



Análise comparativa de sistemas de AVAC aplicados em salas de imagiologia e exames invasivos

RICARDO VIEGAS CARDOSO
(Licenciado em Engenharia Mecânica)

Relatório de Estágio para obtenção do grau de Mestre em Engenharia Mecânica, na Área de Especialização Energia, Refrigeração e Climatização

Orientador:

Doutora Cláudia Sofia Sêneca da Luz Casaca

Júri:

Presidente: Doutor Pedro Miguel de Abreu e Silva

Vogais:

Licenciado João Antero Nascimento dos Santos Cardoso
Doutora Cláudia Sofia Sêneca da Luz Casaca

novembro de 2024

Análise comparativa de sistemas de AVAC aplicados em salas de imagiologia e exames invasivos

RICARDO VIEGAS CARDOSO
(Licenciado em Engenharia Mecânica)

Relatório de Estágio para obtenção do grau de Mestre em Engenharia Mecânica, na Área de
Especialização Energia, Refrigeração e Climatização

Orientador:

Doutora Cláudia Sofia Séneca da Luz Casaca, ISEL/IPL

Júri:

Presidente: Doutor Pedro Miguel de Abreu e Silva, ISEL/IPL

Vogais:

Licenciado João Antero Nascimento dos Santos Cardoso,
ISEL/IPL

Doutora Cláudia Sofia Séneca da Luz Casaca, ISEL/IPL

novembro de 2024

Declaração de integridade

Declaro que este relatório de estágio é o resultado da minha investigação pessoal e independente. O seu conteúdo é original e todas as fontes listadas nas referências bibliográficas foram consultadas e estão devidamente mencionadas no texto. Mais declaro que todas as referências científicas e técnicas relevantes para o desenvolvimento do trabalho estão devidamente citadas e constam das referências bibliográficas.

O autor

Lisboa, 28 de novembro de 2024

Análise comparativa de sistemas de AVAC aplicados em salas de imagiologia e exames invasivos

Resumo

O presente trabalho pretende analisar e evidenciar as diferenças encontradas nas soluções de Aquecimento, Ventilação e Ar Condicionado (AVAC) de diferentes salas de imagiologia e exames invasivos, resultantes da regulamentação aplicável, tendo em conta a especificidade dos exames realizados e dos respetivos equipamentos.

As salas de imagiologia e exames invasivos, considerados neste estudo foram: Raio X, Tomografia Computorizada, Câmara Gama, Ecografia, Endoscopia, Ressonância Magnética e Angiografia. Além dos espaços enunciados anteriormente, foi contemplado no mesmo edifício outros compartimentos adjacentes e necessários ao serviço prestado em cada um dos exames.

As normas, diretivas e recomendações aplicadas em Portugal, para a realização de um projeto de AVAC em salas com esta especificidade variam consoante a unidade seja pública ou privada. Foi modelado um edifício representativo de uma unidade de imagiologia que engloba todas as salas de exames referidas anteriormente e os respetivos compartimentos adjacentes. O edifício foi caracterizado relativamente às condições exteriores, às envolventes construtivas e às cargas internas. Adicionalmente, foram quantificadas as cargas térmicas associadas ao funcionamento do edifício e os caudais de ar novo mínimos.

Os equipamentos para cada uma das unidades (pública e privada) foram dimensionados de acordo com a regulamentação aplicável a cada um dos casos. Realizou-se uma simulação energética com a finalidade de comparar os consumos energéticos e custos associados a cada uma das situações.

Verificou-se que entre a unidade privada e a pública a diferença nas potências de aquecimento e arrefecimento é de 26,8 kW e 5,1 kW, respetivamente. Os consumos obtidos foram superiores na unidade privada, totalizando 406 013 kWh/ano, enquanto na unidade pública totalizaram 391 525 kWh/ano. A unidade privada apresentou um custo de operação anual de 67 418,5 € enquanto que a unidade pública apresentou 65 012,7€.

Palavras-chave: Imagiologia, AVAC, regulamentação, consumos energéticos, custos.

Comparative analysis of HVAC systems used in imaging and invasive examination rooms

Abstract

The present work aims to analyze and highlight the differences found in the Heating, Ventilation and Air Conditioning (HVAC) solutions of different imaging rooms and invasive exams, resulting from the applicable regulations, considering the specificity of the exams performed and the respective equipment.

The imaging and invasive examination rooms considered in this study were: X-ray, Computed Tomography, Gamma Camera, Ultrasound, Endoscopy, Magnetic Resonance Imaging and Angiography. In addition to the spaces mentioned above, other adjacent compartments necessary for the service provided in each of the exams were contemplated in the same building.

The standards, directives and recommendations applicable in Portugal for the implementation of an HVAC project in rooms of this specificity vary depending on whether the unit is public or private. A representative building of an imaging unit was modeled that encompasses all the examination rooms mentioned above and their adjacent compartments. The building was characterized in terms of external conditions, building envelopes and internal loads. Furthermore, the thermal loads associated with the operation of the building were quantified, along with the minimum new air flows.

The equipment for each unit (public and private) was selected and sized in accordance with the applicable regulations. An energy simulation was conducted to facilitate a comparative analysis of energy consumption and associate costs with each scenario.

The discrepancy in heating and cooling capacity between the private and public was 26.8 kW and 5.1 kW, respectively. The results indicated that the consumption in the private unit was greater than that in the public unit, with a total of 406,013 kWh/year and 391,525 kWh/year, respectively. The annual operating cost of the private unit was 67 418,5 €, while that of the public unit was 65 012,7 €.

Keywords: Imaging, HVAC, regulation, energy consumption, costs.

Agradecimentos

Este trabalho não seria possível sem ajuda de algumas pessoas. Este auxílio abrange um grande número de pessoas, por isso endereço o meu agradecimento em particular a algumas delas.

À minha orientadora e professora Cláudia Casaca pelo incentivo, disponibilidade e ajuda.

Aos meus pais, irmãos e namorada pelo apoio incondicional e motivação.

Aos meus avós pelo encorajamento e voz da experiência.

Aos meus amigos, que acompanharam de perto toda a caminhada da realização do trabalho final de mestrado e do curso em si.

À equipa da Termifrio, composta pelos Engenheiros João Grenha, Mário Almeida e André Lourenço pela prontidão, ajuda, disponibilidade, partilha de experiências e oportunidades de integração na área.

O meu muito obrigado a todos!

Índice

Declaração de integridade	i
Resumo	iii
Abstract	v
Agradecimentos	vii
Índice	ix
Índice de Figuras	xi
Índice de Tabelas	xiii
Índice de Equações	xvii
Siglas e Acrónimos	xix
1. Introdução.....	1
1.1 Enquadramento.....	1
1.2 Objetivos	2
1.3 Organização.....	3
2. Enquadramento Teórico	5
2.1. Qualidade do ar interior	5
2.2 Condições de conforto.....	8
2.3 Cargas térmicas	10
2.3.1 Cargas térmicas exteriores	15
2.3.2 Cargas térmica interiores	17
2.4 Sistemas e Equipamentos de AVAC	18
2.4.1 Sistemas centralizados	19
2.4.2 Unidades terminais	24
2.4.3 Produção térmica.....	25
2.5 Salas de exames de imagiologia	26
3. Caso de estudo.....	31
3.1 Descrição do edifício	31

3.2 Caracterização do edifício	34
3.2.1 Perfil climático.....	34
3.2.2 Envolventes do edifício	38
3.2.3 Cargas internas do edifício	40
3.3 Regulamentação aplicável	42
3.3.1 Unidades do setor público.....	43
3.3.2 Unidades do setor privado	46
4. Comparação de sistemas	51
4.1 Zonamento e soluções usadas para climatização	51
4.2 Caudais de ar novo mínimos e pressurização dos compartimentos	53
4.3 Caudais de insuflação e capacidades dos equipamentos.....	58
4.4 Simulação e análise energética do edifício.....	64
4.5 Custos de operação, manutenção e de equipamentos.....	71
5. Conclusões.....	75
Referências bibliográficas	79
Apêndices.....	83

Índice de Figuras

Figura 2.1 - Regimes de pressão para diferentes espaços, adaptado de ASHRAE (2003)	7
Figura 2.2 - Exemplo de regimes de pressão num serviço de saúde	8
Figura 2.3 - Fenómenos de transferência de energia, adaptado de Cengel (2002).....	11
Figura 2.4 - Exemplo genérico da transferência de calor por condução através de uma parede plana, Cengel (2002).	12
Figura 2.5 - Exemplo de convecção em superfícies (Cengel, 2002).....	12
Figura 2.6 - Exemplo de irradiação de um ocupante num compartimento, Cengel (2002)	13
Figura 2.7 - Ponte térmica linear a) plana e b) não plana, Aroso (1998)	17
Figura 2.8 – Unidade de tratamento de ar novo com recuperação por roda térmica, adaptado de Conserve Solutions (2020)	20
Figura 2.9 – Exemplo de um permutador de fluxos cruzados, adaptado de (airtècnics)	21
Figura 2.10 – Exemplo de recuperação com “run-around coil”, adaptado de Mahmoud et al. (2022)	21
Figura 2.11 - Tipos de filtros (Rui Cavaca Marcos, 2023)	22
Figura 2.12 – Ciclo frigorífico de um chiller	25
Figura 3.1 – Edifício modelado em REVIT	32
Figura 3.2 - Cortes do edifício modelado em REVIT	33
Figura 3.3 - Resultados obtidos para o perfil climático de Sintra.....	37
Figura 3.4 - Fatores multiplicadores para o perfil de radiação.....	38
Figura 4.1 - Esquema simplificado do circuito hidráulico escolhido.....	66
Figura 4.2 - Necessidades de produção térmica na unidade privada	67
Figura 4.3 - Necessidades de produção térmica na unidade pública	67
Figura 4.4 - Custos acumulados para as unidade privada e pública em 25 anos.....	74

Índice de Tabelas

Tabela 2.1 Valores típicos da taxa de metabolismo, adaptado de DGEG & Adene (2021)	9
Tabela 2.2 - Classes de filtração EN 13779 e EN 1822, adaptado de Rui Cavaca Marcos (2023)	22
Tabela 2.3 - Eficiência de filtração, adaptado de Rui Cavaca Marcos (2023).....	23
Tabela 2.4 - Classificação de salas limpas segundo ISO 14644-1 adaptado de Rui Cavaca Marcos (2023).....	27
Tabela 2.5 - Classes energéticas para edifícios de comércio e serviços (DGEG & Adene, 2021).	30
Tabela 3.1 - Ocupação previstas para cada espaço do centro de imagiologia	34
Tabela 3.2 - Temperaturas exteriores de projeto	36
Tabela 3.3 - Coordenadas geográficas e zonas de verão e inverno (LNEG - Software para Políticas Públicas, 2013).....	36
Tabela 3.4 - Fatores de opacidade da atmosfera, refletividade e condutividade do solo	36
Tabela 3.5 - Valores máximos admissíveis do coeficiente U adaptado de Diário da República (2021)	38
Tabela 3.6 - Constituição da parede exterior do edifício	39
Tabela 3.7 - Valores do coeficiente global de transmissão de calor e inércia térmica das envolventes	39
Tabela 3.8 - Valores admissíveis de coeficiente global de transmissão de calor e fator solar para vãos envidraçados	40
Tabela 3.9 – Densidades de iluminação adaptado de ASHRAE (2022)	40
Tabela 3.10 – Dissipações térmicas dos equipamentos presentes nas salas de exames	41
Tabela 3.11 - Schedule de “Projeto” para cargas de iluminação, ocupação e equipamentos.	41

Tabela 3.12 - Schedule de "Segunda a Sexta" para cargas de iluminação, ocupação e equipamentos.	42
Tabela 3.13 - Schedule de "Sábado e Domingo" para cargas de iluminação, ocupação e equipamentos.	42
Tabela 3.14 – Requisitos mínimos para salas de exames segundo ACSS	44
Tabela 3.15 – Requisitos mínimos de extração para compartimentos adjacentes (ACSS, 2022)	45
Tabela 3.16 - Requisitos mínimos para os restantes compartimentos do edifício (ACSS, 2022)	45
Tabela 3.17 - Requisitos mínimos para as salas de ecografia, TC e recobro e preparação adaptado da portaria n.º 35/2014.....	46
Tabela 3.18 - Requisitos mínimos para as salas de Ressonância Magnética e Angiografia adaptado da portaria n.º 35/2014.....	47
Tabela 3.19 - Requisitos mínimos para as salas de Endoscopia e recobro da endoscopia adaptado de portaria n.º 136-B/2014	47
Tabela 3.20 - Requisitos mínimos para a sala de Raio X e Copa adaptado de portaria n.º 290/2012	47
Tabela 3.21 - Requisitos mínimos para a sala de câmara gama e radiofarmácia adaptado de portaria n.º 33/2014	48
Tabela 3.22 – Requisitos mínimos de extração para alguns compartimentos (Diário da República, 2014b).....	48
Tabela 3.23 - Alteração das portarias	49
Tabela 4.1 - Lista de UTA/UTAN da unidade pública	52
Tabela 4.2 - Lista de UTA/UTAN da unidade privada.....	52
Tabela 4.3 - Caudais mínimos de ar novo para ambas as unidades	56
Tabela 4.4 - Caudal de fugas de ar para diferentes gradientes de pressão	58
Tabela 4.5 - Valores pré-definidos para perdas de carga adaptado de EN 13779	59
Tabela 4.6 - Configuração das UTA/UTAN da unidade privada	61
Tabela 4.7 - Configuração das UTA/UTAN da unidade pública.....	61
Tabela 4.8 - Caudais de ar e potências das UTA/UTAN da unidade privada.	63

Tabela 4.9 - Caudais de ar e potências das UTA/UTAN da unidade pública.....	63
Tabela 4.10 - Caudais de água e potências totais.	64
Tabela 4.11 - Número de equipamentos para as unidades pública e privada	64
Tabela 4.12 - Características dos Chillers e Bombas de calor	65
Tabela 4.13 - Parametrização dos Chillers e das Bombas de calor	66
Tabela 4.14 - Consumos energéticos associados à água aquecida e arrefecida	68
Tabela 4.15 – Energia consumida por categoria nas duas unidades (privada e pública)	69
Tabela 4.16 - Classe energética e emissões anuais de CO ₂	71
Tabela 4.17 – Custos energéticos anuais para cada um dos projetos	72
Tabela 4.18 - Preços dos equipamentos para os dois projetos	72

Índice de Equações

Equação 2.1.	9
Equação 2.2.	11
Equação 2.3.	13
Equação 2.4.	14
Equação 2.5.	14
Equação 2.6.	15
Equação 2.7.	15
Equação 2.8.	15
Equação 3.1.	38
Equação 3.2.	39
Equação 4.1.	56

Siglas e Acrónimos

ACSS	Administração Central do Sistema de Saúde
ASHRAE	Associação Americana dos Engenheiros de Aquecimento, Refrigeração e Ar-Condicionado (<i>American Society of Heating, Refrigerating and Air Conditioning Engineers</i>)
AVAC	Aquecimento Ventilação e Ar-Condicionado
ERS	Entidade Reguladora da Saúde
ERSE	Entidade Reguladora dos Serviços Energéticos
HAP	<i>Hourly Analysis Program</i>
HR	Humidade Relativa
RSECE	Regulamento dos Sistemas Energéticos e de Climatização de Edifícios
RT	Resistência Térmica
UTA	Unidade de Tratamento de Ar
UTAN	Unidade de Tratamento de Ar Novo
VC	Ventiloconvector
VE	Ventilador de extração

1. Introdução

1.1 Enquadramento

A qualidade do ar interior e o conforto térmico são essenciais para garantir a segurança e a comodidade das pessoas. No caso de unidades de cuidados de saúde, a qualidade do ar interior tem um papel fundamental na segurança e no conforto dos utentes. A qualidade do ar interior facilita os processos de tratamento dos utentes, bem como o controlo de infeções ou contaminações de espaços (Antunes et al., 2022; Chikwem & Nwakanma, 2021; D'avila, 2019).

O controlo da qualidade do ar é, portanto, imprescindível, quando se trata de unidades de cuidados de saúde. É comum um serviço de saúde apresentar salas de exames com características muito específicas que necessitam de um controlo do ar mais refinado. Nesse sentido, existe regulamentação, que abrange este tipo de unidades, no que diz respeito ao processo de conceção-construção e funcionamento. Na regulamentação estão presentes os requisitos mínimos que devem ser cumpridos para que seja garantida a qualidade do ar interior nos mais diversos tipos de serviços de saúde.

A regulamentação existente até à data de início deste estudo, pode ser diferenciada em função do setor em que a unidade se encontra, isto é, se se trata de uma unidade de cuidados de saúde do setor público ou privado. Sendo assim, existem duas regulamentações distintas para abordar o mesmo tipo de unidades. Existem as especificações técnicas para instalações de AVAC publicadas pela Administração Central do Sistema de Saúde (ACSS) que regulamentam as unidades públicas. As unidades privadas são regulamentadas ao abrigo dos decretos de lei publicados pelo diário da república, para o efeito.

Surge assim uma problemática relacionada com o facto de em espaços iguais ser aplicada regulamentação diferente, o que conduz a condições distintas de projeto. Esta situação representa uma disparidade de critérios levando a diferentes soluções adotadas para os mesmos espaços em virtude de os requisitos mínimos exigidos diferirem.

Estas diferenças encontradas nos critérios de conceção das instalações podem fazer variar parâmetros principais de projeto. Verificam-se em simultâneo algumas diferenças no que diz respeito às condições de pressurização dos espaços, pelo que também comportam alterações significativas nas capacidades dos equipamentos e controlo dos mesmos, nomeadamente no caso dos ventiladores.

As instalações responsáveis por manter a qualidade do ar interior são designadas por instalações de Aquecimento, Ventilação e Ar Condicionado (AVAC). Estas permitem o controlo de infeções, o controlo de temperaturas e humidades relativas para determinados espaços com funções médicas específicas e até mesmo o controlo das condições de segurança, como por exemplo a função de desenfumagem.

Este tipo de instalações comporta, na sua generalidade, horários de funcionamento alargados. Dado este alargado horário de funcionamento, é necessário que estas apresentem alguma eficiência energética, com o objetivo de redução das emissões de CO₂ no âmbito da descarbonização.

Considerando todos estes fatores, estas diferenças afetam as fases de um projeto, desde as soluções idealizadas na fase de conceção-construção até à fase de exploração. No subcapítulo seguinte (1.2) serão enunciados os principais objetivos e a estratégia implementada para verificar se esta disparidade de critérios tem ou não influência nos parâmetros anteriormente descritos.

1.2 Objetivos

O objetivo principal deste trabalho foi o de realizar um estudo comparativo de soluções de climatização aplicadas em unidades de cuidados de saúde, nomeadamente, unidades afetas a serviços de imagiologia. O estudo pretende comparar e aplicar os requisitos enunciados, para cada espaço, pela regulamentação afeta aos setores público e privado, no que diz respeito às soluções de climatização e tratamento de ar nos espaços relativos a salas de imagiologia e exames invasivos e espaços adjacentes de apoio ao serviço prestado.

Para realizar esta comparação, houve a necessidade de efetuar dois dimensionamentos distintos, para um mesmo edifício, um aplicando a regulamentação afeta a unidades de cuidados de saúde privadas (Decretos-Leis) e a unidades de cuidados de saúde públicas (Especificações técnicas da ACSS).

O trabalho efetuado pretende verificar se existem diferenças construtivas ao nível das soluções de AVAC a implementar e se por consequência existem diferenças nos consumos energéticos do edifício. A análise comparativa pretende estimar qualitativamente e quantitativamente as principais diferenças nas soluções a adotar para um projeto e como a variação destas pode afetar o dimensionamento, o tipo de solução compatível com a exigência, o custo, a capacidade dos equipamentos, a eficiência energética da instalação e respetivos custos de operação.

1.3 Organização

Dada a proposta de estudo e seus consequentes objetivos, o presente trabalho divide-se em cinco capítulos. A estrutura definida compreende as diferentes fases de evolução do estudo, desde a fase de motivação para o tema, até à obtenção e análise de resultados.

No capítulo número um, é enunciada a problemática que fundamentou a realização do presente estudo, bem como um enquadramento geral da área onde se insere a problemática e alguns fatores importantes a considerar para o estudo. Acompanhando o enquadramento estão enunciados os principais objetivos do estudo, bem como a organização estrutural do trabalho.

O levantamento do estado da arte onde se abordam temas complementares e necessários entender para abordar a problemática do estudo realizado é apresentado no capítulo número dois.

No capítulo número três, caracteriza-se o caso de estudo. O caso de estudo compreende um edifício de cuidados de saúde. Aliada à caracterização, estão simulações e balanços térmicos realizados no âmbito da conceção de instalações de AVAC, para determinar as necessidades térmicas do edifício. Após a determinação das cargas térmicas, são apresentadas as soluções de climatização para cada espaço, no âmbito dos dois projetos, e consequentemente quais as capacidades necessárias para o dimensionamento de todos os equipamentos da instalação.

Os resultados obtidos pelas simulações e balanços térmicos, bem como o custos relativos à instalação, manutenção e exploração do edifício para ambas as situações são apresentados no capítulo quatro. Adicionalmente, realiza-se uma comparação entre os sistemas, as capacidades, os consumos e os custos associados a cada uma das unidades, privada e pública.

As principais conclusões do presente trabalho são enunciadas no capítulo cinco.

2. Enquadramento Teórico

2.1. Qualidade do ar interior

A qualidade do ar interior é imprescindível para o bem-estar, saúde e conforto humano. Os primeiros estudos relativos à qualidade do ar interior datam dos anos 60, onde se verificou que a qualidade do ar interior dos espaços, quer de habitação, quer de trabalho, tinha um impacto grande e direto sobre as vias respiratórias dos seus ocupantes, representando por isso um risco para a saúde (McGraw-Hill, 2001).

Acrescendo o facto de grande parte da população passar, cada vez mais, parte do seu dia em espaços interiores, torna-se uma questão importante compreender do que depende a qualidade do ar interior e como pode a mesma ser controlada e melhorada. A qualidade do ar interior depende da concentração dos poluentes presentes no ar. Os poluentes existentes nos espaços podem ser provenientes da junção de três fatores: da atividade e ocupação humana, da emissão dos materiais de construção e da poluição do ar exterior, consoante a localização (Fonseca et al., 2022; Lino de Matos et al., 2014).

No que diz respeito à ocupação e atividade humana, o dióxido de carbono (CO_2) e o vapor de água resultantes do metabolismo humano são os principais compostos influentes na qualidade do ar. Sendo que o ar tem, originalmente, na sua composição CO_2 e vapor de água, em proporções dispare, a atividade humana apenas irá acentuar a sua concentração no ar interior. Valores de concentração de CO_2 elevados podem conduzir à formação de odores, cansaço e sonolência, dores de cabeça e em casos extremos podem levar a asfixia. Elevadas concentrações de vapor de água são propícias para o desenvolvimento de bactérias, ácaros e fungos que poderão a médio prazo ficar em suspensão no ar e gerar odores (Fabíola & Abreu, 2010; Fonseca et al., 2022).

Os materiais de construção, nomeadamente, pinturas, revestimentos e mobiliário, também apresentam uma contribuição para a deterioração da qualidade do ar interior, na medida em que emitem Compostos Orgânicos Voláteis (COV) e Formaldeído representando um risco para a saúde humana, uma vez que estes são tóxicos. Além destes, podem existir partículas em suspensão, tais como, fibras, poeiras e pólenes. Outro poluente que pode estar presente no ar denomina-se por radão, que é um gás cancerígeno proveniente dos solos, que passa por fissuras ou ruturas das fundações dos edifícios e das rochas difundindo-se nos espaços interiores (McGraw-Hill, 2001).

A qualidade do ar interior pode controlar-se pela colocação de ar novo (com maior grau de pureza) recorrendo à ventilação, natural ou mecânica, obrigando a que ocorram renovações do ar nos espaços. A colocação de ar no espaço pode ser efetuada apenas com ar novo ou com uma mistura entre ar novo e ar retornado do espaço. A quantidade de ar novo a colocar num espaço será função dos níveis de poluição de cada espaço, sendo necessário estimar qual a produção de poluentes nos espaços interiores consoante a ocupação e atividade, materiais constituintes e a concentração de CO₂ no ar exterior.

A qualidade do ar interior em ambientes de unidades afetas a cuidados de saúde tem um papel fundamental no bem-estar dos ocupantes e no controlo de infeções. As unidades de cuidados de saúde agregam um número avultado de doenças, tratando-se de um meio propício para a transmissão de microrganismos e doenças por via nosocomial. Deste modo, em edifícios de cuidados de saúde, o controlo da qualidade do ar é realizado de forma constante, derivado da facilidade de desenvolvimento de microrganismos (Fonseca et al., 2022).

O controlo da qualidade do ar tem em conta fatores físicos, químicos e biológicos prejudiciais à saúde dos ocupantes que frequentam, permanecem e trabalham nas unidades de cuidados de saúde (Lino de Matos et al., 2014). Em casos onde os pacientes apresentam um elevado grau de imunodepressão estão sujeitos a um elevado risco de contrair infeções, quando em contacto com agentes microbiológicos. (Agência Portuguesa do Ambiente, 2010).

Os fatores químicos, já referidos anteriormente, estão relacionados com os constituintes do ar. Estes constituintes afetam diretamente a qualidade do ar sendo importante controlar a sua concentração no ar insuflado nos espaços.

Os fatores biológicos relacionam-se com os microrganismos que se formam no interior dos espaços dividindo-se em bactérias e fungos. Os fungos representam bolores e leveduras. Estes levam à criação de odores indesejados. As bactérias representam a principal causa das infeções contraídas em ambientes de unidades de cuidados de saúde (Baudet et al., 2021). Estes microrganismos desenvolvem-se em ambientes muito húmidos e com temperaturas favoráveis, com uma ventilação inadequada (Agência Portuguesa do Ambiente, 2010).

Os fatores físicos estão diretamente relacionados com uma ventilação inadequada, com o incumprimento dos limites de temperatura e humidade (Agência Portuguesa do Ambiente, 2010). A ventilação inadequada, diz respeito às renovações de ar serem

inferiores aos valores mínimos necessários, a regimes de pressão desfavoráveis e filtração ineficiente.

Em casos em que não existe um controlo rigoroso da pressão dos locais podem existir fugas de ar, devido a diferenças de pressão entre espaços. Estas fugas representam um meio de transferência de ar contaminado para espaços adjacentes. Em salas limpas deve existir sobrepressão, ou seja, uma pressão superior relativamente aos espaços envolventes, levando a movimentações de saída do ar devido ao gradiente de pressão favorável. A mesma lógica deve ser aplicada no caso das salas sujas, aplicando-se um regime de subpressão, levando o ar a ser admitido neste tipos de salas impedindo-o de contaminar espaços limpos. Como se pode verificar na Figura 2.1 a pressão relativa varia com o grau de qualidade do ar definido para cada espaço (ASHRAE, 2003).

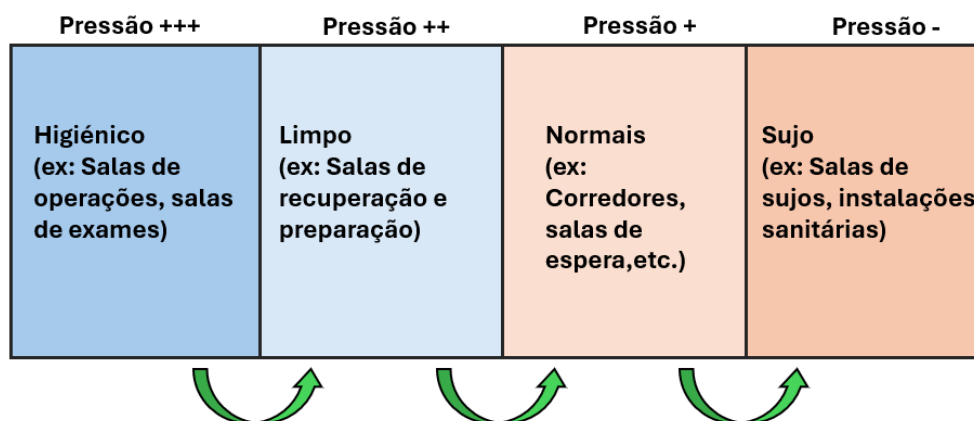


Figura 2.1 - Regimes de pressão para diferentes espaços, adaptado de ASHRAE (2003)

A utilização destas estratégias permite que o ar circule controladamente entre espaços sem que haja o risco de contaminação de zonas consideradas limpas (Figura 2.2).

A filtração desempenha um papel importante na qualidade do ar interior, visto que é responsável por reter partículas que estejam presentes no ar exterior ou no ar interior, permitindo reduzir ou eliminar a contaminação dos espaços. Em casos onde existe um controlo mais refinado dos compartimentos ao nível da quantidade de partículas suspensas no ar são utilizados filtros terminais (HEPA).

As salas de radiologia ou medicina nuclear, requerem uma maior atenção relativamente à qualidade do ar interior, pois comportam os problemas referidos anteriormente, acrescentando o facto de em algumas destas salas existir uma grande exposição dos pacientes e em alguns casos, o risco de libertação de agentes radioativos provenientes dos tratamentos clínicos (ASHRAE Handbook, 2007).

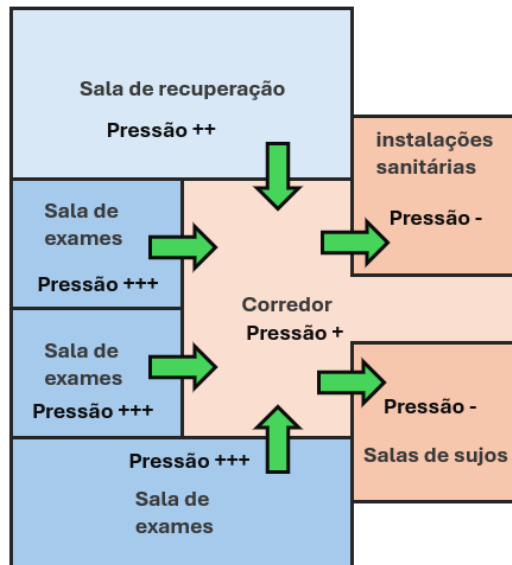


Figura 2.2 - Exemplo de regimes de pressão num serviço de saúde

2.2 Condições de conforto

O termo conforto está relacionado com a sensação de bem-estar, sendo por natureza subjetivo, na medida em que a sensação de conforto varia de pessoa para pessoa. O conforto é diretamente influenciado por fatores térmicos, acústicos, visuais e ergonómicos (Krü & Zannin, 2004). Cada um dos fatores, referidos anteriormente, está relacionado com fases distintas do projeto, sendo a principal preocupação na especialidade de AVAC: o conforto térmico e o conforto acústico.

O conforto térmico está diretamente relacionado com a transferência de calor entre a pele do corpo humano e o ambiente que o envolve. O conforto térmico engloba parâmetros ambientais e parâmetros pessoais. A conjugação de ambos define o conforto em função de cada indivíduo.

Os parâmetros ambientais são definidos pela temperatura e velocidade do ar envolvente, a temperatura radiante média das superfícies adjacentes ao espaço e pela humidade relativa (HR) do ar do espaço (Pinto et al., 2015). Estes fatores influenciam as perdas de calor por convecção, radiação e condução. A HR irá afetar a capacidade de transpiração da pele do corpo humano. Os valores máximos admissíveis para a velocidade do ar envolvente devem ser respeitados, não devendo estes exceder os 0,2 m/s em situações de atividade leve e para uma temperatura ambiente de 24 °C (Pinto et al., 2015).

Os parâmetros pessoais são a taxa metabólica e o isolamento térmico da indumentária. A taxa metabólica deriva da energia necessária do corpo humano para realizar as suas

atividades, variando em função do nível de atividade. A taxa metabólica é representada pela unidade met (1 met = 58,15 W/m²). Na Tabela 2.1 estão representados valores típicos da taxa metabólica em função do nível de atividade.

Tabela 2.1 Valores típicos da taxa de metabolismo, adaptado de DGEG & Adene (2021)

Tipo de atividade	Taxa de metabolismo [W/m ²]
Sono	0,8
Descanso	1,0
Sedentária	1,2
Moderada	1,75
Ligeiramente alta	2,5
Alta	5,0

A energia produzida por um corpo calcula-se sabendo a taxa de metabolismo e a área de *DuBois*. Este último parâmetro refere-se à área total da superfície da pele de um corpo humano nu, podendo ser determinada pela equação 2.1.

$$A_{Du} = 0,202m^{0,425}I^{0,725} \quad (2.1)$$

Onde,

A_{Du} – Área de *DuBois* [m²];

m – Massa do corpo [kg];

I – Altura do corpo [m].

O isolamento térmico da indumentária representa a resistência térmica à troca de calor entre o corpo humano e o meio envolvente. Esta é influenciada pelo material que compõe a indumentária sendo que, quanto mais elevada a resistência térmica menores são as perdas de energia, quer seja por convecção, condução e radiação. A resistência térmica pode ser medida em clo ou m² °C/W (1 clo = 0,155 m² °C/W).

Quando se fala em condições de conforto para o desenvolvimento de atividades, especialmente daquelas que exigem um elevado nível de concentração, o conforto acústico é imprescindível (Glean et al., 2022; Krü & Zannin, 2004). O excesso de ruído pode levar, em casos extremos, a situações de elevado stress e a problemas do foro psicológico (Bai & Jin, 2023).

O conforto acústico é, à semelhança da qualidade do ar interior e do conforto térmico, um fator a considerar no âmbito do projeto de edifícios e instalações. Em unidades de

cuidados de saúde, ou no caso de espaços afetos à recuperação, descanso e sono dos pacientes, o ruído causa perturbações nestas atividades (ASHRAE, 2003).

O ruído pode ser proveniente de fontes externas e fontes internas. A origem das fontes internas são habitualmente equipamentos em funcionamento, a presença de pessoas nos espaços e na realização das suas atividades. Para além dos principais equipamentos produtores de ruído, os sistemas e equipamentos relacionados com o AVAC são uma grande contribuição para o aumento da pressão sonora, tornando-se um fator relevante quando se aborda o projeto das instalações de AVAC (Glean et al., 2022).

As principais causas verificadas, para o aumento da pressão sonora, no que diz respeito ao AVAC, são a transmissão de ruído por condutas, velocidades de transporte do ar excessivas nas condutas e em elementos de difusão (ASHRAE, 2003). Deste modo, devem ter-se em consideração todos os aspetos referidos para que seja possível uma minimização do ruído gerado pelos equipamentos da instalação de AVAC.

2.3 Cargas térmicas

As cargas térmicas são, além da qualidade do ar interior e do conforto, um dos fatores mais preponderantes quando se realiza um projeto de AVAC, quer se trate de um edifício de comércio e serviços ou de um edifício de habitação. As cargas térmicas representam o somatório de todos os ganhos ou perdas de energia de um determinado espaço, e são originadas por fluxos resultantes de diferenças de temperatura e humidade específica que um determinado espaço apresenta face ao ambiente que o rodeia.

Os ganhos ou perdas de calor podem ser sensíveis, quando existe alteração da temperatura do ar do espaço, ou podem ser latentes quando existe alteração da humidade específica do ar do espaço. Deste modo, estes contribuem significativamente para a qualidade do ar interior, bem como para o conforto térmico.

As cargas térmicas são categorizadas de acordo com a sua fonte e origem, existindo, nomeadamente as cargas externas, internas, de infiltração e dos sistemas (ASHRAE, 2009).

A existência de cargas térmicas é explicada por fenómenos de transporte de massa e calor, visto que as mesmas são efetuadas por condução, convecção e radiação. Estes mecanismos estão sempre presentes no que diz respeito à transmissão de energia sob a forma de calor, como se ilustra na Figura 2.3.

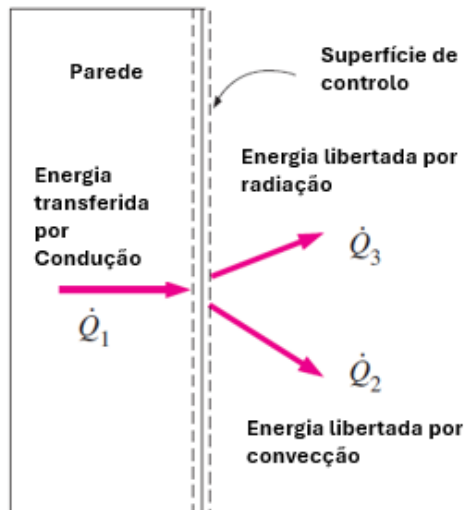


Figura 2.3 - Fenómenos de transferência de energia, adaptado de Cengel (2002)

O fenómeno de condução é impulsionado pela diferença de temperaturas entre superfícies, neste caso interior e exterior, pela área de superfície exposta a esta diferença de temperaturas e pela condutividade térmica dos materiais constituintes do corpo onde ocorre a transferência de calor (equação 2.2). O fenómeno físico da condução é descrito pela lei de Fourier.

$$\dot{Q}_{cond} = -kA \frac{\Delta T}{\Delta x} \quad (2.2)$$

Onde,

\dot{Q}_{cond} – Taxa de transferência de calor por condução [W];

k – Condutividade térmica do material do corpo [W/m.K];

ΔT – Diferença de temperatura entre superfícies [K];

A – Área da superfície exposta [m²].

Δx – Espessura dimensão transversal característica do corpo [m]

Na grande maioria dos casos aplica-se a lei de Fourier apenas a uma dimensão, considerando a dimensão a espessura da envolvente (ver a Figura 2.4). Esta simplificação realiza-se considerando como pressuposto que o gradiente de temperatura nas direções não consideradas não será significativo comparativamente com a direção à qual foi aplicada (Cengel, 2002).

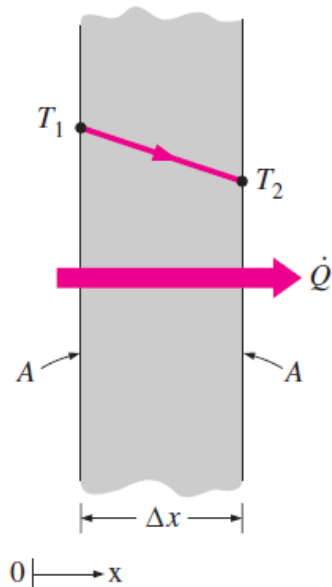


Figura 2.4 - Exemplo genérico da transferência de calor por condução através de uma parede plana, Cengel (2002).

O fenômeno de convecção está relacionado com a movimentação de um fluido sobre uma superfície ou por mistura de fluidos com diferentes cargas energéticas. No caso de um edifício, o fenômeno de convecção ocorre sempre que exista ar a contactar com as superfícies do edifício (Figura 2.5a), quer seja no interior ou no exterior. Ocorre convecção quando existem massas de ar com diferentes temperaturas (Figura 2.5b), promovendo movimentação do fluido apenas por diferenças de massa volúmica (Cengel, 2002).

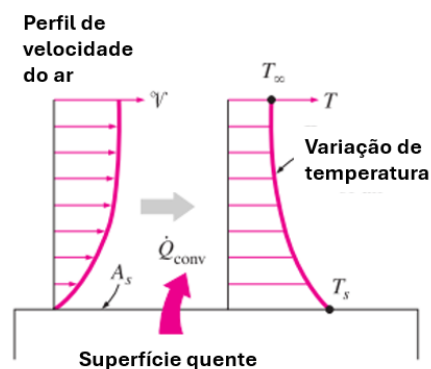


Figura 2.5 - Exemplo de convecção em superfícies (Cengel, 2002)

A convecção pode ser classificada em função da sua fonte, sendo definida como convecção natural, caso não exista qualquer impulso externo e as movimentações do fluido e troca de energia entre moléculas de fluido sejam causadas por diferenças de massa volúmica. Pode ser classificada como convecção forçada caso exista uma fonte

externa que força a movimentação do fluido promovendo uma maior troca energética entre as moléculas do fluido (Cengel, 2002).

A taxa de calor transferido por convecção é expressa pela lei de Newton para o arrefecimento (Equação 2.3). Verifica-se que a convecção é influenciada pela área exposta, pelo coeficiente de convecção e pela diferença de temperaturas entre a superfície em contacto e a temperatura do fluido que contacta com a mesma (Cengel, 2002).

$$\dot{Q}_{conv} = hA(T_s - T_{\infty}) \quad (2.3)$$

Onde,

\dot{Q}_{conv} – Taxa de transferência de calor por convecção [W];

h – Coeficiente de convecção [$W/m^2.K$];

T_s – Temperatura da superfície [K];

A – Área da superfície exposta [m^2];

T_{∞} – Temperatura do fluido ambiente [m].

O fenómeno de radiação ocorre pela propagação de energia através da emissão de ondas eletromagnéticas por parte de um corpo. Este fenómeno tem influência nos ganhos térmicos pois representa uma fonte adicional de energia acumulada pelas superfícies do edifício, quer seja por radiação que incide diretamente no edifício, quer seja pela irradiação de energia por parte dos ocupantes do espaço (Figura 2.6), por equipamentos em funcionamento ou pela iluminação interior (Cengel, 2002).

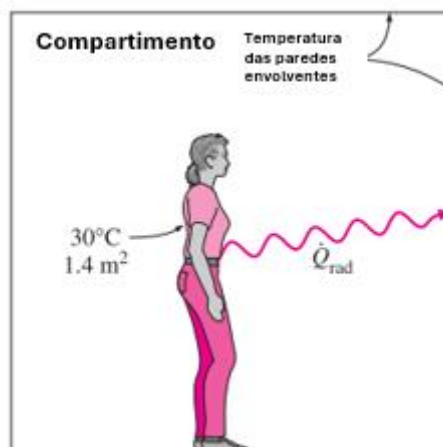


Figura 2.6 - Exemplo de irradiação de um ocupante num compartimento, Cengel (2002)

A energia emitida pode ser expressa pela lei de Stefan-Boltzman (equação 2.4), baseada na energia emitida por um corpo negro. A energia emitida depende da emissividade da superfície do corpo, da área de superfície e da temperatura da superfície (Cengel, 2002).

$$\dot{Q}_{emit} = \varepsilon \sigma A_s T_s^4 \quad (2.4)$$

Onde,

\dot{Q}_{emit} – Taxa de radiação emitida [W];

ε – Emissividade da superfície [$0 \leq \varepsilon \leq 1$];

σ – Constante de Stefan-Boltzman [$5,67 \times 10^{-8} \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}^4$];

A_s – Área da superfície [m^2];

T_s – Temperatura da superfície [$^{\circ}\text{C}$].

A energia absorvida é calculada em função da energia emitida, sendo esta expressa pela lei de Kirchhoff para a radiação (Equação 2.5).

$$\dot{Q}_{abs} = \alpha \dot{Q}_{emit} \quad (2.5)$$

Onde,

\dot{Q}_{abs} – Taxa de radiação absorvida [W];

α – Absortividade da superfície [$0 \leq \alpha \leq 1$].

Tendo por base todos os mecanismos de transmissão de calor, surgem dois conceitos relacionados entre si, a Resistência Térmica (RT) e o Coeficiente Global de Transmissão de Calor (U).

A RT de um material ou de um conjunto de materiais representa a resistência que um determinado material apresenta à passagem de calor. Este conceito torna-se de extrema importância para a compreensão dos estudos térmicos feitos às envolventes dos edifícios. Um edifício cuja envolvente tem uma elevada resistência térmica trata-se de um edifício bem isolado e dessa forma menos propenso a trocas de calor com o exterior. A resistência térmica pode ser aplicada em casos de convecção (equação 2.6) e para casos de condução (equação 2.7). É comum representar-se a resistência térmica em função da área, tornando possível efetuar uma análise independentemente da área de superfície.

$$RT_{conv} \times A = \frac{1}{h} \quad (2.6)$$

$$RT_{cond} \times A = \frac{L}{k} \quad (2.7)$$

Onde,

RT_{conv} – Resistência térmica associada à convecção [K.m²/W];

RT_{cond} – Resistência térmica associada à condução [K.m²/W];

h - Coeficiente de convecção [W/m².K];

L – Espessura da parede [m];

k – Condutividade térmica de um material [W/m.K];

A – Área da superfície exposta [m²].

A resistência térmica de uma envolvente será, portanto, a soma de todas as resistências térmicas dos materiais constituintes da envolvente, bem como do fluido que contacta com ambas as superfícies da parede.

O coeficiente global de transmissão de calor por sua vez é o inverso da resistência térmica (equação 2.8) e é usado para calcular os ganhos térmicos.

$$\frac{U}{A} = \frac{1}{RT} \quad (2.8)$$

Onde,

U – Coeficiente global de transmissão de Calor [W/m².K];

RT – Resistência térmica [K.m²/W];

A – Área da superfície exposta [m²].

2.3.1 Cargas térmicas exteriores

As cargas térmicas exteriores provêm do contacto direto ou indireto, por condução, convecção e radiação entre as superfícies do edifício e o ambiente exterior. As envolventes em contacto com o exterior são paredes exteriores, vãos envidraçados, cobertura e pavimento (ASHRAE, 2009).

Os ganhos térmicos exteriores estão dependentes da localização do edifício e são resultantes de diversos fatores, sendo alguns deles imprevisíveis e não controlados pelo ser humano. O principais fatores não controlados pelo ser humano são as condições

exteriores, tais como, temperatura, humidade relativa, vento e massas de ar, radiação incidente e condições do solo. Apenas a constituição do edifício é um fator com a possibilidade de controlo (ASHRAE, 2009; Costa, 2021).

A temperatura e a humidade relativa presente no ar exterior influenciam diretamente a superfície exterior das envolventes pelo que transferem ou retiram energia das mesmas. As condições de temperatura e humidade afetam os coeficientes globais de transmissão de calor, o que condiciona as trocas de energia entre a envolvente exterior do edifício e o ar exterior (ASHRAE, 2009; Costa, 2021).

A orientação do edifício representa outro fator importante nos ganhos térmicos, na medida em que quanto maior for a exposição solar das fachadas, superfícies envidraçadas e cobertura de um edifício, maiores os ganhos térmicos que o mesmo vai ter. A refletividade em redor do edifício é um fator preponderante e pode aumentar significativamente os ganhos térmicos por reflexão de radiação que não incide diretamente no edifício, mas é redirecionada pelos espaços envolventes, sejam eles edifícios em redor ou espaços adjacentes ao edifício em estudo (ASHRAE, 2009; Costa, 2021).

As condições do solo, tal como a temperatura e condutividade do mesmo, influenciam as perdas pelo pavimento. A constituição das envolventes, é responsável por criar uma barreira térmica pelo que deve apresentar uma resistência térmica alta. Uma envolvente exterior com isolamento insuficiente pode levar a elevados ganhos térmicos para o espaço.

Em todos os edifícios existem situações onde ocorrem perdas ou ganhos de energia por meio de pontes térmicas. As pontes térmicas são zonas do edifício onde a resistência térmica é reduzida e permitem uma transferência de calor superior à restante envolvente. Estas podem ser pontuais e lineares. As pontes térmicas pontuais são aquelas onde as três dimensões são da mesma ordem de grandeza, como por exemplo o vértice de união entre duas paredes e uma cobertura. No caso das pontes térmicas lineares estas caracterizam-se por uma das dimensões ser superior comparativamente às restantes como por exemplo um pilar de betão embebido numa parede. As pontes térmicas lineares podem ser planas ou não planas. São pontes lineares planas todas aquelas cujas superfícies interior e exterior são paralelas entre si e com áreas iguais (Figura 2.7a). Seguindo a mesma linha de pensamento, as pontes térmicas lineares não planas (Figura 2.7b) são todas aquelas onde as superfícies não são paralelas entre si ou a área da superfície é distinta, representando grande parte das situações onde existem pontes térmicas nos edifícios (Aroso, 1998).

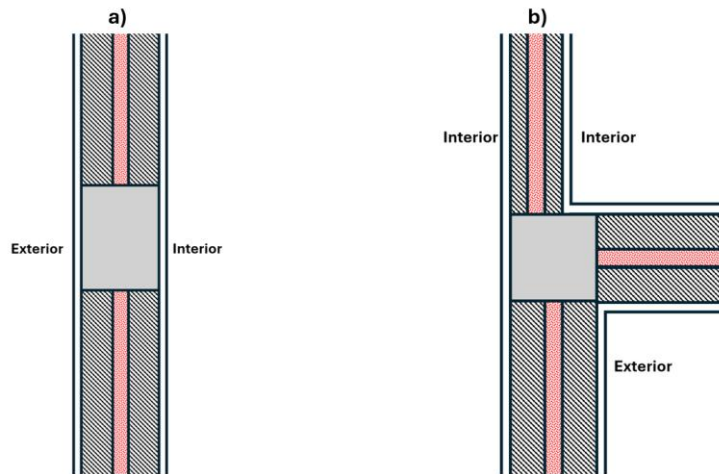


Figura 2.7 - Ponte térmica linear a) plana e b) não plana, Aroso (1998)

A carga térmica exterior compreende ganhos térmicos através do ar novo insuflado que se encontra às condições exteriores. Esta carga térmica é inevitável devido à necessidade de renovação do ar interior por mistura com o ar novo proveniente do exterior.

As cargas térmicas exteriores variam ao longo de um dia e em função das estações do ano, pelo que a sua determinação requer um compromisso entre as condições exteriores mais desfavoráveis para as situações de aquecimento no inverno e arrefecimento no verão. Deste modo, devem ser consideradas as condições exteriores durante um ano inteiro, realizando simulações diárias ajustadas ao perfil climático da zona (ASHRAE, 2003).

2.3.2 Cargas térmica interiores

As cargas térmicas interiores são originadas pela atividade desenvolvida no interior dos espaços. Estas provêm essencialmente dos ocupantes, da iluminação, de equipamentos em funcionamento, espaços adjacentes não climatizados e infiltrações de ar de espaços não climatizados. Os ganhos térmicos interiores variam ao longo de um dia, derivado da variação de pessoas no espaço em permanência, da iluminação ligada ao longo do dia e dos equipamentos que poderão ter períodos de funcionamento diferentes. Deste modo, a variação da carga térmica interior será uma função da simultaneidade de pessoas, iluminação e equipamentos em funcionamento, pelo que deve ser ajustada ao longo do dia (ASHRAE, 2003; Costa, 2021).

As atividades desenvolvidas pelos ocupantes representam uma fração grande da carga térmica presente no espaço. Esta pode ser sensível devido à irradiação do corpo humano e pode ser latente devido ao vapor de água resultante do metabolismo humano e transpiração da pele (ASHRAE, 2003). A permanência de pessoas no espaço irá

implicar uma resultante de carga sensível e latente acompanhada de emissão de CO₂ para o espaço, sendo um fator preponderante para a qualidade do ar interior e para o conforto.

Os equipamentos dissipam calor para o espaço derivado do seu funcionamento. A carga térmica interior associada às unidades de saúde é maioritariamente proveniente dos equipamentos médicos. A carga libertada para o espaço será função da potência do equipamento, mas geralmente não é correspondente à potência máxima disponibilizada pelo equipamento em funcionamento. O equipamento irá funcionar, na maior parte das vezes, com uma potência intermédia. Desta forma, é usual considerar-se um fator de diversidade correspondente ao rácio entre a potência média do equipamento e a potência máxima. Para além do fator de diversidade, deve ser considerado um fator de simultaneidade dos equipamentos para que seja possível determinar a carga resultante, hora a hora (ASHRAE, 2003; Costa, 2021).

A iluminação é outra fonte de libertação de calor para o espaço. À semelhança dos equipamentos e dos ocupantes, a carga de iluminação irá variar em função do número de aparelhos de iluminação que estão em funcionamento. Existem casos específicos, como as salas de cirurgia, onde a densidade de iluminação é muito elevada levando a uma contribuição mais expressiva para os ganhos térmicos por iluminação. À semelhança das restantes cargas, devem ser considerados os picos de utilização e contemplados num horário de funcionamento para que se possa realizar uma boa aproximação da carga térmica (ASHRAE, 2003). No entanto, com o avançar dos anos a utilização da tecnologia LED tem vindo a diminuir as cargas térmicas por iluminação, tratando-se de uma melhoria no que diz respeito ao comportamento térmico dos edifícios.

Os espaços adjacentes não climatizados representam normalmente uma carga geralmente desprezável. Em condições onde existe uma grande diferença de temperatura entre os espaços adjacentes não climatizados e os espaços climatizados, os ganhos térmicos deverão ser considerados, uma vez que poderão ser significativos (ASHRAE, 2003).

2.4 Sistemas e Equipamentos de AVAC

Os equipamentos de uma instalação de AVAC são responsáveis pelo tratamento, transporte e difusão do ar, com as devidas condições termohigrométricas definidas e regulamentadas. A sua existência é de elevada relevância na medida em que garantem continuamente, não só as condições de temperatura e humidade dos espaços, mas

também o controlo de pressurização nomeadamente em salas limpas ou salas de isolamento.

Na saúde estes fatores são de extrema importância, dado que são fatores que podem exponenciar o aparecimento de doenças contagiosas. Como referido anteriormente, o ser humano é um dos principais agentes de contaminação em ambiente hospitalar e/ou clínico. Deste modo uma instalação de AVAC abrange uma substancial quantidade de requisitos para além de cumprir as temperaturas e humidades relativas. Estas instalações devem ser projetadas para que as zonas limpas não sejam comprometidas, através de infiltrações de ar proveniente de espaços contaminados. A colocação dos elementos terminais de insuflação e extração também devem ser adequados para que não haja a criação de zonas mortas, conduzindo à formação de zonas de estagnação onde não existe renovação de ar e por consequência irá conduzir à acumulação de contaminantes.

No que diz respeito aos sistemas, para que as condições pretendidas sejam cumpridas é necessário que as instalações de AVAC sejam dotadas da capacidade de produção térmica, para arrefecimento e aquecimento do ar, e da capacidade de funcionamento dinâmico no que diz respeito às condições de pressurização dos compartimentos

Os sistemas podem ser classificados quanto à sua localização e quanto ao fluido de trabalho. Quanto à localização existem sistemas individuais e sistemas centralizados. Os sistemas individuais são caracterizados por sistemas cuja aplicação é afeta a um único espaço, como é o caso de unidade de climatização do tipo *Split*. Os sistemas centralizados caracterizam-se como um único sistema afeto a diversos espaços, onde é feita a produção térmica centralizada e distribuição do fluido de trabalho para os mesmos, como é o caso de uma UTA, de um *Chiller* ou de um *Rooftop*.

2.4.1 Sistemas centralizados

No que diz respeito aos equipamentos, identificam-se aqueles cuja aplicação é mais frequente no âmbito de unidades de cuidado de saúde. Em unidades deste género, nomeadamente em salas de exames de diagnóstico, salas limpas e salas de cirurgia o uso de fluidos frigoríficos como meio de arrefecimento/aquecimento não é comum devido a problemas de segurança em caso de fuga. Deste modo, é comum e preferível o uso de água tratada como meio de arrefecimento/aquecimento do ar, através de centrais térmicas de produção de água arrefecida e água aquecida (ASHRAE, 2003).

O uso de unidades de ciclo frigorífico dedicado é usado em casos mais particulares, geralmente em situações que correspondem a espaços com uma ocupação inexistente ou reduzida e onde não há perigo de uma contaminação do ar devido a uma fuga do

sistema de expansão direta. Um exemplo da sua aplicação é em salas técnicas de apoio a salas de exames de imagiologia, onde existe uma carga térmica substancial.

O tratamento do ar é geralmente realizado por Unidades de Tratamento de Ar (UTA) ou por Unidades de Tratamento de Ar Novo (UTAN). Estas são responsáveis pelo tratamento do ar, realizando processos de aquecimento, arrefecimento e desumidificação, pré-filtração e filtração, humidificação e aumento da pressão estática do ar, recorrendo a ventiladores, para que o ar possa vencer as perdas de carga necessárias até chegar ao espaço onde será insuflado. O processo de tratamento do ar, como referido anteriormente, carece de vários equipamentos. Os elementos presentes numa UTA geralmente compreendem, para além de alimentação elétrica e sensores ou transdutores, recuperadores de calor, baterias de arrefecimento, baterias de aquecimento, humidificadores, filtros e ventiladores (AHSRAE Handbook, 2007; Costa, 2021).

Nas UTA existem por vezes módulos de recuperação de calor. A recuperação de calor realiza-se, geralmente, de três formas distintas, que envolvem o contacto direto ou indireto do ar novo e o ar que retorna à unidade de tratamento. Deste modo, é possível retirar energia ao ar que será retirado do espaço e aproveitar a mesma para reduzir a capacidade das baterias de aquecimento e arrefecimento.

A recuperação pode ser executada recorrendo a uma roda térmica, a um permutador de placas com fluxos cruzados, ou a uma permuta entre duas baterias, vulgarmente designada por “Run-around Coil”. O método da roda térmica (Figura 2.8) apresenta uma boa eficiência, no entanto apresenta limitações quanto às dimensões mínimas. Este método apenas é indicado quando não existe risco de contaminação do ar novo (Rui Cavaca Marcos, 2023).

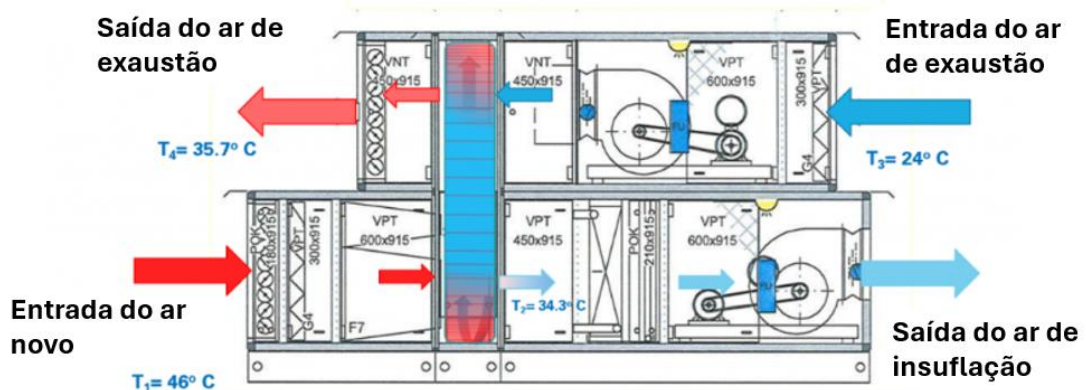


Figura 2.8 – Unidade de tratamento de ar novo com recuperação por roda térmica, adaptado de Conserve Solutions (2020)

O método do permutador de fluxos cruzados, representado na Figura 2.9, apresenta uma eficiência inferior à da roda térmica, no entanto, não necessita de fornecimento de energia elétrica para o seu funcionamento. À semelhança da roda térmica, pode ocorrer o risco de contaminação do ar a ser insuflado se não existir estanquidade total no permutador de placas (Rui Cavaca Marcos, 2023).

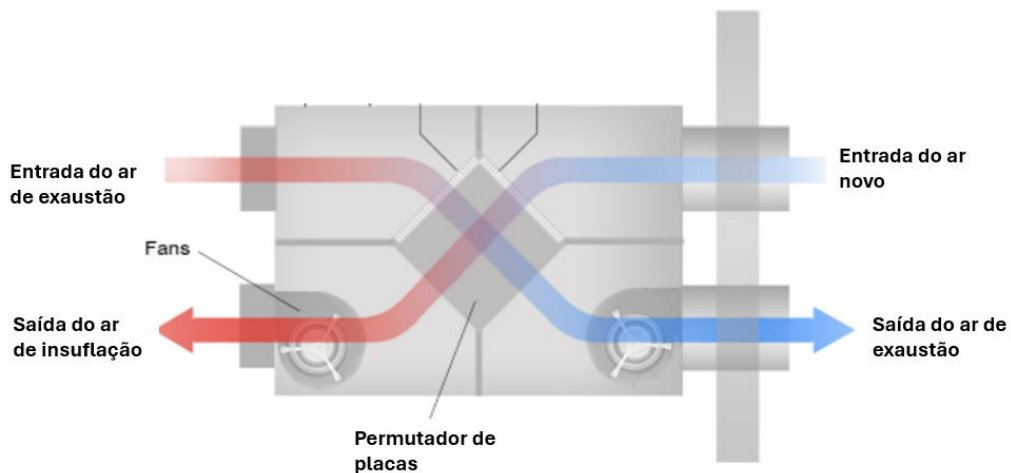


Figura 2.9 – Exemplo de um permutador de fluxos cruzados, adaptado de (airtècnics)

Por sua vez, o permutador “Run-around Coil” é constituído por duas baterias, como se esquematizado na Figura 2.10, uma do lado do ar que retorna à UTA e outra no lado correspondente ao ar novo. A troca térmica é efetuada por um fluido que circula no interior das baterias. Esta metodologia necessita de um sistema de bombagem do fluido para a troca térmica, o que implica o fornecimento de energia elétrica (Rui Cavaca Marcos, 2023).

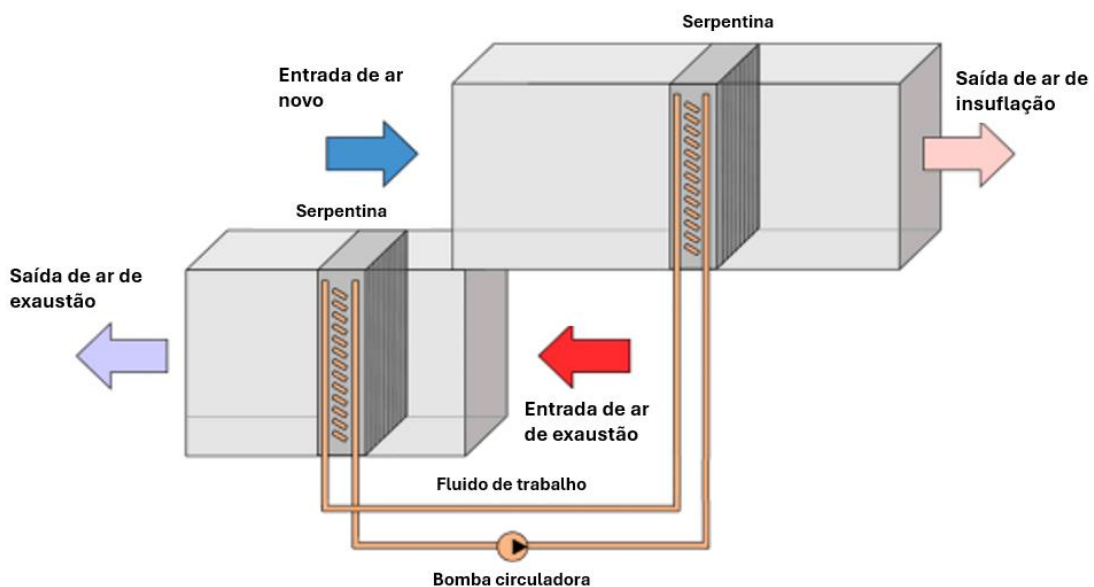


Figura 2.10 – Exemplo de recuperação com “run-around coil”, adaptado de Mahmoud et al. (2022)

No que diz respeito à filtração, esta pode estar presente nas unidades centrais, como é o caso das UTA ou UTAN, ou pode estar presente nos elementos terminais de difusão ou recirculação do ar insuflado. Os filtros dividem-se essencialmente em duas categorias, filtros de saco e filtros planos (Rui Cavaca Marcos, 2023). Os filtros planos estão associados a filtros de baixa eficiência enquanto os filtros de saco apresentam uma eficiência de filtração superior (representados na Figura 2.11).

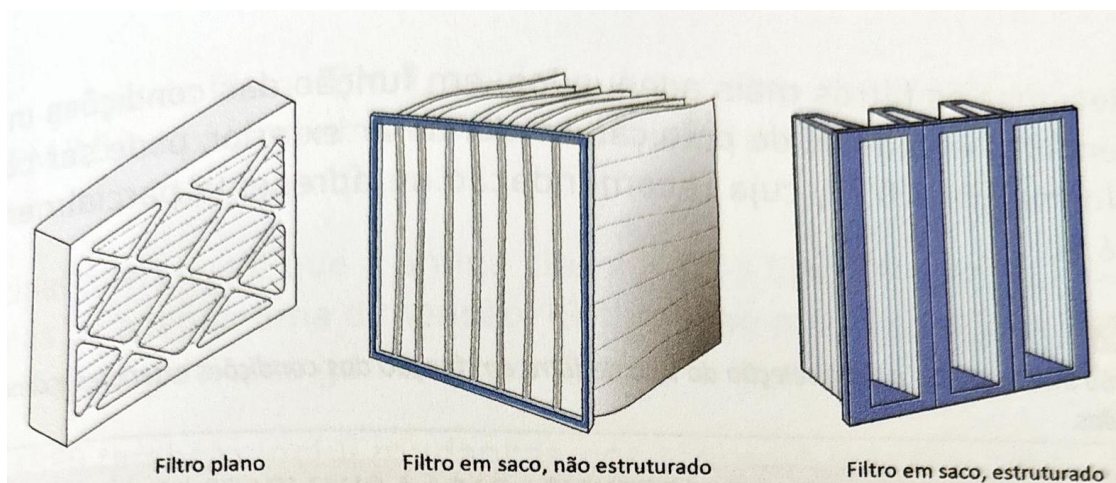


Figura 2.11 - Tipos de filtros (Rui Cavaca Marcos, 2023)

Em função das necessidades de qualidade do ar interior existem filtros com diversas eficiências. A eficiência dos filtros é categorizada por baixa, média e alta eficiência, e pode ser especificada por normas distintas, nomeadamente, a norma EN 13779 (European Committee for Standardization, 2007a), a norma EN 1822 (European Committee for Standardization, 2019) e a norma ISO 16890 (ISO, 2016). As normas EN 13779 e EN 1822 classificam os filtros mediante a sua classe de eficiência (Tabela 2.2).

Tabela 2.2 - Classes de filtração EN 13779 e EN 1822, adaptado de Rui Cavaca Marcos (2023)

Eficiência	Designação EN 13779	Designação EN 1822
Baixa	G1 a G4	-
Média	M5 e M6, F7 a F9	-
Alta	-	E10 a E12, H13 e H14, U15 a U17

Por outro lado, a Norma ISO 16890 (Tabela 2.3) especifica a eficiência dos filtros para a retenção de partículas de 0,3 a 10 μm (Rui Cavaca Marcos, 2023).

Em casos de unidades de cuidados de saúde, as UTA podem ter de ser certificadas higienicamente. Em termos de certificações higiénicas, geralmente, fala-se em duas certificações, a VDI 6022 (Verein Deutscher Ingenieure, 2018) e DIN EN 1946-4 (Standards Committee for Heating and Ventilation, 2008). Ambas as certificações

descrevem quais os requisitos necessários para as UTA, podendo variar entre si em alguns parâmetros.

Tabela 2.3 - Eficiência de filtração, adaptado de Rui Cavaca Marcos (2023)

Designação	Tamanho das partículas [μm]	Eficiência mínima [%]
ISO ePM₁	$0,3 \leq x \leq 1$	≥ 50
ISO ePM_{2,5}	$0,3 \leq x \leq 2,5$	≥ 50
ISO ePM₁₀	$0,3 \leq x \leq 10$	≥ 50
ISO grosseiro	$0,3 \leq x \leq 10$	< 50

No que diz respeito à certificação higiénica segundo a norma VDI 6022, esta requer a seleção de materiais que não liberte substâncias ou partículas perigosas. A escolha de materiais não metálicos deve ser cuidada na medida em que não devem ser uma fonte para a criação de microrganismos. As unidades devem dispor de acesso para limpeza e manutenção, devendo dispor de espaço para desinfeção. A filtração deve ser adequada para evitar a passagem de agentes contaminantes para os compartimentos. No que diz respeito à selagem e ao isolamento estes devem ser garantidos para prevenir fugas de ar que podem comprometer a eficiência de ventilação dos espaços (FLAKTGROUP, 2023).

A certificação higiénica segundo a norma DIN EN 1946-4 apresenta, à semelhança da VDI, os requisitos mínimos para se ter uma UTA higiénica.

Todos os componentes e materiais, incluindo vedantes, no lado da alimentação das UTA não devem ser prejudiciais à saúde, não devem emitir odores ou substâncias nocivas e não devem promover a formação de microrganismos. Os materiais do revestimento que entram em contato com o ar, devem ser resistentes a desinfetantes (Standards Committee for Heating and Ventilation, 2008).

As superfícies localizadas dentro do fluxo de ar devem ser pelo menos galvanizadas e revestidas (mínimo de 25 μm para revestimento das serpentinas, mínimo de 60 μm para revestimento em pó ou revestimento húmido de camada dupla). A parte inferior da unidade deve apresentar tabuleiros de condensados para todas as superfícies que possam potencialmente entrar em contato com água. Devem ser resistentes à corrosão e feitos de aço inoxidável ou uma liga de alumínio. Se a unidade for para aplicar no exterior é necessária uma construção anti corrosão. Os perfis de vedação devem ser feitos de materiais não porosos e não devem absorver humidade (Standards Committee for Heating and Ventilation, 2008).

As superfícies internas da UTA devem ser lisas e livres de áreas de absorção expostas, e deve ser construída sem ranhuras e reentrâncias para que toda a superfície possa ser efetivamente limpa e para que não haja depósitos de partículas (Standards Committee for Heating and Ventilation, 2008).

2.4.2 Unidades terminais

Os equipamentos do subcapítulo 2.4.1 dizem respeito ao tratamento do ar a montante das instalações, geralmente associados aos equipamentos centrais de distribuição de ar. No entanto, a difusão do ar nos espaços é garantida por unidades terminais, que em função da exigência do espaço, podem apresentar diferentes configurações.

As aplicações mais comuns são as grelhas de insuflação e difusores, aplicados na grande maioria dos espaços. Estes elementos terminais podem apresentar variadas configurações, tanto na forma como no tipo de escoamento do ar. Em determinadas aplicações, é exigido que as unidades terminais apresentem filtros de alta eficiência, como é o caso de recobros cirúrgicos, salas de pequenas cirurgias e salas de exames considerados como invasivos.

Por outro lado, existem os ventiloconvectores (VC), que são unidades terminais dotadas de baterias de arrefecimento e aquecimento e uma unidade de ventilação. Este tipo de unidade tem a capacidade de climatizar o ar da sala e de o recircular. Funciona geralmente com recurso a uma rede hidráulica a 2 ou 4 tubos, com água aquecida e água arrefecida, produzida numa central térmica. Existem duas configurações possíveis para a utilização de unidades deste género.

A primeira configuração pressupõe que o VC admite ar do exterior diretamente, e que o trata para que fique às condições pretendidas no projeto. Esta metodologia implica que as baterias do VC apresentem uma capacidade térmica superior, visto que além de retirar a carga térmica ao espaço, as mesmas têm de retirar a carga térmica ao ar novo.

A segunda configuração pressupõe que o VC apenas retira a carga térmica do espaço, pelo que a insuflação de ar novo é garantida por uma unidade central de distribuição aerúlica (UTA ou UTAN).

Em aplicações mais específicas, como é o caso de salas de cirurgia ou salas de angiografia onde se realizam procedimentos cirúrgicos, é comum a utilização de tetos de fluxo laminar cuja função é criar um escoamento unidirecional.

2.4.3 Produção térmica

O termo produção térmica está associado à transferência de energia para o fluido de trabalho da instalação. Neste sentido, quando se fala em produção térmica, refere-se a equipamentos que fazem esta transferência.

A produção térmica é geralmente realizada por equipamentos centralizados, quer se trate de um sistema a água quer se trate de um sistema de expansão direta. Neste contexto serão apenas abordados equipamentos de produção térmica para sistemas de água arrefecida e água aquecida.

A produção de água arrefecida é realizada por um Chiller. Um Chiller é um equipamento que funciona, geralmente, segundo um ciclo frigorífico de compressão de vapor (Figura 2.12). Este é constituído por um compressor, uma válvula de expansão, e dois permutadores de calor, sendo um deles o evaporador e o outro o condensador. O condensador pode ser arrefecido com ar ou com água. Do lado do evaporador existe a passagem de água que se pretende arrefecer. As temperaturas de trabalho, são geralmente 12 °C à entrada e 7 °C à saída do chiller.

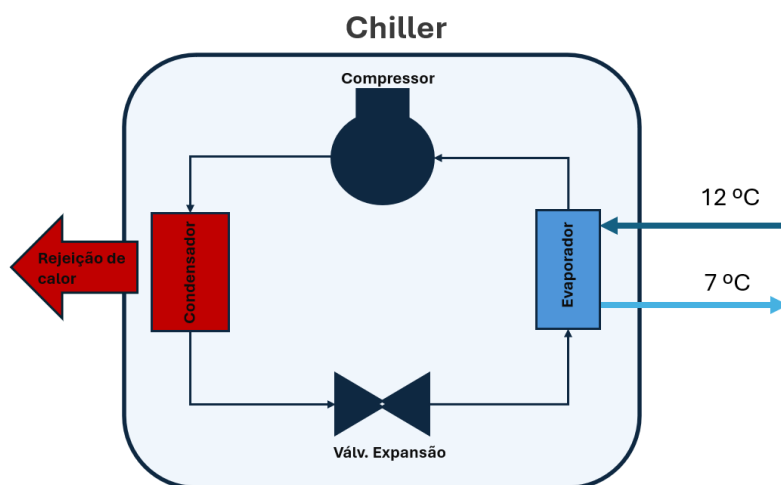


Figura 2.12 – Ciclo frigorífico de um chiller

Em edifícios que tenham necessidades simultâneas de água arrefecida e água aquecida é possível realizar uma recuperação de calor através do condensador do chiller. Esta recuperação pode ser feita para pré-aquecer a água do circuito de água aquecida, ou em casos em que a potência térmica necessária para o circuito de água quente é relativamente inferior à de água arrefecida, pode realizar-se uma recuperação total.

Por outro lado, a produção de água aquecida pode ser garantida por dois equipamentos, uma bomba de calor ou por uma caldeira. Neste caso, não se irá falar de caldeiras, na medida em que estas são geralmente usadas para produzir água a temperaturas superiores a 60 °C, não sendo o âmbito para o caso de estudo (Costa, 2021).

Adicionalmente, estas estão a cair em desuso por causa do objetivo de descarbonização e redução do uso de combustíveis fósseis.

A bomba de calor tem um funcionamento idêntico ao do chiller, na medida em que funciona com um ciclo frigorífico, sendo a única diferença, que o condensador é utilizado para aquecer água e o evaporador é quem absorve energia do exterior. A bomba de calor geralmente trabalha com uma temperatura de fornecimento de água aquecida de 45 °C e a água de retorno vem a 40 °C.

Tanto as bombas de calor como os chillers apresentam vulnerabilidades no que diz respeito à rejeição ou absorção de energia pelo ambiente exterior. Em função das temperaturas exteriores, estes podem ver a sua eficiência ser comprometida. No caso do chiller, verifica-se que quando a temperatura exterior é muito alta, há uma redução da troca térmica na condensação, podendo reduzir a capacidade de produzir frio do chiller. O mesmo fenómeno é verificado no caso da bomba de calor, caso a temperatura exterior do ar seja muito próxima ou inferior à temperatura de evaporação.

2.5 Salas de exames de imagiologia

As salas dos exames de imagiologia compreendem uma vasta gama de requisitos, devido em certos casos à exigência que o exame necessita, no que diz respeito ao controlo da qualidade do ar, à tecnologia que pode ser usada para realizar o tratamento do ar e sua distribuição. Deste modo, estes espaços carecem de legislação própria, e como tal, devem ser analisadas em separado aquando da realização de um projeto da respetiva instalação técnica.

As salas de exames de imagiologia, no contexto de um meio hospitalar devem apresentar um controlo do número de partículas em suspensão no ar, como foi falado anteriormente no capítulo 2.1. Este controlo é feito com recurso a filtração de alta eficiência, à pressurização das salas, controlo de caudais e velocidades de insuflação.

A caracterização das salas limpas é feita na norma ISO 14644-1 (ISO, 2015), onde são categorizados os compartimentos em função do número máximo de partículas em suspensão que podem existir. De uma forma menos exaustiva, podem agrupar-se os tipos de salas existentes e a sua respetiva classe:

- Indústria da eletrónica: ISO 1 a 6.
- Indústria da biotecnologia: ISO 5 a 8.
- Farmacêutica: ISO 5 a 8.
- Meio hospitalar: ISO 5,7 e 8.

Quanto mais baixa a classe, mais exigente o seu controlo. A classe das salas não limita apenas o número de partículas em suspensão no ar, como considera em simultâneo a velocidade de insuflação, o caudal mínimo de renovações e recirculações que devem ser realizadas, o regime de escoamento, a cobertura do teto e o tipo de filtração.

Na Tabela 2.4 estão resumidas algumas das exigências quanto à insuflação de ar e filtração.

Tabela 2.4 - Classificação de salas limpas segundo ISO 14644-1 adaptado de Rui Cavaca Marcos (2023)

Classe ISO 14644-1	Escoamento	Renovações por hora [ren/h]	Cobertura do teto [%]	Tipo de filtro
ISO 5	Laminar	240 - 600	35 - 70	HEPA ¹
ISO 6	Turbulento	150 - 240	25 - 40	
ISO 7	Turbulento	60 - 150	15 - 20	
ISO 8	Turbulento	5 - 60	5 - 15	

¹ HEPA – High Efficiency Particulate Arrestance

No caso em estudo não existem classes inferiores à classe ISO 8, no entanto, em determinadas circunstâncias, podem ser necessários exames de imagiologia em intervenções cirúrgicas pelo que a exigência pode obrigar à realização de fluxo laminar ou unidirecional.

Outro conceito importante a considerar é, a classificação das salas de imagiologia e exames invasivos quanto à sua natureza de intervenção. Os exames podem ser invasivos ou não invasivos. Entende-se por exame invasivo, aquele em que há algum risco de exposição do paciente ao meio ambiente, por exemplo procedimentos que envolvem penetrações no organismo. São exemplos disto alguns casos de angiografias, que decorrem de intervenções cirúrgicas. Por outro lado, os exames não invasivos são todos os restantes, devido a não existir qualquer tipo de exposição do organismo.

Os exames de imagiologia dividem-se em 3 grandes categorias: a Radiologia, a Medicina Nuclear e a Radioterapia. No presente trabalho apenas serão abordados alguns exames de Radiologia e Medicina Nuclear.

A angiografia é um exame que visa obter imagens dos vasos sanguíneos, por meio de injeção de contraste radiopaco. Este contraste é aplicado por forma a diferenciar os vasos sanguíneos dos restantes tecidos do corpo humano (Arêde & Vaz, 2011).

A angiografia distingue-se em dois ramos, de Diagnóstico ou de Intervenção. O ramo de intervenção tem como objetivo realizar tratamentos, tais como colocação de stents, colocação de endopróteses, entre outros. Por outro lado, a angiografia de diagnóstico

permite realizar um reconhecimento dos vasos sanguíneos, dos vasos linfáticos, etc. (Arêde & Vaz, 2011).

Deste modo, é possível identificar que existem duas situações distintas no que diz respeito à natureza do exame. No caso das angiografias de diagnóstico, estas não envolvem intervenção cirúrgica, pelo que se pode considerar um exame não invasivo. Seguindo a mesma lógica, as angiografias de intervenção podem considerar-se como um exame invasivo. É importante referir que para o caso em estudo, a modalidade considerada foi a de uma angiografia de Intervenção.

A ressonância magnética é uma técnica de imagiologia que permite obter imagens através das interações do campo magnético e ondas de radiofrequência com os tecidos. Desta forma, os pacientes são sujeitos a um campo magnético que pode variar entre 1,5 Tesla e 3 Tesla (Brito, 2023).

Devido a este campo magnético gerado, é necessário que exista uma blindagem da sala em que o exame é realizado, para evitar que haja passagem das ondas eletromagnéticas geradas pelo campo. As ondas eletromagnéticas podem interferir com o processamento e aquisição de imagens. Esta blindagem é realizada com recurso uma gaiola de Faraday, que impede a propagação de ondas eletromagnéticas para fora da sala de exames. Sendo assim, no que diz respeito às soluções de climatização e ventilação do espaço, não podem ser colocados equipamentos metálicos, com propriedades magnéticas dentro do espaço.

O principal componente do equipamento da ressonância magnética é o magneto. O magneto é o responsável pela indução do campo eletromagnético e carece de um elevado arrefecimento durante a sua utilização. Deste modo, o arrefecimento do magneto é um fator importante a considerar. O magneto é arrefecido num circuito primário com hélio no estado líquido a temperaturas próximas dos 0 K. Por sua vez, o circuito de arrefecimento de hélio é auxiliado por um circuito de água arrefecida, produzida por um chiller, que pode ou não ser dedicado (ASHRAE, 2003).

Geralmente existem espaços técnicos próximos da sala de ressonância, onde se encontram equipamentos destinados ao arrefecimento do magneto da ressonância.

Tanto a tomografia computadorizada, como o raio X, são exames que se baseiam nos princípios físicos da radiologia convencional, isto é, utilizam os raios X para a aquisição de imagens. No caso do raio X, apenas é possível obter imagens bidimensionais, ao passo que na tomografia computadorizada, o exame é realizado por uma ampola que roda 360° em torno do corpo humano tirando vários planos de corte, permitindo adquirir uma imagem tridimensional. Tratam-se, ambos, de um exame não invasivo.

A ecografia é uma técnica de imagiologia, de diagnóstico, que pode ser usado na detecção de patologias cardíacas, hepáticas, biliares, pancreáticas, entre outras. Trata-se de um exame não invasivo.

Ao contrário dos restantes exames a designação “Câmara Gama” está associada ao equipamento e não ao nome do exame. Os exames realizados pela câmara gama são denominados por SPECT ou PET. Estes são categorizados como tomografias de emissão. Estes exames caracterizam-se pela utilização de materiais radioativos (radiofármacos), que são injetados aos pacientes (Reis, 2012).

O exame consiste em adquirir imagens captadas por uma câmara giratória de raios gama, de vários planos diferentes, fazendo uma reconstrução bidimensional ou tridimensional. Desta forma, é possível localizar anomalias dentro do corpo humano (Reis, 2012). Sendo assim, os exames PET e SPECT não são considerados invasivos, contudo existem riscos de emissão de radiação por parte dos pacientes.

Associada aos exames de medicina nuclear, existe geralmente uma radiofarmácia. Este é o local onde se preparam e armazenam os produtos radiativos que são administrados nos pacientes.

Todos os exames descritos anteriormente, estão agrupados em exames de imagiologia. No entanto, será também abordado neste trabalho devido à sua especificidade, mais um tipo de exame, não correspondente à imagiologia. Esse tipo de exame é a endoscopia. A endoscopia é um exame que é utilizado para avaliar o interior do corpo humano. Em função do que se pretende observar, podem ter diferentes designações, no entanto, todos eles consistem em inserir um tubo, fino e flexível com uma câmara, no interior do corpo humano. A endoscopia pode ter fins terapêuticos ou de diagnóstico, à semelhança da angiografia. A endoscopia é um exame invasivo.

As unidades de cuidados de saúde por defeito apresentam horários de funcionamento alargados. O mesmo se verifica no caso das unidades afetas a serviços de imagiologia. Estas salas de exames podem chegar a necessitar de climatização 16 horas por dia. Deste modo, torna-se imprescindível que estas unidades apresentem alguma eficiência energética no âmbito da redução da energia necessária para o seu funcionamento. Associadas a esta redução energética estão as emissões de CO₂ que resultam do funcionamento da instalação. Caminhando no sentido da descarbonização, é essencial reduzir tanto quanto possível as emissões de CO₂. A energia utilizada para o funcionamento das instalações pode não ser fonte direta de combustíveis fósseis, no entanto, para a produção de energia elétrica geralmente são utilizados combustíveis fósseis. Assim, quanto mais reduzidos forem os consumos energéticos das instalações,

menos energia primária tem de ser produzida para as alimentar, reduzindo assim as emissões de CO₂.

Em Portugal, 30% da energia final consumida deve-se ao setor dos edifícios. Estima-se que 50% dos consumos podem ser reduzidos, representando uma redução anual de 400 milhões de toneladas de CO₂ (DGEG, 2024).

Surge o sistema de certificação energética (SCE) que disponibiliza metodologias para determinar qual a classe energética de cada edifício, adequado à tipologia do edifício em si e ao tipo de equipamentos que tem. A classe energética serve como uma métrica para avaliar se o edifício cumpre os requisitos mínimos exigidos ao nível dos consumos energéticos, e em função disso apresentar melhorias no âmbito da eficiência energética.

A classe energética apresenta 8 níveis (Tabela 2.5). Esta é a relação entre o indicador de eficiência energética previsto para o edifício e o indicador de eficiência energética de referência para o edifício.

Tabela 2.5 - Classes energéticas para edifícios de comércio e serviços (DGEG & Adene, 2021).

Classe energética	R_{IEE}
A⁺	$R_{IEE} \leq 0,25$
A	$0,25 < R_{IEE} \leq 0,50$
B	$0,50 < R_{IEE} \leq 0,75$
B⁻	$0,75 < R_{IEE} \leq 1,00$
C	$1,00 < R_{IEE} \leq 1,50$
D	$1,50 < R_{IEE} \leq 2,00$
E	$2,00 < R_{IEE} \leq 2,50$
F	$R_{IEE} > 2,50$

3.Caso de estudo

3.1 Descrição do edifício

O caso de estudo é relativo a um edifício representativo de uma unidade de cuidados de saúde focada em salas de imagiologia e exames invasivos, que se propõe situar no Magoito, pertencente ao concelho de Sintra. O edifício foi concebido com a finalidade de possibilitar um estudo comparativo entre sistemas de AVAC dedicados a salas de imagiologia e exames invasivos, em função do edifício ser executado para o setor privado ou para o setor público.

O desenho do edifício em estudo foi definido com base na regulamentação aplicável às salas de imagiologia (Diário da República, 2012b, 2014c, 2014a, 2014b). A legislação está dividida por especialidades, nomeadamente Radiologia, Medicina Nuclear e Radioterapia. Existem alguns casos que não se encontram nestas especialidades, mas sim nas portarias relativas a clínicas médicas e cirurgia de ambulatório (Diário da República, 2012b, 2014c). Nestes documentos encontram-se os requisitos mínimos exigidos para cada tipo de sala, bem como os espaços adicionais para o funcionamento adequado, de acordo com a logística dos distintos serviços na área da imagiologia.

Nos serviços de imagiologia as salas de exames costumam estar separadas por especialidades, isto é, não é comum existirem salas de radiologia imediatamente ao lado de salas de medicina nuclear. No entanto, neste trabalho foi proposta a existência de salas de radiologia junto às de medicina nuclear para potenciar o estudo com diferentes salas num único edifício.

O edifício contempla as seguintes salas de exames :

- Angiografia;
- Câmara Gama (SPECT ou PET);
- Ecografia;
- Endoscopia;
- Raio X;
- Ressonância Magnética;
- Tomografia Computorizada.

Em função do tipo de sala de exames, estão previstos na regulamentação para o setor privado alguns espaços adjacentes, necessários ao funcionamento do serviço. Deste modo, dividem-se os serviços por três especialidades: Radiologia, Medicina Nuclear e

Clínica Geral. No que diz respeito à Radiologia foram agrupadas as salas de exames referentes a: Angiografia; Ecografia; Raio X; Ressonância Magnética; e Tomografia Computorizada.

A angiografia deve dispor, para além da sala de exame, uma sala de preparação e recobro. A ressonância magnética deve dispor de uma sala de comando, uma sala técnica e uma sala de preparação e recobro. A tomografia computadorizada deve dispor de uma sala técnica e uma sala e comando. A câmara gama deve dispor de uma sala de tratamento para administração de radiofármacos, uma zona de espera de doentes injetados, uma instalação sanitária exclusiva para doentes injetados. A endoscopia deve dispor de uma sala de recuperação e uma instalação sanitária dedicada.

Para além dos requisitos específicos considerados para as salas de exames em estudo, devem ser considerados espaços necessários ao bom funcionamento, nomeadamente, vestiários, gabinetes médicos, salas de relatórios, instalações sanitárias, salas de sujos e despejos e salas de espera. Adicionalmente, existem espaços dedicados e reservados apenas aos colaboradores, tais como, instalações sanitárias, vestiários e uma copa e sala de refeições.

O edifício foi considerado ser composto por dois pisos (Figura 3.1 e Figura 3.2), cada um com 583 m² e com um pé direito de 3,6 m. No piso 0 encontram-se todos os espaços referidos anteriormente, e no piso 1 encontra-se a zona técnica para colocação de equipamentos. Deste modo e cumprindo as exigências referidas nas portarias afetas a este tipo de unidades de cuidados de saúde, foi criada uma disposição para o centro de imagiologia a estudar.



Figura 3.1 – Edifício modelado em REVIT

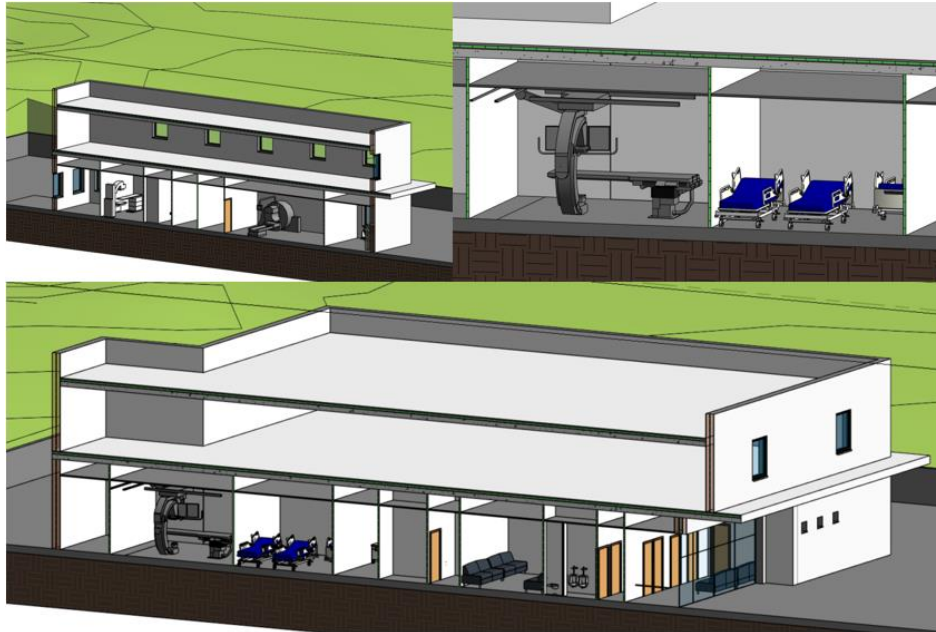


Figura 3.2 - Cortes do edifício modelado em REVIT

É importante reforçar a ideia de que este centro de imagiologia não representa na totalidade um serviço de imagiologia adaptado à realidade, na medida em que os serviços de medicina nuclear geralmente se encontram separados dos restantes. É importante referir que a sala de endoscopia não se encontra na categoria de exames de imagiologia. No entanto, tratando-se de um exame extremamente invasivo e com especificações técnicas muito seletas, foi incluído no edifício. A planta relativa ao centro de imagiologia proposto para o caso de estudo, bem como a listagem das salas e dos espaços com as respetivas áreas encontram-se no apêndice I.

No que diz respeito à ocupação do centro de imagiologia podem definir-se as lotações em função do serviço. É importante definir quais os espaços que terão ocupação permanente superior a um total de 2 horas/dia, pois estes necessitam de ventilação, devido ao aumento significativo da concentração de CO₂ devido à presença de ocupantes. Deste modo são excluídas todas as instalações sanitárias, salas de sujos e despejos e vestiários dos colaboradores. Foram determinadas as ocupações previstas para cada espaço em função da atividade desempenhada, estando resumidas na Tabela 3.1.

Como horário de funcionamento, o centro inicia a sua atividade às 8 h e encerra às 24 h. Os exames funcionam por turnos estando divididos em 2 turnos de 6 h diárias. Foi considerado um período adicional de 4 h de prevenção para urgências, onde a afluência do edifício se reduz significativamente, não exigindo a presença de todos os colaboradores, nem de todas as salas de exames a funcionar em simultâneo.

Tabela 3.1 - Ocupação previstas para cada espaço do centro de imagiologia

Compartimento	Ocupação	Descrição
Raio X	2	Paciente e técnico
Câmara Gama	1	Paciente
Sala de comando Câmara Gama	1	Técnico
Radiofarmácia	2	2 técnicos de radiofarmácia
Ecografia	2	Paciente e técnico
Endoscopia	2	Paciente e técnico
Recuperação da endoscopia	2	Pacientes
Ressonância Magnética	1	Paciente
Sala de comando da Ressonância	1	Técnico
Preparação e recobro da Ressonância	3	2 pacientes; 1 auxiliar
Tomografia computadorizada	1	Paciente
Sala de comando da TC	1	Técnico
Angiografia	6	1 paciente; 5 pessoal especializado
Preparação e recobro da angiografia	3	2 pacientes; 1 auxiliar
Gabinetes médicos	3	1 médico; 1 paciente e 1 acompanhante
Sala de relatórios	4	4 técnicos
Copa e sala de refeições	12	Colaboradores
Recepção	8	Colaboradores e pacientes
Sala de espera ala medicina nuclear	6	Pacientes
Sala de espera ala de radiologia	8	Pacientes

3.2 Caracterização do edifício

A caracterização do edifício compreende a definição do perfil climático com as condições exteriores de projeto, com o perfil de temperaturas e radiação ao longo do ano. Também compreende a caracterização das envolventes e das cargas internas do edifício.

3.2.1 Perfil climático

O perfil climático compreende os dados necessários para realizar uma estimativa das condições exteriores ao longo do ano, bem como as temperaturas de projeto, ou seja, os valores máximos e mínimos expectáveis para a temperatura e humidade. Em função destes valores foram calculadas todas as cargas térmicas externas.

A realização da determinação das condições exteriores conjuga os valores máximos, mínimos e médios relativos a temperatura e humidade e os valores de radiação que incide na zona em estudo.

A caracterização das condições exteriores de projeto envolveu o conhecimento das coordenadas geográficas da localização do edifício, as temperaturas máximas e mínimas correspondentes às estações de arrefecimento e aquecimento, respetivamente. Uma estimativa mais refinada considerou alguns fatores relacionados com a opacidade da atmosfera na localidade, com a refletividade em torno do edifício e com a condutividade do solo. A recolha e conjugação de todos os dados referidos são alvo de uma simulação que permite em primeira instância estimar os valores das cargas térmicas, e posteriormente determinar as capacidades dos equipamentos pretendidos para a climatização dos espaços.

As temperaturas exteriores de projeto foram determinadas através da consulta das probabilidades acumuladas de ocorrência, presentes nos quadros I.A e II.A, do documento Temperaturas Exteriores de Projeto e Número de Graus-Dias (Mendes et al., 1995). As temperaturas registadas estão alocadas a uma determinada probabilidade de ocorrência, que varia entre os 90 %, 95%, 97,5% e 99%.

Tratando-se de um edifício de uma unidade de cuidados de saúde que não tem elevado risco de operação foram consideradas probabilidades de ocorrência de 97,5%. A escolha de uma probabilidade acumulada de ocorrência elevada levará, no futuro, a maiores capacidades requeridas pelos equipamentos, tornando a instalação mais dispendiosa, no entanto verificar-se-á uma maior garantia de que a instalação consegue suprir todas as necessidades em termos de carga térmica a retirar ao espaço.

Deste modo, determinam-se as temperaturas de bolbo seco e bolbo húmido coincidente para as condições de verão (máximo) e a temperatura de bolbo seco para as condições de inverno (mínimo), bem como a amplitude térmica na situação de verão. Escolhe-se a temperatura de bolbo húmido coincidente devido a não se tratar de um processo/espaço que necessita de um controlo rigoroso da humidade (como é o caso de alguns processos químicos ou farmacêuticos).

No caso da temperatura de bolbo húmido no inverno foi determinada com auxílio de uma carta psicrométrica, assinalando a temperatura de bolbo seco e 90% de humidade relativa (HR). Adota-se uma HR de 90% porque se considera que no dia típico de inverno estará a chover e por isso a HR é alta. Os valores de temperatura obtidos para as condições de projeto são os apresentados na Tabela 3.2.

Tabela 3.2 - Temperaturas exteriores de projeto

Variáveis	Valor
Temperatura bolbo seco verão [°C]	29,3
Temperatura bolbo húmido verão [°C]	19,6
Amplitude térmica [°C]	9,9
Temperatura bolbo seco inverno [°C]	1,1
Temperatura bolbo húmido inverno [°C]	0,5

A localização do edifício caracteriza-se na simulação identificando-se as coordenadas geográficas da zona. Estas indicam qual a zona climática e zonas de verão e inverno em que a localidade se encontra auxiliando a simulação que irá ser realizada. A localização influencia o perfil de temperaturas e o perfil de radiação ao longo do ano. As coordenadas geográficas e as zonas de verão e inverno do edifício em estudo encontram-se na Tabela 3.3.

Tabela 3.3 - Coordenadas geográficas e zonas de verão e inverno (LNEG - Software para Políticas Públicas, 2013)

Variáveis	Valor
Latitude (°N)	38,9
Longitude (°W)	9,2
Elevação [m]	109
Zona de verão	V2
Zona de inverno	I1

Os restantes fatores relativos à envolvente tais como a opacidade da atmosfera, a refletividade e a condutividade do solo são estimados em função da localização e da envolvente do edifício. Os valores determinados para a simulação são os apresentados na Tabela 3.4.

Tabela 3.4 - Fatores de opacidade da atmosfera, refletividade e condutividade do solo

Variáveis	Valor
Opacidade da atmosfera	0,90
Refletividade do solo	0,20
Condutividade do solo [W/mK]	1,38

As condições exteriores ao longo do ano foram obtidas realizando uma recolha das temperaturas e humidades relativas médias medidas em cada mês do ano para duas ou três horas do dia distintas e determinar para cada mês qual o maior valor de humidade específica (consultar apêndice II). No caso de Sintra, local do edifício em estudo, existem medições relativas às 9 h, às 15 h e às 21 h.

Após obtenção para cada mês do maior valor de humidade específica recolhem-se os valores de temperatura de bolbo seco máximos médios e mínimos médios para cada mês do ano e calculam-se as temperaturas de bolbo húmido correspondentes sabendo a humidade específica determinada anteriormente. Este procedimento é realizado para todos os meses menos para o mês de projeto. Os resultados obtidos deste perfil de temperaturas encontram-se na Figura 3.3.

Meses	Adotada w (gv/kgar)	Tbs (°C)		Tbh (°C)		Estado
		máx	min	máx	min	
Janeiro	6,81	14	<u>5,8</u>	10,8	5,8	Saturado - HR 100 %
Fevereiro	6,85	14,5	6,6	11,1	6,6	Saturado - HR 100 %
Março	7,55	15,8	7,3	12,1	7,3	Saturado - HR 100 %
Abril	7,8	17,5	8,3	13,3	8,3	Saturado - HR 100 %
Mai	9,16	19,6	10,6	15,3	10,6	Saturado - HR 100 %
Junho	10,22	22,3	12,9	17,2	12,9	Saturado - HR 100 %
Julho	10,61	24,4	14,8	18,2	14,8	Saturado - HR 100 %
Agosto	MÊS REFERENTE À TEMPERATURA DE PROJETO					
Setembro	10,82	24,2	14,1	18,3	14,1	Saturado - HR 100 %
Outubro	9,46	21,4	11,6	16,3	11,6	Saturado - HR 100 %
Novembro	7,74	16,9	8,2	13	8,2	Saturado - HR 100 %
Dezembro	6,9	14,6	<u>5,8</u>	11,2	5,8	Saturado - HR 100 %

Figura 3.3 - Resultados obtidos para o perfil climático de Sintra

O perfil de radiação é construído através da recolha de dados obtidos pelo software HAP e pelo cálculo de fatores de correção para os valores de ganhos térmicos totais por m² para cada mês do ano, para a localização pretendida. A metodologia consiste em corrigir os valores originalmente obtidos pelo software HAP através de mapas de radiação solar global para Portugal (Rocha et al., 1981).

Após a obtenção da estimativa do valor de energia irradiada por m² em cada dia do mês, determina-se o fator de correção ou multiplicador através da relação com os mapas de radiação solar global (Rocha et al., 1981). Exemplificando com os valores obtidos para o mês de janeiro, verifica-se que os valores médios dos ganhos solares são de 65 kWh/m². Os ganhos totais calculados pelo HAP são de 73,46 kWh/m². O fator de correção ou multiplicador é obtido fazendo a divisão do valor obtido pelos mapas e o valor retirado do HAP. Neste caso o fator de correção obtido foi de 0,88. O fator de correção ou multiplicador obtido para cada mês são os que se encontram na Figura 3.4.

Design Day Maximum Solar Heat Gains W/m ²										
Month	Multiplier	N	NNE	NE	ENE	E	ESE	SE	SSE	S
Jan	0,88	50,1	50,1	50,1	211,7	390,8	519,4	607,6	634,1	632
Feb	0,85	58,8	58,8	135,9	297,7	469,2	564,8	603,1	590,5	573
Mar	0,82	68,0	68,0	233,4	400,0	499,9	559,9	541,1	495,7	470
Apr	0,93	89,8	192,8	367,8	510,6	592,3	583,6	530,3	439,1	393
May	0,96	101,7	282,5	450,8	549,9	600,9	561,7	468,8	349,1	291
Jun	1,14	154,8	373,9	556,8	661,2	700,5	635,5	512,0	359,0	291
Jul	1,09	118,1	323,7	497,1	622,3	669,8	617,0	518,2	382,6	320
Aug	1,07	108,4	220,5	402,2	572,2	656,1	649,4	587,5	486,5	436
Sept	1,05	90,6	90,6	264,8	481,7	616,5	677,8	671,3	615,9	585
Oct	1,00	71,8	71,8	135,5	360,4	516,3	641,5	678,8	670,1	657
Nov	1,06	61,6	61,6	61,6	239,0	462,1	622,8	717,2	745,7	752
Dec	1,01	52,2	52,2	52,2	185,7	399,0	554,3	673,8	719,6	727

Figura 3.4 - Fatores multiplicadores para o perfil de radiação

3.2.2 Envolventes do edifício

As envolventes do edifício representam a barreira térmica entre o exterior e o espaço. Torna-se imprescindível caracterizar estas envolventes bem como determinar as suas propriedades térmicas. No caso do presente estudo, tratando-se de um edifício não existente, consideraram-se os valores máximos admissíveis aos coeficientes globais de transmissão de calor, $U_{máx}$, presentes na portaria nº 138-I de 2021, afeta a edifícios de comércio e serviços (Tabela 3.5). A inércia do edifício é outro fator a considerar no cálculo de cargas térmicas e será função de cada tipo de envolvente e da sua constituição. As propriedades de todos os materiais considerados foram retiradas do manual ITE 50 (Santos & Matias, 2006).

Tabela 3.5 - Valores máximos admissíveis do coeficiente U adaptado de Diário da República (2021)

Tipo de elemento		$U_{máx}$ [W/m ² K]
Zona corrente da envolvente	Vertical (Parede exterior)	0,7
	Horizontal (Cobertura)	0,5

No que diz respeito às envolventes opacas distinguem-se as paredes exteriores, as divisórias interiores, a cobertura e o pavimento. A caracterização das envolventes passa por definir as diferentes camadas de materiais constituintes das envolventes, determinar as condutividades térmicas de cada material, a sua espessura e a resistência térmica (RT) (equação 3.1).

$$RT = \frac{e}{\lambda} \quad (3.1)$$

Onde:

e – Espessura [m];

λ – Condutividade térmica [W/m.K];

RT – Resistência térmica [$m^2.K/W$].

O coeficiente global de transmissão de calor será dado pelo inverso da soma de todas as resistências térmicas dos constituintes da envolvente (equação 3.2).

$$U = \frac{1}{\sum_{i=1}^n RT_i} \quad (3.2)$$

Onde:

U – Coeficiente global de transmissão de calor [$W/m^2.K$].

A título de exemplo apresenta-se a constituição da parede exterior e como se procedeu ao cálculo do respetivo coeficiente global de transmissão de calor. Adicionalmente, determinou-se o valor de inércia da parede exterior através da massa específica e espessura de cada camada (Tabela 3.6).

Tabela 3.6 - Constituição da parede exterior do edifício

Elemento da camada	e [mm]	λ [W/mK]	RT [$m^2.K/W$]	U [$W/m^2.K$]	Massa específica [kg/m^3]	Inércia [kg/m^2]
Resistência interior (ar)	-	-	0,13		-	
Reboco tradicional	20	1,80	0,011		2000	
Alvenaria de tijolo cerâmico	150	-	0,39		625	
Isolamento XPS	20	0,037	0,54	0,661	30	268
Alvenaria de tijolo cerâmico	150	-	0,39		625	
Reboco tradicional	20	1,80	0,011		2000	
Resistência exterior (ar)	-	-	0,040		-	

As restantes envolventes encontram-se detalhadas no apêndice II Os valores de coeficiente global de transmissão de calor e inércia obtidos para todas as envolventes do edifício apresentam-se resumidos na Tabela 3.7.

Tabela 3.7 - Valores do coeficiente global de transmissão de calor e inércia térmica das envolventes

Envolvente	U [$W/m^2.K$]	Inércia [kg/m^2]
Parede exterior	0,661	268
Divisória interior	0,531	33
Cobertura	0,475	521
Pavimento	0,504	538

No que diz respeito aos vãos envidraçados e caixilharia foram considerados os valores máximos para os coeficientes globais de transmissão de calor segundo a portaria nº 138-I de 2021. A mesma lógica foi aplicada aos fatores solares. O valor máximo do coeficiente global de transmissão de calor e dos fator solar encontra-se apresentado na Tabela 3.8.

Tabela 3.8 - Valores admissíveis de coeficiente global de transmissão de calor e fator solar para vãos envidraçados

U_{máx} [W/m²K]	3,30
Fator solar	0,56

As superfícies envidraçadas foram consideradas ser de três tamanhos diferentes, nomeadamente com 1650x1220 mm, 450x420 mm e 3000x7000 mm. A última dimensão corresponde à superfície envidraçada da receção, no entanto têm todos as mesmas propriedades.

3.2.3 Cargas internas do edifício

As cargas internas do edifício estão diretamente relacionadas com o volume de ocupação dos espaços, com a potência dissipada dos equipamentos que se encontram a operar nos espaços e a iluminação dos espaços. As ocupações já foram definidas na descrição do edifício, mais propriamente no capítulo 3.1.

As cargas de iluminação foram pré-estabelecidas de acordo com as densidades de iluminação definidas no standard 90.1 da ASHRAE (ASHRAE, 2022). Estas densidades estão representadas em W/m², e em função da área total do compartimento, sendo assim possível obter um valor aproximado da carga térmica dissipada pela iluminação. Os valores utilizados para a simulação estão representados na Tabela 3.9.

Tabela 3.9 – Densidades de iluminação adaptado de ASHRAE (2022)

Tipo de espaço	Dens. de iluminação [W/m²]	Tipo de espaço	Dens. de iluminação [W/m²]
Salas de exames	14,2	Sala de espera	11,5
Salas de comando	12,3	Corredores	9,1
Gabinetes médicos	10,5	Vestiários e Inst. Sanitárias	4,3
Recobros	12,4	Receção	6
Sala de sujos	6,5	Copa	10,7

As cargas dissipadas pelos equipamentos presentes nos espaços foram obtidas através de informação fornecida pela empresa Termifrio, Lda. Os equipamentos considerados

para o efeito foram equipamentos informáticos correntes como, computadores e respetivos monitores, impressoras e os equipamentos afetos aos exames de imagiologia. Deste modo, são apresentados na Tabela 3.10, as dissipações totais consideradas por sala de exames e espaços adjacentes.

Tabela 3.10 – Dissipações térmicas dos equipamentos presentes nas salas de exames

Sala	Dissipação [W]	Sala	Dissipação [W]
Ecografia	900	Sala de comando RMN	900
Câmara Gama	6750	Sala de TC	7400
Comando Câ. Gama	965	Comando TC	75
Endoscopia	1500	Sala Técnica RMN	250
Ressonância Magnética	3000		

Em todos os espaços onde não foram considerados realizar exames e que têm presentes equipamentos informáticos, considerou-se que cada computador dissipa 77,6 W, cada monitor dissipa 21,6 W e cada impressora 140 W (ASHRAE, 2022).

No sentido de se realizar o cálculo das cargas térmicas associadas ao edifício foi necessário definir quais os horários de funcionamento de todas as cargas internas envolvidas no edifício. Foram consideradas cargas de iluminação nos espaços, cargas de ocupação dos pacientes e colaboradores e cargas dos equipamentos em funcionamento com as devidas dissipações para o meio ambiente. A definição dos horários permite combinar todas as cargas e determinar qual o ponto de maior simultaneidade em termos de carga térmica, permitindo desta forma achar a potência máxima necessária para suprir as necessidades do edifício.

No contexto do cálculo definiu-se 3 cenários possíveis. Um cenário designado por “Projeto” que majora as cargas para a situação mais desfavorável dentro do contexto de funcionamento do edifício (Tabela 3.11).

Tabela 3.11 - Schedule de “Projeto” para cargas de iluminação, ocupação e equipamentos.

Hora	Iluminação	Ocupação	Equipamentos
0h00 – 1h00	25%	20%	0%
1h00 – 7h00	0%	0%	0%
7h00 – 21h00	100%	100%	100%
21h00 – 23h00	50%	50%	50%
23h00 – 0h00	25%	30%	0%

O cenário designado por “Segunda a Sexta”, referente ao normal funcionamento do edifício (Tabela 3.12).

Tabela 3.12 - Schedule de "Segunda a Sexta" para cargas de iluminação, ocupação e equipamentos.

Hora	Iluminação	Ocupação	Equipamentos
0h00 – 7h00	0%	0%	0%
7h00 – 8h00	50%	40%	25%
8h00 - 20h00	100%	100%	100%
20h00 – 21h00	50%	40%	50%
21h00 – 22h00	30%	40%	50%
22h00 – 23h00	20%	20%	50%
23h00 – 0h00	10%	10%	0%

O cenário designado por “Sábado e Domingo”, que ajusta as cargas do edifício em função da menor simultaneidade de cargas, devido à redução da afluência tratando-se de situações de prevenção (Tabela 3.13).

Tabela 3.13 - Schedule de "Sábado e Domingo" para cargas de iluminação, ocupação e equipamentos.

Hora	Iluminação	Ocupação	Equipamentos
0h00 – 7h00	0%	0%	0%
7h00 – 8h00	40%	30%	0%
8h00 – 14h00	100%	100%	100%
14h00 – 20h00	50%	50%	50%
20h00 – 0h00	10%	10%	0%

3.3 Regulamentação aplicável

O objetivo deste estudo concerne à comparação, para o mesmo edifício, da aplicação das regulamentações para unidades de imagiologia públicas e privadas. A regulamentação afeta a estas unidades em Portugal está dividida entre serviços públicos e privados. A Administração Central do Sistema de Saúde (ACSS) destina-se regular as atividades relacionadas com o sistema nacional de saúde. A ACSS é, segundo a alínea r) do artigo 5º da portaria n.º 155/2012 (Diário da República, 2012a), responsável por elaborar especificações técnicas e normas aplicáveis a instalações e equipamentos a usar por entidades tuteladas pelo Ministério da Saúde (MS). Neste sentido, e ao abrigo desta portaria, surgem as Especificações Técnicas para Instalações de AVAC (ACSS, 2022), destinadas a indicar os requisitos mínimos para cada tipo de compartimento e instalações de AVAC em edifícios hospitalares ou de cuidados de saúde públicos, onde se encaixam as salas de imagiologia e de exames invasivos. Por

outro lado, as unidades de saúde do setor privado devem obedecer aos Decretos de Lei (DL) que estabelecem os requisitos para licenciamento de abertura, modificação e funcionamento das unidades privadas de serviços de saúde. Destes Decretos de Lei, surgem portarias, nas quais são indicadas as especificações técnicas para cada categoria de salas de exames de imagiologia (Diário da República, 2012b, 2014c, 2014a, 2014b). Deste modo, podem considerar-se duas formas de realizar um dimensionamento ou um projeto, mesmo que o edifício apresente exatamente a mesma disposição e funcionalidade. Os requisitos mínimos para as instalações de AVAC, para ambas as situações, serão abordadas nos subcapítulos 3.3.1 e 3.3.2.

3.3.1 Unidades do setor público

São realizadas algumas considerações gerais relativamente às soluções técnicas que devem ser levadas em conta aquando da realização do dimensionamento e projeto. Destacam-se os requisitos técnicos a adotar para AVAC (ACSS, 2022).

Refere-se que todas as UTA/UTAN devem apresentar certificação higiénica, VDI 6022-1 ou DIN 1946-4, (Standards Committee for Heating and Ventilation, 2008; Verein Deutscher Ingenieure, 2018) adequada à classe de risco do espaço a climatizar.

No que diz respeito à pressurização dos compartimentos (subpressão/sobrepressão), as zonas consideradas “limpas” devem estar sempre em sobrepressão (pressão positiva) relativamente à envolvente. Por outro lado, as zonas “sujas” devem estar em subpressão (pressão negativa). É recomendado um valor mínimo de 15 Pa de gradiente de pressão diferencial entre locais que exigem diferentes níveis de limpeza, garantindo o movimento das partículas infecciosas para as áreas menos limpas.

As UTA destinam-se a insuflar nas zonas com condicionamento do tipo “tudo ar” e devem funcionar a 4 tubos, ou seja, com água arrefecida e água aquecida, com ida e retorno para cada. É privilegiado o uso de recuperação de energia. As UTA devem dispor dos seguintes módulos:

1. Módulo de entrada;
2. Módulo de mistura (nos casos com recirculação);
3. Módulo de pré-filtração;
4. Módulo de arrefecimento;
5. Módulo de aquecimento;
6. Módulo de humidificação (apenas nos casos referenciados);
7. Módulo de ventilação;
8. Módulo de filtração.

No que diz respeito às UTAN, estas destinam-se a pré-tratar o ar novo para as zonas afetadas a ventiloconvectores (VC) ou unidades de indução (UI). Quer isto dizer que nestes espaços e salas, a carga térmica será tratada exclusivamente pelos VC. É privilegiado o uso de recuperação de energia (ACSS, 2022), sendo obrigatório para o caso em que o caudal a insuflar seja superior a 13000 m³/h. Foi estipulado que estas unidades são dotadas dos seguintes módulos:

1. Módulo de entrada;
2. Módulo de pré-filtração;
3. Módulo de arrefecimento, com separador de gotas;
4. Módulo de aquecimento;
5. Módulo de ventilação;
6. Atenuador de ruído;
7. Módulo de filtração.

No que diz respeito às salas de exames, de radiologia e a medicina nuclear encontram-se na secção de Imagiologia, onde é feita a distinção entre exames invasivos, gerais ou não invasivos e restantes compartimentos (ACSS, 2022). Adicionalmente, alguns compartimentos, tais como a radiofarmácia, gabinetes médicos, receção entre outros podem ser encontrados também nas especificações técnicas da ACSS. Para o caso em estudo os exames considerados invasivos foram a angiografia e a endoscopia (Tabela 3.14).

Tabela 3.14 – Requisitos mínimos para salas de exames segundo ACSS

Parâmetros	Exames Invasivos	Exames gerais	Restantes Compartimentos
Tratamento	UTA e Ventilador privativo	VC/UI a 4 tubos	VC/UI a 2/4 tubos
Extração	Ventilador privativo	Geral da imagiologia	Geral da imagiologia
Filtração suplementar	Terminal H13	-	-
Caudal ar novo	100 m ³ /h.pessoa	≥30 m ³ /h.pessoa	30 m ³ /h.pessoa
Regime de pressões	Sobrepresão	Equilíbrio	Equilíbrio
Recirculação	Sim	-	-
Condições interiores	20 a 25 °C 30 a 60% HR	Verão:25 °C; Inverno: 22 °C	Verão:25 °C; Inverno: 20 °C

Os exames gerais ou não invasivos foram o raio X, a ressonância magnética, a tomografia computadorizada, a ecografia e câmara gama (Tabela 3.14). Adicionalmente são especificadas as condições para os compartimentos adjacentes ao serviço, tais como, salas de comando, salas técnicas, salas de recobro e preparação, salas de sujeitos e despejos, salas de relatórios, instalações sanitárias, a copa e os vestiários. É

importante referir que não é referenciada nenhuma sala de radiofarmácia, no entanto considerou-se a mesma como uma sala de produtos radioativos. No caso dos restantes compartimentos deve considerar-se ainda, extrações mínimas para alguns dos compartimentos referidos na Tabela 3.15 (ACSS, 2022).

Tabela 3.15 – Requisitos mínimos de extração para compartimentos adjacentes (ACSS, 2022)

Compartimento	Extração
Sala de sujos	10 ren/h
Instalações sanitárias	10 ren/h
Copa	10 ren/h
Salas técnicas	6 a 8 ren/h
Vestiários	10 m ³ /h.m ²

Com o conhecimento dos requisitos mínimos de extração ficam diretamente definidos os caudais mínimos para os restantes compartimentos, em função da ocupação permanente ou da área. Em alguns casos particulares, a ocupação permanente é nula, pelo que nesses espaços apenas foi considerada extração, como por exemplo: as instalações sanitárias, vestiários, salas de sujos e salas técnicas.

As salas técnicas representam um grupo restrito dentro dos restantes compartimentos, na medida em que estas, embora não tenham ocupação permanente, necessitam de climatização para garantir o correto funcionamento dos equipamentos que aí se encontram, e cuja sensibilidade é afetada pela temperatura ambiente.

Os gabinetes médicos, salas de espera, receção e radiofarmácia foram considerados em separado, dado que são espaços referenciados noutras especialidades das unidades de saúde, presentes no documento (ACSS, 2022) das especificações técnicas para instalações de AVAC, da ACSS (Tabela 3.16).

Tabela 3.16 - Requisitos mínimos para os restantes compartimentos do edifício (ACSS, 2022)

Parâmetros	Gabinete médico	Receção e Salas de espera	Radiofarmácia
Tratamento	VC/UI a 2/4 tubos	UTAN a 2/4 tubos	Apenas extração forçada; filtro de carvão ativado
Extração	Especifica da zona	Especifica da zona	VE privativo (10 a 20 ren/h)
Caudal ar novo	35 m ³ /h.pessoa	15 m ³ /h.m ²	-
Regime de pressões	Equilíbrio	Equilíbrio	Subpressão
Condições interiores	Verão:25 °C; Inverno: 20 °C	Verão:25 °C; Inverno: 20 °C	-

3.3.2 Unidades do setor privado

A regulamentação afeta ao setor privado apresenta diversas portarias categorizadas por especialidade. As portarias a considerar para este caso de estudo foram, a portaria nº35/2014 de radiologia (Diário da República, 2014b), a portaria nº33/2014 (Diário da República, 2014a) de medicina nuclear, a portaria 136-B/2014 de clínicas e consultórios médicos (Diário da República, 2014c) e a portaria nº290/2012 afeta a unidades privadas de saúde (Diário da República, 2012b). No que diz respeito aos requisitos técnicos para as soluções de climatização, estas são complementadas pela portaria nº 138-I de 2021 (Diário da República, 2021), afeta à regulamentação dos requisitos mínimos de desempenho energético dos edifícios e dos respetivos sistemas técnicos (Diário da República, 2021). Na portaria n.º 138-I (Diário da República, 2021) encontram-se o requisitos mínimos a considerar para o dimensionamento das UTA/UTAN. Alguns dos caudais mínimos de ar novo relativos a espaços que não correspondem a salas de exames específicos, também podem ser encontrados nesta portaria, como por exemplo gabinetes médicos ou salas de espera.

Relativamente aos requisitos técnicos para os sistemas de AVAC, encontram-se na portaria nº 138-I de 2021 (Diário da República, 2021). Na respetiva portaria é referido que deve ser instalada recuperação de energia no ar de rejeição com uma eficiência mínima de 50% e deve ser aplicada sempre que a soma da potência térmica de rejeição de todos os equipamentos em condições de projeto seja superior a 80 kW.

No que diz respeito às salas de exames, encontram-se resumidas algumas das exigências para os compartimentos, tais como, os requisitos mínimos de ar novo, condições interiores, tipo de solução de climatização entre outras. Os requisitos para as salas de exames presentes nas portarias nº 35 e 136-B (Diário da República, 2014c) e que se inserem no edifício do caso de estudo encontram-se resumidos na Tabela 3.17, Tabela 3.18 e Tabela 3.19.

Tabela 3.17 - Requisitos mínimos para as salas de ecografia, TC e recobro e preparação adaptado da portaria n.º 35/2014

Requisitos mínimos	Ecografia e Sala de TC	Salas de Recobro e preparação
Tratamento	VC/UI	VC/UI
Ar novo	35 m ³ /h.p	35 m ³ /h.p
Condições ambiente	Verão: máximo 25 °C	Verão: máximo 25 °C
	Inverno: mínimo 22 °C	Inverno: mínimo 20 °C
Extração	Sim, forçada	Sim, forçada
Recirculação	-	-
Regime de pressão	Equilíbrio	Equilíbrio

Tabela 3.18 - Requisitos mínimos para as salas de Ressonância Magnética e Angiografia adaptado da portaria n.º 35/2014

Requisitos mínimos	Ressonância Magnética	Angiografia
Tratamento	UTA e ventilador de extração específico	UTA e ventilador de extração específico
Filtração suplementar	-	Terminal, H12
Ar novo	35 m ³ /h.p	100 m ³ /h.p
Condições ambiente	Verão: máximo 25 °C	Verão: máximo 25 °C
	Inverno: mínimo 22 °C	Inverno: mínimo 22 °C
Extração	Sim, forçada	Sim, forçada
Recirculação	-	10 rec/h
Regime de pressão	Subpressão	Sobrepessão

Tabela 3.19 - Requisitos mínimos para as salas de Endoscopia e recobro da endoscopia adaptado de portaria n.º 136-B/2014

Requisitos mínimos	Endoscopia	Salas de Recobro
Tratamento	UTA e VE específico	VC/UI
Filtração suplementar	Terminal, H12	Não
Humidificação	Não	Não
Ar novo	100 m ³ /h.p	35 m ³ /h.p
Condições ambiente	20 a 25 °C	Verão: máximo 25 °C
	40 a 60% HR	Inverno: mínimo 20 °C
Extração	Sim, forçada	Sim, forçada
Recirculação	sim	sim
Regime de pressão	Sobrepessão	Sobrepessão

É importante referir que a sala de endoscopia requer um mínimo de 40% de HR. No entanto, não é requerida humidificação nas salas de exames invasivos. As restantes salas e compartimentos, relativos às portarias n.º 290 e 138-I estão resumidas na Tabela 3.20.

Tabela 3.20 - Requisitos mínimos para a sala de Raio X e Copa adaptado de portaria n.º 290/2012

Requisitos mínimos	Raio X	Copa
Tratamento	VC/UI	VC/UI
Ar novo	Port. n.º 138-I/2021	Port. n.º 138-I/2021
Condições ambiente	Verão: máximo 25 °C	Verão: máximo 25 °C
	Inverno: mínimo 22 °C	Inverno: mínimo 20 °C
Extração	Sim, forçada	Sim, forçada
Recirculação	-	-
Regime de pressão	Equilíbrio	Subpressão

No que diz respeito aos exames de medicina nuclear os requisitos são os que se resumem na Tabela 3.21.

Tabela 3.21 - Requisitos mínimos para a sala de câmara gama e radiofarmácia adaptado de portaria n.º 33/2014

Requisitos mínimos	Câmara Gama	Radiofarmácia
Tratamento	VC/UI	UTA específica
Ar novo	Port. nº 138-I/2021	30 m³/h.p
Condições ambiente	Verão: máximo 25 °C	Verão: máximo 25 °C
	Inverno: mínimo 22 °C	Inverno: mínimo 20 °C
Extração	Sim, forçada	Sim, específica
Recirculação	-	-
Regime de pressão	Equilíbrio	Equilíbrio

Em função do tipo de espaço e atividade é possível determinar o caudal mínimo de ar novo consultando a tabela 11 da portaria nº138-I/2021. Esta metodologia foi utilizada para determinar os caudais de ar novo dos espaços não referidos nas tabelas anteriores e para aqueles onde a legislação remete como referência. Nos espaços onde apenas foram consideradas extrações, os valores a considerar são os que constam na

Tabela 3.22. No caso das salas técnicas adjacentes ao serviço, não existe nenhuma especificação para as mesmas, no entanto considerou-se que estas representam um espaço que não corresponde a uma zona limpa, pelo que foi estabelecido estar em subpressão, com 8 ren/h correspondentes em extração.

Tabela 3.22 – Requisitos mínimos de extração para alguns compartimentos (Diário da República, 2014b).

Compartimento	Extração
Sala de sujos	10 ren/h
Instalações sanitárias	10 ren/h
Vestiários	10 ren/h

Aquando da realização do presente trabalho, entraram em vigor, em março de 2024, novas regulamentações. Foram atualizadas as anteriores portarias para uma nova versão (Diário da república, 2024c, 2024b, 2024a) indicadas na Tabela 3.23.

Nas referidas portarias verificaram-se algumas alterações relativamente às exigências impostas para as salas de exames, nomeadamente nos compartimentos de ressonância magnética e radiofarmácia.

Tabela 3.23 - Alteração das portarias

Anterior	Atual
Portaria nº33 2014	Portaria nº93 2024
Portaria nº35 2014	Portaria nº100 2024
Portaria nº136-B	Portaria nº92 2024

A ressonância magnética passa a poder ser climatizada por VC ou unidades de indução, em função dos espaços envolventes e das soluções já existentes no edifício. O regime de pressão passa a ser de sobrepressão, quando anteriormente era subpressão. Realizando esta alteração, o projeto das unidades privadas aproxima-se dos requisitos para o projeto público. É importante referir que os requisitos utilizados para a comparação foram os anteriores à nova atualização.

A radiofarmácia apresenta uma mudança no regime de pressões, passando de um regime de equilíbrio para estar em subpressão, ou seja, com uma pressão inferior aos compartimentos que a rodeiam.

4. Comparação de sistemas

4.1 Zonamento e soluções usadas para climatização

O zonamento diz respeito à forma como são agrupados as diferentes salas e espaços. Estas zonas são conseqüentemente divididas por equipamentos e é uma etapa importante na definição e agregação de equipamentos a cada sala ou espaço. Em função do zonamento é possível determinar o número de unidades necessárias para suprir as necessidades de todos os compartimentos. A organização pensada para este caso de estudo, está diretamente relacionada com dois fatores principais, nomeadamente, as soluções indicadas para climatizar os espaços, descritas na legislação, e a divisão por graus de exigência requerido pelas salas e espaços. O Zonamento pode ser consultado no apêndice III.

Existem casos em que está prevista uma UTA específica para uma determinada sala. Nesses casos não se verifica a necessidade de agrupamento, na medida em que a unidade é exclusiva para um determinado espaço.

Como foi referido no subcapítulo 2.4.2, nos casos em que existe um VC a climatizar a sala ou o espaço, o tratamento do ar novo pode ser realizado de duas formas distintas. Uma das soluções é admitir o ar novo diretamente pelo VC. Esta solução implica que o VC terá de ter a capacidade de insuflar ar novo na sala e de ter capacidade de retirar a carga térmica do compartimento e a carga térmica do ar novo. A outra solução, consiste em ter os VC apenas a tratar o ar do compartimento, conjugando como uma rede de distribuição aeráulica, alimentada por uma UTAN. Esta UTAN será responsável apenas por retirar a carga térmica ao ar exterior (ar novo) e insuflar o mesmo nos espaços para garantir o número mínimo de renovações por hora. Esta última solução foi a que se considerou para ser usada em ambos os projetos.

No caso da unidade de saúde pública o zonamento as salas de angiografia e de endoscopia, tratando-se de salas de exames invasivos, têm uma UTA exclusiva para cada uma das salas. Deste modo as restantes serão agrupadas de forma conveniente ao serviço.

Neste sentido, existe uma UTAN que trata todas as salas de exames de radiologia, à exceção da ecografia e do raio X, e respetivas salas de recobro, salas técnicas e salas de comando. Existe à semelhança da anterior, outra UTAN que trata todas as salas de medicina nuclear e a sala de ecografia e raio X, e respetivas salas de comando. Por fim existe uma UTAN geral, que trata o ar de todos os restantes compartimentos do serviço,

incluindo salas de espera, gabinetes médicos, recepção, copa, sala de relatórios, corredores (nos casos em que for necessário).

No caso dos compartimentos que apresentam necessidade de extração forçada, esta efetua-se por ventiladores de extração (VE), como é o caso das instalações sanitárias, da sala de sujos, da radiofarmácia, entre outras. Na Tabela 4.1, encontram-se listadas as UTA/UTAN necessárias para climatizar a unidade pública.

Tabela 4.1 - Lista de UTA/UTAN da unidade pública

Unidade	Nº de compartimentos servidos
UTA.angiografia	1
UTA.endoscopia	1
UTAN.exames.geral 1	10
UTAN.exames.geral 2	4
UTAN.geral	9

O zonamento para a unidade privada é feito de forma semelhante. As salas de angiografia, endoscopia, ressonância magnética e radiofarmácia têm uma UTA exclusiva.

À semelhança da unidade pública existe uma UTAN que trata todas as salas de exames de radiologia, à exceção da ecografia e raio X, e respetivas salas de recobro, salas técnicas e salas de comando. Existe uma UTAN que trata de todas as salas de medicina nuclear e a sala de ecografia, e respetivas salas de comando. Por fim, uma UTAN geral, que trata o ar de todos os restantes compartimentos do serviço, incluindo salas de espera, gabinetes médicos, recepção, copa, sala de relatórios, corredores (nos casos em que for necessário). No caso dos compartimentos que não apresentam necessidade de extração forçada, esta é efetuado por VE, como é o caso das instalações sanitárias, da sala de sujos, entre outras. Na Tabela 4.2, encontram-se listadas todas as UTA/UTAN necessárias para climatizar a unidade privada.

Tabela 4.2 - Lista de UTA/UTAN da unidade privada

Unidade	Nº de compartimentos servidos
UTA.angiografia	1
UTA.endoscopia	1
UTA.radiofarmácia	1
UTA.ressonância magnética	1
UTAN.exames.geral 1	10
UTAN.exames.geral 2	4
UTAN.geral	9

Em suma, verifica-se que são necessários mais 2 equipamentos na unidade do setor privado, derivado do número de UTA exclusivas para determinadas salas que a regulamentação exige. A unidade do setor privado necessita de 7 UTA, enquanto a unidade do setor público apenas necessita de 5 UTA/UTAN. É importante ressaltar que no zonamento apenas são definidas as UTA/UTAN e os VE exigidos na regulamentação. Posteriormente, com o dimensionamento poderá haver mudanças no que diz respeito ao número de equipamentos.

Como foi descrito anteriormente, um dos objetivos do presente estudo é realizar uma análise comparativa sobre a existência de diferenças nas soluções de climatização indicadas de AVAC.

As principais diferenças encontradas nesse âmbito verificam-se nos compartimentos relativos à radiofarmácia e à ressonância magnética.

A radiofarmácia, segundo os requisitos para a unidade do setor privado, exige uma UTA e ventilador de extração específicos, enquanto segundo os requisitos para a unidade do setor público a única exigência é de um ventilador de extração específico com filtro de carvão ativado.

A ressonância magnética por sua vez, é o compartimento que apresenta maiores diferenças. Tratando-se de uma sala de um exame não invasivo, segundo os requisitos para a unidade do setor projeto público, é climatizada por VC, enquanto, segundo os requisitos para a unidade do setor projeto privado, esta deve ser climatizada com recurso a uma UTA e VE específico. Além disto, é referido que no caso da unidade do setor projeto público a sala deve estar em equilíbrio, enquanto, no projeto privado a mesma deve estar em subpressão.

4.2 Caudais de ar novo mínimos e pressurização dos compartimentos

Os caudais de ar novo mínimos foram calculados considerando os valores indicados nas respetivas regulamentações (ACSS, 2022; Diário da República, 2012b, 2014c, 2014a, 2014b, 2021). Ambas as metodologias são semelhantes no que toca ao cálculo do caudais de ar novo mínimos.

No caso da unidade pertencente ao setor público, a forma de calcular os caudais de ar novo baseia-se no documento das Especificações Técnicas da ACSS (ACSS, 2022). Este método consiste em determinar o caudal de ar novo mínimo pela multiplicação de um valor de referência de caudal por ocupante pelo número de ocupantes presentes no

espaço, sendo o caudal adotado o resultado dessa multiplicação. Tomando o exemplo da sala de ressonância, o valor de caudal por ocupante é de 30 m³/h.ocupante, o que estando previsto 1 ocupante perfaz a necessidade de introduzir 30 m³/h de caudal mínimo de ar novo no espaço.

No caso da unidade pertencente ao setor privado, a regulamentação aplicável (Diário da República, 2012b, 2014b, 2014a, 2014c) define os valores para as salas de exames, para as salas de recobro e algumas salas auxiliares. Para estes compartimentos o cálculo do caudal mínimo de ar novo é obtido pela multiplicação entre um valor de referência de caudal por ocupante e o número de ocupantes previsto estar no compartimento, sendo o caudal adotado o resultado dessa multiplicação. Tomando como exemplo a sala de ressonância magnética o valor de caudal por ocupante é de 35 m³/h.ocupante, o que estando previsto 1 ocupante perfaz a necessidade de introduzir 35 m³/h de caudal mínimo de ar novo no espaço.

No entanto, não são definidos os caudais para espaços comuns, tais como salas de espera, receção, sala de relatórios, etc. Para estes casos o caudal mínimo de ar novo mínimo foi calculado através da comparação de dois métodos distintos, sendo o valor a adotar o maior obtido, apenas para a situação da unidade do setor privado.

O primeiro método adotado para determinar o caudal mínimo de ar novo para os espaços não designados nas portarias, baseia-se na norma europeia EN15251:2007 (European Committee for Standardization, 2007b). Este considera a percentagem de insatisfeitos que se pretende no compartimento e qual a categoria de emissões do edifício. Tratando-se de um edifício de cuidados de saúde a percentagem de insatisfeitos e as emissões do edifício devem ser o mais reduzido possível. O cálculo é feito de acordo com a categoria que se escolhe. A título de exemplo realiza-se o cálculo para a sala de espera da radiologia. Considera-se uma percentagem de insatisfeitos máxima de 15%, o que corresponde a um valor de 10 l/s por ocupante e considera-se em relação às emissões do edifício que estas são muito reduzidas contabilizando um valor de 0,5 l/s.m². Deste modo, somando o valor de caudal obtido pela percentagem de insatisfeitos e o valor obtido pelas emissões do edifício, obtém-se o caudal de ar novo mínimo. No caso da sala de espera da radiologia obteve-se um valor de caudal por percentagem de insatisfeitos de 80 l/s e um valor de caudal por emissões do edifício de 9,5 l/s. Somando os dois totaliza um caudal mínimo de ar novo de 89,5 l/s. O segundo método baseia-se na portaria n.º 138-I/2021 (Diário da República, 2021) e consiste em determinar o tipo de atividade no compartimento (descanso, sedentária, moderada, etc.) e a situação do edifício relativamente à sua carga poluente, e em função disso calcular o caudal de ar novo mínimo, escolhendo o maior dos dois

valores obtidos. Tomando o mesmo exemplo anterior, para a sala de espera da radiologia considerou-se como tipo de atividade descanso que corresponde a um caudal de 20 m³/h.ocupante e um edifício com predominância de materiais de baixa emissão, que corresponde a um caudal de 2 m³/h.m². No caso da sala de espera da radiologia obtém-se um valor de caudal de 44,4 l/s tendo em conta o critério do tipo de atividade e um caudal de 11 l/s pelo critério da carga poluente do edifício. Deste modo, o caudal mínimo de ar novo a considerar, pelo segundo método, é 44,4 l/s, sendo o valor mais elevado e obtido pelo tipo de atividade.

Comparando os valores obtidos nos dois métodos, o maior valor obtido foi o obtido pela norma EN 15251:2007 (European Committee for Standardization, 2007b), alcançado 89,5 l/s de ar novo a introduzir no espaço.

Um parâmetro a considerar quando se calculam os caudais de ar novo mínimos, para ambas as situações (público e privado), é a eficácia de ventilação (ϵ_v). A eficácia de ventilação é a eficácia com que se consegue renovar o ar num determinado compartimento. Existem valores tabelados para a eficácia de ventilação para determinadas situações de insuflação (DGEG & Adene, 2021). Deve considerar-se a pior situação para as condições de dimensionamento.

No caso em estudo a eficácia de ventilação considerada foi de 80%, valor obtido para uma situação de insuflação de ar quente pelo menos 8 °C acima da temperatura do compartimento e com extração junto ao teto (DGEG & Adene, 2021).

A eficácia de ventilação serve para corrigir os valores calculados para o ar novo mínimo. Tendo o valor de 80% da eficácia de ventilação, e tomando o exemplo anterior da sala de espera da radiologia com caudal de 89,5 l/s, o caudal obtido pela eficácia de ventilação é 111,8 l/s. Todos os caudais de ar novo no edifício foram obtidos pelos parâmetros indicados anteriormente e encontram-se listados na Tabela 4.3, juntamente com os caudais mínimos de extração exigidos para alguns compartimentos.

De um modo geral, verifica-se que existem diferenças nos caudais mínimos de ar novo entre a unidade de saúde privada e a unidade de saúde pública. No geral os caudais de ar novo mínimos são superiores no dimensionamento para a unidade privada, diferindo apenas a receção, e as salas técnicas onde se verifica o oposto. Dos 40 compartimentos existentes no edifício, em apenas 3 o caudal mínimo de ar novo é superior para a unidade pública. As principais diferenças encontram-se na radiofarmácia onde apenas é exigido caudal de ar novo no caso da unidade privada. Outro compartimento onde se verifica uma diferença acentuada é na copa, apresentando uma diferença de 45 l/s, sendo superior o caudal de ar novo mínimo para a unidade privada.

Tabela 4.3 - Caudais mínimos de ar novo para ambas as unidades

Nome da Sala	Unidade Privada		Unidade Pública	
	Caudais de ar novo (l/s)	Caudais de extração (l/s)	Caudais de ar novo (l/s)	Caudais de extração (l/s)
Recepção	60	0	105	0
Vestiário doentes	0	90	0	25
IS MR	0	25	0	20
IS privada	0	50	0	50
IS Mulheres	0	50	0	50
IS Homens	0	50	0	50
Sala ecografia	25	0	25	0
Sala Câmara Gama	35	0	35	0
Sala de comando Câmara Gama	20	0	15	0
Radiofarmácia	35	0	0	90
IS MN	0	100	0	100
Gabinete médico	45	0	40	0
Gabinete médico	45	0	40	0
Corredor MN, RX e ECO	0	0	0	0
Corredor isolamento	0	0	0	0
Corredor radiologia	0	0	0	0
Sala recobro endoscopia	35	0	25	0
Sala de endoscopia	70	0	70	0
IS endoscopia	0	25	0	20
Gabinete médico	50	0	40	0
Gabinete médico	50	0	40	0
Sala RMN	25	0	15	0
Sala técnica RMN	10	64	35	64
Sala de comando RMN	20	0	15	0
Vestiário doentes	0	30	0	8
Sala de relatórios	60	0	45	0
Sala preparação e recobro RMN	50	0	35	0
Sala TC	25	0	15	0
Sala comando TC	15	0	15	0
Sala preparação e recobro Angiografia	50	0	35	0
Angiografia	210	0	210	0
Sala comando Angiografia	15	0	15	0
Sala Técnica Angiografia	10	104	35	104
Sala Raio X	30	0	15	0
IS Colaboradores	0	70	0	70
Vestiário colaboradores	0	60	0	25
Copa e sala de refeições	170	0	125	280
Sala de sujos	0	160	0	160
Sala de espera RD	115	0	100	0
Sala de espera MN	90	0	90	0

No que diz respeito aos caudais de extração mínimos exigidos verifica-se que dos 13 espaços que exigem um mínimo de caudal de extração apenas existem diferenças em 5. Destes 5 espaços, as maiores diferenças estão nos vestiários, sendo que de um modo geral os caudais são superiores no caso da unidade privada. Existe uma exceção que é a radiofarmácia, que no caso da unidade privada não apresenta um caudal mínimo de extração obrigatório, no entanto, no caso da unidade pública obriga a que tenha uma extração correspondente a 10 renovações por hora, que neste caso significa 90 l/s.

Outro parâmetro que deve ser levado em conta é a pressurização ou o regime de pressões a que os compartimentos estão sujeitos. Esta é fundamental para o correto dimensionamento dos equipamentos de AVAC. O regime de pressões necessário para pressurizar os diferentes compartimentos depende do grau de limpeza da sala, como foi referido anteriormente. É comum falar-se de espaços em subpressão ou sobrepressão. Estes termos são importantes na definição do regime de pressões, pois condicionam toda a envolvente dos compartimentos.

No caso das especificações técnicas da ACSS (ACSS, 2022), refere-se que deve existir um gradiente de ± 15 Pa entre salas limpas e os espaços adjacentes. Por outro lado, nas portarias n.º 33/2014, 35/2014, 136-B/2014 e 290/2012 (Diário da República, 2012b, 2014c, 2014a, 2014b, 2021) não há nenhuma indicação de qual o gradiente de pressão a considerar na fase de dimensionamento, embora seja exigido em determinadas salas e compartimentos. Nesse sentido, considerou-se como gradiente de pressão ± 5 Pa (apêndice VI). Associada à pressurização dos compartimentos, estão as fugas de ar. Havendo uma diferença de pressões entre compartimentos, irá haver fugas de ar pelas frestas das portas ou por qualquer orifício que ligue dois compartimentos com pressões distintas. Nesse sentido, é essencial prever e calcular, quais serão as fugas associadas à pressurização dos espaços. Para quantificar estas fugas utiliza-se a equação de Bernoulli deduzida para o efeito (equação 4.1).

$$\dot{V} = A\alpha\sqrt{2\Delta P v} \quad (4.1)$$

Onde:

\dot{V} – Caudal de ar [m^3/s];

A – Área de passagem [m^2];

α – Coeficiente de descarga (0,85 no caso das portas);

ΔP – Diferencial de pressão [Pa ou $\text{kg}/\text{m}\cdot\text{s}^2$];

v – Volume específico do ar nas condições da sala [m^3/kg].

Deste modo, sabendo qual a diferença de pressão e as condições do ar no interior do compartimento, é possível determinar o caudal de ar que atravessa as frestas das portas.

No caso em estudo existem dois tipos de portas, simples e duplas, com áreas diferentes e conseqüentemente com caudais de fuga diferentes. As áreas das frestas das portas simples e duplas são, respetivamente, 0,011 m² e 0,020 m². As fugas de ar obtidas em função do gradiente de pressão encontram-se listadas na Tabela 4.4.

Tabela 4.4 - Caudal de fugas de ar para diferentes gradientes de pressão

ΔP	5 Pa	10 Pa	15 Pa
Porta simples	30 l/s	40 l/s	50 l/s
Porta dupla	50 l/s	72 l/s	90 l/s

Estes valores são usados no caso de estudo, após serem conhecidos os caudais de recirculação, após a primeira iteração da simulação.

4.3 Caudais de insuflação e capacidades dos equipamentos

Para determinar as capacidades requeridas para aquecimento e arrefecimento, bem como o dimensionamento dos respetivos equipamentos, realizou-se um cálculo, recorrendo ao software HAP, da Carrier. Neste cálculo constam os parâmetros necessários para determinar as cargas térmicas e as capacidades necessárias dos equipamentos, e que foram sendo descritos ao longo do documento, mais precisamente nos subcapítulos 3.2.1, 3.2.2 e 3.2.3

O cálculo é iterativo, tendo sido necessário, neste caso em concreto, uma iteração para obter os valores de caudais de insuflação e capacidades dos equipamentos. Esta iteração deve-se ao facto de existirem pressurizações nos compartimentos, mais propriamente, por existirem fugas de ar entre compartimentos. Estas fugas implicam a realização de um balanço de entrada e saída de ar das salas sendo por vezes necessário compensar o caudal insuflado no próprio compartimento ou em compartimentos onde não existia insuflação, como por exemplo corredores. A partir do balanço de fugas também são calculados e ajustados os caudais de extração dos compartimentos.

Para o dimensionamento dos equipamentos foram estabelecidos alguns parâmetros de configuração dos equipamentos, nomeadamente, UTA/UTAN e VC necessários para o cálculo de cargas térmicas. Estes parâmetros estão relacionados com temperaturas,

existência e método de recuperação de calor e perdas de carga nas instalações, para determinar a capacidade necessária para os ventiladores.

Para as baterias de frio das UTA/UTAN considerou-se os seguintes parâmetros: temperatura de insuflação em situação de aquecimento 35 °C, com uma diferença máxima de 10 °C da temperatura da sala e o fator de bypass considerado foi de 0,1. No que diz respeito à temperatura de insuflação na situação de arrefecimento, considerou-se uma temperatura de insuflação de 17 °C (diferencial máximo de 8 °C face ao espaço) e um fator de bypass de 0,1.

Relativamente aos métodos de recuperação de energia, o método escolhido foi “*run-around-coil*” ou recuperação por duas baterias, mais higiénico e com menor risco de contaminação com ar viciado no caso das UTAN (conforme descrito no capítulo 2.4.2). Para este sistema auxiliar considerou-se uma eficiência de 60% para recuperação de calor sensível.

No que diz respeito à pressão disponível dos ventiladores, esta foi estimada com recurso a valores tabelados (Tabela 4.5) presentes na norma EN 13779 (European Committee for Standardization, 2007a).

Tabela 4.5 - Valores pré-definidos para perdas de carga adaptado de EN 13779

Componente	Perdas de carga (Pa)		
	Baixo	Normal	Elevado
Condutas de insuflação	200	300	600
Condutas de extração	100	200	300
Filtro F5-F7	100	150	250
Filtro F8-F9	150	250	400
Filtro HEPA (H12/13)	400	500	700
Elemento terminal	30	50	100

No que diz respeito às redes de insuflação considerou-se uma perda de carga de 300 Pascal (Pa) para as redes que servem um maior número de espaços e 200 Pa para redes que servem apenas um ou poucos espaços. A mesma lógica foi aplicada às condutas de extração. No caso dos elementos terminais, considerou-se 30 Pa.

Para as redes de extração que servem maior número de espaços considerou-se 200 Pa de perda de carga e nas redes de menor dimensão considerou-se 100 Pa. Relativamente aos filtros, considerou-se para o filtro F7, 150 Pa de perda de carga, para o filtro F9 considerou-se 250 Pa e para o filtro HEPA considerou-se 500 Pa. Os valores totais considerados para cada unidade ao nível das perdas de carga, encontram-se listados no apêndice IV.

A definição dos “*Set-points*” das salas, de acordo com os valores regulamentados descritos no subcapítulo 3.3. Como exemplo, demonstra-se o procedimento para um dos vários compartimentos. No caso do compartimento apresentado a gama de temperaturas vai dos 20 °C aos 25 °C, em aquecimento e arrefecimento, respetivamente. Para garantir que a temperatura se encontra sempre dentro deste intervalo, define-se um intervalo mais apertado, com a diferença de 1 K. Os valores referentes aos *set-points* de temperatura para cada espaço podem ser encontrados no apêndice V.

Adicionalmente, são considerados alguns parâmetros necessários para o dimensionamento dos circuitos hidráulicos de água arrefecida e água aquecida. Os diferenciais de temperatura considerados nas serpentinas de água arrefecida e aquecida são de 5 K. Foram definidos alguns coeficientes de segurança para as capacidades de aquecimento e arrefecimento. Para as potências de aquecimento aplicou-se um coeficiente de segurança de 1,15 o que significa que estas serão majoradas em 15%. Este fator de segurança serve para contabilizar as perdas térmicas por pontes térmicas lineares. As potências de arrefecimento apenas são majoradas em 5%.

A configuração dos equipamentos foi definida em função dos parâmetros exigidos na regulamentação. Estas configurações divergem como já se tinha verificado na apresentação das regulamentações aplicáveis, no subcapítulo 3.3 Estas divergências afetam o dimensionamento dos equipamentos. Sendo assim, é importante reforçar as diferenças existentes entre unidades (pública e privada).

As UTA/UTAN apresentam, em virtude dos requisitos exigidos, diferenças construtivas em termos de humidificação, recuperação de calor e certificações higiénicas. As UTA/UTAN usadas na unidade privada não são dotadas de módulos de humidificação e recuperação de calor. Sem módulos de humidificação as UTA/UTAN ficam limitadas não podendo garantir os limites mínimos de humidade relativa nos compartimentos. A não existência de módulos de recuperação poderá induzir maiores capacidades das baterias de água aquecida e arrefecida. Também não são dotadas de certificação higiénica, sendo por isso menos dispendiosas, mas por outro lado mais propensas à acumulação de agentes contaminantes. Por outro lado, as UTA/UTAN aplicadas na unidade pública apresentam certificação higiénica, de acordo com o grau de exigência dos compartimentos climatizados. Neste caso apenas foram contempladas UTA/UTAN com certificação higiénica para as salas de exames invasivos. Apresentam módulos de

recuperação de calor em todas as UTAN. Estas diferenças são evidenciadas na Tabela 4.6 e Tabela 4.7.

Tabela 4.6 - Configuração das UTA/UTAN da unidade privada

Designação	Humidificação	Recuperação	Certificação higiénica
UTAN.Geral	Não	Não	Não
UTAN.Exames.Geral2	Não	Não	Não
UTAN.Exames.Geral1	Não	Não	Não
UTAN.Angio	Não	Não	Não
UTA.RMN	Não	Não	Não
UTA.Endoscopia	Não	Não	Não
UTAN.Radiofarmácia	Não	Não	Não

Tabela 4.7 - Configuração das UTA/UTAN da unidade pública

Designação	Humidificação	Recuperação	Certificação higiénica
UTAN.Geral	Não	Sim	Não
UTAN.Exames.Geral2	Não	Sim	Não
UTAN.Exames.Geral1	Não	Sim	Não
UTAN.Angio	Não	Sim	Sim, DIN
UTA.Endoscopia	Não	Não	Sim, DIN

Conhecidos os caudais de insuflação, são feitos os balanços de caudal com as fugas de ar devido à pressurização e deste modo calcula-se para os compartimentos o seu caudal de extração. Adicionalmente, fazem-se ajustes aos balanços das fugas, podendo ser necessário insuflar ar em compartimentos que não tinham sido considerados anteriormente para o cálculo.

A título de exemplo, considera-se o caso da sala de angiografia, no âmbito do projeto público. Sabe-se que esta sala deve estar com uma sobrepressão de +15 Pa. O caudal de insuflação obtido para esta sala foi de 240 l/s. Sabendo que a sala tem uma porta dupla, a fuga de ar obtida pelas frestas das portas é de 90 l/s. Deste modo, o caudal necessário extrair será o restante, ou seja, os 240 l/s menos os 90 l/s que dá 150 l/s. Todos os caudais de extração foram calculados desta forma e os resultados podem ser consultados no apêndice VII.

Outra situação recorrente é quando se tem de cumprir um caudal mínimo de extração como é o caso das instalações sanitárias ou de uma sala de sujos. Nesses casos, essas salas encontram-se em subpressão, logo recebem ar da sua envolvente, mas muitas vezes o caudal de ar que entra nesses espaços não é o suficiente para cumprir os

requisitos de extração. Nesses casos colocam-se grelhas de porta para aumentar a área de passagem e assim cumprir os requisitos mínimos.

Nos casos em estudo foram realizadas algumas alterações devido ao balanço das fugas de ar. As alterações realizadas no dimensionamento da unidade privada foram aumentar o caudal de ar insuflado na receção, na sala de comando da angiografia e da ressonância magnética, na sala de tomografia computadorizada, na sala de recobro da endoscopia. Adicionalmente, acrescentou-se caudal em todos os corredores para equilibrar as fugas de ar provenientes nas salas.

No dimensionamento da unidade pública foram aumentados os caudais da receção, da copa, da sala de comando da angiografia, da tomografia computadorizada e da ressonância magnética. Aumentou-se o caudal na sala técnica da ressonância magnética e na sala de recobro da endoscopia.

É importante referir que houve UTA que passaram a UTAN. Esta modificação foi necessária tendo-se verificado que o caudal de ar novo era muito próximo do caudal a insuflar, pelo que não havia qualquer vantagem em retornar ar à UTA. No caso da unidade privada esta alteração foi realizada às UTA da angiografia e da radiofarmácia. No caso da unidade pública apenas se verificou esta necessidade na UTA da angiografia.

Após estas alterações serem realizadas, foi possível calcular novamente os caudais de ar a insuflar e a extrair e as capacidades dos equipamentos.

Os caudais a insuflar e a extrair para ambas as unidades (pública e privada) são distintos (Tabela 4.8 e Tabela 4.9). Verifica-se por comparação direta que os caudais das UTA/UTAN diferem. De um modo geral, os caudais a insuflar e a extrair são superiores na unidade privada comparativamente com a unidade pública, com exceção da UTA da endoscopia onde se verifica o oposto. Na geral a quantidade de ar tratado e climatizado é superior na unidade privada, sendo a diferença de 670 l/s. Esta diferença deve-se ao facto de existirem mais unidades de tratamento específicas na unidade privada.

No que diz respeito às potências, as UTA/UTAN da unidade pública apresentam capacidades menores que as UTA/UTAN da unidade privada (Tabela 4.8 e Tabela 4.9). Esta diferença varia consoante se trata de uma UTA ou UTAN. Nas UTA não se verifica diferença nenhuma em termos de capacidades. No caso das UTAN da unidade de saúde privada, as capacidades totais de arrefecimento e aquecimento são de 11,4 kW e de 38,9 kW respetivamente. Para as UTAN da unidade de saúde pública as capacidades totais de arrefecimento e aquecimento são de 6,3 kW e 13,9 kW respetivamente. Em suma, as capacidades de aquecimento e arrefecimento das

UTA/UTAN variam em 27,5 kW e 7,6 kW, respetivamente. Estas diferenças devem-se à não existência de recuperação de calor nas UTAN da unidade privada.

No que diz respeito aos VC, também foram determinadas as suas capacidades. Para os VC da unidade privada, a capacidade total de arrefecimento é de 54,8 kW e de aquecimento é de 10,8 kW, enquanto para os VC da unidade pública a capacidade total de arrefecimento é de 58,1 kW e de aquecimento é de 8,4 kW. Verifica-se uma diferença de 3,3 kW na capacidade de arrefecimento e 2,4 kW na capacidade de aquecimento.

Tabela 4.8 - Caudais de ar e potências das UTA/UTAN da unidade privada.

Designação	Caudal insuflação [l/s]	Caudal extração [l/s]	Pot. Arrefecimento [kW]	Pot. Aquecimento [kW]
UTAN.Geral	935	455	4,8	21,1
UTAN.Exames.Geral2	110	120	0,6	2,7
UTAN.Exames.Geral1	355	290	1,8	8
UTAN.Angio	240	190	3,7	6,1
UTA.RMN	395	455	3,7	0,3
UTA.Endoscopia	305	255	3,6	1,4
UTAN.Radiofarmácia	35	65	0,5	1

Tabela 4.9 - Caudais de ar e potências das UTA/UTAN da unidade pública.

Designação	Caudal insuflação [l/s]	Caudal extração [l/s]	Pot. Arrefecimento [kW]	Pot. Aquecimento [kW]
UTAN.Geral	760	415	2,3	6,4
UTAN.Exames.Geral2	90	105	0,6	1,6
UTAN.Exames.Geral1	350	290	0,7	3,5
UTAN.Angio	240	150	2,7	2,4
UTA.Endoscopia	310	260	3,6	1,4

Sabendo quais as capacidades dos equipamentos de climatização é possível dimensionar os equipamentos de produção térmica, nomeadamente, os chillers e as bombas de calor. A potência necessária para dimensionar o chiller será a potência total de arrefecimento e o caudal de água arrefecida correspondente. Para a bomba de calor é necessária a potência total de aquecimento e o caudal de água aquecida correspondente (Tabela 4.10). A potência total de arrefecimento difere entre unidades em cerca de 5,3 kW e a potência total de aquecimento difere em 26,6 kW. É importante reforçar que esta diferença se deve maioritariamente ao facto de não existir recuperação de calor nas UTAN da unidade privada, levando a potências necessárias superiores.

É importante reforçar que os valores de potência total são obtidos para as condições de projeto, representando apenas situações de pico de capacidade, e como tal esta diferença pode não traduzir uma necessidade superior constantemente. Daí surge a importância de realizar uma simulação energética para permitir entender qual o comportamento de ambas as unidades (pública e privada) ao longo de um ano e a influência na variação das condições exteriores.

Tabela 4.10 - Caudais de água e potências totais.

Unidade	Potência total arrefecimento [kW]	Potência total aquecimento [kW]	Caudal total de água arrefecida [l/s]	Caudal total de água aquecida [l/s]
Privada	71,1	50,2	3,49	2,35
Pública	65,8	23,6	3,27	1,21

Os valores obtidos para as cargas térmicas e caudais de ar a insuflar e extrair, podem ser consultadas nos apêndices V e VI respetivamente.

Quanto ao número de equipamentos (Tabela 4.11), a diferença cinge-se apenas às UTA/UTAN e aos VE. A unidade privada tem mais 2 UTA devido ao facto de a regulamentação exigir UTA exclusivas para duas salas que na unidade privada podem ser climatizadas com recurso a VC.

Tabela 4.11 - Número de equipamentos para as unidades pública e privada

Equipamento	Projeto Público	Projeto Privado
UTA	1	2
UTAN	4	5
VC	26	26
Ventiladores de extração	8	13
Chiller	1	1
Bomba de calor	1	1

4.4 Simulação e análise energética do edifício

Os consumos energéticos da instalação são obtidos com recurso a uma simulação energética, realizada pelo mesmo software HAP, onde foi feito o cálculo das cargas térmicas e capacidades dos equipamentos. Esta simulação tem como objetivo reunir todos os consumos devido a equipamentos de AVAC e equipamentos em geral parametrizados anteriormente (subcapítulo 3.2)

É importante referir que todos os equipamentos parametrizados são contabilizados no cálculo, nomeadamente, UTA, VC e ventiladores de insuflação (VI). Posteriormente,

foram configurados os restantes equipamentos pertencentes ao AVAC, tais como chillers, bombas de calor, VE e bombas de circulação dos circuitos de água aquecida e arrefecida.

Sabendo as potências requeridas para a produção térmica de ambas as unidades de saúde (privada e pública), dimensionaram-se chillers e bombas de calor. O chiller dimensionado e escolhido é o mesmo para ambas as unidades, dado que a diferença de potência térmica necessária não é suficiente para que seja necessário um chiller de capacidade diferente. O mesmo não se verifica nas bombas de calor. É necessário seleccionar uma bomba de calor com o dobro da capacidade para a unidade privada, sendo que a diferença de potências térmicas necessárias é de 26,6 kW. Embora seja importante conhecer qual a potência total disponibilizada pelo equipamento, existem outros parâmetros igualmente importantes no que diz respeito à simulação energética. Estes parâmetros são a potência elétrica absorvida pelos equipamentos, os caudais de água aquecida e arrefecida e a perda de carga associada ao circuito do equipamento (Tabela 4.12).

Tabela 4.12 - Características dos Chillers e Bombas de calor

Unidade	Equipamento	Potência total (kW)	Potência absorvida (kW)	EER / COP	Caudal (l/s)	Perda de carga do equipamento (kPa)
Pública	Chiller	73,3	24,4	3	3,51	37
	B. Calor	31,6	9,1	3,5	1,52	12
Privada	Chiller	73,3	24,4	3	3,51	37
	B. Calor	62,3	18	3,5	3	27

Deste modo, para que a simulação seja fidedigna, modelou-se estes equipamentos no software HAP, o que significa introduzir os parâmetros de funcionamento dos mesmos para de modo a serem simulados de acordo com as necessidades do edifício ao longo do ano. É importante frisar que em cada um dos projetos foi previsto existir um circuito primário onde se encontra o chiller e um circuito secundário onde se encontram todos os recetores de água condicionada, seja aquecida ou arrefecida. Deste modo, ambos os circuitos têm bombas de velocidade variável e estão separados por um bypass como se esquematiza na Figura 4.1.

Além das características dos equipamentos, foram indicadas as propriedades do fluido de trabalho, que será água, bem como as perdas de carga estimadas nos circuitos hidráulicos e as eficiências consideradas para as bombas. Os parâmetros considerados encontram-se resumidos na Tabela 4.13.

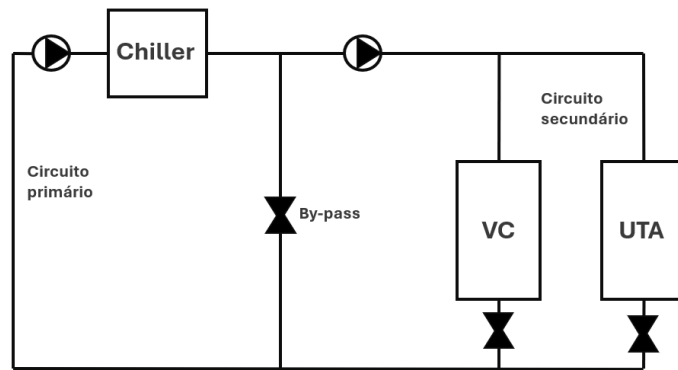


Figura 4.1 - Esquema simplificado do circuito hidráulico escolhido

Os valores para a perda de carga assumidos são a soma da perda de carga do chiller ou da bomba de calor e do valor designado para a perda de carga do circuito primário. O valor considerado para a perda de carga do circuito primário sem contar com o chiller ou a bomba de calor foi de 50 kPa, e é igual para todos os circuitos primários. Deste modo, qualquer diferença verificada na perda de carga do circuito primário, deve-se exclusivamente, neste caso, à perda de carga associada ao equipamento de produção térmica.

Tabela 4.13 - Parametrização dos Chillers e das Bombas de calor

Unidade	Equipamento	Perda de carga circ. primário (kPa)	Perda de carga secundário (kPa)	Massa específica do fluido (kg/m ³)	Calor específico (kJ/kg.K)
Pública	Chiller	87	200	999,6	4,19
	B. de calor	62		970,7	4,19
Privada	Chiller	87		999,6	4,19
	B. de calor	77		970,7	4,19

Da simulação energética realizada, obtém-se valores de energia em kWh para o funcionamento da instalação, para ambas as unidades (privada e pública). A simulação é feita com uma base mensal, pelo que é possível obter os valores associados aos consumos energéticos mensalmente em kWh. Da simulação obtiveram-se os resultados das necessidades mensais de produção térmica (Figura 4.2 e Figura 4.3) para as duas unidades (privada e pública).

A produção térmica ao longo do ano varia com a variação das condições exteriores. É possível observar esse comportamento nos resultados da produção térmica obtidos.

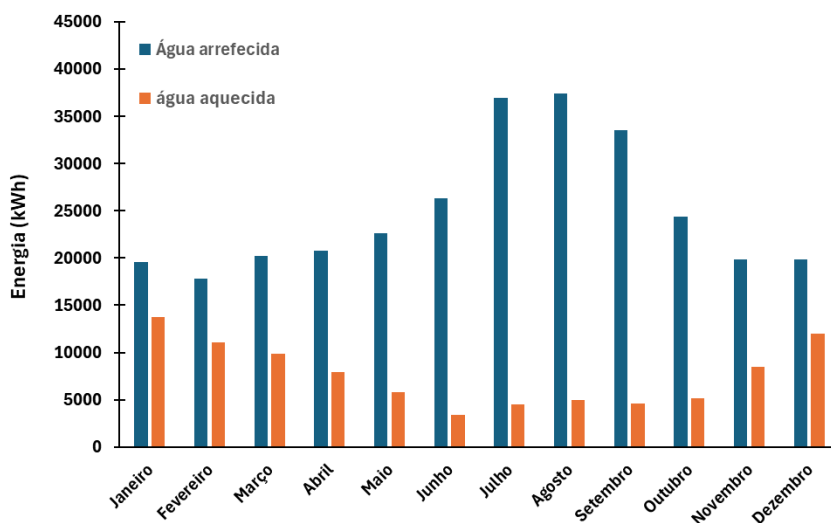


Figura 4.2 - Necessidades de produção térmica na unidade privada

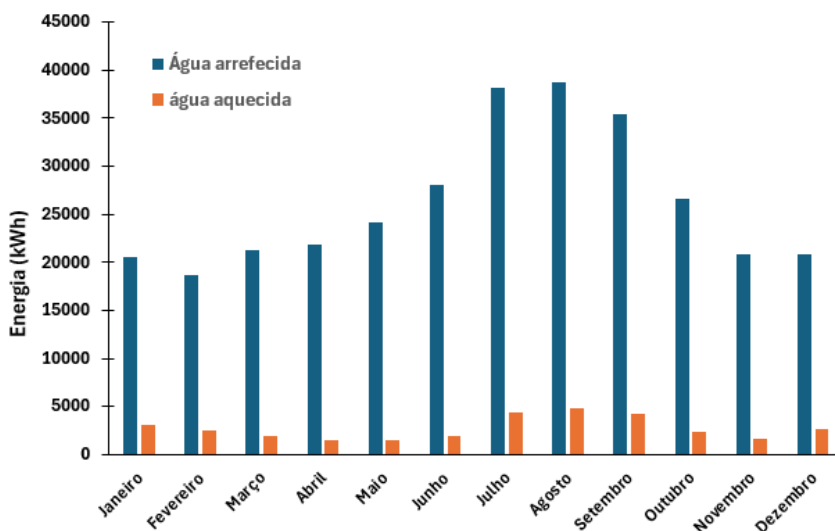


Figura 4.3 - Necessidades de produção térmica na unidade pública

No caso da unidade do setor privado a produção de água arrefecida é superior nos meses de verão (junho até setembro). A produção de água aquecida também é superior nos meses de inverno (novembro até março), quando as temperaturas exteriores são mais baixas. Verifica-se que mesmo nos meses em que existem temperaturas exteriores altas (junho até setembro) existe a necessidade de produção de água aquecida para aquecer o ar insuflado com o objetivo de compensar o arrefecimento e a desumidificação que é necessário realizar para atingir as condições interiores pretendidas.

No caso da unidade do setor público verifica-se comportamento semelhante ao da unidade do setor privado relativamente à produção de água arrefecida. Sendo superior

nos meses de verão, quando a necessidade de arrefecimento é superior. No entanto, a produção de água aquecida apresenta o comportamento oposto. A produção de água aquecida é superior nos meses de verão. Esta diferença deve-se ao facto de as UTAN da unidade do setor público serem dotadas de recuperação de calor. Numa situação de inverno, com temperaturas exteriores muito baixas, através da recuperação consegue aquecer-se o ar exterior fazendo uma troca térmica com o ar que está a ser extraído dos compartimentos. Deste modo, a necessidade de água aquecida é maioritariamente devida ao consumo dos VC.

Associados à produção térmica estão os consumos energéticos relacionados com a energia absorvida pelos equipamentos. No caso de estudo apenas se considerou o uso de energia elétrica, não havendo qualquer fonte de energia secundária proveniente de combustíveis fósseis. Os consumos energéticos dos equipamentos de produção térmica determinados são resultantes da soma da energia absorvida pelos equipamentos de produção térmica e dos elementos de bombagem pertencentes aos circuitos primários e secundários das rede de água aquecida e arrefecida (Tabela 4.14).

Tabela 4.14 - Consumos energéticos associados à água aquecida e arrefecida

Designação	unidade pública	unidade privada
Energia produzida Chiller (kWh/ano)	316415	300 322
Energia absorvida Chiller (kWh/ano)	79241	75803
Energia produzida Bomba de calor (kWh/ano)	31627	89382
Energia absorvida Bomba de calor (kWh/ano)	6662	19014
Energia absorvida Bombagem (kWh/ano)	7321	9060

A produção de água arrefecida (chiller) apresenta necessidades anuais semelhantes para ambas as unidades (privada e pública). Verifica-se que a unidade pública apresenta produção de água arrefecida de 316 415 kWh/ano ao passo que a unidade privada apresenta uma produção de água arrefecida de 300 322 kWh/ano. Consequentemente a energia absorvida pelo chiller é superior 4,3 % no caso da unidade pública comparativamente com a energia absorvida pelo chiller da unidade privada.

Na produção de água aquecida (bomba de calor) observa-se o oposto. Existe uma maior produção de água aquecida por parte da unidade privada, derivado da não existência de recuperação de calor. A unidade privada apresenta uma produção anual de 89 382 kWh/ano, enquanto que a unidade pública apresenta um valor 2,8 vezes inferior, totalizando uma produção anual de 31 627 kWh/ano. À semelhança da produção de água arrefecida, esta diferença é igual no que diz respeito à energia absorvida. A bomba de calor da unidade privada consome cerca de 2,8 vezes mais que a bomba de calor da unidade pública.

As diferenças nos consumos associados à bombagem refletem as diferenças de caudal necessário circular para obter as capacidades pretendidas. Verifica-se que o caudal de água arrefecida e aquecida da unidade privada é de 3,51 l/s e 1,52 l/s, respetivamente, totalizando 5,03 l/s. No caso da unidade pública o caudal de água arrefecida e aquecida é de 3,51 l/s e 3 l/s, respetivamente, totalizando 6,51 l/s. Posto isto, verifica-se que o consumo associado à bombagem é superior na unidade privada.

Os valores apresentados, anteriormente, na Tabela 4.14 estão relacionados com os consumos associados à produção térmica. Estes não são os únicos equipamentos que consomem energia no edifício. Os consumos relacionados com AVAC abrangem a produção de água arrefecida e aquecida, mas também os ventiladores das UTA/UTAN e dos VC. Também fazem parte os VE. Na Tabela 4.15 são discriminados os consumos associados à ventilação, à produção de água aquecida e arrefecida e à bombagem. Adicionalmente encontram-se apresentados os consumos relativos a iluminação e equipamentos elétricos em funcionamento no edifício.

Tabela 4.15 – Energia consumida por categoria nas duas unidades (privada e pública)

Designação	Energia consumida (kWh/ano)	
	Unidade pública	Unidade privada
Ventilação	45447	49290
Água arrefecida	79238	75800
Água aquecida	6669	19013
Bombagem	7321	9060
Iluminação	27950	27950
Equipamentos elétricos	224900	224900
Total	391525	406013

Os consumos da ventilação na unidade privada são de 49 290 kWh/ano, sendo ligeiramente superiores aos da unidade pública, que são de 45 447 kWh/ano. Esta diferença (3 843 kWh/ano) deve-se à diferença de caudais de ar a insuflar. Verificou-se no subcapítulo 4.3 que os caudais de insuflação eram superiores no caso da unidade privada. Consequentemente, os consumos associados à ventilação são superiores. Observa-se que os consumos totais anuais são superiores na unidade privada, totalizando 406 013 kWh/ano, comparativamente com os da unidade pública que totalizam 391 525 kWh/ano. Uma diferença de 14 488 kWh/ano que se deve maioritariamente ao facto de a unidade privada ter maiores necessidades de água aquecida, em virtude de não ser dotada de módulos de recuperação. Os valores de iluminação e equipamentos elétricos são iguais em ambas as unidades (privada e pública) visto que se trata do mesmo edifício.

Observa-se que na unidade do setor privado os consumos dos equipamentos de AVAC representam cerca de 38% dos consumos elétricos totais do edifício, enquanto no caso da unidade pública esta ponderação é de 35%.

Considerando os consumos calculados determinaram-se as classes energéticas e as emissões de CO₂ equivalentes do funcionamento de ambas as unidades (privada e pública). As classes energéticas e as emissões foram calculadas através da consulta do manual SCE (DGEG & Adene, 2021). A metodologia para determinar a classe energética consiste em realizar uma razão entre os consumos estimados para a instalação existente no projeto e os consumos de referência considerando parâmetros pré-definidos para este tipo de instalações. Os consumos estimados são aqueles que dizem respeito às simulações realizadas com os equipamentos selecionados, neste caso os valores obtidos anteriormente, registados na Tabela 4.15. Os consumos de referência são os consumos ajustados, para a mesma instalação, considerando eficiências e condições padrão definidas no manual SCE.

No caso da simulação para os valores de referência, os parâmetros a considerar abrangem as eficiências dos equipamentos de produção térmica (chiller e bomba de calor), bem como a recuperação de calor e a eficiência da ventilação.

A bomba de calor para o caso de referência deve apresentar um coeficiente de performance (COP) igual a 2,8, e o chiller deve apresentar um rácio de eficiência energética (EER) de 2,9. Comparando com o chiller e a bomba de calor selecionados na Tabela 4.12, que apresentam um EER de 3 e um COP de 3,5, respetivamente, os valores de referência representam equipamentos menos eficientes.

No que diz respeito à ventilação o valor de referência para o consumo específico dos ventiladores deve ser de 1250 W/(m³/s) ou 1,25 W/(L/s). Quanto à recuperação não deve ser considerada para o cálculo dos consumos para a situação de referência.

A determinação das classes energéticas e das emissões requer fatores de conversão de energia, nomeadamente, a conversão de energia em kWh para kWh equivalente de petróleo e a conversão de kWh equivalente de petróleo para quilograma de CO₂. O fator de conversão utilizado para a kWh equivalente de petróleo foi de 0,4, ou seja, por cada 0,4 kWh consumido, é necessário 1 kWh de petróleo de energia primária. Para a conversão de kWh equivalente de petróleo para quilograma de CO₂ considerou-se um fator de 0,144, o que significa, que a cada kWh equivalente de petróleo produzido, são libertados 0,144 quilograma de CO₂ (DGEG & Adene, 2021).

Impostas estas condições verifica-se que a classe energética é igual para ambas as unidades, mesmo que estas apresentem consumos distintos (Tabela 4.16). O mesmo

se reflete nas emissões de CO₂, que são diferentes. A classe energética é B- para ambas as unidades, privada e pública, enquanto, as emissões de CO₂ por ano são superiores no caso da unidade privada, com uma diferença de 0,83 toneladas de CO₂.

Tabela 4.16 - Classe energética e emissões anuais de CO₂.

Unidade	Classe energética	Emissões de CO ₂ [Ton CO ₂ /ano]
Pública	B- ($R_{IEE} = 0,87$)	22,55
Privada	B- ($R_{IEE} = 0,93$)	23,39

4.5 Custos de operação, manutenção e de equipamentos

A determinação dos custos foi realizada no âmbito da análise comparativa e visa auxiliar a perceção de como se podem traduzir as diferenças entre projetos no valor monetário despendido nos equipamentos, no seu funcionamento e na sua manutenção.

Os custos de operação são obtidos em função da simulação energética realizada. Através dos consumos estimados ao longo do ano, associa-se uma tarifa ao kWh de energia elétrica consumida. Deste modo, foi possível obter um valor anual dos custos de funcionamento de ambas as instalações. O valor do kWh elétrico utilizado foi retirado do boletim de comparação de preços de eletricidade do 2º semestre de 2023, publicado pela Entidade Reguladora dos Serviços Energéticos (ERSE, 2024) Neste boletim encontram-se as taxas aplicadas ao uso de energia elétrica para consumidores domésticos e não-domésticos. Sendo o caso de estudo um de cuidados de saúde enquadra-se no setor não-doméstico, sendo um edifício de comércio e serviços.

O preço médio para Portugal ronda os 0,135 €/kWh (ERSE, 2024). Considerou-se adicionalmente um imposto sobre a eletricidade de 23%. Sabendo a tarifa a aplicar aos consumos os custos podem ser obtidos de forma direta (Tabela 4.17).

Verifica uma diferença de 2 405,73 € nos custos anuais associados à eletricidade, sendo mais caro o funcionamento da unidade privada em comparação com a unidade pública. Verifica-se que a grande diferença da necessidade de produção de água aquecida se traduz em apenas 2 049,7 €/ano. É um valor que é razoavelmente baixo dada a disparidade de capacidades das bombas de calor.

Tabela 4.17 – Custos energéticos anuais para cada um dos projetos

Designação	Custo (€/ano)	
	Unidade privada	Unidade pública
Ventilação	8 184,60 €	7 546,47 €
Água arrefecida	12 586,59 €	13 157,47 €
Água aquecida	3 157,11 €	1 107,39 €
Bombagem	1 504,41 €	1 215,65 €
Iluminação	4 641,10 €	4 641,10 €
Equipamentos elétricos	37 344,65 €	37 344,65 €
Total	67 418,46 €	65 012,73 €

A aferição dos custos dos equipamentos foi feita com recurso a contacto com fabricantes do meio ou a catálogos com preços por equipamentos. As empresas consultadas para o efeito foram a Daikin, a Cest e a EVAC. Nos custos associados aos equipamentos podem distinguir-se os VC, as UTA, os chillers e as bombas de calor, e os ventiladores de extração. Na Tabela 4.18 encontram-se resumidos os valores totais, em euros e sem IVA, por categoria de equipamento para as duas unidades (privada e pública).

Tabela 4.18 - Preços dos equipamentos para os dois projetos

Categoria	Unidade pública	Unidade privada
UTA/UTAN	119 000,00 €	104 000,00 €
VC	32 150,00 €	32 690,00 €
Chiller	22 943,00 €	22 943,00 €
Bomba de calor	22 144,00 €	27 998,00 €
VE	16 950,00 €	26 800,00 €
Total	213 187,00 €	214 431,00 €

Os equipamentos são mais caros para a unidade privada, totalizando 214 431,00 €, ao passo que a unidade pública apresenta um custo total de aquisição dos equipamentos de 213 187,00 €. Verifica-se uma diferença de 1 244,00 €.

A manutenção foi estimada em função do número de equipamentos que cada unidade necessita. Desse modo, a estimativa foi realizada considerando atividades de manutenção preventiva e corretiva. A manutenção preventiva dos chillers e bombas de calor realiza-se duas vezes por ano, sendo considerados os custos de deslocação e mão de obra. A manutenção corretiva é estimada de acordo com o custo de aquisição dos equipamentos. No caso em estudo, o custo anual previsto para a manutenção corretiva varia entre 2% e 4% do custo de aquisição dos equipamentos. Após consulta a fabricantes foi indicado que o tempo de vida útil dos equipamentos estimado é de 15

anos para um chiller ou bomba de calor ar-água, de 20 anos para UTA/UTAN e de 20 anos para VC. Isto significa, que periodicamente estes equipamentos devem ser substituídos. O custo da manutenção varia ao longo dos anos, sendo o fator diferencial a necessidade de ações de manutenção corretiva. Considerou-se que nos primeiros cinco anos apenas existe manutenção preventiva e que daí em diante consideram-se ações de manutenção corretivas e preventivas. Posto isto, verifica-se que a manutenção, na unidade privada, custa em média nos primeiros 5 anos 2 510,00 € e nos anos seguintes incrementa para 7 149,00 € anuais, em média. No caso da unidade pública verifica-se o mesmo custo nos primeiros 5 anos, no entanto as ações de manutenção corretiva ascendem para 7 612,00 € anuais, em média. A diferença nos custos anuais de manutenção deve-se essencialmente ao facto de as UTA/UTAN da unidade pública apresentarem uma maior complexidade em termos de equipamentos.

Por fim, realizou-se uma análise do ciclo de vida para complementar a comparação anterior. Com esta análise pretende avaliar-se como será o desempenho ao longo de um determinado período no que diz respeito aos custos do funcionamento e manutenção dos equipamentos. Isto deve-se ao facto de por vezes uma solução ser menos dispendiosa no momento da construção, mas ao longo dos anos o seu funcionamento ser mais dispendioso. Deste modo pretende comparar-se como será a evolução destes parâmetros ao longo do tempo.

A análise do ciclo de vida realizou-se com recurso ao software da Carrier, “*Engineering Economic Analysis*”. A análise foi realizada em separado para as duas unidades (privada e pública). Foram considerados todos os custos de equipamentos, operação e manutenção calculados no capítulo 4.5. É importante referir que os custos associados à aquisição dos equipamentos foram contabilizados no ano zero (início da operação), enquanto que os custos de operação e manutenção repetem-se ao longo dos anos. O período considerado para a análise foi de 25 anos. Considerou-se que o tarifa da eletricidade aumenta 1,5% a cada ano e que os custos de manutenção aumentam 1% ao ano.

Os resultados obtidos na análise do ciclo de vida, para as unidades (privada e pública) revelam que os custos associados à operação e à manutenção ao longo dos anos são muito superiores ao custo dos equipamentos na data de aquisição. Isto demonstra que uma instalação que seja mais cara, se apresentar custos de operação mais reduzidos pode ser uma melhor opção. A escolha de soluções mais eficientes energeticamente, embora represente por vezes um custo de aquisição superior, revela-se a longo prazo uma solução mais eficiente e por isso mais económica.

O custo total acumulado ao longo dos 25 anos (Figura 4.4) para manter em funcionamento a unidade privada é de 2 739 910,04 €. No caso da unidade pública este valor é de 2 720 806,26 €. Em suma, a longo prazo verifica-se que a unidade privada apresenta os maiores custos no seu ciclo de vida, ainda que estes sejam pouco diferentes. As diferenças são pouco significativas considerando o tempo de vida útil escolhido, e devem-se essencialmente às pequenas diferenças obtidas ao nível dos custos determinados anteriormente.

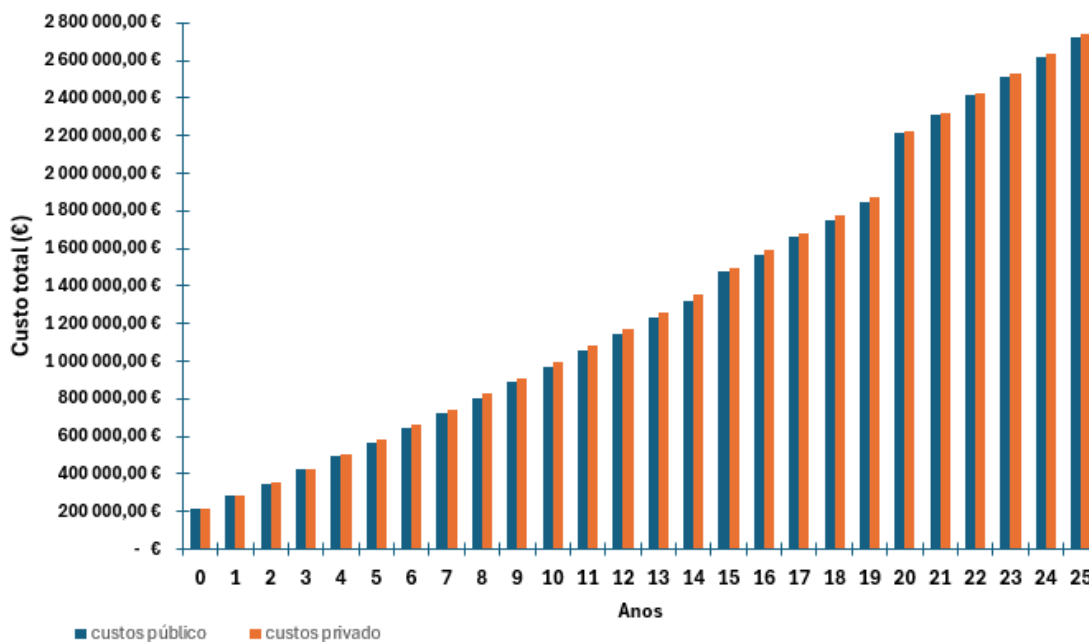


Figura 4.4 - Custos acumulados para as unidade privada e pública em 25 anos

5. Conclusões

As regulamentações de AVAC afetas às salas de imagiologia e exames invasivos diferem em função do setor em que, a unidade de saúde que as comporta, se encontra (público ou privado). Em ambas as regulamentações foram encontradas exigências que não fazem sentido. Por exemplo na regulamentação para o setor privado refere-se que a sala de ressonância magnética deve estar em subpressão, isto significa que esta irá admitir pelas frestas das portas ar exterior que pode estar contaminado. Esta exigência não faz sentido dado tratar-se de uma sala de exames. No caso da regulamentação afeta ao setor público também se verifica uma incongruência. Nas salas de exames invasivos é não é requerida humidificação, no entanto é estabelecido nas condições interiores um limite mínimo de humidade relativa. Isto significa que é exigido um controlo de humidade, mas não se humidifica em caso de necessidade, passando o limite mínimo de humidade relativa a não fazer sentido.

As principais diferenças encontradas nas soluções de climatização associadas às salas, são nos compartimentos de ressonância magnética e na radiofarmácia. Segundo a regulamentação para as unidades do setor privado, a radiofarmácia deve ter uma UTA e VE privativo, enquanto na regulamentação para unidades do setor público é apenas preciso um VE privativo com filtro de carvão ativado. No caso da unidade do setor privado, a existência de uma UTA exclusiva para a sala de radiofarmácia pode apresentar problemas devido aos caudais de ventilação necessários (35 L/s neste caso) e potências (0,5 e 1,5 kW) serem reduzidos. A UTA dimensionada para a radiofarmácia neste estudo tem um caudal nominal de 35 L/s e o mesmo custo de uma UTA com um caudal nominal três ou quatro vezes superior e com potências térmicas superiores. Para esta gama de caudais e potências o espaço poderia ser climatizado por VC.

Na sala de ressonância magnética observam-se diferenças notórias. Segundo a regulamentação para unidades do setor privado a ressonância deve ter uma UTA e VE privativo e deve estar em subpressão (pressão inferior à sua envolvente). Segundo a regulamentação para unidades do setor público a sala de ressonância magnética pode ser climatizada com recurso a um VC e deve estar em equilíbrio. Estas diferenças levam a soluções de dimensionamento diferentes. No caso da unidade privada a diferença significa ter uma unidade de tratamento de ar a ventilar e climatizar uma quantidade de ar significativa, o que acarreta custos superiores. No caso da unidade pública a climatização é feita por um VC e a ventilação é feita por uma UTAN que serve outros compartimentos (UTAN.Eames.Geral1).

Estas diferenças nos requisitos de ventilação e climatização resultam num número de equipamentos necessários para ventilar e climatizar a unidade privada de 48, enquanto na unidade pública apenas são necessários 41 equipamentos.

Ainda no campo das soluções de climatização não é exigida certificação higiénica nas UTA/UTAN da unidade do setor privado, mas na unidade do setor público a regulamentação exige a certificação higiénica. O mesmo se verifica no que diz respeito à recuperação de calor. Para as unidades do setor privado a recuperação de calor nas UTAN é obrigatória quando a potência térmica de rejeição de todos os equipamentos nas condições de projeto é superior a 80 kW. Para as unidades do setor público, a recuperação é recomendada para qualquer UTAN. No caso das unidades em estudo, todas as UTAN da unidade do setor público são dotadas de módulos de recuperação, ao invés das UTAN da unidade do setor privado que não têm módulos de recuperação. Estas diferenças afetam o preço global da instalação e conseguem. Foi possível observar que as UTA/UTAN da unidade pública foram mais caras ainda que estas sejam menos do que no caso da unidade privada. Verifica-se que para o mesmo tipo de edifício e com a mesma finalidade são obtidas duas soluções distintas. Não se justifica a existência destas soluções distintas para uma instalação que irá servir exatamente os mesmos espaços.

Após o levantamento dos equipamentos necessários, realizou-se um dimensionamento dos mesmos, com o objetivo de determinar as necessidades de produção térmica, nomeadamente do chiller e da bomba de calor para cada uma das unidades. Nestes dimensionamentos foram determinados os caudais de ar novo, insuflação e extração para todos os compartimentos, e agrupados posteriormente por cada uma das UTA/UTAN. Foram estimadas as fugas de ar entre compartimentos, bem como as perdas de carga resultantes da distribuição aeráulica. De um modo geral, verificam-se caudais de ar novo semelhantes. O mesmo não se pode afirmar nas fugas de ar nas salas de exames invasivos.

No que concerne às capacidades dos equipamentos, a diferença na capacidade total de arrefecimento é de 5,1 kW e a diferença na capacidade total de aquecimento é de 26,8 kW. Os consumos energéticos da unidade do setor privado totalizam 406 013 kWh/ano, enquanto na unidade do setor público totalizam 391 525 kWh/ano. A eficiência energética de ambas as unidades não se altera significativamente quando se compara a classe energética. Em ambas as unidades (privada e pública) a classe energética é B-. As emissões por sua vez são superiores no caso da unidade privada, totalizando 23,39 toneladas de CO₂ por ano, enquanto na unidade pública totaliza um volume de emissões de 22,55 toneladas de CO₂ anualmente.

Comparando os custos, a unidade do setor privado apresenta custos mais elevados em todos os campos. O custo associado ao funcionamento dos equipamentos é de 65 012,7 € e o custo dos equipamentos em si é de 214 431,00 €. Os custos acumulados ao longo de 25 anos de funcionamento da instalação totalizam a quantia de 2 739 910 €. A unidade do setor público tem um custo associado ao funcionamento dos equipamentos de 65 012,7 € e o custo de todos os equipamentos é de 213 187,00 €. Os custos acumulados ao longo de 25 anos de funcionamento da instalação totaliza os 2 720 806 €.

Em suma verifica-se, para as condições simuladas, que as diferenças em termos de consumos energéticos e custos globais de aquisição de equipamentos, de operação e manutenção são reduzidas, face às grandes diferenças encontradas na regulamentação ao nível das soluções de climatização. Embora não exista uma grande discrepância entre os custos e os consumos, no que diz respeito ao número de equipamentos não se pode concluir o mesmo. A unidade pública apresenta menos 7 equipamentos necessários comparativamente com a unidade privada, dois quais 2 são UTA/UTAN. Esta diferença pode ser relevante se o espaço existente para o edifício for reduzido, beneficiando largamente o edifício que albergue uma unidade pública, na medida em que este necessita de menos equipamentos para o funcionamento da instalação, sem comprometer a segurança dos utentes e a eficiência. As grandes diferenças também se verificam no que diz respeito à certificação higiénica das UTA/UTAN e à recuperação de calor, sendo que a unidade de saúde privada não apresenta certificação higiénica nem recuperação de calor em nenhuma das UTA/UTAN.

Em função dos resultados obtidos verifica-se que não se justifica a diferença nas regulamentações para edifícios que agregam o mesmo tipo de espaços, ou seja, a regulamentação deve ser especificada em função do espaço ou tipologia do edifício e não do setor em que o projeto se inclui, seja ele privado ou público.

Importa referir que a análise e a comparação realizadas são preliminares pelo que podem ser complementadas com dimensionamentos posteriores e que poderão trazer maior evidências nas diferenças encontradas nos consumos e nos custos da instalação globalmente. Deste modo, é dado o mote para a realização do trabalho futuro. Este trabalho futuro passa por realizar uma segunda análise, desta vez mais próxima de um anteprojecto. Isto implica desenhar e dimensionar as redes aerúlicas e hidráulicas para se obter um estimativa mais precisa das perdas de carga, da capacidade dos ventiladores e do custo da instalação em termos de condutas, tubagem e da instalação global.

Referências bibliográficas

- ACSS. (2022). *Especificações Técnicas para Instalações de AVAC do Sistema de Saúde, IP.*
- Agência Portuguesa do Ambiente, A. (2010). *Qualidade do Ar em Espaços Interiores Um Guia Técnico.*
- AHSRAE Handbook. (2007). *HVAC applications - HEALTH CARE FACILITIES.*
- airtècnics. (2024). *Heat recovery: Overview.*
<https://www.airtecnics.com/technology/heat-recovery-overview>
- Antunes, F., Safdar, S., Monteiro, A., & Samsudin, E. Z. (2022). *Hospital indoor air quality and its relationships with building design, building operation, and occupant-related factors: A mini-review.*
- Arêde, I., & Vaz, J. (2011). *Licenciatura em Radiologia Unidade Curricular de Investigação Aplicada II.*
- Aroso, M. H. P. C. de S. (1998). *Estudo das pontes térmicas na envolvente dos edifícios* [Tese de mestrado]. Faculdade de Engenharia do Porto.
- ASHRAE. (2003). *HVAC DESIGN MANUAL FOR HOSPITALS AND CLINICS.*
- ASHRAE. (2009). *ASHRAE Handbook Fundamentals.*
- ASHRAE. (2022). *Standard 90.1-2022 - Energy Standard for Sites and Buildings Except Low-Rise Residential Buildings.*
- Bai, Y., & Jin, H. (2023). Effects of visual, thermal, and acoustic comfort on the psychological restoration of the older people in a severe cold city. *Building and Environment*, 239. <https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2023.110402>
- Baudet, A., Baurès, E., Guegan, H., Blanchard, O., Guillaso, M., Le Cann, P., Gangneux, J. P., & Florentin, A. (2021). Indoor air quality in healthcare and care facilities: Chemical pollutants and microbiological contaminants. *Atmosphere*, 12(10). <https://doi.org/10.3390/atmos12101337>
- Brito, A. Q. L. C. (2023). *Gestão de Exames em Ressonância Magnética num Serviço de Radiologia do Setor Privado: Um estudo de caso.*
- Cengel, Y. A. (2002). *Heat Transfer - A Practical Approach.*
- Chikwem, C., & Nwakanma, C. (2021). Assessment of The Indoor Microbial Air Quality Of A Tertiary Healthcare Institution. In *The Bioscientist* (Vol. 9, Issue 1). <http://www.bioscientistjournal.com>

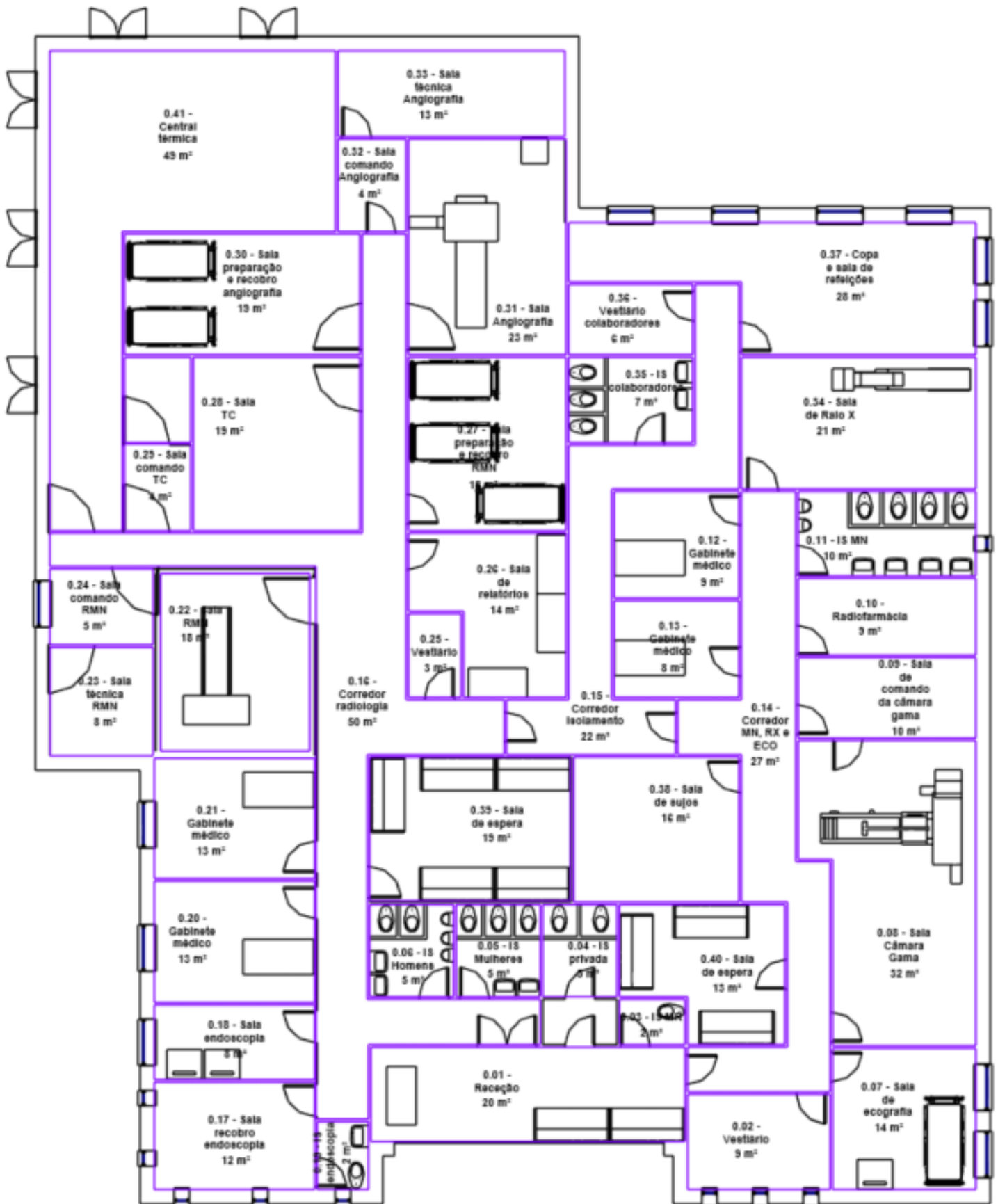
- Conserve Solutions. (2020, August 20). *What is Heat Recovery Wheel? How does it work?* <https://training.conservesolution.com/what-is-heat-recovery/>
- Costa, R. G. M. da. (2021). *Projeto de AVAC para um Edifício de Apoio a Pessoas com Deficiência Mental* [Tese de mestrado]. Instituto Superior de Engenharia de Lisboa.
- D'avila, L. (2019). *Gestão da Qualidade do Ar Interior em Ambiente Hospitalar*.
- DGEG. (2024). *Eficiência energética - Edifícios*. <https://www.dgeg.gov.pt/pt/areas-setoriais/energia/eficiencia-energetica/edificios/>
- DGEG, & Adene. (2021). *Manual SCE - Manual Técnico para a Avaliação do Desempenho Energético dos Edifícios*.
- Diário da República. (2012a). *Portaria n.º 155/2012 - Estatutos da Administração Central do Sistema de Saúde*.
- Diário da República. (2012b). *Portaria n.º 290/2012*.
- Diário da República. (2014a). *Portaria n.º 33/2014 - Medicina-Nuclear*.
- Diário da República. (2014b). *Portaria n.º 35/2014 - Radiologia*.
- Diário da República. (2014c). *Portaria n.º 136-B/2014*.
- Diário da República. (2021). *Portaria n.º 138-I/2021*.
- Diário da república. (2024a). *portaria n.º 93/2024 - Medicina Nuclear*.
- Diário da república. (2024b). *portaria n.º 92/2024 - Clínicas e consultórios médicos*.
- Diário da república. (2024c). *portaria n.º 100/2024 - Radiologia*.
- ERSE. (2024). *Boletim - Comparação preços eletricidade Eurostar*.
- European Committee for Standardization. (2007a). *EN 13779 - Ventilation for non-residential buildings - Performance requirements for ventilation and room-conditioning systems*.
- European Committee for Standardization. (2007b). *EN 15251-2007:Indoor environmental input parameters for design and assessment of energy performance of buildings addressing indoor air quality, thermal environment, lighting and acoustics*.
- European Committee for Standardization. (2019). *EN 1822-1:2019 - High efficiency air filters (EPA, HEPA and ULPA) - Part 1: Classification, performance testing, marking*.
- Fabíola, C., & Abreu, C. (2010). *O ambiente interior e a saúde dos ocupantes de edifícios de habitação*.

- FLAKTGROUP. (2023, September 1). *What is the VDI 6022 Hygiene Standard?*
<https://blog.flaktgroup.com/en/the-vdi-6022-hygiene-standard-and-ventilation>
- Fonseca, A., Abreu, I., Guerreiro, M. J., & Barros, N. (2022). Indoor Air Quality in Healthcare Units—A Systematic Literature Review Focusing Recent Research. In *Sustainability (Switzerland)* (Vol. 14, Issue 2). MDPI.
<https://doi.org/10.3390/su14020967>
- Glean, A. A., Gatland, S. D., & Elzeyadi, I. (2022). Visualization of Acoustic Comfort in an Open-Plan, High-Performance Glass Building. *Buildings*, 12(3).
<https://doi.org/10.3390/buildings12030338>
- ISO. (2015). *ISO 14644-1:2015 - Cleanrooms and associated controlled environments Part 1: Classification of air cleanliness by particle concentration.*
- ISO. (2016). *ISO 16890-1:2016 - Technical specifications, requirements and classification system based upon particulate matter efficiency (ePM).*
- Krü, E. L., & Zannin, P. H. T. (2004). Acoustic, thermal and luminous comfort in classrooms. *Building and Environment*, 39(9), 1055–1063.
<https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2004.01.030>
- Lino de Matos, J., Doutor Francisco Manuel Freire, P., João Miguel Dias Joanaz de Melo Arguente, D., João Fernando Pereira Gomes Vogal, D., & Susana Marta Lopes Almeida, D. (2014). *Qualidade do Ar Interior em Ambiente Hospitalar: Identificação de Poluentes, Fontes e Estratégias para a Otimização dos Serviços de Saúde Orientadora: Doutora Susana Marta Lopes Almeida do Instituto Superior Técnico.*
- LNEG - Software para Políticas Públicas. (2013). *Anos meteorológicos de Referência para simulação dinâmica.*
- Mahmoud, M., Filipsson, P., Brunninge, S., & Dalenbäck, J. O. (2022). Flow rate optimization in run-around heat recovery systems. *Applied Thermal Engineering*, 200. <https://doi.org/10.1016/j.applthermaleng.2021.117599>
- McGraw-Hill. (2001). *INDOOR AIR QUALITY HANDBOOK.*
<https://doi.org/10.1036/0074455494>
- Mendes, J. C., Guerreiro, M. R., Santos, P. dos, & Paiva, J. Vasconcelos. (1995). *Temperaturas exteriores de projecto e números de graus-dias.*
- Pinto, N. de M., Xavier, A. A. de P., & Hatakeyama, K. (2015). Thermal Comfort in Industrial Environment: Conditions and Parameters. *Procedia Manufacturing*, 3, 4999–5006. <https://doi.org/10.1016/j.promfg.2015.07.662>

- Reis, A. R. (2012). *Aquisição, Processamento e Análise de Imagens de Medicina Nuclear*.
- Rocha, M. S., Almeida, M. R., Pires, H., & Pessanha, L. (1981). *Revista do Instituto Nacional de Meteorologia e Geofísica*.
- Rui Cavaca Marcos. (2023). *Ventilação Mecânica - Teoria e Aplicações no Conforto Humano, na Indústria e Serviços*. Engebook.
- Santos, C., & Matias, L. (2006). *ITE 50 - Coeficientes de transmissão térmica de elementos da envolvente dos edifícios*. LNEC.
- Standards Committee for Heating and Ventilation. (2008). *DIN 1946-4 : Ventilation and air conditioning - VAC systems in buildings and rooms used in the health care sector*.
- Verein Deutscher Ingenieure. (2018). *VDI 6022 - Ventilation and indoor-air quality - Hygiene requirements for ventilation and air-conditioning systems and units*.

Apêndices

Apêndice I – Planta de arquitetura e listagem dos espaços



Piso	Nº da Sala	Designação	Área [m²]	Pé-direito [m]
0	0.01	Receção	20,00	3,6
0	0.02	Vestiário doentes	9,00	3,6
0	0.03	IS MR	2,00	3,6
0	0.04	IS privada	5,00	3,6
0	0.05	IS Mulheres	5,00	3,6
0	0.06	IS Homens	5,00	3,6
0	0.07	Sala ecografia	14,00	3,6
0	0.08	Sala Câmara Gama	30,50	3,6
0	0.09	Sala de comando Câmara Gama	10,00	3,6
0	0.10	Radiofarmácia	9,00	3,6
0	0.11	IS M. Nuclear	10,00	3,6
0	0.12	Gabinete médico	9,00	3,6
0	0.13	Gabinete médico	8,00	3,6
0	0.14	Corredor MN, RX e ECO	27,00	3,6
0	0.15	Corredor isolamento	22,00	3,6
0	0.16	Corredor radiologia	50,00	3,6
0	0.17	Sala recobro endoscopia	12,00	3,6
0	0.18	Sala de endoscopia	8,00	3,6
0	0.19	IS endoscopia	2,00	3,6
0	0.20	Gabinete médico	13,00	3,6
0	0.21	Gabinete médico	13,00	3,6
0	0.22	Sala RMN	18,00	3,6
0	0.23	Sala técnica RMN	8,00	3,6
0	0.24	Sala de comando RMN	5,00	3,6
0	0.25	Vestiário doentes	3,00	3,6
0	0.26	Sala de relatórios	14,00	3,6
0	0.27	Sala preparação e recobro RMN	18,00	3,6
0	0.28	Sala TC	19,00	3,6
0	0.29	Sala comando TC	4,00	3,6
0	0.30	Sala preparação e recobro Angiografia	19,00	3,6
0	0.31	Angiografia	23,00	3,6
0	0.32	Sala de comando Angiografia	4	3,6
0	0.33	Sala técnica Angiografia	13	3,6
0	0.34	Sala Raio X	21,00	3,6
0	0.35	IS Colaboradores	7,00	3,6
0	0.36	Vestiário colaboradores	6,00	3,6
0	0.37	Copa e sala de refeições	28,00	3,6
0	0.38	Sala de sujos	16,00	3,6
0	0.39	Sala de espera	19,00	3,6
0	0.40	Sala de espera	17,00	3,6

Apêndice II – Envolventes do edifício

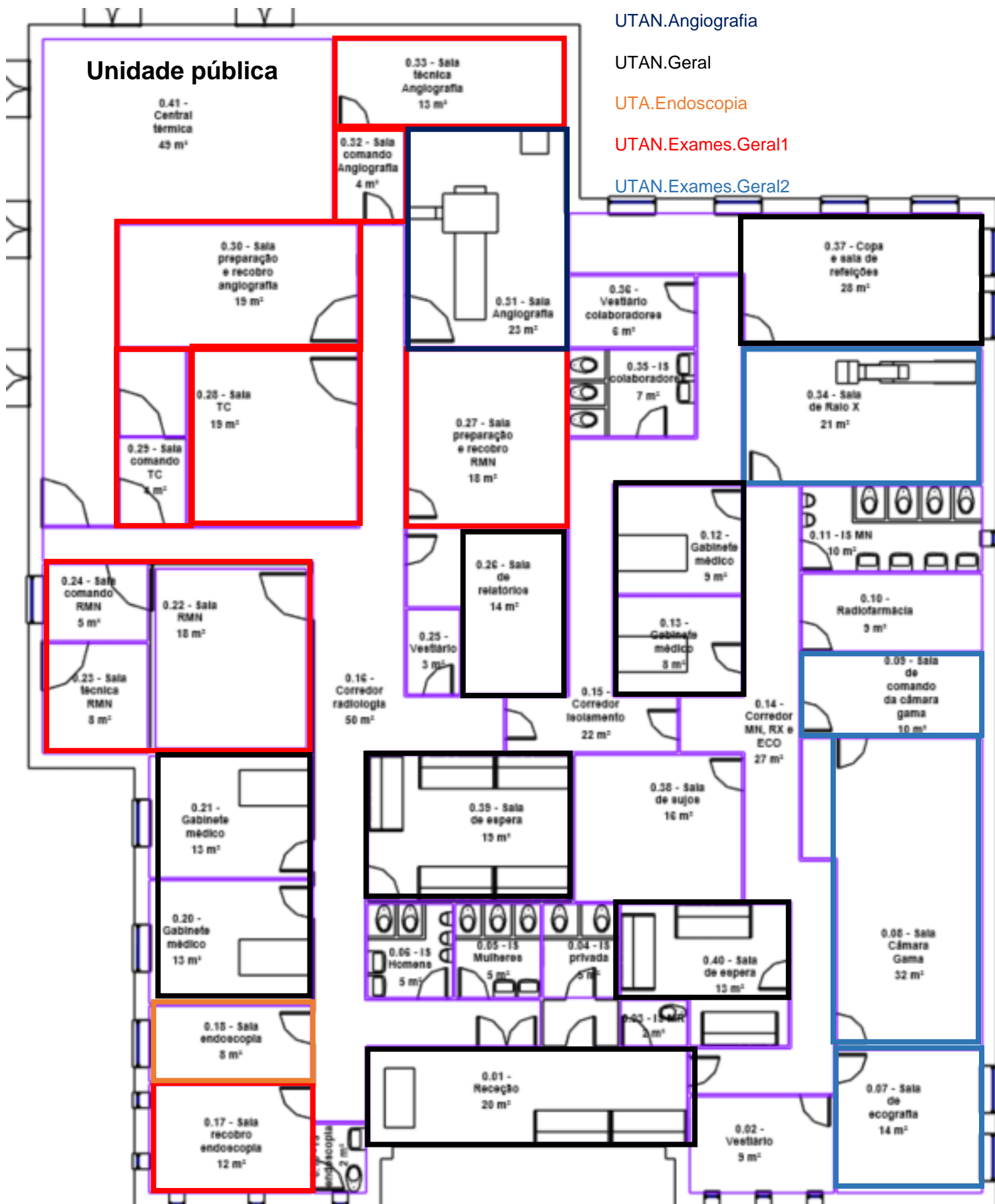
Parede Exterior Geral (alvenaria)						
Elemento de Camada	e (m)	λ (W/m.K)	R (m ² .K/W)	U (W/m ² .K)	mti (kg/m ²)	mt (kg/m ²)
Resistência Interior	-	-	0,130	0,661	-	268
Reboco Tradicional	0,020	1,80	0,011		2000,00	
Alvenaria de Tijolo Cerâmico	0,150	0,38	0,390		625,00	
Isolamento XPS	0,020	0,037	0,541		30,00	
Alvenaria de Tijolo Cerâmico	0,150	0,38	0,390		625,00	
Reboco Tradicional (pintado)	0,020	1,80	0,011		2000,00	
Resistência Exterior	-	-	0,040		-	

Parede Interior (divisória)						
Elemento de Camada	e (m)	λ (W/m.K)	R (m ² .K/W)	U (W/m ² .K)	mti (kg/m ²)	mt (kg/m ²)
Resistência Interior	-	-	0,130	0,531	-	33
Folha em chapa de aço lacado (estanque ao ar)	0,002	50,00	0,000		7800	
Isolamento XPS	0,060	0,037	1,622		30	
Folha em chapa de aço lacado (estanque ao ar)	0,002	50,00	0,000		7800	
Resistência Interior	-	-	0,130		-	

Cobertura interior						
Elemento de Camada	e (m)	λ (W/m.K)	R (m ² .K/W)	U (W/m ² .K)	mti (kg/m ²)	mt (kg/m ²)
Resistência Interior	-	-	0,100	0,475	-	521
Placa teto falso (PVC)	0,005	0,17	0,029		1390	
Caixa de ar	0,630	-	0,160		-	
Laje em Betão Armado	0,200	2,30	0,087		2350	
Tela impermeabilização em betume	0,010	0,17	0,059		1050	
XPS	0,050	0,037	1,351		30	
Camada de Regularização em Betão Celular	0,050	0,23	0,217		650	
Resistência interior	-	-	0,100		-	

Pavimento						
Elemento de Camada	e (m)	λ (W/m.K)	R (m ² .K/W)	U (W/m ² .K)	mti (kg/m ²)	mt (kg/m ²)
Resistência Interior	-	-	0,100	0,504	-	538
Revestimento em Vinílico	0,001	0,14	0,007		1200	
Camada de Regularização em Betão Celular	0,050	0,23	0,217		650	
Tela de Impermeabilização em Betume	0,010	0,17	0,059		1050	
Laje de betão	0,200	2,30	0,087		2350	
Isolamento XPS	0,045	0,037	1,216		30	
Camada de Betonilha Armada	0,030	0,31	0,097		700	
Manta Geotêxtil	0,010	0,05	0,200		120	
Resistência Exterior	-	-	0,000		0	

Apêndice III – Zonamento



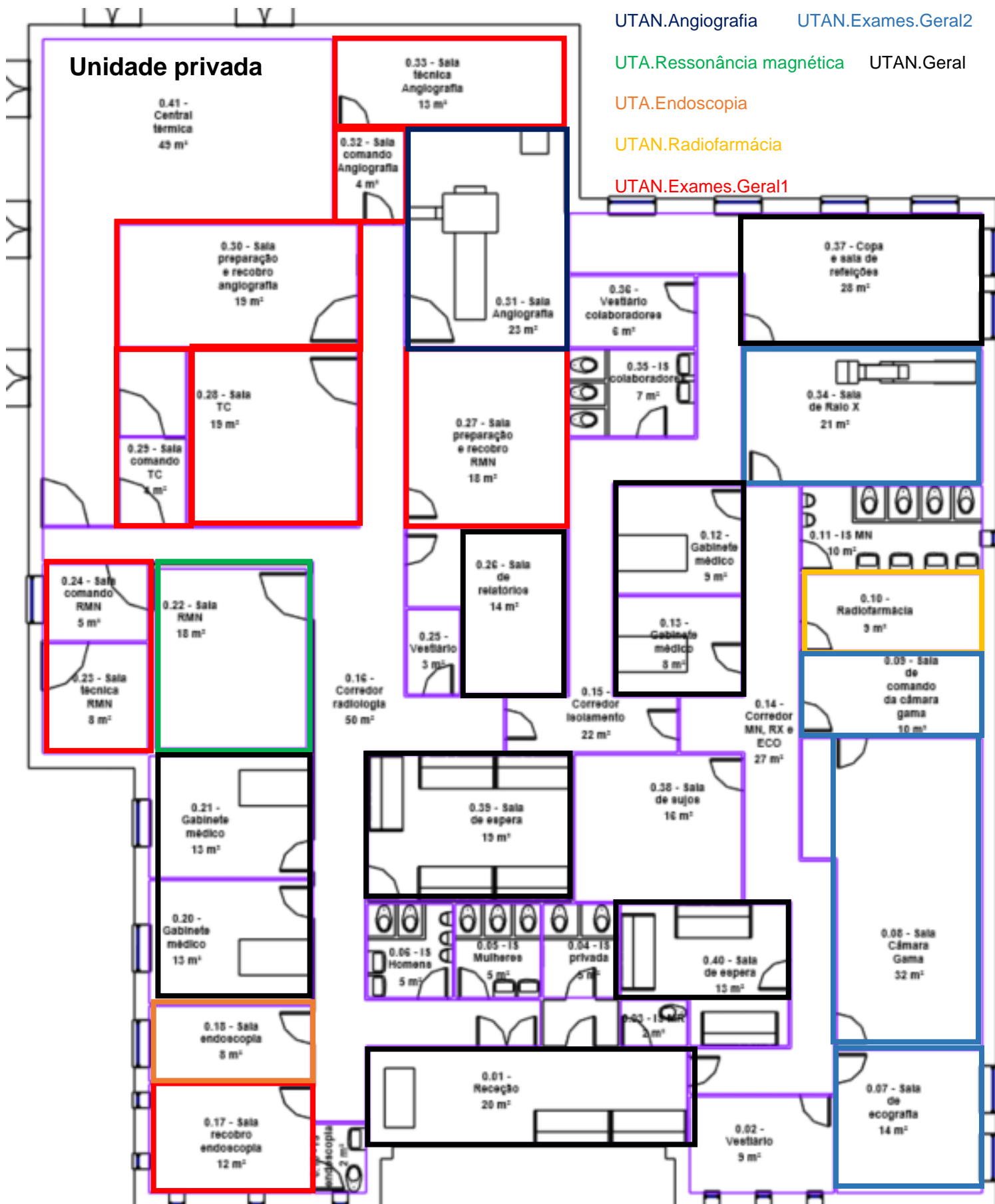
UTAN.Angiografia

UTAN.Geral

UTA.Endoscopia

UTAN.Exames.Geral1

UTAN.Exames.Geral2



UTAN.Angiografia UTAN.Exames.Geral2

UTA.Ressonância magnética UTAN.Geral

UTA.Endoscopia

UTAN.Radiofarmácia

UTAN.Exames.Geral1

Apêndice IV – Perdas de carga

Unidade privada		
Designação	Perda de carga insuflação (Pa)	Perda de carga extração (Pa)
UTAN.GERAL	480	230
UTAN.EXAMES.GERAL2	480	230
UTAN.EXAMES.GERAL	480	230
UTAN.ANGIO	980	130
UTA.RMN	380	130
UTA.ENDOSCOPIA	980	130
UTAN.RADIOFARMÁCIA s/RECUP	380	130
VE		
VE.SUJOS	-	130
VE.RMN	-	130
VE.END	-	130
VE.IS1	-	230
VE.VEST1	-	130
VE.IS2	-	130
VE.VEST2	-	130
VE.COPA	-	130

Unidade pública		
Designação	Perda de carga insuflação (Pa)	Perda de carga extração (Pa)
UTAN.GERAL	480	230
UTAN.EXAMES.GERAL2	580	230
UTAN.EXAMES.GERAL	580	230
UTAN.ANGIO	980	130
UTA.ENDOSCOPIA	980	130
VE		
VE.RAD	-	630
VE.SUJOS	-	130
VE.CG	-	130
VE.END	-	130
VE.IS1	-	230
VE.VEST1	-	130
VE.IS2	-	130
VE.VEST2	-	130
VE.COPA	-	130

Apêndice V – Cargas térmicas calculadas

0.18 - Sala Endoscopia	DESIGN COOLING			DESIGN HEATING		
	COOLING DATA AT Aug 1600			HEATING DATA AT DES HTG		
	COOLING OA DB / WB 29,0 °C / 19,5 °C			HEATING OA DB / WB 1,1 °C / 0,5 °C		
	OCCUPIED T-STAT 24,0 °C			OCCUPIED T-STAT 21,0 °C		
ZONE LOADS	Details	Sensible (W)	Latent (W)	Details	Sensible (W)	Latent (W)
Window & Skylight Solar Loads	4 m²	696	-	4 m²	-	-
Wall Transmission	3 m²	1	-	3 m²	39	-
Roof Transmission	0 m²	0	-	0 m²	0	-
Window Transmission	4 m²	47	-	4 m²	264	-
Skylight Transmission	0 m²	0	-	0 m²	0	-
Door Loads	0 m²	0	-	0 m²	0	-
Floor Transmission	8 m²	0	-	8 m²	27	-
Partitions	7 m²	6	-	7 m²	11	-
Ceiling	8 m²	16	-	8 m²	23	-
Overhead Lighting	114 W	100	-	0	0	-
Task Lighting	0 W	0	-	0	0	-
Electric Equipment	1500 W	1415	-	0	0	-
People	2	144	267	0	0	0
Infiltration	-	0	0	-	0	0
Miscellaneous	-	0	0	-	0	0
Safety Factor	5% / 5%	121	13	15%	55	0
>> Total Zone Loads	-	2546	280	-	419	0

0.22 - Sala RMN	DESIGN COOLING			DESIGN HEATING		
	COOLING DATA AT Aug 2000			HEATING DATA AT DES HTG		
	COOLING OA DB / WB 24,6 °C / 18,1 °C			HEATING OA DB / WB 1,1 °C / 0,5 °C		
	OCCUPIED T-STAT 24,0 °C			OCCUPIED T-STAT 21,0 °C		
ZONE LOADS	Details	Sensible (W)	Latent (W)	Details	Sensible (W)	Latent (W)
Window & Skylight Solar Loads	0 m²	0	-	0 m²	-	-
Wall Transmission	0 m²	0	-	0 m²	0	-
Roof Transmission	0 m²	0	-	0 m²	0	-
Window Transmission	0 m²	0	-	0 m²	0	-
Skylight Transmission	0 m²	0	-	0 m²	0	-
Door Loads	0 m²	0	-	0 m²	0	-
Floor Transmission	0 m²	0	-	0 m²	0	-
Partitions	0 m²	0	-	0 m²	0	-
Ceiling	18 m²	24	-	18 m²	51	-
Overhead Lighting	185 W	169	-	0	0	-
Task Lighting	0 W	0	-	0	0	-
Electric Equipment	3000 W	2879	-	0	0	-
People	1	59	35	0	0	0
Infiltration	-	0	0	-	0	0
Miscellaneous	-	0	0	-	0	0
Safety Factor	5% / 5%	157	2	15%	8	0
>> Total Zone Loads	-	3288	37	-	59	0

0.31 - Sala Angiografia	DESIGN COOLING			DESIGN HEATING		
	COOLING DATA AT Aug 2000 COOLING OA DB / WB 24,6 °C / 18,1 °C			HEATING DATA AT DES HTG HEATING OA DB / WB 1,1 °C / 0,5 °C		
	OCCUPIED T-STAT 24,0 °C			OCCUPIED T-STAT 23,0 °C		
ZONE LOADS	Details	Sensible (W)	Latent (W)	Details	Sensible (W)	Latent (W)
Window & Skylight Solar Loads	0 m²	0	-	0 m²	-	-
Wall Transmission	8 m²	20	-	8 m²	113	-
Roof Transmission	0 m²	0	-	0 m²	0	-
Window Transmission	0 m²	0	-	0 m²	0	-
Skylight Transmission	0 m²	0	-	0 m²	0	-
Door Loads	0 m²	0	-	0 m²	0	-
Floor Transmission	23 m²	0	-	23 m²	51	-
Partitions	27 m²	10	-	27 m²	71	-
Ceiling	23 m²	30	-	23 m²	87	-
Overhead Lighting	327 W	299	-	0	0	-
Task Lighting	0 W	0	-	0	0	-
Electric Equipment	1125 W	1080	-	0	0	-
People	6	458	800	0	0	0
Infiltration	-	0	0	-	0	0
Miscellaneous	-	0	0	-	0	0
Safety Factor	5% / 5%	95	40	15%	48	0
>> Total Zone Loads	-	1992	840	-	371	0

0.33 - Sala Tec. Angio	DESIGN COOLING			DESIGN HEATING		
	COOLING DATA AT Aug 2000 COOLING OA DB / WB 24,6 °C / 18,1 °C			HEATING DATA AT DES HTG HEATING OA DB / WB 1,1 °C / 0,5 °C		
	OCCUPIED T-STAT 24,0 °C			OCCUPIED T-STAT 21,1 °C		
ZONE LOADS	Details	Sensible (W)	Latent (W)	Details	Sensible (W)	Latent (W)
Window & Skylight Solar Loads	0 m²	0	-	0 m²	-	-
Wall Transmission	30 m²	38	-	30 m²	390	-
Roof Transmission	0 m²	0	-	0 m²	0	-
Window Transmission	0 m²	0	-	0 m²	0	-
Skylight Transmission	0 m²	0	-	0 m²	0	-
Door Loads	0 m²	0	-	0 m²	0	-
Floor Transmission	13 m²	0	-	13 m²	68	-
Partitions	8 m²	3	-	8 m²	14	-
Ceiling	13 m²	17	-	13 m²	38	-
Overhead Lighting	133 W	121	-	0	0	-
Task Lighting	0 W	0	-	0	0	-
Electric Equipment	13250 W	12715	-	0	0	-
People	0	0	0	0	0	0
Infiltration	-	0	0	-	0	0
Miscellaneous	-	0	0	-	0	0
Safety Factor	5% / 5%	645	0	15%	76	0
>> Total Zone Loads	-	13540	0	-	586	0

0.32 - Sala Com. Angio	DESIGN COOLING			DESIGN HEATING		
	COOLING DATA AT Aug 2000 COOLING OA DB / WB 24,6 °C / 18,1 °C			HEATING DATA AT DES HTG HEATING OA DB / WB 1,1 °C / 0,5 °C		
	OCCUPIED T-STAT 24,0 °C			OCCUPIED T-STAT 21,0 °C		
ZONE LOADS	Details	Sensible (W)	Latent (W)	Details	Sensible (W)	Latent (W)
Window & Skylight Solar Loads	0 m²	0	-	0 m²	-	-
Wall Transmission	0 m²	0	-	0 m²	0	-
Roof Transmission	0 m²	0	-	0 m²	0	-
Window Transmission	0 m²	0	-	0 m²	0	-
Skylight Transmission	0 m²	0	-	0 m²	0	-
Door Loads	0 m²	0	-	0 m²	0	-
Floor Transmission	0 m²	0	-	0 m²	0	-
Partitions	13 m²	5	-	13 m²	21	-
Ceiling	4 m²	5	-	4 m²	11	-
Overhead Lighting	42 W	38	-	0	0	-
Task Lighting	0 W	0	-	0	0	-
Electric Equipment	463 W	444	-	0	0	-
People	1	63	60	0	0	0
Infiltration	-	0	0	-	0	0
Miscellaneous	-	0	0	-	0	0
Safety Factor	5% / 5%	28	3	15%	5	0
>> Total Zone Loads	-	584	63	-	37	0

0.29 - Sala Comando TC	DESIGN COOLING			DESIGN HEATING		
	COOLING DATA AT Aug 1700 COOLING OA DB / WB 28,3 °C / 19,3 °C			HEATING DATA AT DES HTG HEATING OA DB / WB 1,1 °C / 0,5 °C		
	OCCUPIED T-STAT 24,0 °C			OCCUPIED T-STAT 21,0 °C		
ZONE LOADS	Details	Sensible (W)	Latent (W)	Details	Sensible (W)	Latent (W)
Window & Skylight Solar Loads	0 m²	0	-	0 m²	-	-
Wall Transmission	0 m²	0	-	0 m²	0	-
Roof Transmission	0 m²	0	-	0 m²	0	-
Window Transmission	0 m²	0	-	0 m²	0	-
Skylight Transmission	0 m²	0	-	0 m²	0	-
Door Loads	0 m²	0	-	0 m²	0	-
Floor Transmission	0 m²	0	-	0 m²	0	-
Partitions	15 m²	11	-	15 m²	23	-
Ceiling	4 m²	7	-	4 m²	11	-
Overhead Lighting	42 W	37	-	0	0	-
Task Lighting	0 W	0	-	0	0	-
Electric Equipment	75 W	71	-	0	0	-
People	1	61	60	0	0	0
Infiltration	-	0	0	-	0	0
Miscellaneous	-	0	0	-	0	0
Safety Factor	5% / 5%	9	3	15%	5	0
>> Total Zone Loads	-	197	63	-	40	0

0.28 - Sala TC	DESIGN COOLING			DESIGN HEATING		
	COOLING DATA AT Aug 2000 COOLING OA DB / WB 24,6 °C / 18,1 °C			HEATING DATA AT DES HTG HEATING OA DB / WB 1,1 °C / 0,5 °C		
	OCCUPIED T-STAT 24,0 °C			OCCUPIED T-STAT 23,0 °C		
ZONE LOADS	Details	Sensible (W)	Latent (W)	Details	Sensible (W)	Latent (W)
Window & Skylight Solar Loads	0 m²	0	-	0 m²	-	-
Wall Transmission	0 m²	0	-	0 m²	0	-
Roof Transmission	0 m²	0	-	0 m²	0	-
Window Transmission	0 m²	0	-	0 m²	0	-
Skylight Transmission	0 m²	0	-	0 m²	0	-
Door Loads	0 m²	0	-	0 m²	0	-
Floor Transmission	0 m²	0	-	0 m²	0	-
Partitions	32 m²	12	-	32 m²	84	-
Ceiling	19 m²	25	-	19 m²	72	-
Overhead Lighting	270 W	247	-	0	0	-
Task Lighting	0 W	0	-	0	0	-
Electric Equipment	7400 W	7101	-	0	0	-
People	1	59	35	0	0	0
Infiltration	-	0	0	-	0	0
Miscellaneous	-	0	0	-	0	0
Safety Factor	5% / 5%	372	2	15%	23	0
>> Total Zone Loads	-	7818	37	-	180	0

0.27 - Rec. e Prep. RMN	DESIGN COOLING			DESIGN HEATING		
	COOLING DATA AT Aug 1700 COOLING OA DB / WB 28,3 °C / 19,3 °C			HEATING DATA AT DES HTG HEATING OA DB / WB 1,1 °C / 0,5 °C		
	OCCUPIED T-STAT 24,0 °C			OCCUPIED T-STAT 21,0 °C		
ZONE LOADS	Details	Sensible (W)	Latent (W)	Details	Sensible (W)	Latent (W)
Window & Skylight Solar Loads	0 m²	0	-	0 m²	-	-
Wall Transmission	0 m²	0	-	0 m²	0	-
Roof Transmission	0 m²	0	-	0 m²	0	-
Window Transmission	0 m²	0	-	0 m²	0	-
Skylight Transmission	0 m²	0	-	0 m²	0	-
Door Loads	0 m²	0	-	0 m²	0	-
Floor Transmission	0 m²	0	-	0 m²	0	-
Partitions	33 m²	24	-	33 m²	52	-
Ceiling	18 m²	34	-	18 m²	51	-
Overhead Lighting	223 W	199	-	0	0	-
Task Lighting	0 W	0	-	0	0	-
Electric Equipment	0 W	0	-	0	0	-
People	3	172	106	0	0	0
Infiltration	-	0	0	-	0	0
Miscellaneous	-	0	0	-	0	0
Safety Factor	5% / 5%	21	5	15%	16	0
>> Total Zone Loads	-	450	111	-	119	0

0.23 - Sala técnica RMN	DESIGN COOLING			DESIGN HEATING		
	COOLING DATA AT Aug 2000			HEATING DATA AT DES HTG		
	COOLING OA DB / WB 24,6 °C / 18,1 °C			HEATING OA DB / WB 1,1 °C / 0,5 °C		
	OCCUPIED T-STAT 24,0 °C			OCCUPIED T-STAT 21,0 °C		
ZONE LOADS	Details	Sensible (W)	Latent (W)	Details	Sensible (W)	Latent (W)
Window & Skylight Solar Loads	0 m²	0	-	0 m²	-	-
Wall Transmission	20 m²	51	-	20 m²	262	-
Roof Transmission	0 m²	0	-	0 m²	0	-
Window Transmission	0 m²	0	-	0 m²	0	-
Skylight Transmission	0 m²	0	-	0 m²	0	-
Door Loads	0 m²	0	-	0 m²	0	-
Floor Transmission	8 m²	0	-	8 m²	43	-
Partitions	0 m²	0	-	0 m²	0	-
Ceiling	18 m²	24	-	18 m²	51	-
Overhead Lighting	82 W	75	-	0	0	-
Task Lighting	0 W	0	-	0	0	-
Electric Equipment	250 W	240	-	0	0	-
People	0	0	0	0	0	0
Infiltration	-	0	0	-	0	0
Miscellaneous	-	0	0	-	0	0
Safety Factor	5% / 5%	19	0	15%	53	0
>> Total Zone Loads	-	409	0	-	409	0

0.24 - Sala comando RMN	DESIGN COOLING			DESIGN HEATING		
	COOLING DATA AT Aug 2000			HEATING DATA AT DES HTG		
	COOLING OA DB / WB 24,6 °C / 18,1 °C			HEATING OA DB / WB 1,1 °C / 0,5 °C		
	OCCUPIED T-STAT 24,0 °C			OCCUPIED T-STAT 21,0 °C		
ZONE LOADS	Details	Sensible (W)	Latent (W)	Details	Sensible (W)	Latent (W)
Window & Skylight Solar Loads	0 m²	0	-	0 m²	-	-
Wall Transmission	7 m²	19	-	7 m²	95	-
Roof Transmission	0 m²	0	-	0 m²	0	-
Window Transmission	0 m²	0	-	0 m²	0	-
Skylight Transmission	0 m²	0	-	0 m²	0	-
Door Loads	0 m²	0	-	0 m²	0	-
Floor Transmission	5 m²	0	-	5 m²	22	-
Partitions	10 m²	4	-	10 m²	15	-
Ceiling	5 m²	7	-	5 m²	14	-
Overhead Lighting	53 W	48	-	0	0	-
Task Lighting	0 W	0	-	0	0	-
Electric Equipment	900 W	864	-	0	0	-
People	1	63	60	0	0	0
Infiltration	-	0	0	-	0	0
Miscellaneous	-	0	0	-	0	0
Safety Factor	5% / 5%	50	3	15%	22	0
>> Total Zone Loads	-	1055	63	-	168	0

0.17 - Recobro Endos	DESIGN COOLING			DESIGN HEATING		
	COOLING DATA AT Aug 1600			HEATING DATA AT DES HTG		
	COOLING OA DB / WB 29,0 °C / 19,5 °C			HEATING OA DB / WB 1,1 °C / 0,5 °C		
	OCCUPIED T-STAT 24,0 °C			OCCUPIED T-STAT 21,1 °C		
ZONE LOADS	Details	Sensible (W)	Latent (W)	Details	Sensible (W)	Latent (W)
Window & Skylight Solar Loads	1 m²	101	-	1 m²	-	-
Wall Transmission	24 m²	20	-	24 m²	320	-
Roof Transmission	0 m²	0	-	0 m²	0	-
Window Transmission	1 m²	9	-	1 m²	50	-
Skylight Transmission	0 m²	0	-	0 m²	0	-
Door Loads	0 m²	0	-	0 m²	0	-
Floor Transmission	12 m²	0	-	12 m²	61	-
Partitions	10 m²	8	-	10 m²	16	-
Ceiling	12 m²	23	-	12 m²	35	-
Overhead Lighting	149 W	131	-	0	0	-
Task Lighting	0 W	0	-	0	0	-
Electric Equipment	0 W	0	-	0	0	-
People	2	137	158	0	0	0
Infiltration	-	0	0	-	0	0
Miscellaneous	-	0	0	-	0	0
Safety Factor	5% / 5%	21	8	15%	72	0
>> Total Zone Loads	-	451	166	-	555	0

0.30 - Recobro Angio	DESIGN COOLING			DESIGN HEATING		
	COOLING DATA AT Aug 1700 COOLING OA DB / WB 28,3 °C / 19,3 °C			HEATING DATA AT DES HTG HEATING OA DB / WB 1,1 °C / 0,5 °C		
	OCCUPIED T-STAT 24,0 °C			OCCUPIED T-STAT 21,1 °C		
ZONE LOADS	Details	Sensible (W)	Latent (W)	Details	Sensible (W)	Latent (W)
Window & Skylight Solar Loads	0 m²	0	-	0 m²	-	-
Wall Transmission	0 m²	0	-	0 m²	0	-
Roof Transmission	0 m²	0	-	0 m²	0	-
Window Transmission	0 m²	0	-	0 m²	0	-
Skylight Transmission	0 m²	0	-	0 m²	0	-
Door Loads	0 m²	0	-	0 m²	0	-
Floor Transmission	0 m²	0	-	0 m²	0	-
Partitions	34 m²	25	-	34 m²	55	-
Ceiling	19 m²	36	-	19 m²	55	-
Overhead Lighting	236 W	210	-	0	0	-
Task Lighting	0 W	0	-	0	0	-
Electric Equipment	0 W	0	-	0	0	-
People	3	172	106	0	0	0
Infiltration	-	0	0	-	0	0
Miscellaneous	-	0	0	-	0	0
Safety Factor	5% / 5%	22	5	15%	17	0
>> Total Zone Loads	-	464	111	-	127	0

0.34 - Sala de Raio X	DESIGN COOLING			DESIGN HEATING		
	COOLING DATA AT Aug 1900 COOLING OA DB / WB 25,9 °C / 18,5 °C			HEATING DATA AT DES HTG HEATING OA DB / WB 1,1 °C / 0,5 °C		
	OCCUPIED T-STAT 24,0 °C			OCCUPIED T-STAT 23,0 °C		
ZONE LOADS	Details	Sensible (W)	Latent (W)	Details	Sensible (W)	Latent (W)
Window & Skylight Solar Loads	0 m²	0	-	0 m²	-	-
Wall Transmission	12 m²	30	-	12 m²	178	-
Roof Transmission	0 m²	0	-	0 m²	0	-
Window Transmission	0 m²	0	-	0 m²	0	-
Skylight Transmission	0 m²	0	-	0 m²	0	-
Door Loads	0 m²	0	-	0 m²	0	-
Floor Transmission	21 m²	0	-	21 m²	64	-
Partitions	34 m²	18	-	34 m²	91	-
Ceiling	20 m²	30	-	20 m²	76	-
Overhead Lighting	298 W	271	-	0	0	-
Task Lighting	0 W	0	-	0	0	-
Electric Equipment	1000 W	956	-	0	0	-
People	1	59	35	0	0	0
Infiltration	-	0	0	-	0	0
Miscellaneous	-	0	0	-	0	0
Safety Factor	5% / 5%	68	2	15%	61	0
>> Total Zone Loads	-	1432	37	-	471	0

0.09 - Sala comando CG	DESIGN COOLING			DESIGN HEATING		
	COOLING DATA AT Aug 2000 COOLING OA DB / WB 24,6 °C / 18,1 °C			HEATING DATA AT DES HTG HEATING OA DB / WB 1,1 °C / 0,5 °C		
	OCCUPIED T-STAT 24,0 °C			OCCUPIED T-STAT 21,0 °C		
ZONE LOADS	Details	Sensible (W)	Latent (W)	Details	Sensible (W)	Latent (W)
Window & Skylight Solar Loads	0 m²	0	-	0 m²	-	-
Wall Transmission	8 m²	20	-	8 m²	100	-
Roof Transmission	0 m²	0	-	0 m²	0	-
Window Transmission	0 m²	0	-	0 m²	0	-
Skylight Transmission	0 m²	0	-	0 m²	0	-
Door Loads	0 m²	0	-	0 m²	0	-
Floor Transmission	10 m²	0	-	10 m²	32	-
Partitions	8 m²	3	-	8 m²	12	-
Ceiling	10 m²	13	-	10 m²	29	-
Overhead Lighting	123 W	113	-	0	0	-
Task Lighting	0 W	0	-	0	0	-
Electric Equipment	965 W	926	-	0	0	-
People	1	63	60	0	0	0
Infiltration	-	0	0	-	0	0
Miscellaneous	-	0	0	-	0	0
Safety Factor	5% / 5%	57	3	15%	26	0
>> Total Zone Loads	-	1195	63	-	198	0

0.08 - Sala Câmara Gama	DESIGN COOLING			DESIGN HEATING		
	COOLING DATA AT Aug 2000 COOLING OA DB / WB 24,6 °C / 18,1 °C			HEATING DATA AT DE S HTG HEATING OA DB / WB 1,1 °C / 0,5 °C		
	OCCUPIED T-STAT 24,0 °C			OCCUPIED T-STAT 23,0 °C		
ZONE LOADS	Details	Sensible (W)	Latent (W)	Details	Sensible (W)	Latent (W)
Window & Skylight Solar Loads	0 m²	0	-	0 m²	-	-
Wall Transmission	29 m²	74	-	29 m²	414	-
Roof Transmission	0 m²	0	-	0 m²	0	-
Window Transmission	0 m²	0	-	0 m²	0	-
Skylight Transmission	0 m²	0	-	0 m²	0	-
Door Loads	0 m²	0	-	0 m²	0	-
Floor Transmission	31 m²	0	-	31 m²	119	-
Partitions	32 m²	12	-	32 m²	85	-
Ceiling	31 m²	40	-	31 m²	116	-
Overhead Lighting	433 W	397	-	0	0	-
Task Lighting	0 W	0	-	0	0	-
Electric Equipment	6750 W	6478	-	0	0	-
People	1	72	79	0	0	0
Infiltration	-	0	0	-	0	0
Miscellaneous	-	0	0	-	0	0
Safety Factor	5% / 5%	354	4	15%	110	0
>> Total Zone Loads	-	7427	83	-	845	0

0.07 - Sala ecografia	DESIGN COOLING			DESIGN HEATING		
	COOLING DATA AT Aug 0900 COOLING OA DB / WB 22,3 °C / 17,3 °C			HEATING DATA AT DE S HTG HEATING OA DB / WB 1,1 °C / 0,5 °C		
	OCCUPIED T-STAT 24,0 °C			OCCUPIED T-STAT 23,0 °C		
ZONE LOADS	Details	Sensible (W)	Latent (W)	Details	Sensible (W)	Latent (W)
Window & Skylight Solar Loads	4 m²	611	-	4 m²	-	-
Wall Transmission	23 m²	15	-	23 m²	327	-
Roof Transmission	0 m²	0	-	0 m²	0	-
Window Transmission	4 m²	-23	-	4 m²	291	-
Skylight Transmission	0 m²	0	-	0 m²	0	-
Door Loads	0 m²	0	-	0 m²	0	-
Floor Transmission	14 m²	0	-	14 m²	75	-
Partitions	13 m²	0	-	13 m²	36	-
Ceiling	14 m²	10	-	14 m²	53	-
Overhead Lighting	199 W	156	-	0	0	-
Task Lighting	0 W	0	-	0	0	-
Electric Equipment	500 W	449	-	0	0	-
People	2	121	267	0	0	0
Infiltration	-	0	0	-	0	0
Miscellaneous	-	0	0	-	0	0
Safety Factor	5% / 5%	67	13	15%	117	0
>> Total Zone Loads	-	1406	280	-	899	0

0.01 - Recepção	DESIGN COOLING			DESIGN HEATING		
	COOLING DATA AT Nov 1300 COOLING OA DB / WB 15,9 °C / 12,5 °C			HEATING DATA AT DE S HTG HEATING OA DB / WB 1,1 °C / 0,5 °C		
	OCCUPIED T-STAT 24,0 °C			OCCUPIED T-STAT 21,0 °C		
ZONE LOADS	Details	Sensible (W)	Latent (W)	Details	Sensible (W)	Latent (W)
Window & Skylight Solar Loads	21 m²	4670	-	21 m²	-	-
Wall Transmission	8 m²	-57	-	8 m²	110	-
Roof Transmission	0 m²	0	-	0 m²	0	-
Window Transmission	21 m²	-658	-	21 m²	1379	-
Skylight Transmission	0 m²	0	-	0 m²	0	-
Door Loads	0 m²	0	-	0 m²	0	-
Floor Transmission	20 m²	0	-	20 m²	88	-
Partitions	47 m²	-55	-	47 m²	75	-
Ceiling	20 m²	-22	-	20 m²	57	-
Overhead Lighting	120 W	102	-	0	0	-
Task Lighting	0 W	0	-	0	0	-
Electric Equipment	340 W	315	-	0	0	-
People	8	517	633	0	0	0
Infiltration	-	0	0	-	0	0
Miscellaneous	-	0	0	-	0	0
Safety Factor	5% / 5%	241	32	15%	256	0
>> Total Zone Loads	-	5053	664	-	1966	0

0.39 - Sala de espera MN	DESIGN COOLING			DESIGN HEATING		
	COOLING DATA AT Aug 1700 COOLING OA DB / WB 28,3 °C / 19,3 °C			HEATING DATA AT DE S HTG HEATING OA DB / WB 1,1 °C / 0,5 °C		
	OCCUPIED T-STAT 24,0 °C			OCCUPIED T-STAT 21,0 °C		
ZONE LOADS	Details	Sensible (W)	Latent (W)	Details	Sensible (W)	Latent (W)
Window & Skylight Solar Loads	0 m²	0	-	0 m²	-	-
Wall Transmission	0 m²	0	-	0 m²	0	-
Roof Transmission	0 m²	0	-	0 m²	0	-
Window Transmission	0 m²	0	-	0 m²	0	-
Skylight Transmission	0 m²	0	-	0 m²	0	-
Door Loads	0 m²	0	-	0 m²	0	-
Floor Transmission	0 m²	0	-	0 m²	0	-
Partitions	57 m²	42	-	57 m²	91	-
Ceiling	17 m²	32	-	17 m²	48	-
Overhead Lighting	196 W	174	-	0	0	-
Task Lighting	0 W	0	-	0	0	-
Electric Equipment	0 W	0	-	0	0	-
People	6	343	211	0	0	0
Infiltration	-	0	0	-	0	0
Miscellaneous	-	0	0	-	0	0
Safety Factor	5% / 5%	30	11	15%	21	0
>> Total Zone Loads	-	621	222	-	161	0

0.38 - Sala de espera RA	DESIGN COOLING			DESIGN HEATING		
	COOLING DATA AT Aug 1700 COOLING OA DB / WB 28,3 °C / 19,3 °C			HEATING DATA AT DE S HTG HEATING OA DB / WB 1,1 °C / 0,5 °C		
	OCCUPIED T-STAT 24,0 °C			OCCUPIED T-STAT 21,0 °C		
ZONE LOADS	Details	Sensible (W)	Latent (W)	Details	Sensible (W)	Latent (W)
Window & Skylight Solar Loads	0 m²	0	-	0 m²	-	-
Wall Transmission	0 m²	0	-	0 m²	0	-
Roof Transmission	0 m²	0	-	0 m²	0	-
Window Transmission	0 m²	0	-	0 m²	0	-
Skylight Transmission	0 m²	0	-	0 m²	0	-
Door Loads	0 m²	0	-	0 m²	0	-
Floor Transmission	0 m²	0	-	0 m²	0	-
Partitions	64 m²	48	-	64 m²	103	-
Ceiling	19 m²	36	-	19 m²	54	-
Overhead Lighting	219 W	195	-	0	0	-
Task Lighting	0 W	0	-	0	0	-
Electric Equipment	0 W	0	-	0	0	-
People	8	458	282	0	0	0
Infiltration	-	0	0	-	0	0
Miscellaneous	-	0	0	-	0	0
Safety Factor	5% / 5%	37	14	15%	24	0
>> Total Zone Loads	-	773	296	-	180	0

0.21 - Gabinete médico	DESIGN COOLING			DESIGN HEATING		
	COOLING DATA AT Aug 1600 COOLING OA DB / WB 29,0 °C / 19,5 °C			HEATING DATA AT DE S HTG HEATING OA DB / WB 1,1 °C / 0,5 °C		
	OCCUPIED T-STAT 24,0 °C			OCCUPIED T-STAT 21,0 °C		
ZONE LOADS	Details	Sensible (W)	Latent (W)	Details	Sensible (W)	Latent (W)
Window & Skylight Solar Loads	2 m²	348	-	2 m²	-	-
Wall Transmission	9 m²	4	-	9 m²	125	-
Roof Transmission	0 m²	0	-	0 m²	0	-
Window Transmission	2 m²	23	-	2 m²	132	-
Skylight Transmission	0 m²	0	-	0 m²	0	-
Door Loads	0 m²	0	-	0 m²	0	-
Floor Transmission	13 m²	0	-	13 m²	45	-
Partitions	12 m²	9	-	12 m²	18	-
Ceiling	13 m²	25	-	13 m²	37	-
Overhead Lighting	137 W	120	-	0	0	-
Task Lighting	0 W	0	-	0	0	-
Electric Equipment	240 W	226	-	0	0	-
People	3	180	180	0	0	0
Infiltration	-	0	0	-	0	0
Miscellaneous	-	0	0	-	0	0
Safety Factor	5% / 5%	47	9	15%	54	0
>> Total Zone Loads	-	983	189	-	411	0

0.20 - Gabinete médico	DESIGN COOLING			DESIGN HEATING		
	COOLING DATA AT Aug 1600 COOLING OA DB / WB 29,0 °C / 19,5 °C			HEATING DATA AT DES HTG HEATING OA DB / WB 1,1 °C / 0,5 °C		
	OCCUPIED T-STAT 24,0 °C			OCCUPIED T-STAT 21,0 °C		
ZONE LOADS	Details	Sensible (W)	Latent (W)	Details	Sensible (W)	Latent (W)
Window & Skylight Solar Loads	2 m²	348	-	2 m²	-	-
Wall Transmission	9 m²	4	-	9 m²	123	-
Roof Transmission	0 m²	0	-	0 m²	0	-
Window Transmission	2 m²	23	-	2 m²	132	-
Skylight Transmission	0 m²	0	-	0 m²	0	-
Door Loads	0 m²	0	-	0 m²	0	-
Floor Transmission	13 m²	0	-	13 m²	45	-
Partitions	11 m²	9	-	11 m²	18	-
Ceiling	13 m²	25	-	13 m²	37	-
Overhead Lighting	137 W	120	-	0	0	-
Task Lighting	0 W	0	-	0	0	-
Electric Equipment	240 W	226	-	0	0	-
People	3	180	180	0	0	0
Infiltration	-	0	0	-	0	0
Miscellaneous	-	0	0	-	0	0
Safety Factor	5% / 5%	47	9	15%	53	0
>> Total Zone Loads	-	983	189	-	409	0

0.13 - Gabinete médico	DESIGN COOLING			DESIGN HEATING		
	COOLING DATA AT Aug 1800 COOLING OA DB / WB 27,2 °C / 18,9 °C			HEATING DATA AT DES HTG HEATING OA DB / WB 1,1 °C / 0,5 °C		
	OCCUPIED T-STAT 24,0 °C			OCCUPIED T-STAT 21,0 °C		
ZONE LOADS	Details	Sensible (W)	Latent (W)	Details	Sensible (W)	Latent (W)
Window & Skylight Solar Loads	0 m²	0	-	0 m²	-	-
Wall Transmission	0 m²	0	-	0 m²	0	-
Roof Transmission	0 m²	0	-	0 m²	0	-
Window Transmission	0 m²	0	-	0 m²	0	-
Skylight Transmission	0 m²	0	-	0 m²	0	-
Door Loads	0 m²	0	-	0 m²	0	-
Floor Transmission	0 m²	0	-	0 m²	0	-
Partitions	30 m²	19	-	30 m²	48	-
Ceiling	9 m²	15	-	9 m²	24	-
Overhead Lighting	89 W	80	-	0	0	-
Task Lighting	0 W	0	-	0	0	-
Electric Equipment	240 W	229	-	0	0	-
People	3	174	106	0	0	0
Infiltration	-	0	0	-	0	0
Miscellaneous	-	0	0	-	0	0
Safety Factor	5% / 5%	26	5	15%	11	0
>> Total Zone Loads	-	543	111	-	83	0

0.12 - Gabinete médico	DESIGN COOLING			DESIGN HEATING		
	COOLING DATA AT Aug 1700 COOLING OA DB / WB 28,3 °C / 19,3 °C			HEATING DATA AT DES HTG HEATING OA DB / WB 1,1 °C / 0,5 °C		
	OCCUPIED T-STAT 24,0 °C			OCCUPIED T-STAT 21,0 °C		
ZONE LOADS	Details	Sensible (W)	Latent (W)	Details	Sensible (W)	Latent (W)
Window & Skylight Solar Loads	0 m²	0	-	0 m²	-	-
Wall Transmission	0 m²	0	-	0 m²	0	-
Roof Transmission	0 m²	0	-	0 m²	0	-
Window Transmission	0 m²	0	-	0 m²	0	-
Skylight Transmission	0 m²	0	-	0 m²	0	-
Door Loads	0 m²	0	-	0 m²	0	-
Floor Transmission	0 m²	0	-	0 m²	0	-
Partitions	33 m²	24	-	33 m²	52	-
Ceiling	9 m²	17	-	9 m²	27	-
Overhead Lighting	98 W	87	-	0	0	-
Task Lighting	0 W	0	-	0	0	-
Electric Equipment	240 W	227	-	0	0	-
People	3	172	106	0	0	0
Infiltration	-	0	0	-	0	0
Miscellaneous	-	0	0	-	0	0
Safety Factor	5% / 5%	26	5	15%	12	0
>> Total Zone Loads	-	554	111	-	91	0

0.26 - Sala de relatório	DESIGN COOLING			DESIGN HEATING		
	COOLING DATA AT Aug 2000 COOLING OA DB / WB 24,6 °C / 18,1 °C			HEATING DATA AT DE S HTG HEATING OA DB / WB 1,1 °C / 0,5 °C		
	OCCUPIED T-STAT 24,0 °C			OCCUPIED T-STAT 21,0 °C		
ZONE LOADS	Details	Sensible (W)	Latent (W)	Details	Sensible (W)	Latent (W)
Window & Skylight Solar Loads	0 m²	0	-	0 m²	-	-
Wall Transmission	0 m²	0	-	0 m²	0	-
Roof Transmission	0 m²	0	-	0 m²	0	-
Window Transmission	0 m²	0	-	0 m²	0	-
Skylight Transmission	0 m²	0	-	0 m²	0	-
Door Loads	0 m²	0	-	0 m²	0	-
Floor Transmission	0 m²	0	-	0 m²	0	-
Partitions	17 m²	7	-	17 m²	27	-
Ceiling	14 m²	18	-	14 m²	40	-
Overhead Lighting	147 W	135	-	0	0	-
Task Lighting	0 W	0	-	0	0	-
Electric Equipment	680 W	653	-	0	0	-
People	4	254	240	0	0	0
Infiltration	-	0	0	-	0	0
Miscellaneous	-	0	0	-	0	0
Safety Factor	5% / 5%	53	12	15%	10	0
>> Total Zone Loads	-	1119	252	-	77	0

0.16 - corredor RAD (1)	DESIGN COOLING			DESIGN HEATING		
	COOLING DATA AT Aug 1600 COOLING OA DB / WB 29,0 °C / 19,5 °C			HEATING DATA AT DE S HTG HEATING OA DB / WB 1,1 °C / 0,5 °C		
	OCCUPIED T-STAT 25,0 °C			OCCUPIED T-STAT 20,0 °C		
ZONE LOADS	Details	Sensible (W)	Latent (W)	Details	Sensible (W)	Latent (W)
Window & Skylight Solar Loads	0 m²	0	-	0 m²	-	-
Wall Transmission	0 m²	0	-	0 m²	0	-
Roof Transmission	0 m²	0	-	0 m²	0	-
Window Transmission	0 m²	0	-	0 m²	0	-
Skylight Transmission	0 m²	0	-	0 m²	0	-
Door Loads	0 m²	0	-	0 m²	0	-
Floor Transmission	0 m²	0	-	0 m²	0	-
Partitions	47 m²	12	-	47 m²	50	-
Ceiling	50 m²	74	-	50 m²	119	-
Overhead Lighting	250 W	220	-	0	0	-
Task Lighting	0 W	0	-	0	0	-
Electric Equipment	0 W	0	-	0	0	-
People	0	0	0	0	0	0
Infiltration	-	0	0	-	0	0
Miscellaneous	-	0	0	-	0	0
Safety Factor	5% / 5%	15	0	15%	25	0
>> Total Zone Loads	-	322	0	-	194	0

0.15 - Corredor ISOL	DESIGN COOLING			DESIGN HEATING		
	COOLING DATA AT Aug 1600 COOLING OA DB / WB 29,0 °C / 19,5 °C			HEATING DATA AT DE S HTG HEATING OA DB / WB 1,1 °C / 0,5 °C		
	OCCUPIED T-STAT 25,0 °C			OCCUPIED T-STAT 20,0 °C		
ZONE LOADS	Details	Sensible (W)	Latent (W)	Details	Sensible (W)	Latent (W)
Window & Skylight Solar Loads	0 m²	0	-	0 m²	-	-
Wall Transmission	0 m²	0	-	0 m²	0	-
Roof Transmission	0 m²	0	-	0 m²	0	-
Window Transmission	0 m²	0	-	0 m²	0	-
Skylight Transmission	0 m²	0	-	0 m²	0	-
Door Loads	0 m²	0	-	0 m²	0	-
Floor Transmission	0 m²	0	-	0 m²	0	-
Partitions	47 m²	12	-	47 m²	50	-
Ceiling	22 m²	33	-	22 m²	52	-
Overhead Lighting	110 W	97	-	0	0	-
Task Lighting	0 W	0	-	0	0	-
Electric Equipment	0 W	0	-	0	0	-
People	0	0	0	0	0	0
Infiltration	-	0	0	-	0	0
Miscellaneous	-	0	0	-	0	0
Safety Factor	5% / 5%	7	0	15%	15	0
>> Total Zone Loads	-	149	0	-	117	0

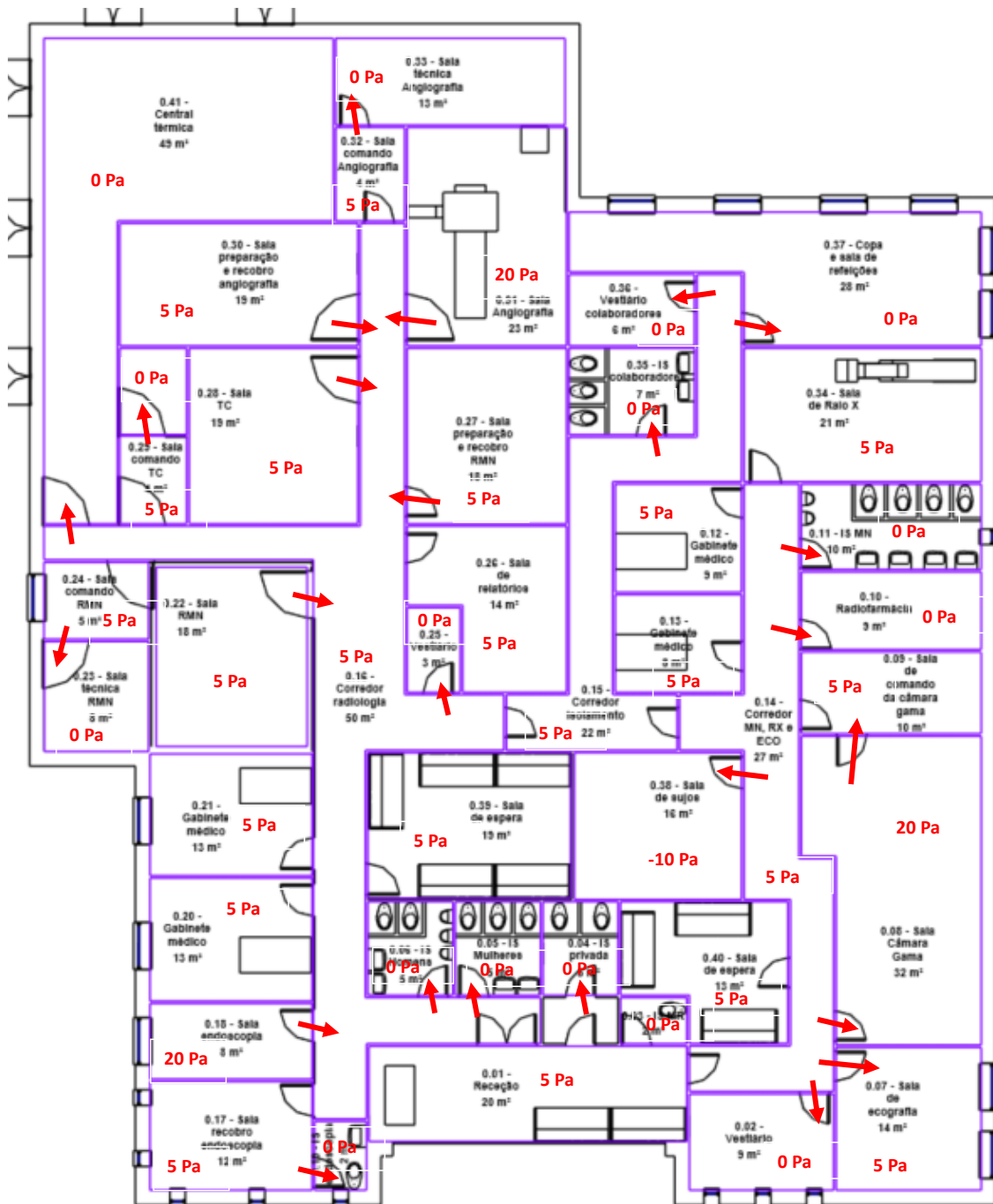
0.14 - Corredor MN	DESIGN COOLING			DESIGN HEATING		
	COOLING DATA AT Aug 1600 COOLING OA DB / WB 29,0 °C / 19,5 °C			HEATING DATA AT DES HTG HEATING OA DB / WB 1,1 °C / 0,5 °C		
	OCCUPIED T-STAT 25,0 °C			OCCUPIED T-STAT 20,0 °C		
ZONE LOADS	Details	Sensible (W)	Latent (W)	Details	Sensible (W)	Latent (W)
Window & Skylight Solar Loads	0 m²	0	-	0 m²	-	-
Wall Transmission	0 m²	0	-	0 m²	0	-
Roof Transmission	0 m²	0	-	0 m²	0	-
Window Transmission	0 m²	0	-	0 m²	0	-
Skylight Transmission	0 m²	0	-	0 m²	0	-
Door Loads	0 m²	0	-	0 m²	0	-
Floor Transmission	0 m²	0	-	0 m²	0	-
Partitions	47 m²	12	-	47 m²	50	-
Ceiling	27 m²	40	-	27 m²	64	-
Overhead Lighting	135 W	119	-	0	0	-
Task Lighting	0 W	0	-	0	0	-
Electric Equipment	0 W	0	-	0	0	-
People	0	0	0	0	0	0
Infiltration	-	0	0	-	0	0
Miscellaneous	-	0	0	-	0	0
Safety Factor	5% / 5%	9	0	15%	17	0
>> Total Zone Loads	-	180	0	-	131	0

0.37 - Copa	DESIGN COOLING			DESIGN HEATING		
	COOLING DATA AT Aug 1500 COOLING OA DB / WB 29,3 °C / 19,6 °C			HEATING DATA AT DES HTG HEATING OA DB / WB 1,1 °C / 0,5 °C		
	OCCUPIED T-STAT 24,0 °C			OCCUPIED T-STAT 21,0 °C		
ZONE LOADS	Details	Sensible (W)	Latent (W)	Details	Sensible (W)	Latent (W)
Window & Skylight Solar Loads	12 m²	697	-	12 m²	-	-
Wall Transmission	38 m²	1	-	38 m²	504	-
Roof Transmission	0 m²	0	-	0 m²	0	-
Window Transmission	12 m²	143	-	12 m²	793	-
Skylight Transmission	0 m²	0	-	0 m²	0	-
Door Loads	0 m²	0	-	0 m²	0	-
Floor Transmission	28 m²	0	-	28 m²	134	-
Partitions	11 m²	9	-	11 m²	17	-
Ceiling	28 m²	55	-	28 m²	80	-
Overhead Lighting	300 W	261	-	0	0	-
Task Lighting	0 W	0	-	0	0	-
Electric Equipment	1680 W	1576	-	0	0	-
People	12	808	949	0	0	0
Infiltration	-	0	0	-	0	0
Miscellaneous	-	0	0	-	0	0
Safety Factor	5% / 5%	178	47	15%	229	0
>> Total Zone Loads	-	3729	997	-	1757	0

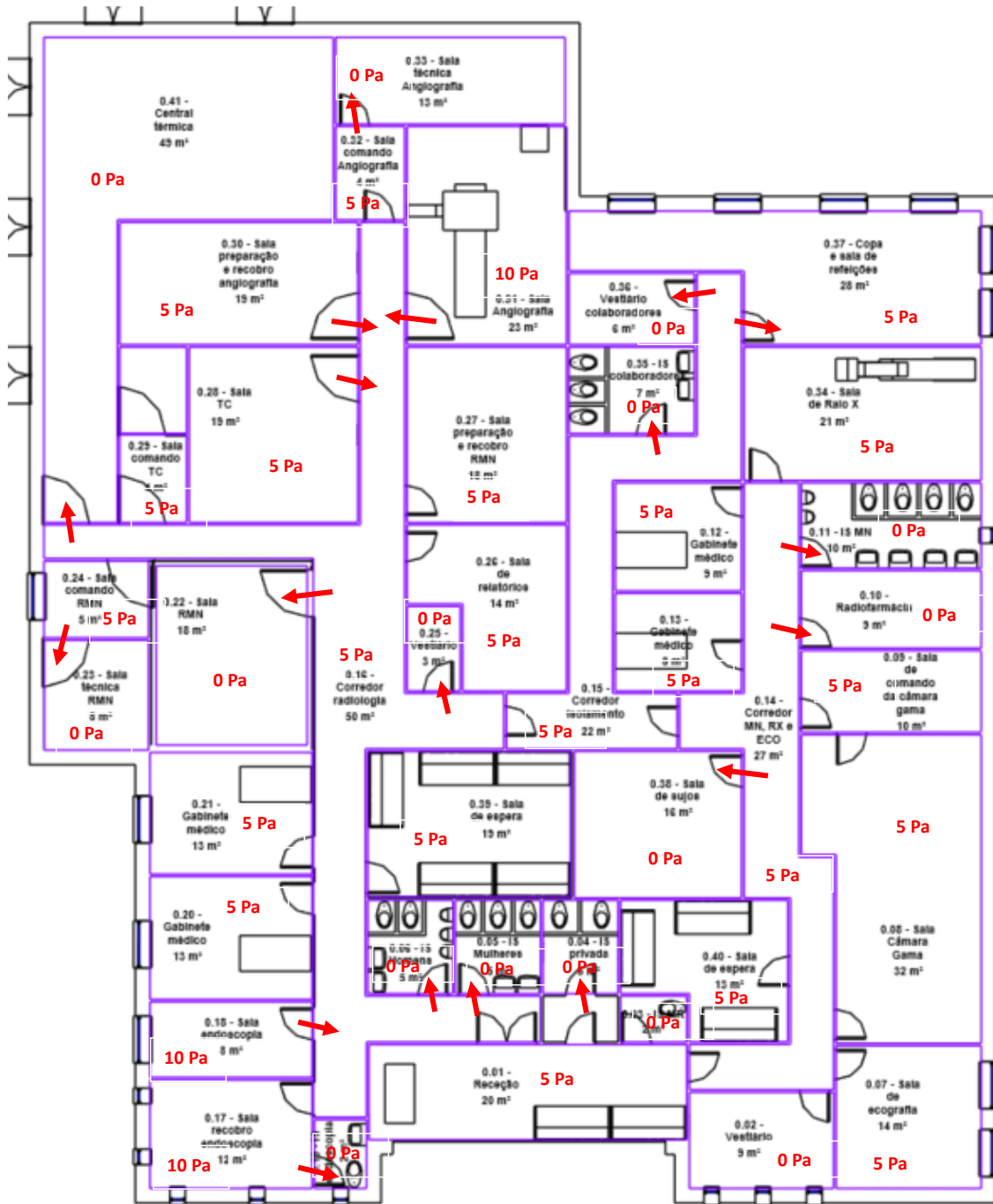
0.10 - RADIOFARMÁCIA	DESIGN COOLING			DESIGN HEATING		
	COOLING DATA AT Aug 1800 COOLING OA DB / WB 27,2 °C / 18,9 °C			HEATING DATA AT DES HTG HEATING OA DB / WB 1,1 °C / 0,5 °C		
	OCCUPIED T-STAT 24,0 °C			OCCUPIED T-STAT 21,0 °C		
ZONE LOADS	Details	Sensible (W)	Latent (W)	Details	Sensible (W)	Latent (W)
Window & Skylight Solar Loads	0 m²	0	-	0 m²	-	-
Wall Transmission	7 m²	16	-	7 m²	95	-
Roof Transmission	0 m²	0	-	0 m²	0	-
Window Transmission	0 m²	0	-	0 m²	0	-
Skylight Transmission	0 m²	0	-	0 m²	0	-
Door Loads	0 m²	0	-	0 m²	0	-
Floor Transmission	9 m²	0	-	9 m²	30	-
Partitions	24 m²	15	-	24 m²	38	-
Ceiling	9 m²	15	-	9 m²	26	-
Overhead Lighting	111 W	100	-	0	0	-
Task Lighting	0 W	0	-	0	0	-
Electric Equipment	0 W	0	-	0	0	-
People	2	116	70	0	0	0
Infiltration	-	0	0	-	0	0
Miscellaneous	-	0	0	-	0	0
Safety Factor	5% / 5%	13	4	15%	28	0
>> Total Zone Loads	-	276	74	-	216	0

Apêndice VI – Mapas de pressões para ambas as unidades

Unidade pública



Unidade privada



Apêndice VII – Caudais de ar a insuflar e de extração

Unidade Privada					
Piso	N.º da Sala	Nome da Sala	Caudais de ar HAP (l/s)	Caudais de ar usados (l/s)	Caudais de extração (l/s)
0	0.01	Recepção	60	110	0
0	0.02	Vestiário doentes	0	0	90
0	0.03	IS MR	0	0	30
0	0.04	IS privada	0	0	50
0	0.05	IS Mulheres	0	0	50
0	0.06	IS Homens	0	0	50
0	0.07	Sala ecografia	35	35	35
0	0.08	Sala Câmara Gama	35	35	35
0	0.09	Sala de comando Câmara Gama	20	20	20
0	0.10	Radiofarmácia	35	35	65
0	0.11	IS MN	0	0	100
0	0.12	Gabinete médico	45	45	45
0	0.13	Gabinete médico	45	45	45
0	0.14	Corredor MN, RX e ECO	0	90	0
0	0.15	Corredor isolamento	0	90	0
0	0.16	Corredor radiologia	0	20	0
0	0.17	Sala recobro endoscopia	35	60	60
0	0.18	Sala de endoscopia	305	305	255
0	0.19	IS endoscopia	0	0	30
0	0.20	Gabiente médico	50	50	50
0	0.21	Gabiente médico	50	50	50
0	0.22	Sala RMN	395	395	445
0	0.23	Sala técnica RMN	10	10	40
0	0.24	Sala de comando RMN	20	30	0
0	0.25	Vestiário doentes	0	0	30
0	0.26	Sala de relatórios	60	60	60
0	0.27	Sala preparação e recobro RMN	50	50	50
0	0.28	Sala TC	25	25	25
0	0.29	Sala comando TC	15	15	15
0	0.30	Sala preparação e recobro Angiografia	50	50	50
0	0.31	Angiografia	239	240	190
0	0.32	Sala comando Angiografia	15	30	0
0	0.33	Sala Técnica Angiografia	10	10	40
0	0.34	Sala Raio X	30	30	30
0	0.35	IS Colaboradores	0	0	70
0	0.36	Vestiário colaboradores	0	0	60
0	0.37	Copa e sala de refeições	170	170	170
0	0.38	Sala de sujos	0	0	160
0	0.39	Sala de espera RD	115	115	115
0	0.40	Sala de espera MN	90	90	90

Unidade Pública					
Piso	N.º da Sala	Nome da Sala	Caudais de ar HAP (l/s)	Caudais de ar usados (l/s)	Caudais de extração (l/s)
0	0.01	Recepção	105	110	0
0	0.02	Vestiário doentes	0	0	30
0	0.03	IS MR	0	0	30
0	0.04	IS privada	0	0	50
0	0.05	IS Mulheres	0	0	50
0	0.06	IS Homens	0	0	50
0	0.07	Sala ecografia	25	25	25
0	0.08	Sala Câmara Gama	35	35	35
0	0.09	Sala de comando Câmara Gama	15	15	65
0	0.10	Radiofarmácia	0	0	95
0	0.11	IS MN	0	0	100
0	0.12	Gabinete médico	40	40	40
0	0.13	Gabinete médico	40	40	40
0	0.14	Corredor MN, RX e ECO	30	30	0
0	0.15	Corredor isolamento	90	90	0
0	0.16	Corredor radiologia	0	0	20
0	0.17	Sala recobro endoscopia	25	30	0
0	0.18	Sala de endoscopia	310	310	260
0	0.19	IS endoscopia	0	0	30
0	0.20	Gabinete médico	40	40	40
0	0.21	Gabinete médico	40	40	40
0	0.22	Sala RMN	15	15	15
0	0.23	Sala técnica RMN	35	35	65
0	0.24	Sala de comando RMN	15	30	0
0	0.25	Vestiário doentes	0	0	30
0	0.26	Sala de relatórios	45	45	45
0	0.27	Sala preparação e recobro RMN	35	35	35
0	0.28	Sala TC	15	15	15
0	0.29	Sala comando TC	15	30	0
0	0.30	Sala preparação e recobro Angiografia	116	120	120
0	0.31	Angiografia	240	240	150
0	0.32	Sala comando Angiografia	15	30	0
0	0.33	Sala Técnica Angiografia	35	10	40
0	0.34	Sala Raio X	15	15	15
0	0.35	IS Colaboradores	0	0	70
0	0.36	Vestiário colaboradores	0	0	30
0	0.37	Copa e sala de refeições	125	135	165
0	0.38	Sala de sujos	0	0	160
0	0.39	Sala de espera RD	100	100	100
0	0.40	Sala de espera MN	90	90	90