade do sistema depende do sistema de travagem e sua nivelção, tendo limites mais restritos para os ângulos de inclinação e distância de movimentação do tampo relativamente a uma coluna de outra categoria. Na Figura 3.17 é possível visualizar esta diferença [42] [43].



Figura 3.17 – Mesas operatórias de dois tipos: a) Mesa sistema; b) Mesa rodada

Adicionalmente, esta solução transporta consigo obrigatoriamente duas secções de tampo a secção pélvica e dorsal inferior (não amovíveis).

Consoante a especialidade cirúrgica, podem ser necessários diferentes e específicos tampos cirúrgicos. Para satisfazer a maioria das necessidades os tampos seguem o princípio da modularidade, isto é, é possível trocar secções *standard* para acessórios especializados através de pontos de acoplamento. Um tampo universal pode conter até nove secções, podendo ser trocadas consoante as necessidades e anexados acessórios, como suportes de braços. Contém ainda articulações (motorizadas ou não) permitindo movimentar as respetivas secções consoante as necessidades. Sobre os tampos é colocado o acolchoamento, responsável por garantir uma superfície de trabalho estável para os cirurgiões, diminuindo as úlceras por pressão que poderiam ser causadas pela força da gravidade [41].

O controlo da mesa é tipicamente realizado por um comando de fios ou remoto e, portanto, fora da esfera estéril da mesa operatória (operação realizada por enfermeiro circulante). De forma a garantir a operacionalidade do sistema, os fabricantes incluem sempre um comando de “emergência” diretamente na coluna do equipamento, de forma a garantir a redundância do sistema [41].

Na oferta do DE constam os equipamentos de marca Trumpf, tipologia mesa rodada TruSystem7000 (ou versão 7000dv), PST 300 e PST 500 e ainda a mesa de coluna

### *Desenvolvimento de um Bloco Operatório: projeto, construção, equipamentos médicos e vídeo-integração*

fixa ou sistema, TruSystem 7500. A TruSystem 7500 é a mesa de elite da Trumf, constituída por uma coluna totalmente eletromecânica e capacidade máxima de quatrocentos quilogramas. A mesa da Figura 3.18, deteta automaticamente a inserção de tampos (sejam elétricos ou mecânicos), bem como a direção da cabeça/pés realizando a compensação necessária [42].



Figura 3.18 – Mesa de sistema TruSystem 7500

A TruSystem 7500 mesa sistema foi a mesa de operações adjudicada no âmbito do concurso para a obra do BOP do IPO de Coimbra. Nesta configuração, a base do equipamento contém apenas vinte e cinco milímetros de espessura não constituindo assim um obstáculo para aproximação ao paciente, contém uma bateria interna na coluna de longa duração com carregador integrado, comando remoto por infravermelhos e sistema SensorLine para evitar colisões. Adicionalmente à coluna, foram incluídos dois *trolleys* e dois tampos bipartidos (secção pélvica e dorsal inferior) com secções adicionais de pernas, secção dorsal e cabeça, configuração invertível. Esta foi solução optada pelo IPO de Coimbra por cada sala operatória.

Os tampos da Trumf permitem a sua reconfiguração total para cada especialidade, através de acessórios adicionais destinados à neurocirurgia, ortopedia, obstetrícia e ginecologia, oftalmologia entre outras. Alguns destes acessórios foram igualmente adquiridos conjuntamente com as mesas.

Na geração mais recente de tampos da Trumf é possível visualizar uma gama de tampos leves com sistema de fixação de gancho, garantindo assim máxima ergonomia e facilidade de intercâmbio de secções, tal como o componente na Figura 3.19 [44].



Figura 3.19 – Secção para transferência, ultraleve, radio-transparente e com sistema de acoplamento tipo gancho (*hook*)

### **3.3.6 Sistema de gestão de imagens e vídeo**

Numa SO as fontes de vídeo podem provir de vários equipamentos, tais como: sistemas de endoscopia e laparoscopia, câmaras cirúrgicas, câmara ambiente, monitor hemodinâmico, microscópio, painéis de controlo de parede, computadores e estações de trabalho presentes na sala entre outras [45]. A enorme quantidade de fontes de vídeo representa assim um constrangimento na funcionalidade da sala, não só no impedimento físico de circulação devido à passagem de múltiplos cabos para os ecrãs principais, mas principalmente na dificuldade de comutação entre a fonte de vídeo a visualizar. Os sistemas de gestão de multimédia surgem para colmatar esta dificuldade, tornando o espaço mais ergonómico e eficiente para o pessoal clínico e para os utentes.

No mercado existem várias empresas que oferecem esta solução de matriz de vídeo cada uma com as suas especificidades. O sistema pode ser dividido em duas características diferenciadoras: proprietário ou universal. O sistema proprietário apenas permite conectar fontes de vídeo que pertençam ao mesmo fabricante que o sistema de gestão de multimédia, pelo que o utilizador está restrito a uma marca de equipamentos. Por outro lado, o princípio do sistema universal é a neutralidade face ao fornecedor dos equipamentos, pelo que integra qualquer fonte de vídeo.

A Videomed oferece uma solução de alto desempenho, não-proprietária designada por Truelink 4, equipamento médico que, por pertencer ao vasto portefólio da MC, é o proposto (e adjudicado) neste projeto.

O Truelink 4 é uma solução de *hardware* e *software* que garante a integração das fontes multimédia da SO e dos monitores de visualização, sob uma interface de comando, simples e intuitiva. Esta otimização da interface em conjunto com o monitor de controlo tátil, garantem o seu uso pelo profissional, uma vez que não exige tempo elevado de aprendizagem e facilita a rotina do mesmo.

Relativamente ao *hardware* é estruturado pelo módulo de *Routing*, módulo de Videoconferência, módulo UHD, que garante a transmissão de sinais Ultra HD e 4K, e pelas respetivas cablagens. Todo o sistema representado na Figura 3.20. é homologado como dispositivo médico, inclusive os cabos utilizados [46].

## Desenvolvimento de um Bloco Operatório: projeto, construção, equipamentos médicos e vídeo-integração



Figura 3.20 – Hardware Truelink 4: a) Módulos de *routing*, videoconferência e Ultra HD; b) Esquemático dos módulos do Truelink 4

As fontes de vídeo podem ser ligadas ao sistema através das entradas disponíveis, por mecanismo *plug & play* (conexão rápida sem necessidade de configurações adicionais e universalmente compatível). Estas são automaticamente detetadas pelo Truelink 4, ficando disponíveis para serem redirecionadas para qualquer monitor de visualização ligado (*routing*), através do simples movimento de arrasto na Interface Gráfica do Utilizador (GUI, do inglês *Graphical User Interface*), conforme indicado pela Figura 3.21 [30].

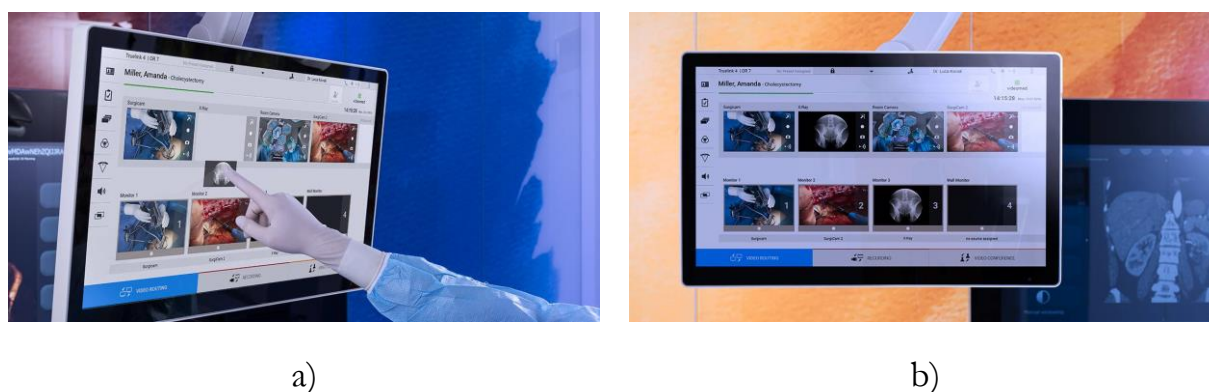


Figura 3.21 – GUI do Truelink 4 - *Routing*: a) Alteração da fonte de visualização b) Janela de *Routing*

O sistema permite a transmissão de sinais *full HD* 1080p na sua configuração básica e 4K/UHD com o módulo UHD. Além das funcionalidades do sistema de *routing*, este módulo contém também a funcionalidade de gravação das fontes de vídeo. Esta opção permite a gravação da cirurgia que pode ser exportada para o sistema de armazenamento de imagens clínicas (fica associada ao paciente submetido ao procedimento), para uma *pen* ou outro servidor disponível na rede. O conteúdo gerado através da gravação (que também pode ser sobre a forma de fotografia) pode ser utilizado como registo da cirurgia para controlo da qualidade e/ou como material para formação. A funcionalidade acrescida de *streaming* neste módulo, possibilita ainda ao utilizador partilhar unidireccionalmente o vídeo que dá entrada no sistema Truelink 4. Além da funcionalidade de *streaming*, o módulo adicional de

## *Desenvolvimento de um Bloco Operatório: projeto, construção, equipamentos médicos e vídeo-integração*

videoconferência permite realizar conferências com comunicação bidirecional, sem nunca necessitar de sair da GUI para aplicações de terceiros. Esta funcionalidade permite a comunicação bidirecional (*full-duplex*) *full HD* 1080p de vídeo e áudio de alta qualidade hi-fi. Na Figura 3.22 é possível visualizar a interface que permite estas funcionalidades [30].



a)

b)

Figura 3.22 – GUI Truelink 4: a) Gravação b) Videoconferência

Devido à sua tecnologia única aplicada em cabos Ethernet Categoria Sete (CAT 7)<sup>2</sup>, o sistema garante a transmissão dos sinais em tempo “real” – latência de cinquenta nanossegundos, oitocentas mil vezes menor do que a capacidade humana para detecção – para transmissão até *full HD* (resolução 1920x1080). Para transmissão de sinais 4K (resolução 4096x2160) e UHD (resolução 3840x2160) é sempre necessário utilizar fibra ótica. Isto é possível em parte porque o mecanismo de transmissão de dados não utiliza conversores de sinal. Assim é garantida a receção de qualquer sinal de vídeo nativo e a sua respetiva transmissão.

O redireccionamento do vídeo para os monitores de visualização é realizado diretamente em formato digital.

### **3.3.7 Monitores de sinais vitais**

Os monitores multiparamétricos são equipamentos médicos destinados à aquisição dos sinais vitais do paciente e transmissão visual através de um ecrã para auxílio no diagnóstico pelos profissionais de saúde. Estes dispositivos multidisciplinares permitem a aquisição de vários parâmetros dos quais eletrocardiograma (ECG), a saturação de oxigénio (SpO<sub>2</sub>) a pressão arterial não invasiva (PNI) e a temperatura. Alguns dispositivos mais avançados permitem também a aquisição de outros sinais como capnografia, pressão arterial invasiva (PI) e sinais provenientes da estimulação muscular [47] [48].

Devido às configurações possíveis, os monitores de sinais vitais estão presentes em qualquer unidade de internamento para monitorização contínua, no bloco operatório

---

<sup>2</sup> Especificações definidas pelo *Standard* Internacional ISO/IEC 11801 revisto em 2017

para monitorização do doente durante o procedimento cirúrgico e no recobro para avaliação da recuperação anestésica.

Nas secções seguintes os parâmetros passíveis de medição por estes equipamentos são brevemente descritos e os monitores de sinais vitais integrantes do portefólio do DE são apresentados.

### **3.4.7.1. Eletrocardiograma**

Eletrocardiógrafo é um dispositivo médico destinado a detetar os sinais elétricos provenientes dos movimentos cardíacos, processá-los (ampliação e filtragem) e representá-los segundo um gráfico de tensão sobre tempo. Esta representação designa-se por eletrocardiograma [49].

Para compreender o ECG é necessário entender a anatomia e alguma fisiologia do coração: é composto por quatro câmaras das quais dois átrios situados na parte superior (recebem o sangue) e dois ventrículos na parte inferior (bombeiam o sangue), tal como indicado pela Figura 3.23 [52]. O coração é contraído através do músculo miocárdio, devendo este estar coordenado com os restantes músculos de forma síncrona para bombear o sangue na direção, momento e pressão certos. É de forma a coordenar esta atividade que o músculo recebe estímulos elétricos, através de quatro células especializadas: nó sinoatrial (SA), nó atrioventricular (AV), feixe de His e fibras de Purkinje. O sinal elétrico começa no SA e leva à contração dos átrios, deslocando o sangue para os ventrículos. O impulso elétrico segue para o AV, que serve como portão, atrasando o sinal para que os ventrículos não contraíam simultaneamente aos átrios. A partir daqui o sinal é conduzido pelo feixe de His e pelas fibras de Purkinje transmitindo o impulso para o músculo cardíaco, contraindo os ventrículos [50].

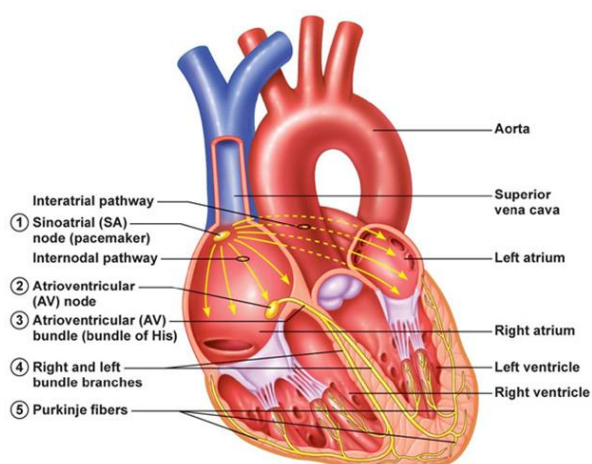


Figura 3.23 – Anatomia do coração e respetivas células elétricas

A onda do eletrocardiograma, representada na Figura 3.24 é o conjunto das ondas P, complexo QRS, ondas T e ondas U (por esta ordem) [53]. Estas são produto dos potenciais de ação que ocorrem durante a estimulação cardíaca que se repete a cada batimento. As ondas P surgem devido à despolarização dos átrios. Segue-se o complexo QRS, gerado pela despolarização ventricular, sendo que a sua

repolarização origina a onda T. Após esta última onda, por vezes aparece uma onda positiva de baixa voltagem designada por onda U. A sua origem é desconhecida, mas suspeita-se que derive da repolarização dos músculos papilares [51].



Figura 3.24 – Onda de ECG

O triângulo de Einthoven (Figura 3.25) foi descoberto por Willem Einthoven [56]. Destina-se a adquirir o sinal elétrico do coração através das três configurações de elétrodos (três derivações bipolares dos membros) cujos eixos formam um triângulo equilátero invertido (Figura 30) [52]. Atualmente já é possível utilizar até 12 derivações.

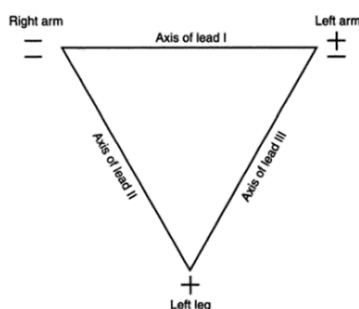


Figura 3.25 – Triângulo de Einthoven

### 3.4.7.2. Oximetria de pulso

É importante monitorizar a  $SpO_2$  presente nas hemácias, responsáveis por transportar oxigênio a todas as estruturas. Normalmente um indivíduo saudável, tem uma saturação arterial de oxigênio ( $O_2$ ) entre 95% e 100%, o que significa que se for inferior a 94% o paciente está em hipoxia e menor do que 90% representa uma emergência clínica [53].

Para ler este parâmetro de maneira não invasiva foi desenvolvido o fotoplestismógrafo, vulgarmente conhecido como oxímetro de pulso, podendo ser reutilizável ou descartável (Figura 3.26) [54]. Esta tecnologia consiste num emissor de luz e num detetor de luz colocados de forma paralela com a extremidade do dedo no seu meio. Através de emissão de luz vermelha e infravermelha, diferentes leituras são obtidas consoante a velocidade e estado da hemoglobina (oxigenada ou não oxigenada), permitindo obter leituras da saturação de  $O_2$  e da frequência cardíaca.

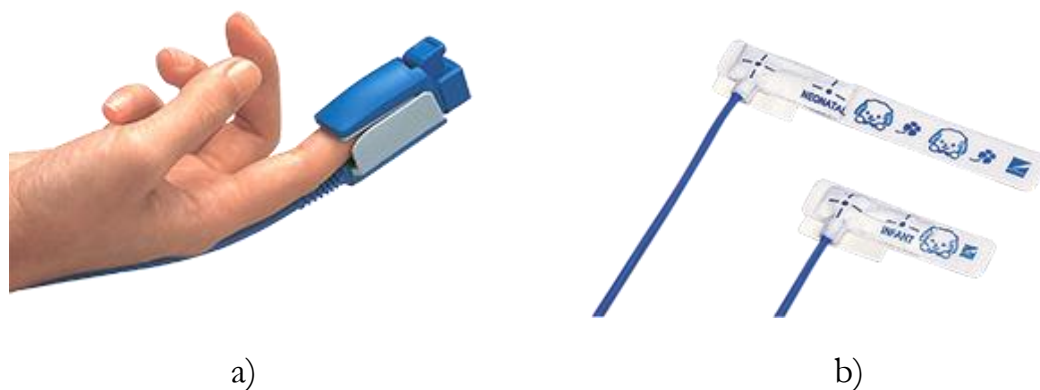


Figura 3.26 – Sensores de SpO<sub>2</sub> da marca Nihon Kohden: a) Sensor reutilizável de adulto/pediátrico; b) Sensores descartáveis de crianças e neonatos

### **3.4.7.3. Pressão arterial Não Invasiva**

A medida da pressão arterial é muito importante para a monitorização e diagnóstico de uma variedade de condições clínicas.

Atualmente os equipamentos usam a técnica de oscilometria automatizada que consiste na deteção de variações nas oscilações da pressão sanguínea, devido ao movimento das paredes arteriais sobre uma braçadeira de oclusão (braçadeira insufla até bloquear os vasos sanguíneos e lê as pressões quando desinfla). Através de algoritmos é possível calcular as pressões sistólica, diastólica e arterial média.

No método apresentado as principais fontes de erro são tremores musculares, ritmos cardíacos anormais, pulso fraco ou muito baixa pressão arterial devido a choque que originam resultados não fiáveis, ou mensagens de erro. Note-se que se deve sempre adequar o tamanho da braçadeira ao paciente (diferentes tamanhos para diferentes faixas etárias) e colocá-la na posição certa [55].

### **3.4.7.4. Temperatura**

A temperatura indica para os clínicos se o paciente se encontra em hipotermia ou com febre, sendo ambos indicadores do estado da saúde do doente. Como tal são utilizados sensores de temperatura corporal por contacto, mais precisos do que o método de medição por infravermelhos.

### **3.4.7.5. Pressão Arterial Invasiva**

A monitorização de pressão arterial invasiva é contínua e é a forma mais precisa de avaliar este parâmetro, permitindo assim avaliar mudanças rápidas de pressão no paciente.

O princípio básico deste método consiste numa coluna de líquido entre o sangue arterial e um transdutor. É construído com cânula intra-arterial (material envolvente, colocado numa artéria não terminal), sistema de infusão e tubagem, transdutor (responsável por traduzir os movimentos do diafragma causados pelo líquido, num sinal elétrico), microprocessador e ecrã e um mecanismo para calibração (zerar a

pressão segundo a pressão ambiente) [56]. A Figura 3.27 esquematiza um cateter arterial [56].

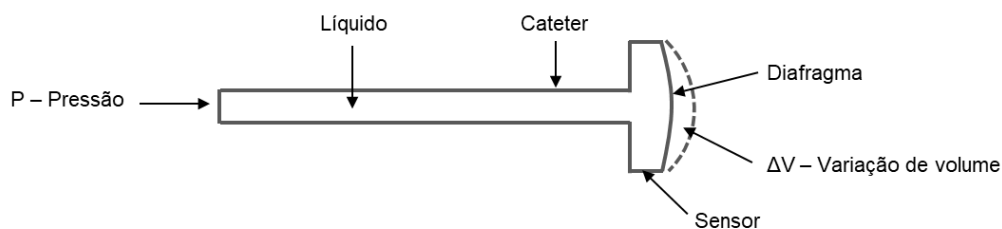


Figura 3.27 – Esquema físico de um cateter arterial

### 3.4.7.6. Monitores Nihon Kohden

A Nihon Kohden é uma marca japonesa que comercializa monitores de sinais vitais, de alta qualidade. A empresa destaca-se pela sua tecnologia de SmartConnectors que possibilita a conexão de acessórios aos monitores do tipo *plug & play* sem necessidade de conexão de módulos adicionais.

Da tecnologia disponível no portefólio, os monitores instalados no recobro no BOP do IPO de Coimbra foram o modelo SVM 7500. A Figura 3.28 apresenta modelo referido que é de uma gama intermédia, possibilitando apenas a análise de onze arritmias ao contrário das vinte e cinco disponíveis noutros modelos [54].



Figura 3.28 – Monitor de sinais vitais SVM 7500, marca Nihon Kohden

O monitor possui um ecrã tátil de 10,4 polegadas e bateria interna com autonomia de seis horas. O ecrã é de sistema modular, ajustando a visualização consoante os sinais disponíveis até um máximo de quatro curvas simultâneas.

Este equipamento possibilita ainda a ligação de um sensor de capnografia e de dois sensores de pressão invasiva.

Adicionalmente o sistema grava os eventos e tendências até cento e vinte horas. O sistema foi adquirido com a central CNS 9101 ilustrada na Figura 3.29, para centralização dos dados do paciente [54]. No contexto do IPO a UCPA é de

### *Desenvolvimento de um Bloco Operatório: projeto, construção, equipamentos médicos e vídeo-integração*

dimensões reduzidas pelo que o clínico tem acesso imediato aos utentes. Contudo, numa unidade de grandes dimensões, é benéfico ter a informação de todos os pacientes disponibilizada numa só estação de trabalho, bem como o controlo dos alarmes de cada um.



Figura 3.29 – Central de monitorização CNS 9101, marca Nihon Kohden

#### **3.3.8 Ventilador pulmonar**

A troca de gases entre a atmosfera e os alvéolos pulmonares é o que permite a obtenção de oxigénio e a libertação de dióxido de carbono. Por processos químicos o oxigénio é utilizado como combustível para a combustão de nutrientes gerando energia para as células [57].

Esta troca é possível pelo movimento mecânico causado pelos músculos do tórax e abdómen que causa um gradiente de pressão na cavidade torácica, responsável pela inspiração e expiração. Assim, durante a respiração espontânea é gerada uma subpressão face à pressão atmosférica pela expansão do volume dos pulmões na fase de inspiração, e uma sobrepressão na sua contração, expulsando parte do ar contido nos pulmões [57].

A ventilação mecânica é a técnica que garante a troca gasosa pulmonar assistida através de um dispositivo médico conectado ao paciente. O ventilador mecânico pode ser conectado de forma não invasiva através de máscara facial, ou de forma invasiva, por exemplo, por tubo endotraqueal. Este DM é um equipamento de suporte de vida que pode ser aplicado para diferentes objetivos consoante as necessidades terapêuticas: manter o intercâmbio de gases, reduzir ou substituir o trabalho respiratório, diminuir o consumo de oxigénio sistémico, restaurar a expansão dos pulmões, estabilizar a parede torácica ou permitir a sedação anestésica e relaxamento muscular [58].

O DE representa a marca Hamilton Medical que inclui no seu portefólio os modelos constantes na Figura 3.30: C1 para transporte intra-hospitalar, C3, C6, G5 desenvolvidos para cuidados intensivos continuados, MR1 para utilização aprovada

### *Desenvolvimento de um Bloco Operatório: projeto, construção, equipamentos médicos e vídeo-integração*

em ambiente de ressonância magnética, T1 para transporte inter-hospitalar e T1 Army para ventilação em condições adversas, como cenários de guerra [59].



Figura 3.30 – Ventiladores pulmonares Hamilton: C3, na parte inferior os modelos MR1, T1 e C1 e na parte superior os modelos S1, G5 e C6, respetivamente

Os ventiladores Hamilton C6 e G5 são dispositivos de cabeceira destinados a doentes críticos equipados com as mais avançadas tecnologias de ventilação, distinguindo-se pelo facto de o G5 possuir misturador de gases convencional (com recurso a gás pressurizado) e não conter na sua configuração base o algoritmo inteligente IntelliSync. Por outro lado, o C6 inclui todas os modos ventilatórios e funções avançadas exclusivas Hamilton (modo ASV – *Adaptive Support Ventilation* incentiva o desmame precoce; modo Intellivent – Ventilação por *feedback* de dióxido de carbono e SpO<sub>2</sub> com ajuste de oxigenação; entre outros) e é de turbina, ou seja, utiliza ar ambiente para retirar o oxigénio necessário [47].

O ventilador C1 da Figura 3.31 foi o equipamento adjudicado para o BOP do IPO de Coimbra [59]. Este ventilador, o T1 e MR1 fazem parte da mesma família de ventiladores compactos de turbina, características que facilitam a sua movimentação e, por conseguinte, o transporte do paciente sem nunca perder a alta qualidade de ventilação de cabeceira. O seu display é de 8,4 polegadas a cores e de alta-definição [47].



Figura 3.31 - Ventilador Hamilton C1

Este equipamento foi o selecionado para a nova unidade, por ser destinado ao recobro. Isto é, se houver necessidade de ventilação de emergência do paciente, o Hamilton assegura a respiração do mesmo, permitindo posteriormente a deslocação do paciente para outra unidade no recinto hospitalar. Apenas tem um peso de 4,9 quilogramas, mas autonomia de quatro horas. Permite ainda monitorização de mais de cinquenta parâmetros, com visualização de curvas e gráficos intuitivos, alarmes e sensor de capnografia.

### **3.3.9 Desfibrilhador**

A terapia de choque é utilizada em pacientes cujos ritmos cardíacos se encontram irregulares, ou batimentos cardíacos anormalmente rápidos, com o objetivo de reestabelecer a frequência cardíaca e o seu ritmo normal.

Algumas irregularidades cardíacas são:

- a) **Fibrilação Atrial:** Átrios sofrem espasmos;
- b) **Taquicardia Ventricular:** Ventrículos contraem demasiado rápido
  - Com Pulso
    - i. Paciente estável: Sem dores peitorais, com estado mental normal (sujeitos a medicação)
    - ii. Paciente instável: Com batimentos cardíacos muito baixos, dores peitorais ou estado mental alterado
  - Sem Pulso
- c) **Flutter atrial:** taquicardia supraventricular;
- d) **Taquicardia reentrante nodal:** Batimento cardíaco acelerado, causado por um ciclo elétrico anormal que circula à volta do AV;
- e) **Fibrilação ventricular:** não existe eletricidade coordenada no coração; ventrículos espasmam e não há pulso.

Neste contexto surge o desfibrilhador que é um equipamento médico projetado para transmitir choques ao coração. Pode induzir dois tipos de choque:

- **Cardioversão elétrica sincronizada:** transmite um choque elétrico sincronizado com a onda R e é indicado para tratar as arritmias a), b)+ii, c), d).
- **Desfibrilhação (cardioversão dessincronizada):** o choque é transferido em qualquer altura do ciclo cardíaco, nas arritmias b) sem pulso, e) e quando o paciente não possui arritmia nenhuma aparente, mas encontra-se sem pulso. Comparativamente ao outro tratamento, utiliza maiores níveis de energia.

A terapia de choque é, nada mais, nada menos do que o reinício do coração, permitindo que os *pacers* naturais (nós) retomem o passo normal do músculo cardíaco. Isto sucede porque o choque atribuído atinge todas as células cardíacas de uma vez e despolariza-as ao mesmo tempo, evitando brevemente que ao tecido sejam transmitidos sinais elétricos. Esta interdição acontece porque as células, após passarem pela despolarização, passam pelo seu período refratário que é o tempo de recuperação (janela temporal em que as células não conseguem criar potenciais de ação) [60].

No desfibrilhador, uma carga fixa é gerada e aplicada através de um conjunto de pás (duas), ou eléctrodos descartáveis, através da parede torácica. Esta carga normalmente varia entre zero e trezentos e sessenta joules (J). A maior parte dos desfibrilhadores atuais inclui um eletrocardiógrafo, para monitorização do ritmo cardíaco do paciente, apresentando por vezes a funcionalidade de *pacemaker* externo (destinado a coordenar os músculos cardíacos e regular o seu sistema de condução elétrica) e de desfibrilhador externo automático, que deteta a arritmia do paciente e aplica o tratamento adequado de forma automática [61].

Na Figura 3.32 é possível visualizar o desfibrilhador Efficia DFM100, modelo adquirido pelo IPO de Coimbra no âmbito deste projeto [63].



Figura 3.32 – Desfibrilhador da Marca Philips, Efficia DFM100

### **3.3.10 Eletrobisturi**

O eletrobisturi é um DM utilizado na maioria das SO que aplica corrente elétrica de alta frequência nos tecidos biológicos, causando o sobreaquecimento rápido nas células. Com este equipamento os cirurgiões ficam assim habilitados com funções de corte e hemóstase imediata dos tecidos (coagulação), diminuindo o sangramento e aumentando a precisão do corte [62].

Nestes equipamentos a energia é modelada em altas frequências para transmissão sob uma área reduzida pelo que é suscetível ao rápido aumento de temperatura, podendo causar danos permanentes nos mesmos. De facto, os tecidos biológicos conseguem suportar temperaturas até 45°C com efeitos reversíveis. Acima de 45°C os efeitos nos tecidos são irreversíveis, levando à morte celular. A coagulação é atingida aos 45 e 60°C e desse valor até aos 100°C dá-se a dessecação (evaporação da água das células). A partir de 100°C os tecidos ficam completamente carbonizados. Contudo, os efeitos causados nos tecidos não dependem apenas da temperatura, mas também do tempo de exposição ao calor. Com o eletrobisturi o cirurgião pode gerir o tempo de exposição através do comando de controlo que abre e fecha o circuito interno, havendo passagem ou não de corrente para o exterior. Este comando está associado normalmente a um pedal de controlo [63].

Os danos nos tecidos também são geridos através da regulação da área de contacto entre o eléctrodo ativo e o tecido e a densidade da corrente elétrica. Um dos principais componentes é a modelação da onda sinusoidal elétrica que define a função do DM. A funcionalidade de corte é atingida com uma frequência mais elevada, tensão e energia que gera um calor intenso na descarga elétrica responsável pela destruição das células. No entanto, esta função não é capaz de estancar a hemorragia inerente ao corte dos tecidos [62]. O modo de coagulação utiliza uma série de pacotes de ondas sinusoidais amortecidas que, devido ao movimento contínuo do eléctrodo ativo, levam ao restabelecimento do novo arco elétrico numa localização diferente da anterior. Com este método a energia não é concentrada num só local causando a coagulação nos tecidos superficiais. Combinando as duas ondas é possível obter a função de corte e coagulação simultânea, ideal para manter diminuir o sangramento durante o corte nos tecidos [63].

Relativamente ao método de entrada da corrente elétrica nos tecidos, este pode ser realizada através de dois modos: modo Monopolar e modo Bipolar. Com o modo monopolar a corrente é injetada no paciente através de um eléctrodo ativo (eléctrodo monopolar) e segue para a superfície do eléctrodo neutro onde é distribuída, reduzindo a densidade da corrente. Assim, este eléctrodo é responsável por fechar o circuito elétrico e transportar a onda de alta frequência de volta para o eletrobisturi, sem causar danos a outros tecidos que não à área de intervenção. Este modo está associado às funcionalidades de corte e coagulação. Por outro lado, no modo bipolar, a corrente flui entre as duas extremidades de uma pinça/fórceps, permitindo a coagulação das células com uma menor potência, devido à concentração da corrente elétrica, logo baixa dispersão. Assim o modo bipolar é mais seguro na coagulação,

### *Desenvolvimento de um Bloco Operatório: projeto, construção, equipamentos médicos e vídeo-integração*

uma vez que a elevada potência necessária no método monopolar pode levar a elevadas temperaturas e conseqüente carbonização dos tecidos [63] [64]. Na Figura 3.33 é possível visualizar o sentido da corrente elétrica no circuito externo [64].

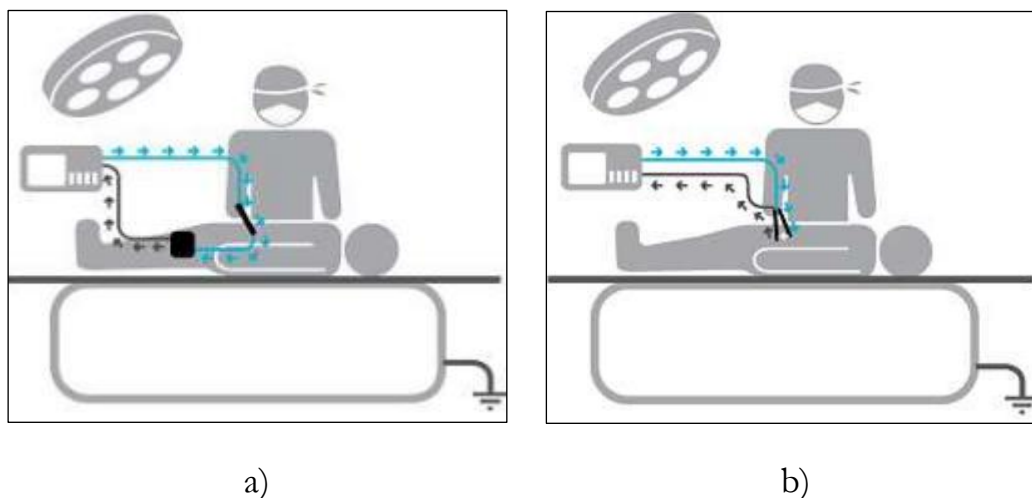


Figura 3.33 – Esquema dos modos de trabalho de um eletrobisturi: a) Trabalho monopolar; b) Trabalho bipolar

Por sua vez, o eletrodo ativo contempla um punho isolador que é manuseado como um lápis, no qual são instaladas as extremidades metálicas (eletrodos) que podem ter vários formatos consoante o seu propósito, nomeadamente formato de: bisturi para corte, agulha para coagulação de tecidos com baixo volume aplicáveis em contexto de neurocirurgia ou cirurgia plástica, em *loop* para remoção de pólipos e amostras de tecido e eletrodos em esfera [63]. Por sua vez o eletrodo neutro, que é colocado debaixo do paciente em contacto direto com a pele, tem tipicamente um formato retangular e plano para que tenha uma maior área de contacto. Existem outros formatos reutilizáveis e descartáveis, no entanto deve ser sempre aplicado numa zona de baixa impedância [62].

Dos perigos que o eletrobisturi representa, a má utilização é o principal causador de acidentes nomeadamente de choques elétricos e queimaduras nos utilizadores e doentes. A aplicação inadequada do eletrodo neutro, o seu deslocamento e defeitos de fabrico são as causas mais frequentes de falhas na continuidade do circuito elétrico, levando a danos nos tecidos do paciente. De forma a garantir o seu correto posicionamento, a maioria dos DM contempla mecanismos de controlo do eletrodo neutro que avisam o utilizador do incorreto funcionamento do eletrodo, conforme exemplo da Figura 3.34 [64]. Este mecanismo monitoriza a impedância entre a pele e as duas partes do eletrodo terra (uma das partes injeta uma pequena corrente elétrica). Outros mecanismos de segurança podem ser implementados dependendo dos fabricantes [63].

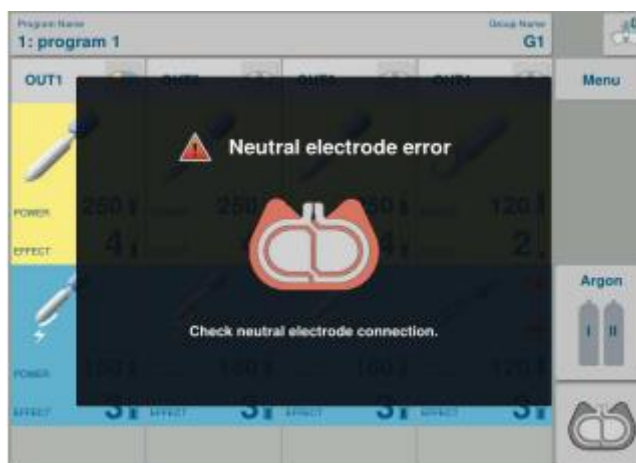


Figura 3.34 – GUI de um eletrobisturi com aviso de ligação incorreta do eléctrodo neutro

Dos avanços mais recentes na área, destaca-se a adição de uma coluna de árgon entre o eléctrodo ativo e o tecido, tecnologia presente na gama de equipamentos da marca EMED, representada pela MC. O fluxo de árgon permite a utilização de potências mais baixas no modo de corte e assiste na limpeza dos fluídos gerados durante a operação, melhorando a visibilidade do campo cirúrgico. Por outro lado, no modo de coagulação transforma-se em plasma diminuindo os efeitos nefastos nos tecidos bem como o fumo gerado [63].

No caso do projeto do IPO de Coimbra o equipamento selecionado foi o Atom do fabricante EMED sediado na Polónia. A EMED é um fabricante especializado em equipamentos de electrocirurgia dos quais o DE representa os modelos avançados Spectrum, Atom e ES 350 [2].

Das tecnologias EMED distingue-se o *SmartDevice System (SDS)* e o *Spectrum Result*. O SDS é responsável por identificar de forma automática o acessório conectado e adaptar o modo de operação ao utensílio. O *Spectrum Result* avalia de forma contínua a potência de saída, intensidade da corrente e tensão, garantindo sempre as características definidas previamente, independentemente das condições cirúrgicas. Adicionalmente, os monitores mais recentes da marca já possuem ecrã tátil para mais fácil configuração do sistema [65].

O Atom é um modelo compacto, mas com capacidade semelhante a modelos mais avançados como o Spectrum, inclusive compatibilidade com modos de árgon. Na Figura 3.35 é possível visualizar a sua interface simples e intuitiva através de um ecrã tátil de grandes dimensões [66] [67].



Figura 3.35 – Eletrobisturi Atom da marca EMED

Este DM inclui os modos *standard* monopolares e bipolares, modos especializados para ressecção bipolar, procedimento de corte endoscópico e o sistema de selagem *ThermoStapler* e coagulação com plasma de argon [66] [67]. Inclui também os modos avançados SDS e *Spectrum Result* bem como o sistema de controlo para o eléctrodo Neutro idêntico ao identificado na Figura 3.34. Embora não tenha sido a configuração instalada no IPO de Coimbra, o pedal de controlo pode comunicar com a unidade principal através da transferência de dados sem fios [66].

### **3.4 Execução**

De acordo com o plano de trabalhos apresentado, a obra do BOP do IPO de Coimbra, iniciada em dezembro de 2019, estava prevista decorrer no primeiro semestre do ano de 2020. Com o aparecimento da epidemia SARS-CoV-2 em Portugal em fevereiro desse mesmo ano, a fase de projeto foi estendida e, de comum acordo, a fase de execução passou a iniciar-se em agosto de 2020. Neste sentido, ocorreu um atraso no início previsto do fornecimento e montagem da construção modular, para o dia três de agosto de 2020, no qual se inicia a montagem do estaleiro. Dado o adiamento da obra, o estágio curricular na Medicinália Cormédica foi prolongado até dezembro de 2020 por forma a ser realizado o acompanhamento total ao projeto. Nesta fase foi possível acompanhar a execução da obra de forma sistemática, realizando tarefas de gestão de projeto e instalação no que concerne ao papel da MC: Equipamentos médicos.

Conforme o Plano de trabalhos apresentado no Anexo A, a seguir ao estaleiro inicia-se a aplicação das fundações e estruturas da construção modular visíveis na Figura 3.36 até ao dia onze de setembro de 2020 (fotografia fornecida pela Iberconcept).

*Desenvolvimento de um Bloco Operatório: projeto, construção, equipamentos médicos e vídeo-integração*

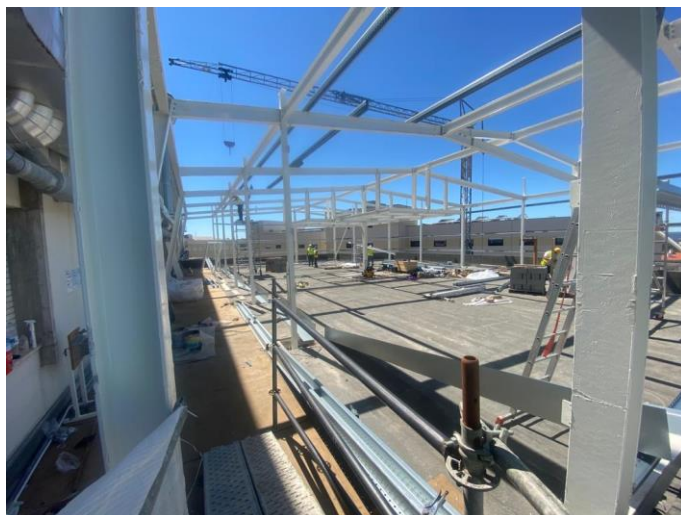


Figura 3.36 – Estrutura metálica do BOP do IPO de Coimbra. Conclusão da fase "Fundações e Estrutura"

É possível visualizar na Figura 3.37 o revestimento do edifício iniciado após a conclusão da aplicação da estrutura metálica (fotografias fornecidas pela Iberconcept). A partir desta fase podem ser iniciados os trabalhos de instalação no interior.



a)



b)

Figura 3.37 – Execução da obra do BOP do IPO de Coimbra: a) Revestimento da estrutura metálica e instalação das UTAs e condutas; b) Conclusão do Revestimento exterior

O término do revestimento do edifício permite iniciar a aplicação das estruturas modulares, isto é, das paredes, tetos aos quais se seguem os vãos. Na Figura 3.38 é possível visualizar a aplicação dos módulos em outubro de 2020 (fotografias fornecidas pela Iberconcept).

## Desenvolvimento de um Bloco Operatório: projeto, construção, equipamentos médicos e vídeo-integração



Figura 3.38 – Instalação das estruturas modulares em outubro de 2020

Simultaneamente à instalação dos painéis interiores, conforme a planta arquitetônica, decorrem as demais instalações: mecânicas (tais como UTAs, condutas, AVAC, aquecimento e refrigeração), elétricas, hidráulicas e dos gases medicinais e vácuo. A esta fase é ainda incorporada a aplicação das pré-montagens dos equipamentos estruturais inerentes, isto é, dos pendentes de acordo com a Figura 3.39, das calhas hospitalares para recobro e do *transfer* de pacientes (fotografias fornecidas pela Iberconcept).



a)



b)

Figura 3.39 – Instalação das pré-estruturas: a) dos pendentes Truport; b) das grelhas de difusão do fluxo laminar

Concluídas as fases de “Estruturas Modulares”, “Instalações Mecânicas”, “Instalações Elétricas e Segurança”, “Instalações Hidráulicas” e “Gases Medicinais e Vácuo” segue-se o apetrechamento da unidade. Durante toda a fase de gestão de projeto é importante garantir o cumprimento dos prazos previstos pois o seu incumprimento pode comprometer os prazos de entrega da obra. Neste contexto é importante a comunicação entre todos os intervenientes, especialmente no acompanhamento pelos parceiros do consórcio, para uma colaboração profissional. Foi possível coadjuvar nesta gestão, culminando na instalação total dos equipamentos médicos com especial relevância para o sistema de gestão de vídeo.

Para a instalação do sistema Truelink 4 da Videomed é necessária a intervenção técnica da marca. Para otimização de tempo e de custos, à priori da sua chegada,

## *Desenvolvimento de um Bloco Operatório: projeto, construção, equipamentos médicos e vídeo-integração*

toda a estrutura do sistema foi corretamente posicionada de acordo com as características dimensionadas e as especificidades técnicas do sistema como pode ser visualizado na Figura 3.40 (fotografias do autor). Devido à confidencialidade da tecnologia e implementação da mesma, não estará presente nesta dissertação o esquemático da cablagem instalada nem outros documentos confidenciais.



a)

b)

Figura 3.40 – Bastidores do sistema de gestão de vídeo e imagens Truelink 4. Aplicação no Piso técnico do BOP do IPO de Coimbra: a) Bastidor da sala dois; b) Bastidor da sala um

Esta etapa envolveu a coordenação de equipas multidisciplinares e a compreensão de todo o sistema de gestão de vídeo, para correta definição da cablagem a instalar e da envolvência de todos os periféricos. A instalação técnica culmina na passagem de vários cabos CAT 7, coaxial RG6, coaxial RG58 e de áudio entre os bastidores e os pontos terminais, sendo estes os pendentos das SO (local onde serão conectadas entradas de vídeo pelos utilizadores), câmara ambiente, monitores de vídeo e monitor de controlo. Os bastidores técnicos – um por cada sala operatória – foram colocados no piso técnico por ser o local mais seguro e por ergonomia do espaço útil do piso térreo do BO, de acordo com a Figura 3.40. É nestes bastidores que são colocados os módulos principais do Truelink 4 (*routing* e gravação) e o de videoconferência no caso da SO número um, onde são ligados os respetivos cabos.

### **3.4.1 Testes e ensaios**

A entrega ao dono de obra implica a garantia da correta operacionalidade, demonstrada pela certificação das instalações e equipamentos.

Efetuada os testes de partículas indicados nas normas ISO 14644-1:2015 e ISO 14644-3:2019, descritas na secção 2.5, e os testes de ruído e iluminância das salas, pelos requisitos técnicos emitidos pela ACSS e demais testes às condições ambiente

### *Desenvolvimento de um Bloco Operatório: projeto, construção, equipamentos médicos e vídeo-integração*

e técnicas da infraestrutura do BOP, foi emitido o relatório técnico com a avaliação específica de cada parâmetro, resultando na aprovação global do edifício.

Assim o BOP do IPO de Coimbra, foi considerado operacional tendo sido efetuada a entrega do edifício ao dono de obra, dentro dos prazos estipulados.

#### **3.4.2 Entrega da obra**

Terminada a certificação das instalações, a obra está pronta para entrega ao dono de obra.

O consórcio entrega assim a trinta e um de dezembro de 2020 o BOP ao IPO de Coimbra. Mesmo com as dificuldades causadas pela pandemia SARS-CoV-2, os prazos estipulados foram rigorosamente cumpridos, exigindo uma elevada coordenação adaptativa entre todos os intervenientes envolvidos.

Nas figuras Figura 3.41, Figura 3.42 e Figura 3.43 é possível ver as áreas livres, semi-restritas (e de transição) e a sala operatória número dois (zona de acesso restrito) (fotografias do autor).



a)

b)

c)

Figura 3.41 – BOP do IPO de Coimbra: a) Átrio de Entrada; b) Parque de camas e circuito livre; c) *Transfer In e Out* de pacientes e material

*Desenvolvimento de um Bloco Operatório: projeto, construção, equipamentos médicos e vídeo-integração*



Figura 3.42 – SO número dois do BOP do IPO de Coimbra



Figura 3.43 – UCPA do BOP do IPO de Coimbra

A unidade foi ainda inaugurada oficialmente com membros do governo português no dia 4 de fevereiro de 2021. À data deste relatório, a unidade encontra-se em pleno funcionamento com cirurgias, “major”, possibilitando o início da obra de requalificação do edifício de cirurgia.

## **4 SALA OPERATÓRIA DIGITAL**

A SO digital é um conceito inovador que visa a integração tecnológica total das SO. O conceito é introduzido nos parágrafos seguintes aos quais se segue a secção 4.1, com uma introdução aos sistemas de informação hospitalares. O capítulo termina na secção 4.2 com a exposição das mais recentes e inovadoras tecnologias de integração, resultado de revisão bibliográfica.

A medicina é uma área que depende de inovação tecnológica, em última instância pela necessidade de aprimorar técnicas e tratamentos no ser humano. É por isso que encontramos tecnologia de vanguarda nas instituições prestadoras de saúde [3].

Conforme mencionado ao longo do documento, o BO envolve os procedimentos mais invasivos na área da saúde cujo objetivo é repor ou melhorar o estado de saúde dos doentes. Sem contabilizar os equipamentos imagiológicos, torna-se o local com maior investimento financeiro, contudo, o investimento visa o seu retorno através do aumento da produtividade e da qualidade das cirurgias. Assim, a quantidade massiva de equipamentos médicos na SO, gera uma quantidade elevada de dados cirúrgicos, informação útil para registo e revisão das cirurgias. Contudo, reunir toda a informação individualmente e de forma manual no final de cada cirurgia, para posterior análise e tratamento dos dados é um processo demasiado demorado. A solução para esta problemática surge com o conceito de SO Digital.

A SO Digital é um conceito baseado no princípio de integração do conteúdo multimédia gerado na SO e informação complementar relacionada com a cirurgia gerada a partir de vários equipamentos, num só sistema com ligação bidirecional aos sistemas de gestão de dados existentes numa instituição de saúde. O objetivo é melhorar o fluxo dos processos e a qualidade do serviço, através da disponibilização no momento de informação (não disponível anteriormente), a partir de qualquer local físico com ligação à rede hospitalar [68].

Os sistemas de gestão de multimédia nas SO, como o especificado na secção 3.4.6 (Truelink 4), são uma das soluções englobadas neste conceito. Este sistema de fácil utilização tem a capacidade de gerir qualquer fonte de vídeo em sistema *plug & play*, erradicando assim dificuldades de utilização como as mencionadas por Koninckx et al. [68]. Infelizmente os sistemas proprietários limitam os equipamentos passíveis de serem ligados ao sistema de gestão de vídeo, umas das dificuldades também relatadas por Vorunganti et al. [69]. Além destas restrições, Surma-aho et al. conduziram um estudo numa unidade cirúrgica de ginecologia na Finlândia, onde realizaram um levantamento de todas as dificuldades sentidas pelo pessoal clínico na sua rotina quotidiana. Apesar do estudo se focar nas condições específicas da unidade, algumas dificuldades eram geradas pela falta de integração: diferentes tecnologias para o mesmo objetivo (duplicadas), dificuldade em direcionar fontes de vídeo para os diferentes monitores da sala, entre outras [70].

Apesar das vantagens do sistema Truelink 4, o que o torna numa ferramenta de integração é a sua capacidade de comunicação com os sistemas de informação do hospital, introduzidos na secção seguinte. É nos sistemas de informação em que esta evolução tecnológica é mais notável.

#### **4.1 Sistemas de Informação hospitalar**

Os sistemas de informação são responsáveis pela aquisição, armazenamento e tratamento dos dados específicos de cada área de aplicação. Para esta aquisição e gestão, quer do setor financeiro, quer do setor logístico ou clínico, existem ferramentas distintas destinadas a satisfazer as necessidades e que, por serem baseadas em protocolos de comunicação distintos, não têm a capacidade individual de trocarem informações entre si. Num hospital tecnologicamente capacitado, existe o Sistema de Informação do Hospital (HIS, do inglês *Hospital Information System*) responsável pela gestão de toda a informação administrativa associada ao hospital e o Processo Clínico Eletrónico, (EMR, do inglês *Electronic Medical Records*) que substitui o arquivo em papel que os clínicos utilizam para registo e consulta dos dados clínicos do paciente, isto é, o registo/histórico médico do paciente (também permite realizar pedidos de exames, resultados, diagnósticos, tratamentos aplicados, entre outros) [71].

O EMR é um exemplo dos subconjuntos agregados no HIS. Além deste, existem muitos outros como o Sistema de Informação de Radiologia (RIS, do inglês *Radiology Information System*), dedicado à gestão do conteúdo imagiológico. O RIS permite gerir todo o fluxo do paciente, desde a entrada até ao relatório final. Todas as imagens geradas são geridas e armazenadas pelo sistema designado por PACS (do inglês *Picture Archiving Communication System*). O PACS está integrado numa rede informática com protocolos que garantem a segurança da informação pessoal do paciente e a sua transmissão, sendo responsável pelo correto funcionamento do departamento de imagiologia do hospital e pelo acesso dos clínicos às imagens imagiológicas dos pacientes [72]. A relação destes departamentos com o HIS pode ser visualizada no esquemático da Figura 4.1.



Figura 4.1 – Infraestrutura do HIS: exemplificação de *subsets*

## *Desenvolvimento de um Bloco Operatório: projeto, construção, equipamentos médicos e vídeo-integração*

Contudo, a troca de informação é uma necessidade entre departamentos resultante na otimização dos processos e rastreio dos mesmos. Neste sentido, foram criados protocolos de comunicação que definem a estrutura das mensagens para troca de dados. Destes protocolos destacam-se os estabelecidos pela norma DICOM (*Digital Imaging Communications in Medicine*) e pelas normas HL7 (*Health Level Seven*).

A norma internacional DICOM foi desenvolvida para uniformizar a formatação e posterior transmissão das imagens médicas, adquiridas por diferentes DM de diversas marcas (logo com diferentes protocolos de codificação), conjuntamente com a informação estruturada do paciente (metadata). Assim, é garantido que qualquer *software* de visualização de imagens que contemple os protocolos DICOM, consegue visualizar as informações relativas a cada aquisição imagiológica. Esta norma é parte integrante do RIS e, por conseguinte, do PACS.

Por outro lado, as normas HL7 são o *standard* de comunicação na saúde que definem a estrutura das mensagens responsáveis pela troca de informação clínica, financeira e administrativa entre sistemas heterogéneos [73].

O conjunto desta informação é útil no quotidiano dos profissionais, como por exemplo no ambiente cirúrgico. Aqui, o pessoal clínico tem a necessidade de consultar a informação clínica associada ao paciente, disponível no HIS através de diversas aplicações: EMR para consulta do processo clínico eletrónico do utente, o programa cirúrgico também disponível no HIS e pode ainda ter a necessidade de consultar os exames imagiológicos realizados pelo paciente, disponíveis no PACS.

Se é possível a consulta momentânea de toda a informação disponível sobre o doente, é também possível completar esta informação no próprio bloco. Durante a própria cirurgia o pessoal clínico tem a necessidade de introduzir a informação relativa ao procedimento cirúrgico, utilizando para tal as ferramentas inerentes ao HIS. Esta informação contempla diferentes dados tais como a duração do procedimento (horas de início e fim) e dados anestésicos, que são vinculados ao paciente sob intervenção e profissionais envolvidos. Esta rotina existe para garantir a segurança e qualidade da cirurgia, mas complementada com a informação resultante da integração das várias ferramentas no sistema de informação, permitirá transformar a informação numa ferramenta para gestão hospitalar.

Os sistemas de gestão de multimédia gerada em período operatório permitem gerar informação adicional útil para os processos clínicos e de gestão. Com a integração na rede hospitalar, o sistema permite a busca da lista de pacientes diária, agendados para procedimento cirúrgico. Esta *worklist* contém não só a informação do paciente, mas também a informação sobre a cirurgia a que vai ser submetido e o cirurgião associado. Assim, com o paciente vinculado no sistema de gestão e multimédia à sessão cirúrgica, é possível armazenar de forma estruturada o conteúdo multimédia adquirido em período operatório no próprio sistema de armazenamento de imagens clínicas (PACS), para posterior análise. Com esta relação, o conteúdo selecionado fica sempre anexo ao processo do paciente, contribuindo para a posterior revisão e garantia da qualidade do procedimento cirúrgico.

A integração de sistemas digitais é um conceito prático comprovado pela mais-valia diária obtida pelo HIS. Quanto maior a quantidade de informação gerada, desde que seja bem trabalhada, maior o conhecimento que pode ser obtido. Com o auxílio dos protocolos de comunicação é possível a incorporação de sistemas como o Truelink 4, desenhados não para complicar a estrutura do sistema informático, mas para completar a informação que chega ao BO e a que, agora, fica facilmente disponível para ser debitada no PACS. Esta assimilação tem sempre como objetivo otimizar a atividade do hospital, o caso concreto do BO.

Apesar de sistemas como o da Videomed apenas começarem a ser mais difundidos no mercado português recentemente, estes já existem no mercado internacional há mais de dez anos. Outras tecnologias emergem com vista à otimização dos processos e integração de tecnologias no BO. São exemplos dessas tecnologias já existentes no mercado a navegação *touchless* de imagens, ou estudos que dão os primeiros passos no conceito de interoperabilidade de equipamentos médicos e mesmo da inclusão de sistemas robotizados de apoio às tarefas de um BO.

## **4.2 Tecnologias emergentes de integração**

### **4.2.1 Navegação gestual intraoperatória**

O ato cirúrgico contempla uma etapa de elevada preparação pelo cirurgião. Esta preparação é realizada previamente, tendo em consideração o histórico clínico do paciente e os exames complementares de diagnóstico, nomeadamente exames imagiológicos. O acesso a imagens constitui uma enorme mais-valia para o médico, pois permite-lhe analisar a morfologia do paciente na área a interencionar.

Apesar da preparação prévia, frequentemente o cirurgião tem a necessidade de consultar os exames imagiológicos durante a cirurgia para melhor se localizar perante as estruturas anatómicas. Conforme referido no Capítulo 2, durante o procedimento cirúrgico os cirurgiões encontram-se em ambiente esterilizado com as mãos igualmente esterilizadas. Neste cenário o médico depende do enfermeiro circulante para que o mesmo apresente a imagem pretendida no corte/posição pretendida. O enfermeiro não acompanha o médico na sua preparação do caso cirúrgico, pelo que a comunicação entre ambos é crucial para a correta exibição do conteúdo. Esta é uma tarefa demorada e mesmo frustrante para ambas as partes.

No sentido de otimizar a eficácia desta consulta de imagens, surge o sistema único até à data do presente relatório, de navegação gestual (GNav do inglês *Gesture Navigation*), ou navegação *touchless*, desenvolvido pela empresa francesa Therapixel: Fluid [72].

O Fluid é uma ferramenta de visualização de imagens médicas (ou DICOM *Viewer*), distinta de qualquer outra por permitir a sua operacionalidade intraoperatória através de comandos por movimentos gestuais, sem ser necessário qualquer tipo de contacto físico, conforme Figura 4.2 [30]. Assim o Fluid permite visualizar o processo

## *Desenvolvimento de um Bloco Operatório: projeto, construção, equipamentos médicos e vídeo-integração*

imagiológico de um paciente inserido no PACS e consultar imagens adquiridas previamente ou durante a cirurgia (desde que armazenadas no PACS), contemplando as funcionalidades básicas de visualização da imagem e avançadas, como a reconstrução 3D [72].



Figura 4.2 – Consulta e navegação de imagens intraoperatórias através do sistema Fluid

Usualmente esta interface é disposta no ecrã de parede (normalmente é também o maior da SO), pelo que os gestos do cirurgião são detetados por um sensor de movimentos colocado superiormente ao ecrã e centrado com o mesmo [72].

O sensor capta as imagens em infravermelhos, detetando os movimentos do cirurgião com feedback em tempo real. Este equipamento é dez vezes mais rápido do que a alternativa de consulta pelo assistente e elimina a necessidade de comandos de voz [74].

A maior vantagem de o sistema ser *touchless* é permitir ao cirurgião ter controlo das imagens, sem risco de contaminação das suas mãos que, em última instância, aumenta a eficiência da consulta, logo eficiência dos procedimentos cirúrgicos.

Contudo, embora o sistema Fluid se dedique apenas à navegação de imagens médicas, existem outros estudos atuais que tentam expandir a utilidade do reconhecimento de gestos. A evolução no reconhecimento de gestos poderá permitir aos clínicos substituir o rato de computador pelos seus gestos, o que lhes permite garantir a esterilidade total das mãos. Lee et al. relata a aplicação de um mecanismo de *deep-learning* desenvolvido para reconhecimento de gestos, no qual atinge uma precisão global de 86,4% para o reconhecimento de cinco gestos específicos. Embora este resultado seja fruto das imagens obtidas por apenas dez voluntários, mostrou também uma superioridade global com a utilização de uma base de dados igualmente aplicada em outros estudos semelhantes. Futuramente o autor pretende fazer estudos mais objetivos em ambiente cirúrgico [75].

O reconhecimento de gestos é uma área de estudo académico, ainda em desenvolvimento. Algumas aplicações já são comercializadas internacionalmente, no

entanto a sua potencialidade máxima ainda não foi alcançada, nomeadamente na área médica.

#### **4.2.2 Realidade aumentada e mista aplicada em BO**

A realidade aumentada (AR, do inglês *Augmented Reality*) altera o mundo real através da sobreposição de informação virtual sobre o mundo real, informação que acompanha o campo de visão do utilizador, independentemente do movimento da sua cabeça [77]. No outro extremo, está presente a realidade virtual (VR, do inglês *Virtual Reality*) que substitui o mundo real com todo um ambiente virtual. Realidade mista (MR, do inglês *Mixed Reality*) recai sobre a categoria da AR (e é por isso muitas vezes confundida) mas com uma diferença: a informação virtual é ancorada sobre o mundo real e não sobreposta, sendo que o posicionamento dos objetos virtuais é fixo ao local sobre o qual foi ancorado e por isso não acompanha o campo de visão, por exemplo, em caso de movimento da cabeça para o ponto oposto do local onde o objeto está ancorado [77].

O procedimento cirúrgico implica uma grande preparação da intervenção pelos médicos cirurgiões para localização da zona a intervir, planeamento dos acessos e o passo a passo da operação. Para este planeamento e apoio à decisão o corpo clínico recorre às imagens médicas adquiridas previamente ou durante a cirurgia através de intensificadores de imagem raio-X (ou outros dispositivos). Com as imagens a duas dimensões (2D) o cirurgião reconstrói mentalmente a anatomia num modelo tridimensional (3D) cruzando essa informação com o paciente que está sobre a mesa operatória, obtendo assim uma referência espacial. Por outro lado, mesmo com os modelos tridimensionais obtidas pela TAC, os clínicos têm de aplicar mentalmente o modelo sob o paciente. É neste contexto que a AR e MR prometem resolver o problema através da visualização direta de imagens 2D ou 3D geradas em computador, diretamente na visão do utilizador sobre o mundo real [76].

Por incapacitar os seus utilizadores de estarem atentos ao mundo real e ao ambiente que os rodeia, é comum encontrar a VR aplicada na área médica em sistemas de simulação que permitem aos médicos treinar as suas competências sem risco associado. Existem inclusive alguns estudos com a finalidade de avaliar as métricas de avaliação destes sistemas, para que esta ferramenta seja globalmente aceite como método de ensino preferencial, dada as suas enormes mais valias resultando em mais horas de treino. Assim, nas aplicações em estudo de visualização imediata sobre o campo cirúrgico de estruturas anatómicas virtuais e informação fisiológica complementar, é aplicada a tecnologia de AR e MR [77].

A AR e MR potenciam a utilização da imagiologia específica do paciente, permitindo a “projeção” de modelos 2D e 3D gerados previamente, diretamente sobre o ambiente cirúrgico. Esta sobreposição e/ou ancoragem permitem aos cirurgiões a visualização de estruturas subjacentes, não visíveis exteriormente, permitindo uma melhor localização espacial da área a intervir e do percurso a seguir, resultando em menores danos nas estruturas adjacentes. Se em cirurgias abertas e em estruturas de

### *Desenvolvimento de um Bloco Operatório: projeto, construção, equipamentos médicos e vídeo-integração*

maiores dimensões a aplicabilidade desta tecnologia termina no planejamento cirúrgico, em cirurgias minimamente invasivas e/ou em cirurgias com elevado nível de precisão, a tecnologia permanece útil intraoperatoriamente para localização das estruturas e auxílio no posicionamento de instrumental. Assim, nas cirurgias que necessitam de navegação em tempo real para localização das estruturas e do instrumental, como por exemplo na neurocirurgia, esta tecnologia poderá ser associada ao sistema de neuronavegação, eliminando a necessidade de o cirurgião ter de operar com o seu foco desviado do utente para visualizar o ecrã, podendo operar e ver a mesma imagem gerada no ecrã sobre o seu campo de visão.

A técnica que torna estas soluções numa realidade é composta por três etapas: modelação do objeto virtual, registo do ambiente virtual sob o mundo real e tecnologia de display que conjugue os dois mundos [76].

A modelação do ambiente virtual implica o desenvolvimento de um objeto virtual em 2D ou 3D recorrendo a algoritmos computacionais. Na aplicação em análise, o utilizador pode utilizar as imagens médicas previamente adquiridas através de uma TAC (por exemplo) e criar um objeto 3D virtual de uma estrutura interna do paciente [76]. Na Figura 4.3 é aplicado um modelo 3D virtual da coluna do paciente sobre uma imagem obtida por câmara [76].



Figura 4.3 – Sobreposição de um modelo virtual, sólido, da coluna sobre a imagem obtida por câmara

Com o objeto virtual desenvolvido é necessário registá-lo sob o mundo real. Esta é uma das tarefas mais desafiantes devido à sensível perceção sensorial a que o nosso campo de visão está sujeito, causando erros de alinhamento das imagens. Existem diversas técnicas que permitem o registo em tempo real, desde sistemas baseados em sistemas cartesianos, utilização de marcos anatómicos para comparação ou mesmo marcadores adicionados sobre o paciente [76]. As técnicas sem marcador são vantajosas por não necessitarem de ter aplicados marcadores sobre o paciente, logo não adiciona tempo de preparação da cirurgia, no entanto representam uma enorme alocação dos recursos computacionais de processamento. Por outro lado, as técnicas por marcador esférico, comumente utilizadas nos atuais sistemas de neuronavegação, ou marcadores fiduciais devido à sua forma são facilmente distinguíveis no espaço 3D não havendo necessidade de pós-processamento pesado

para extrair as suas coordenadas. Contudo, as técnicas por marcadores implicam mais tempo de preparação da cirurgia, e no caso dos marcadores fiduciais, existe uma menor precisão devido ao erro humano na colocação dos marcadores sobre o paciente [77].

Por último é necessário um display que permita combinar os objetos virtuais com o ambiente real [76]. O mundo virtual pode ser exposto sob o mundo real através de técnicas de ótica, por vídeo ou por projeção direta sobre o paciente, técnica de difícil aplicação dada a curvatura da superfície sobre a qual se projeta. As técnicas de ótica e por vídeo podem ser aplicadas em equipamentos *wearable* como óculos de realidade aumentada (HMD, do inglês *Head-Mounted Displays*), em dispositivos inteligentes como tablets e smartphones, em dispositivos que utilizam óticas (como por exemplo microscópio) e em monitores semitransparentes dispostos diretamente sobre o paciente (desaconselháveis por bloquearem o acesso) [78] [76]. Os HMD permitem a projeção do ambiente virtual sob o campo de visão do utilizador (ótico) ou através de vídeo em tempo real do mundo físico (por vídeo).

Devido à precisão que a neurocirurgia obriga, a especialidade cirúrgica depende de várias técnicas de imagiologia, cujo avanço tecnológico potencia o avanço dos procedimentos. É devido à forte necessidade de visualização das estruturas que a neurocirurgia é um principal foco de desenvolvimento para a AR e MR. Atualmente, os neurocirurgiões já dependem de equipamentos de neuronavegação baseados em marcadores esféricos, ultrassons e técnicas de visualização com contraste bem como raio-X intraoperatório. A AR/MR possibilita aos médicos a visualização direta de infraestruturas anatómicas de forma imediata permitindo a sua manipulação virtual [79].

Na revisão efetuada por Chidamabraun et al. sobre uso da AR em procedimentos de neurocirurgia, os artigos relativos à aplicação no crânio relatam a otimização de procedimentos (menos etapas) com menor desvio do planeamento e otimização de trajetórias de intervenção. Em procedimentos de remoção de tumores vertebrais e na base do crânio, a utilização de AR é considerada muito vantajosa por permitir ao cirurgião visualizar os resultados do sistema de neuronavegação diretamente sobre o campo cirúrgico eliminando a necessidade de olhar para um ecrã adicional e cruzar a informação de forma mental. Muitos estudos aplicam a AR sobre a ótica do microscópio (instrumento imprescindível nestes procedimentos), no entanto a maior inovação implica a utilização de HMD. Contudo, nem todas os procedimentos beneficiam consideravelmente com esta tecnologia no seu estado atual, não sendo a sua aplicação consensual. Nos procedimentos cerebrovasculares, a tecnologia ficou aquém do expectável com opiniões divididas sobre a sua melhor aplicação futura, das quais: inclusão de informação hemodinâmica dos vasos sanguíneos ou visualização aumentada dos mesmos com distinção entre vasos. Em cirurgias de coluna o sistema auxiliou em vários estudos na orientação espacial dos cirurgiões e na colocação de parafusos com aumento de precisão, menor número de complicações, diminuição no número e casos com necessidade para cirurgias de revisão e menor exposição à radiação [79].

### *Desenvolvimento de um Bloco Operatório: projeto, construção, equipamentos médicos e vídeo-integração*

Adicionalmente, Chidamabraun et al. documentam um estudo de utilização de endoscópio com informação adicional anatômica e fisiológica projetada sobre a ótica do endoscópio.

Contudo, a tecnologia descrita nesta secção estende-se a mais procedimentos cirúrgicos do que apenas os de neurocirurgia, como por exemplo cirurgia geral, ortopédica e plástica.

Em procedimentos ortopédicos é essencial garantir o correto posicionamento do instrumental a colocar no paciente, como parafusos e próteses. Por outro lado, a necessidade atual de utilizar técnicas de imagiologia intraoperatória com radiação para o utilizador e para o staff médio seria eliminada. Dennler et al. desenvolveu um estudo da viabilidade clínica da tecnologia comercialmente disponível em 2021 para cirurgias ortopédicas. A tecnologia selecionada foi o HoloLens [80].

O HoloLens é um HMD de realidade mista do tipo ótico desenvolvido pela Microsoft e disponível no mercado desde 2016. O dispositivo inclui vários sensores para rastreamento do mundo real e do posicionamento da pupila do utilizador, dos quais, laser infravermelho (rastreamento ocular), câmaras de alta-definição (mapeamento do mundo real e videoconferência), acelerómetros, sensor de profundidade e microfones. Todo o processamento é efetuado no computador integrado no HMD. O HoloLens utiliza um mecanismo de projeção da imagem virtual sobre o campo de visão do utilizador (sem bloquear a luz natural), através de técnicas de reflexão de luz para cada lente, proporcionando uma calibração interpupilar. Este dispositivo permite rastrear os movimentos gestuais permitindo o controlo dos hologramas projetados, bem como comandos por voz. Adicionalmente a tecnologia permite efetuar videoconferência com imagem e som bidirecional. O design do HoloLens permite-o ser utilizado em ambientes controlados, como as salas limpas, estando ajustado às especificidades que envolvem o procedimento cirúrgico: garante a esterilidade do cirurgião, tem uma autonomia de 2 a 3 horas de utilização e é suficientemente confortável para uso intraoperatório como se pode visualizar na Figura 4.4 [81] [82].

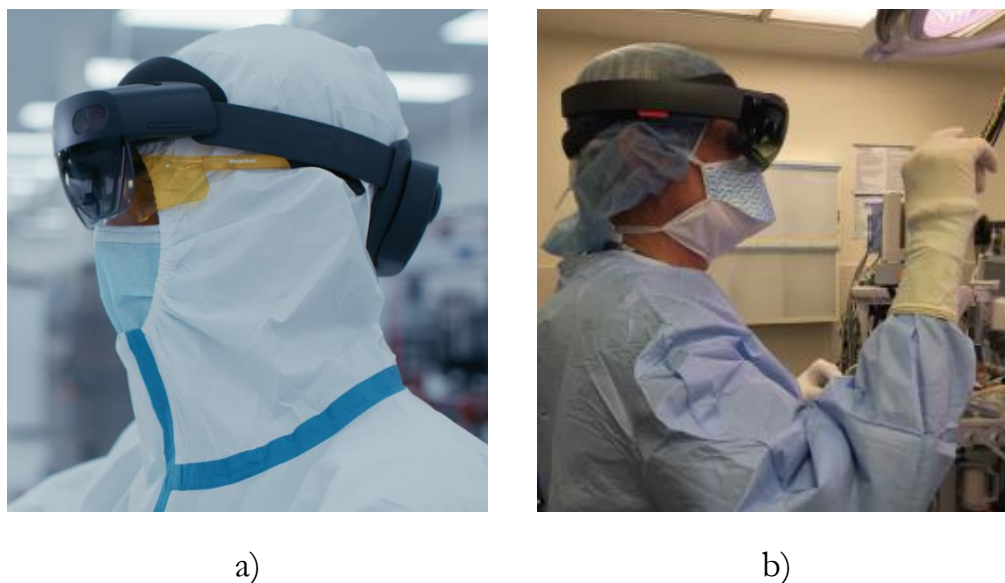
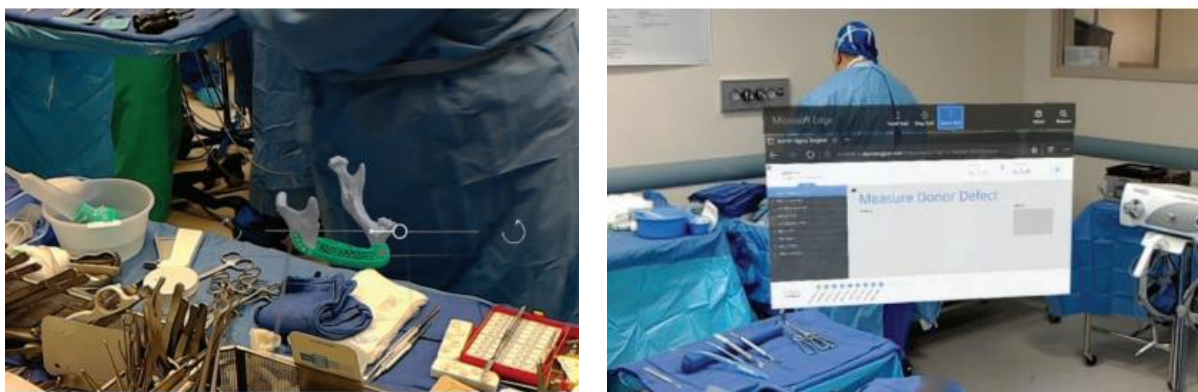


Figura 4.4 – Utilização do HoloLens: a) em ambiente regulamentado [82]; b) Numa SO, por um cirurgião

Com esta tecnologia o autor avalia de forma qualitativa a experiência do cirurgião na utilização do dispositivo durante uma ou várias cirurgias. Nesta experiência de AR foi gerada um modelo virtual tridimensional através de imagens existentes previamente, obtidas através de tomografia computadorizada e utilizada uma aplicação baseada no HoloLens com as funcionalidades de comandos gestuais e de voz para controlo da rotação, translação e dimensão do modelo virtual. Nesta experiência os médicos relatam que os comandos de voz foram pouco funcionais (necessário melhor *hardware* e algoritmos), que a tecnologia terá maior aplicabilidade em cirurgias complexas onde os pontos de referência anatómicos já não são facilmente identificáveis, mas que será ainda necessário melhorar os métodos de deteção do mundo real e registo (alinhamento do objeto virtual) e realizá-los de forma automática. A calibração do HMD também é muito suscetível a erros e numa experiência de colocação de parafusos pediculares com AR em HMD, houve resultados comparáveis aos obtidos pelos atuais sistemas de neuronavegação [80].

Tepper et al. faz um estudo sobre o uso do HoloLens para melhorar tomadas de decisão e o fluxo de trabalho, nomeadamente, na cirurgia plástica onde os cirurgiões podem usufruir de modelos 3D complexos para planeamento pré-operatório e para a navegação intraoperatória. Neste estudo os investigadores manipulam com navegação gestual algumas aplicações como por exemplo páginas web (Figura 4.5), radiografias e os modelos 3D construídos previamente, sendo possível adicionalmente realizarem videoconferências ou *streaming* [81]. As vantagens encontradas no HoloLens são o acesso “instantâneo” a informação sem perturbar o fluxo de trabalho e eficiência cirúrgica, a manipulação intraoperatória de projeções para melhor apoio a decisões e a mais fácil transição do planeamento virtual para o momento operatório além da sua melhor performance [81].

*Desenvolvimento de um Bloco Operatório: projeto, construção, equipamentos médicos e vídeo-integração*



a)

b)

Figura 4.5 – Realidade Mista com HoloLens em SO: a) Holograma de implante mandibular; b) Página web com protocolo cirúrgico

O grupo de estudo Perkins et al. aplicam o HoloLens na remoção de um tumor mamário, com o objetivo de indicar holograficamente e intraoperatoriamente ao cirurgião a extensão do tumor maligno, para remoção total do mesmo garantindo margens de segurança. Para tal constroem um modelo virtual 3D a partir de uma ressonância magnética obtida previamente, que é sobreposto no paciente através de marcadores fiduciais, conforme ilustrado na Figura 4.6 [83]. Pelo facto de o local anatómico ser um tecido mole, está sujeito a muitas distorções por exemplo, o posicionamento durante a ressonância magnética pode diferir do posicionamento na cirurgia, logo influenciando a aplicabilidade do modelo virtual durante o procedimento cirúrgico. Além disso, os marcadores fiduciais são de difícil posicionamento, estão sujeitos a erros de precisão e adicionam vários minutos ao tempo de registo do holograma sobre os marcadores [83].



a)

b)

Figura 4.6 – Realidade Mista aplicada numa remoção de tumor do tecido mamário: a) Marcadores fiduciais aplicados sobre o peito; b) Utilização do HoloLens com o modelo virtual da ressonância magnética durante a operação

Apesar da vasta aplicação da AR e MR, há consenso sobre os principais desafios que a tecnologia enfrenta: registo preciso, automatizado e sincronizado do mundo real e

virtual através de melhoria dos métodos sem marcador (melhor detecção de estruturas anatômicas para conseqüente sobreposição dos modelos virtuais), erros de calibração de *hardware*, percepção de profundidade deficitária, oclusão de objetos com as imagens virtuais e falta de resultados reproduzíveis por não existir um método de avaliação quantitativo e qualitativo normalizado. Embora a constituição de *hardware* dos dispositivos HMD lhes permita ser de tamanho e peso reduzidos, ainda existe espaço para melhorias [76] [77] [79] [83].

Relativamente à oclusão de objetos, como os dispositivos AR/MR HMD atuais utilizam combinadores óticos para acomodar o mundo real e virtual, o processo de oclusão de objetos torna-se extremamente árduo e por isso os programadores tornam os objetos virtuais semitransparentes. De momento já existem estudos com o uso de dispositivos de microespelhos digitais (*Digital Micromirror Device*) que realiza a fusão dos objetos virtuais com o mundo virtual pixel a pixel, bloqueando assim a luz incidente do mundo real resolvendo a problemática [77].

Adicionalmente, em HMDs óticos, o plano focal estabelecido para o objeto virtual pode causar uma discrepância entre a acomodação-divergência ocular, o que pode levar a náuseas e dores de cabeça, existindo o perigo de incapacitar o cirurgião em pleno procedimento [76]. Embora a Microsoft recomende o posicionamento dos hologramas a uma distância focal de dois metros para o HoloLens, em ambiente intraoperatório o utilizador está muito próximo do paciente, logo o posicionamento de anatomias virtuais 3D deverá ocorrer a uma distância muito reduzida o que também pode causar desconforto ocular [77].

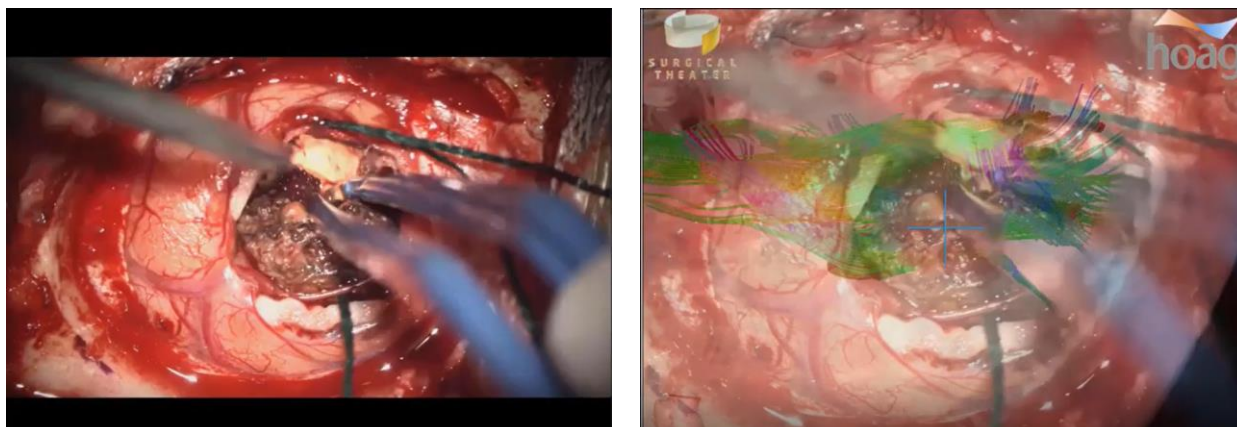
Em neurocirurgia registam-se ainda dificuldades na correta e automática segmentação do cérebro, contabilização de movimentos do cérebro durante a cirurgia e a promessa de combinação com técnicas de imagiologia [79].

Os autores preveem que no futuro os sistemas melhorem as suas técnicas de registo do ambiente, tornando-as automáticas, que sejam desenvolvidas aplicações específicas para o ambiente cirúrgico com maior integração de informação anatômica e fisiológica, que otimizem o *hardware* disponível para *displays* e mesmo que interoperabilidade entre sistemas de AR/MR e cirurgia robótica seja desenvolvida [76]. Relativamente à detecção automática das estruturas anatômicas sujeitas a deformação (por exemplo, tecido mamário, coração e cérebro), atualmente já existem modelos que preveem a deformação dos tecidos, podendo ser incorporados nos algoritmos de AR/MR e melhorados no futuro, após a avaliação dos seus resultados práticos. [83]

Contudo, algumas soluções já estão atualmente no mercado, como o caso da solução de realidade aumentada sobre a ótica de um microscópio designada por SyncAr da empresa Surgical Theater, que permite aos médicos visualizar objetos virtuais 3D (e com 360 graus) sobrepostos sobre a anatomia real do paciente (Figura 4.7), permitindo coordenação com sistemas de neuronavegação (nomeadamente com equipamentos da marca Medtronic) [84]. Apesar de não existir informação detalhada

*Desenvolvimento de um Bloco Operatório: projeto, construção, equipamentos médicos e vídeo-integração*

sobre esta tecnologia, aparentemente o registo do mundo virtual com o mundo real é realizado de forma manual [84].



a)

b)

Figura 4.7 – Aplicação de AR durante uma operação com o sistema SyncAR: a) imagem original obtida pelo microscópio; B) Imagem real aumentada com modelo anatómico 3D virtual da estrutura

Por fim, a tecnologia xvision comercializada pela Augmedics foi desenvolvida para cirurgias de coluna, com particular relevância para o implante de instrumental. O sistema inovador utiliza um HMD ótico que rastreia o posicionamento do instrumental projetando o modelo virtual da coluna sobre o paciente bem como informação complementar para apoio à decisão (por exemplo a trajetória do parafuso) [85]. A Figura 4.8 ilustra o equipamento e a sua aplicação em ambiente cirúrgico [85].



Figura 4.8 – Aplicação do xvision em ambiente cirúrgico com projeção de modelo anatómico da coluna e informação complementar

### **4.2.3 Interoperabilidade de equipamentos médicos**

Os dispositivos médicos na sua maioria são *standalone* o que significa que não trocam informação entre si num espírito “colaborativo”. A interoperabilidade de equipamentos pretende conceptualmente resolver este tópico, que é considerado por muitos profissionais da área da saúde como o próximo passo evolutivo das SO [86].

A dificuldade de implementação deste conceito deve-se ao facto de não existir um protocolo *standard* de comunicação para todos os equipamentos, independentemente do fabricante. A comunicação atual, quando disponível, ocorre em sistemas da mesma marca (sistemas proprietários) [87].

Embora o sistema Truelink 4 seja um exemplo de integração dos candeeiros cirúrgicos, mesas operatórias e condições ambiente da sala, não cumpre integralmente com o conceito de interoperabilidade. Neste caso concreto, para integrar estas funcionalidade foi necessário o desenvolvimento de algoritmos específicos (e proprietários) para a comunicação. O objetivo é serem estabelecidos e utilizados protocolos de comunicação de dados entre equipamentos.

Rockstroh et al. realizou um ensaio experimental neste âmbito na Alemanha [88]. Nesta experiência, os investigadores desenvolveram com o auxílio de estratégias definidas em estudos idênticos, a integração de alguns equipamentos típicos de uma SO com o fluxo de trabalho de dois procedimentos cirúrgicos num ambiente de simulação. A interconectividade projetada permite centralizar a informação dos DM disponíveis (deteção automática) e proveniente dos sistemas informáticos, a partir da qual seleciona os recursos necessários ao procedimento de acordo com a informação do paciente disponível. Com esta informação o sistema sugere automaticamente uma configuração de dispositivos que terá que ser aceite pelo clínico para ser aplicada.

Além da análise do vídeo gerado pelos equipamentos e dos seus dados de utilização, também existem estudos que utilizam sensores para deteção de ações na sala operatória (por exemplo sensores de pressão na mesa do instrumental cirúrgico). Através da combinação desta informação e dos dados peri operatórios do paciente, com a otimização de algoritmos de estimação de probabilidades num sistema centralizado, será possível saber a fase cirúrgica em que o procedimento se encontra, prever as necessidades e, conseqüentemente, os possíveis passos seguintes. Assim, o sistema ganha “consciência” do contexto cirúrgico em que está inserido, repassando o estado atual para os dispositivos médicos necessários, possibilitando a sua adaptação. Este poderá ser um dos passos seguintes no mercado para o desenvolvimento das salas operatórias inteligentes [89].

Com o desenvolvimento de algoritmos de predição, o sistema central comanda o ajuste dos dispositivos, no entanto deverá sempre ter uma componente muito forte de gestão de riscos, especialmente associada e personalizada às especificidades de cada aparelho, de forma a garantir sempre a segurança do paciente [89]. A integração do protocolo cirúrgico permite ainda ao sistema alterar as definições de visualização

das fontes de vídeo, consoante são atingidas certas metas cirúrgicas, definidas para cada procedimento. No final da cirurgia todos os dados obtidos e multimédia são enviados automaticamente para o sistema clínico [88]. Um exemplo de otimização do sistema para não sobrecarregar o sistema clínico com informação é a aquisição de imagens apenas quando uma etapa é alcançada, garantindo o registo completo da cirurgia, mas sem excesso de informação [89].

Embora promissores, estes sistemas são ainda produtos de aplicação em ambiente controlado (laboratório), não estando suficientemente desenvolvidas para serem aplicadas no mercado. Atualmente, a integração total das salas operatórias constitui ainda constrangimentos como problemas de recuperação de dados e segurança, na implementação dos protocolos de comunicação e garantir uma GUI consistente. Das experiências efetuadas, os profissionais de BO já demonstraram elevadas expectativas, nomeadamente no controlo centralizado de todos os equipamentos médicos numa interface de fácil acesso e na realização de tarefas semiautomáticas para otimização do tempo, como por exemplo chamar o paciente seguinte no plano cirúrgico automaticamente assim que o procedimento anterior se encontre em conclusão [88]. Alguns exemplos destas tarefas no cenário de Franke et al. foram a adaptação da intensidade e temperatura de cor do endoscópio, a diminuição das rotações do *shaver* e o *routing* dinâmico de imagens [89].

Além da necessidade de estabelecer *standards* de comunicação entre equipamentos para que possam ser implementados pelos fabricantes, previamente a qualquer aplicação em ambiente cirúrgico real, os sistemas necessitam de mais investigação e robustez dos seus algoritmos. O ponto mais frágil demonstrado atualmente é a robustez do algoritmo preditivo, principalmente causado pela dificuldade de reconhecimento do ambiente cirúrgico e das ações dos profissionais. Além disto terá de ter em conta muitos outros fatores do que os fornecidos pelos equipamentos, tais como o tipo de intervenção, a criticidade da aplicação bem como o estado do paciente e do cirurgião. A gestão de risco é também uma das partes mais críticas pois a segurança dos intervenientes deve sempre de ser garantida de forma a não colocar em risco o paciente [89].

Relativamente à interconectividade, com a elevada heterogeneidade de *standards* desenvolvidos, os fabricantes poderiam optar por protocolos de comunicação diferentes, portanto, não integráveis entre si, mantendo-se o problema inicial. Assim, Berger et al. demonstra conceptualmente e através de prova laboratorial que é possível ligar dispositivos que estejam sobre dois domínios diferentes, nomeadamente através do *standard* IEEE 11073 SDC e ORiN [87].

Com a interconectividade entre equipamentos estabelecida num futuro próximo, surge a oportunidade de introduzir a integração total nas salas operatórias, bem como sistemas de deteção em tempo real do estado cirúrgico. Por sua vez este passo poderá representar o início da envolvência de outros sistemas como por exemplo, sistemas robóticos para o auxílio de tarefas.

#### **4.2.4 Tarefas assistidas por sistema robotizado**

Na secção anterior foi mencionada a utilidade de um sistema semiautomático para a realização de tarefas digitais rotineiras, com o objetivo de diminuir a carga de trabalho para os profissionais. Esta visão é transversal para tarefas físicas que com a devida integração, poderiam ser realizadas com o auxílio de sistemas robotizados.

Os sistemas robóticos já constituem soluções de elevada qualidade e fiabilidade no tecido industrial e mesmo na esfera pessoal (por exemplo robôs aspiradores automáticos) que garantem autonomia na realização de tarefas, libertando o ser humano. De igual forma, se bem explorado, poderão permitir o aumento da eficácia e ergonomia da rotina clínica no BO. Conceptualmente, Bernhard et al. defende que estes sistemas diferem dos aplicados na indústria e em casa pela sua movimentação pelo recinto hospitalar, não estando fixos a um posto de trabalho.

Esta tecnologia de navegação autónoma poderá realizar tarefas simples de reposição de materiais, transporte de pacientes, gestão de inventários e entre outras funcionalidades, sendo uma ferramenta colaborativa. Por esse motivo, é muito importante integrar corretamente o sistema no fluxo de trabalho, com princípios que garantam a segurança dos utilizadores e beneficiários.

No estudo realizado por Bernhard et al. é definido que as ordens emitidas pelo ser humano deverão ser sempre prioritárias face às emitidas automaticamente pelo sistema de inteligência artificial (com exceção de estudantes e aprendizes). Consoante o posto do clínico no hospital, esse terá maior ou menor superioridade face ao nível da ordem dada. Por outro lado, por motivos de segurança, as ordens geradas automaticamente pelo sistema deverão ser sempre confirmadas pelo clínico, para garantir que não são geradas tarefas erradas. Estes comandos deverão ainda ser classificados por gravidade.

Após emitidas as tarefas, o sistema irá avaliar qual a unidade robótica disponível para a executar e no caso de haver mais do que uma, selecionará a que está mais próxima do destino [90].

Este conceito de integração com sistemas robóticos perante uma sala operatória com interconectividade e “consciência” do ambiente de trabalho, permite complementar a otimização da utilização das salas, pelo que contém potencial para aumentar a eficácia e eficiência dos procedimentos cirúrgicos. Com a utilização de robôs, a reposição de *stocks* poderia ser automática, bem como o transporte de pacientes ou a busca emergente de material não constante no recinto do BO (por exemplo busca de sangue numa emergência).

## **5 CONCLUSÃO**

O estágio curricular realizado no Departamento de equipamentos na MC proporcionou ao estagiário a aplicação de praticamente todos os conhecimentos teórico-práticos adquiridos no período académico. A integração na equipa da MC e o seu acompanhamento pelo estagiário nas atividades diárias, foram essenciais para o sucesso do estágio, contribuindo para o enriquecimento profissional e pessoal.

Apesar da situação pandémica vivida durante o período de estágio, a contribuição diária para as tarefas do DE não deixou de ser visível. Foi possível estudar os equipamentos médicos comercializados pelo departamento e contactar diretamente com os clientes, inclusive para prestação de formação.

Assim que a obra do IPO de Coimbra arrancou em agosto de 2020 foi realizado o acompanhamento diário do projeto, possibilitando o contacto com equipas interdisciplinares. As visitas recorrentes à obra culminaram no auxílio da instalação do sistema de gestão de vídeo e imagens das salas operatórias, bem com a coordenação de equipas.

O projeto do IPO de Coimbra proporcionou uma experiência única que em muito contribuiu para a perceção da envolvência de todos as infraestruturas e do seu impacto na rotina dos profissionais de saúde. A envolvência do estagiário possibilitou ainda um conhecimento minucioso das instalações e equipamentos, com particular destaque para a integração do sistema Truelink 4, característica que possibilitou o acompanhamento das primeiras utilizações da infraestrutura e formação global dos clínicos.

Com a contextualização adquirida é possível projetar as necessidades tecnológicas para o desenvolvimento das SO. Conjugando com os estudos analisados é perceptível que o próximo passo para elevar a fasquia do BO passará pela integração total das salas cirúrgicas, aumentando a troca de informações entre os dispositivos e da criação da perceção do estado da cirurgia pelo sistema central de integração. Contudo os *standards* de comunicação ainda estão em desenvolvimento e terão de ser globalmente difundidos. Só com esta etapa concluída é que se poderá começar a implementar simulações reais de cenários de tarefas assistidas roboticamente.

Até ser atingida a etapa da interconectividade entre equipamentos, soluções como o Truelink 4 e a sua integração com o sistema de navegação gestual Fluid (Integração nível II) são o passo evolutivo tangível, capacitando as SO com integração de todas as fontes e monitores de vídeo, conjuntamente com acesso *touchless* dos ficheiros imagiológicos guardados na ficha do paciente via PACS.

Futuramente o tema da integração deverá continuar a ser seguido, com análise de mais estudos e de casos práticos de aplicação de sistemas como o Truelink 4 e o Fluid.

## **REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS**

- [1] Medicinália-Cormédica, “Sobre Nós,” Medicinália Cormédica - werfenLife, [Online]. Available: <http://www.medicinalia-cormedica.pt/>. [Acedido em maio 2020].
- [2] Medicinália Cormédica, ““Departamento de Equipamentos - Catálogo Geral”,” 2021.
- [3] UONIE/ACSS, “Recomendações Técnicas para Bloco Operatório,” UONIE/ACSS, 2011.
- [4] V. Sommez e L. Pintelon, “A survey on performance management of operating rooms and a new KPI proposal,” *Qual Reliab Engng Int.* 2020, p. 1– 15, 10 08 2020.
- [5] D. H. Robinson e A. H. Toledo, “Historical development of modern anesthesia,” *Journal of Investigative Surgery: the official journal of the Academy of Surgical Research*, vol. 25, n<sup>o</sup> 3, p. 141–149, Junho 2012.
- [6] “The Old Operating Theatre Museum and Herb Garret,” [Online]. Available: <https://oldoperatingtheatre.com/>. [Acedido em julho 2021].
- [7] G. B. Benitez, G. J. C. Da Silveira e F. S. Fogliatto, “Layout Planning in Healthcare Facilities: A Systematic Review,” vol. 12(3), pp. 31-44, julho 2019.
- [8] Ministério da Saúde, “Portaria n.º 111/2014 de 23 de maio,” 2014.
- [9] UIE/ACSS, “Especificações Técnicas para Instalações de AVAC – ET 06/2008,” UIE/ACSS, 2014.
- [10] TAHPI, “International Health Facility Guidelines. Part B: Health Facility Briefing and Design,” 2017.
- [11] CNADCA, “Relatório Final, Cirurgia de Ambulatório: um modelo de qualidade centrado no utente,” 2008.
- [12] Hillrom, “Hybrid Angiography-CT Imaging,” [Online]. Available: <https://www.hillrom.eu/en/surgical-strategic-alliances/hybrid-operating-rooms/hybrid-angiography-ct-imaging/>. [Acedido em julho 2021].
- [13] TAHPI, “International Health Facility Guidelines. Part D: Infection Control,” 2017.
- [14] DGS, “Programa Nacional de Prevenção e Controlo da Infecção Associada aos Cuidados de Saúde (PNCI),” 2007.
- [15] AESOP, *Práticas Recomendadas para o Bloco Operatório*, 3<sup>a</sup> Edição ed., 2013.

- [16] A. Agirman, Y. E. Cetin, M. Avci e O. Aydin, "Effect of laminar airflow unit diffuser size on pathogen particle distribution in an operating room," *Science and Technology for the Built Environment*, pp. 1-12, 14 09 2020.
- [17] UIE/ACSS, "Especificações Técnicas para Instalações de AVAC - ET 06/2008," UIE/ACSS, 2014.
- [18] ISO/TC 209, "ISO 14644-3:2019(en) - Cleanrooms and associated controlled environments — Part 3: Test methods," [Online]. Available: <https://www.iso.org/obp/ui/#iso:std:iso:14644:-3:ed-2:v2:en>. [Acedido em julho 2021].
- [19] ISO/TC 209, "ISO 14644-1:2015(en): Cleanrooms and associated controlled environments — Part 1: Classification of air cleanliness by particle concentration," 2015. [Online]. Available: <https://www.iso.org/obp/ui/#iso:std:iso:14644:-1:ed-2:v1:en>. [Acedido em julho 2021].
- [20] IPO Lisboa Francisco Gentil, "História," [Online]. Available: <https://www.ipolisboa.min-saude.pt/ipo/historia/#>. [Acedido em fevereiro 2021].
- [21] IPO Coimbra, "Institucional/ História," [Online]. Available: <http://www.ipocoimbra.min-saude.pt/category/institucional/historia/>. [Acedido em fevereiro 2021].
- [22] IPO Coimbra, "IPO Coimbra," [Online]. Available: <http://www.ipocoimbra.min-saude.pt/>. [Acedido em fevereiro 2021].
- [23] Google, "IPO Coimbra," [Online]. Available: <https://www.google.pt/maps/place/IPO+Coimbra/@40.2170957,-8.411999,650m/data=!3m2!1e3!4b1!4m5!3m4!1s0xd22f90f59ac3fef:0xd61c5d0e3c8e7cd9!8m2!3d40.2170957!4d-8.4098103?hl=pt-PT>. [Acedido em abril 2021].
- [24] IPO de Coimbra, "Notícias: Início da Obra do Bloco Operatório Periférico," 04 de agosto de 2020. [Online]. Available: <http://www.ipocoimbra.min-saude.pt/2020/08/04/inicio-da-obra-do-bloco-operatorio-periferico/>. [Acedido em novembro 2020].
- [25] IPO de Coimbra, *Fornecimento e montagem de equipamento de um bloco operatório com duas salas incluindo a sua conceção e construção. Concurso Público internacional número 765A17*, Coimbra, 2017.
- [26] Medicinália-Cormédica, Departamento de Equipamentos, "Equipamento Médico para Bloco Operatório Transitório do Instituto Português de Oncologia de Coimbra," Coimbra, 2017.
- [27] Consórcio Medicinália Cormédica & Iberconcept, *Estudo Prévio - Obra: "Fornecimento e montagem de equipamento médico-cirúrgico de um bloco*

*Desenvolvimento de um Bloco Operatório: projeto, construção, equipamentos médicos e vídeo-integração*

*operatório com duas salas de cirurgia incluindo a sua conceção e construção”, Coimbra, 2018.*

- [28] Consórcio Medicinália Cormédica & Iberconcept, *Proposta para Fornecimento e Montagem de equipamento médico-cirúrgico de bloco operatório com duas salas de cirurgia incluindo a sua conceção e construção*, Coimbra, 2018.
- [29] Diário da República, *Código dos Contratos Públicos, Decreto-Lei n.º 18/2008, Secção III - Consignação da obra*, 2008.
- [30] Consórcio Medicinália Cormédica & Iberconcept, *Ajustes de Projeto - Obra: “Fornecimento e montagem de equipamento médico-cirúrgico de um bloco operatório com duas*, 2020.
- [31] Infarmed, “Dispositivos médicos,” [Online]. Available: <https://www.infarmed.pt/web/infarmed/entidades/dispositivos-medicos>. [Acedido em maio 2021].
- [32] Videomed, “OR Integration,” [Online]. Available: <https://www.videomed.biz/en/true-link-4-features>. [Acedido em junho 2021].
- [33] Hillrom, “FCS Booms,” Hillrom, 2020. [Online]. Available: <https://www.hillrom.co.uk/en/products/fcs-boom/>. [Acedido em junho 2021].
- [34] Hill-Rom, “Truport Customer Presentation,” 2016.
- [35] A. J. Knulst, L. Stassen, C. A. Grimbergen e J. Dankelman, “Choosing Surgical Lighting in the LED Era,” *Surgical innovation*, vol. 16, pp. 317-23, 01 12 2009.
- [36] J. Curlin e C. K. Herman, “Current State of Surgical Lighting,” *Surgery journal (New York, N.Y.)*, vol. 6, pp. e87-e97, 19 06 2020.
- [37] Hill-Rom, *Manual de instruções: Sistema de iluminação Trulight 5000/3000*, 2017.
- [38] Hillrom, “TL5000 Series Surgical Lights,” [Online]. Available: <https://www.hillrom.com/en/products/tl5000-series-surgical-light/>. [Acedido em julho 2021].
- [39] Hillrom, “iLED® 7 Surgical Light,” [Online]. Available: <https://www.hillrom.com/en/products/iled-7-surgical-light/>. [Acedido em julho 2021].
- [40] Hillrom, *Manual de instruções: iLED 7 Surgical Light*, 2020.
- [41] Trumpf Medical, *Orbiter*, 2002.
- [42] Trumpf Medical, *Patient Transfer Unit ORBITER Brochure*, Alemanha, 2001.

*Desenvolvimento de um Bloco Operatório: projeto, construção, equipamentos médicos e vídeo-integração*

- [43] H. Colberg, D. Aschemann, B. Kulik e C. Rösinger, "7. Technical Equipment," em *Positioning Techniques in Surgical Applications*, Springer, 2006, pp. 67-90.
- [44] Trumpf Medical, *Mesa operatória TruSystem™ 7500/ À frente do seu tempo*, 2017.
- [45] Hillrom, *PST 500 Precision Surgical Table*, 2020.
- [46] Hillrom, "General OR Accessory Package for Surgical Tables," [Online]. Available: <https://www.hillrom.com/en/products/hillrom-general-or-accessory-package-for-surgical-tables/>. [Acedido em julho 2021].
- [47] Videomed, "User and warning manual\_TrueLink 4\_ENrev2.4," Italy, 2020.
- [48] Videomed, "Company," [Online]. Available: <https://www.videomed.biz/en/about>. [Acedido em junho 2021].
- [49] M. S. F. Rolo, "A função de Especialista de Aplicação e Gestão de Manutenção – Estágio na Medicinália – Cormédica," Coimbra, 2018.
- [50] P. J. M. Bispo, "Manutenção de Sistemas de Monitorização e Apoio à Vida," Coimbra, 2013.
- [51] World Health Organization, "Electrocardiograph, ECG," 2011.
- [52] J. Sandham, "Electrical signals of the heart," [Online]. Available: <https://www.ebme.co.uk/articles/clinical-engineering/electrical-signals-of-the-heart>. [Acedido em fevereiro 2022].
- [53] T. Newman, "The heart: All you need to know," 09 2020. [Online]. Available: <https://www.medicalnewstoday.com/articles/320565>. [Acedido em julho 2021].
- [54] O. Lourenço, "O electrocardiograma," [Online]. Available: <http://angomed.com/electrocardiograma/>. [Acedido em fevereiro 2022].
- [55] T. P. Barill, "An ECG Primer," em *ECG-Primer-The-Six-Second-ECG-Guidebook*, 2003, pp. 63-100.
- [56] M. B. Conover, *Understanding Electrocardiography*, Mosby, 2022.
- [57] M. B. Conover, *Understanding electrocardiography*, St. Louis: Mosby, 2003, pp. 3-7.
- [58] World Health Organization, "Pulse oximetry Training Manual".
- [59] Nihon Kohden, "Monitor, Sales & Marketing," [Online].
- [60] Medicines and Healthcare Products Regulatory Agency, "Blood Pressure measurement devices," 2013.

- [61] R. A. Peura, "Blood pressure and sound," em *Medical Instrumentation - Application and Design*, J. G. Webster, Ed., pp. 293-337.
- [62] V. Santos, "Ventiladores," Coimbra, 2018.
- [63] J. M. Bonet, "[Definitions in mechanical ventilation]," *Anales de pediatria*, vol. 59, nº 1, pp. 60-66, 07 2003.
- [64] Hamilton, "Images," [Online]. [Acedido em fevereiro 2022].
- [65] Hamilton Medical, "HAMILTON-C1," [Online]. Available: <https://www.hamilton-medical.com/pt/Products/Mechanical-ventilators/HAMILTON-C1.html>. [Acedido em julho 2021].
- [66] B. Yoo, "Electrocardioversion | Circulatory System and Disease," 2014.
- [67] Fluke Biomedical, em *Medical Device Quality Assurance*, pp. 49-60.
- [68] Philips, "Efficia DFM100," [Online]. Available: <https://www.philips.pt/healthcare/product/HC866199/efficia-dfm100-desfibrilhadormonitor>. [Acedido em fevereiro 2022].
- [69] J. G. Webster, *Medical instrumentation: application and design*, 4ª edição ed., J. G. Webster, Ed., John Wiley & Sons, Inc, 2010, pp. 590-633.
- [70] J. D. Bronzino, *The biomedical engineering handbook*, 3ª edição ed., J. D. Bronzino, Ed., Florida: Taylor & Francis Group, 2006.
- [71] Manual de utilização do aparelho eletrocirúrgico SPECTRUM, EMED, 2014.
- [72] EMED, "Features," [Online]. Available: [https://emed.pl/en/features/#sds\\_system](https://emed.pl/en/features/#sds_system). [Acedido em março 2022].
- [73] EMED, *Atom, crie o seu próprio desempenho*, 2015.
- [74] EMED, *ATOM Instruções de Utilização*, 2016.
- [75] P. R. Koninckx, A. Stepanian, L. Adamyan, A. Ussia, J. Donnez e A. Wattiez, "The digital operating room and the surgeon," *TECHNIQUES AND INSTRUMENTATION*, pp. 57-62, 26 junho 2012.
- [76] A. Voruganti, R. Mayoral, A. Vasquez e O. Burgert, "A modular video streaming method for surgical assistance in operating room networks," *Int J CARS*, vol. 5, p. 489-499, 08 02 2010.
- [77] A. Surma-aho, K. Hölttä-Otto, K. Nelskylä e N. C. Lindfors, "Usability issues in the operating room – Towards contextual design guidelines for medical device design," *Applied Ergonomics*, vol. 90, 01 2021.

- [78] Hillrom, “Conectividad em el ámbito sanitario,” em *Formación Conectividad*, 2021.
- [79] Hillrom EMEA, *Training on OR Integration*, 2021.
- [80] S. C. Araújo, “Segurança na Circulação de Informação Clínica,” Porto, 2007.
- [81] Videmed S.r.l., *Truelink 4*, 2020.
- [82] A.-r. Lee, Y. Cho, S. Jin e N. Kim, “Enhancement of surgical hand gesture recognition using a capsule network for a contactless interface in the operating room,” *Computer Methods and Programs in Biomedicine*, 06 02 2020.
- [83] A. J. Lungu, W. Swinkels, L. Claesen, P. Tu, J. Egger e X. Chen, “A Review on the Applications of Virtual Reality, Augmented Reality and Mixed Reality in Surgical Simulation: An Extension to Different Kinds of Surgery,” *Expert Review of Medical*, 05 Dezembro 2020.
- [84] D. Guha, N. M. Alotaibi, N. Nguyen, S. Gupta, C. McFaul e V. . X. Yang, “Augmented Reality in Neurosurgery: A Review of Current Concepts and Emerging Applications,” *THE CANADIAN JOURNAL OF NEUROLOGICAL SCIENCES INC*, vol. 44(3), pp. 235-245, Maio 2017.
- [85] B. D. C. d. Rocha, “Realidade Aumentada Móvel – Comparação de Técnicas de Visualização Off-Screen,” 2019.
- [86] S. Chidambaram, V. Stifano, M. Demetres, M. Teyssandier, M. C. Palumbo, A. Redaelli, A. Olivi, M. L. Apuzzo e S. C. Pannullo, “Applications of augmented reality in the neurosurgical operating room: A systematic review of the literature,” *Journal of Clinical Neuroscience*, vol. 91, pp. 43-61, 01 setembro 2021.
- [87] C. Dennler, D. E. Bauer, A.-G. Scheibler, J. Spirig, T. Götschi, P. Fürnstahl e M. Farshad, “Augmented reality in the operating room: a clinical feasibility study,” *BMC Musculoskeletal Disorders*, vol. 22, nº 451, 18 maio 2021.
- [88] O. M. Tepper, H. L. Rudy, A. Lefkowitz, K. A. Weimer, S. M. Marks, C. S. Stern e E. S. Garfein, “Mixed Reality with HoloLens: Where Virtual Mixed Reality with HoloLens: Where Virtual Operating Room,” *Plastic and Reconstructive Surgery*, vol. 140, nº 5, pp. 1066-1070, novembro 2017.
- [89] Microsoft, “HoloLens Hardware,” [Online]. Available: <https://www.microsoft.com/en-us/hololens/hardware>. [Acedido em fevereiro 2022].
- [90] S. L. Perkins, M. A. Lin, S. Srinivasan, A. J. Wheeler, B. A. Hargreaves e B. L. Daniel, “A Mixed-Reality System for Breast Surgical Planning,” *IEEE International Symposium on Mixed and Augmented Reality (ISMAR-Adjunct)*, pp. 269-274, 30 outubro 2017.

- [91] Surgical Theater, "SyncAr," [Online]. Available: <https://www.surgicaltheater.com/syncar/>. [Acedido em março 2022].
- [92] Augmedics, "xvision," [Online]. Available: <https://augmedics.com/>. [Acedido em março 2022].
- [93] K. Cleary, A. Kinsella e K. M. Seong, "OR 2020 workshop report: Operating room of the future," *International Congress Series*, vol. 1281, pp. 832-838, 2005.
- [94] J. Berger, M. Rockstroh, E. Schreiber, Y. Yoshida, J. Okamoto, K. Masamune, Y. Muragaki e T. Neumuth, "GATOR: connecting integrated operating room solutions based on the IEEE 11073 SDC and ORiN standards," *International Journal of Computer Assisted Radiology and Surgery*, vol. 14, pp. 2233-2243, 22 08 2019.
- [95] M. Rockstroh, S. Franke, M. Hofer, A. Will, M. Kasparick, B. Andersen e T. Neumuth, "OR.NET: multi-perspective qualitative evaluation of an integrated operating room based on IEEE 11073 SDC," *Int J CARS*, vol. 12(8), pp. 1461-1469, 08 05 2017.
- [96] S. Franke, M. Rockstroh, M. Hofer e T. Neumuth, "The intelligent OR: design and validation of a context-aware surgical working environment," *International Journal of Computer Assisted Radiology and Surgery*, vol. 13, pp. 1301-1308, 24 05 2018.
- [97] L. Bernhar, D. Ostler, H. Feußner e D. Wilhelm, "Integrating autonomously navigating assistance systems into the clinic: guiding principles and the ANTS-OR approach," *International Journal of Computer Assisted Radiology and Surgery*, vol. 15, pp. 1063-167, 02 04 2020.

# ANEXO A – PLANO DE TRABALHOS ESTIPULADO PARA A OBRA DO BOP DO IPO DE COIMBRA

