



FCTUC FACULDADE DE CIÊNCIAS
E TECNOLOGIA
UNIVERSIDADE DE COIMBRA

DEPARTAMENTO DE
ENGENHARIA MECÂNICA

Avaliação e estudo de medidas de melhoramento do sistema de climatização da Biblioteca das Ciências da Saúde da Universidade de Coimbra

Dissertação apresentada para a obtenção do grau de Mestre em Engenharia Mecânica na Especialidade de Energia e Ambiente

Autor

Nuno Miguel Lopes Branco

Orientadores

Adélio Manuel Rodrigues Gaspar (DEM-FCTUC)

José Joaquim da Costa (DEM-FCTUC)

Júri

Presidente	Professor Doutor Manuel Carlos Gameiro da Silva Professor Associado com Agregação da Universidade de Coimbra Professor Doutor António Manuel Mendes Raimundo Professor Auxiliar da Universidade de Coimbra
Vogais	Professor Doutor António Manuel Oliveira Gomes Martins Professor Catedrático da Universidade de Coimbra

Orientador	Professor Doutor José Joaquim da Costa Professor Auxiliar da Universidade de Coimbra
-------------------	---

Coimbra, Setembro, 2016

“Change your thoughts and you change your world”

Norman Vincent Peale

À minha família e amigos.

Agradecimentos

Primeiro, gostaria de agradecer, do fundo do meu coração, aos meus pais, que me têm apoiado desde sempre, me dão forças e motivação para seguir em frente e continuar a lutar por um futuro melhor. Obrigado por me darem esta oportunidade única, que me permitiu conhecer bons amigos, com quem aprendi e me diverti como nunca pensei ser possível!

Obrigado *Fireteam*, este ano lectivo teria sido impossível de suportar sem vocês! Adorei o tempo que passamos juntos, principalmente as *Lan parties* e a maravilhosa cadeira de Projecto... A vossa companhia e apoio foi bem mais importante do que imaginam, sem vocês não teria conseguido passar por esta fase difícil, muito obrigado!

A realização deste projecto não seria possível sem a ajuda e o contributo de muitas pessoas, começando pelo Professor Adélio Gaspar e pelo Professor José Costa, que juntos me orientaram durante este semestre. Ajudaram-me sempre que necessitei, e também por iniciativa própria, o que me surpreendeu bastante! Sem o vosso apoio, não teria conseguido chegar longe, um muito obrigado e espero que fiquem satisfeitos com o resultado!

Ao Guilherme e ao Miguel, gostei de vos ter conhecido e de ter trabalhado com vocês, ajudaram-me de muitas formas, tanto no terreno como fora. Sem vocês, o meu trabalho no Pólo 3 teria sido monótono e muito mais difícil. Espero que passem esta fase e que tenham muita sorte no futuro!

Às funcionárias da biblioteca, que sempre foram bastante simpáticas, nos “acolheram” de bom humor e ajudaram sempre que possível! Espero, com este projecto, conseguir retribuir o bom tratamento que recebi. O pessoal da Electroclima também merece um obrigado, por se mostrarem disponíveis para ajudar e o fazerem de muito bom grado!

Jota, Rita e Zé, vocês merecem uma menção especial, a vossa simples presença foi uma bênção nestes últimos meses e a vossa ajuda foi também preciosa para superar esta fase de estagnação! E tu Zé, que sem nada em troca, foste por momentos um terceiro orientador que eu tive!

O pessoal do *Price* merece também estar aqui presente, por me darem um lugar espectacular onde pude trabalhar, encontrar novas pessoas e passar bons momentos. Sem este ambiente eu não teria conseguido trabalhar tanto!

E como não podia faltar, um enorme obrigado a todos os meus amigos que me acompanharam durante todo o meu percurso até hoje, uns desde sempre e outros durante a vida académica. Sem vocês a minha vida não teria a menor relevância, portanto obrigado por fazerem parte de mim e por tudo aquilo que fizemos e criámos até hoje, e que iremos criar no futuro!

Resumo

Este trabalho tem como objectivo estudar o sistema de Aquecimento, Ventilação e Ar Condicionado (AVAC) da Biblioteca das Ciências da Saúde da Universidade de Coimbra (BCSUC), identificar e caracterizar os seus problemas para que seja possível encontrar soluções para os mesmos. Os desumidificadores, encarregues de manter os depósitos de arquivos em condições higrotérmicas óptimas e estáveis, são também objecto de estudo para garantir que os documentos estão em condições favoráveis à sua preservação. Pretende-se ainda partilhar a informação acerca dos males do sistema e dificuldades encontradas para auxiliar trabalhos futuros.

Inicialmente é estudado o sistema através da memória descritiva e plantas do projecto, juntamente com visitas frequentes ao edifício, o que permitiu identificar bastantes desequilíbrios no sistema de AVAC.

Através de medições de vários parâmetros de conforto, foram caracterizados com maior detalhe os problemas em que este trabalho se foca, de forma a perceber as suas consequências, para assim facilitar a sua abordagem e resolução.

Após devidamente caracterizados os problemas, é realizado um plano que engloba um conjunto de medidas a adoptar com intuito de solucionar alguns dos problemas encontrados, não tendo sido possível o estudo de todos os problemas devido ao curto tempo disponível.

No geral, a atual situação da BCSUC apresenta alguns problemas graves, havendo desequilíbrios em praticamente todos os espaços, alguns deles graves, por exemplo, a situação da sala de trabalhos de grupo e uma das unidades de tratamento de ar. Serão necessários outros estudos semelhantes para a análise dos restantes problemas e a implementação de medidas de correção, de forma a garantir as melhores condições para os utilizadores.

Palavras-chave: Biblioteca, AVAC, Condições higrotérmicas, Qualidade do ambiente interior.

Abstract

Nowadays, people spend an increasing amount of time inside closed spaces. This evolution is requiring increased concerns about indoor environmental quality and higher investment on its regulation.

The objective of this work is to study the Heating Ventilation and Air Conditioning (HVAC) system of the Health Sciences' Library of the University of Coimbra (HSLUC), in order to identify and characterize its problems, as well to search ways to attenuate or solve those problems in order to provide better conditions to all users. The dehumidifiers, used to regulate the hygrothermal conditions in the archives deposits, are also studied to ensure that the documents are being kept in conditions that guarantee their preservation. It is also intended to provide useful information about the problems and difficulties identified and thus contribute for future similar studies.

The system was studied initially through the specifications and blueprints of the building project, together with walkthrough inspections of the building which immediately revealed the imbalances of the HVAC system. These problems were better characterized through measurements of air velocity, air flow, temperature, relative humidity and noise which allowed a better understanding of their consequences and an easier approach towards their correction.

In the end, after the analysis, a plan to help fix some of these problems was created. Unfortunately, due to the short period of time available, it was not possible to study all the problems identified.

In general, the situation in the HSLUC is rather serious, since there are problems in almost all spaces of the building, some of them being severe such as, for example, the situation found in the group-work room and in one of the air handling units. Further studies of this kind should be carried on in the future to ensure the analysis and implementation of corrective measures for the remaining problems, in order to provide better conditions to all the users.

Keywords: Library, HVAC, Hygrothermal conditions; Indoor environmental quality.

Índice

Índice de Figuras	xi
Índice de Tabelas	xiii
1. Introdução	1
1.1. Enquadramento do tema	1
1.2. Objectivos e metodologia	2
1.3. Estrutura da dissertação	3
2. Revisão bibliográfica	5
2.1. Bibliotecas e salas de leitura	5
2.2. Requisitos ambientais em arquivos	9
3. Caso de estudo	13
3.1. Caracterização do edifício	13
3.2. Sistema de Climatização	15
3.3. Identificação de problemas	19
3.4. Equipamentos e procedimentos de análise	22
3.4.1. Velocidade de ar	22
3.4.2. Níveis de ruído	23
3.4.3. Temperatura e humidade relativa	25
4. Resultados e discussão	27
4.1. Receção	27
4.2. Sala de trabalhos de grupo	29
4.3. Depósitos de documentos escritos	33
4.4. <i>Chiller</i>	38
4.5. Plano de acção recomendado	39
5. Conclusão	43
5.1. Sugestões de trabalho futuro	43
5.2. Considerações finais	44
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	45
ANEXO – Especificações Técnicas	47
APÊNDICE – Zonas da biblioteca	55

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 3-1. Entrada principal da BCSUC.....	13
Figura 3-2. Média de ocupação das salas de estudo da BCSUC.....	14
Figura 3-3. <i>Chiller</i> , Trane RTAD 100.....	15
Figura 3-4. Caldeira a gás, Buderus GE 315.....	15
Figura 3-5. Unidade de tratamento de ar da sala de leitura, UTASL.....	16
Figura 3-6. Unidade de tratamento de ar da sala de utilizadores de informática, UTASUI.....	17
Figura 3-7. Unidade de tratamento de ar novo, UTAN.....	17
Figura 3-8. Desumidificador <i>Rcat Pegasus.CW.O 71.G1</i>	18
Figura 3-9. Desumidificador <i>Rcat Pegasus.CW.O 42.G0</i>	18
Figure 3-10. Receção da biblioteca.....	18
Figura 3-11. Anemómetro de hélice.....	23
Figura 3-12. Sonómetro, CESVA SC310.....	23
Figura 3-13. Segunda porta espessa de acesso à cobertura, pontos 2 e 3.....	24
Figura 3-14. Primeira porta espessa de acesso à cobertura, ponto 4.....	24
Figura 3-15. <i>Datalogger</i> Omega OM-NOMAD-RH-32	
Figura 4-1. Sugestão da alteração da posição dos pontos de insuflação na receção.....	29
Figura 4-2. Catálogo do ventiloconvector atual, Trane FCK06.....	30
Figura 4-3. Catálogo do ventiloconvector Trane FCK15.....	30
Figura 4-4. Catálogo do ventiloconvector Trane FCK20.....	31
Figura 4-5. Funcionamento atual do desumidificador.....	33
Figura 4-6. Funcionamento contínuo do desumidificador.....	34
Figura 4-7. Desumidificador desligado.....	35
Figura 4-8. Janela do depósito de documentos escritos.....	35
Figura 4-9. Placas de isolamento sonoro do <i>chiller</i>	38
Figure 4-10. Apoios do <i>chiller</i>	38

ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 1. Calendarização das medições nos depósitos.....	26
Tabela 2. Medições de velocidades e caudais de ar na receção.....	27
Tabela 3. Nível de ruído na sala de trabalhos de grupo, em dB(A).....	29
Tabela 4. Sala de trabalhos de grupo, caudal médio de insuflação, em m ³ /h.....	32
Tabela 5. Sala de Trabalhos de grupo, velocidade média do ar ao nível dos ocupantes.....	32
Tabela 6. Medições de ruído do chiller.....	38

1. INTRODUÇÃO

1.1. Enquadramento do tema

Atualmente tem crescido a ideia de que a educação é fundamental para a evolução de uma sociedade. Começando desde criança até à idade adulta, o ensino acompanha-nos sempre no dia-a-dia e dá-nos a oportunidade de descobrir, conhecer e crescer. É sem dúvida um bem essencial ao desenvolvimento pessoal e profissional dos jovens.

O ensino e o seu sucesso (ou fracasso) são temas de enorme complexidade, havendo inúmeros factores dos quais dependem, como por exemplo, a qualidade dos profissionais de ensino, a facilidade de acesso à informação necessária para a aprendizagem e o acesso a infraestruturas especializadas que assegurem as condições necessárias à prática do bom ensino. Neste contexto, as bibliotecas destacam-se como um importante meio de divulgação de informação e conhecimento, assim como um lugar que promove as condições necessárias à leitura, estudo e investigação.

Em Junho de 1999, surgiu oficialmente o Tratado de Bolonha ("DGES - Processo de Bolonha," n.d.) com a finalidade de unir e integrar o ensino superior na Europa num ensino que seja uniforme, e assim reconhecido por todos os países membros, sendo implementado em Portugal no ano de 2006. O Tratado de Bolonha veio introduzir inúmeras alterações, dentre as quais se destaca o aumento da autonomia e responsabilidade do aluno enquanto membro do sistema de ensino. Anteriormente ao Tratado de Bolonha, a aprendizagem era baseada num grande número de horas de aulas em que cabia ao professor realizar todo o trabalho relacionado com a tarefa de ensino. Em suma, todas as horas necessárias à aprendizagem eram gastas em tempo útil de aula. Após o Tratado de Bolonha, parte do trabalho de aprendizagem tornou-se responsabilidade do aluno, o número de horas de aulas foi reduzido, e cabe ao aluno gerir e consolidar o seu estudo. Estas alterações ao sistema de ensino vieram trazer uma maior importância a infraestruturas para o desempenho da tarefa de aprendizagem, entre as quais destacamos as bibliotecas, infraestruturas que se tornam cada vez mais importantes para o sucesso escolar não só a nível superior, mas também a nível da escolaridade obrigatória.

Neste trabalho é estudado e analisado o sistema de AVAC da BCSUC. Esta biblioteca assume um papel fundamental no ensino do Pólo 3 da Universidade de Coimbra (UC), principalmente durante a época de exames em que se verifica uma afluência maior do que o habitual às suas instalações. Este estudo é importante, pois é necessário garantir as condições de conforto para que os utilizadores possam usufruir das instalações ao máximo, quer seja para a realização de trabalhos, estudos ou até mesmo investigações.

1.2. Objectivos e metodologia

Este projecto é puramente diagnóstico e tem como objectivo elaborar um plano de acção, constituído por um conjunto de medidas cuja implementação permitirá otimizar, em termos de conforto, o sistema de AVAC da BCSUC e consequentemente melhorar a satisfação dos seus utilizadores, sendo o seu contributo apenas qualitativo.

Este plano foi criado de forma progressiva, podendo ser dividido em três fases, a primeira fase foca-se na identificação dos problemas recorrentes na biblioteca. Este projecto teve início no dia 9 de Março com um encontro com o Sub-Diretor da Faculdade de Farmácia da Universidade de Coimbra (FFUC), que expôs de imediato a realidade problemática do edifício. O Professor Rui Barbosa prontamente explicou a importância deste projecto e forneceu as informações necessárias para a realização do mesmo, como as plantas e a memória descritiva e justificativa do projeto do edifício. No final da reunião, o Prof. Rui Barbosa encaminhou-nos para os funcionários da biblioteca que, por sua vez, souberam informar acerca dos problemas com maior detalhe, visto estarem em contacto com os mesmos diariamente e receberem também as queixas por parte dos alunos.

Conhecidos os problemas e estudado o projecto inicial, deu-se início à segunda fase do projeto. Nesta fase foi realizado um estudo rigoroso com o intuito de caracterizar esses problemas, as medidas adoptadas pelos funcionários e as consequências de ambos. A análise dos dados obtidos permitiu uma melhor interpretação dos problemas e facilitou a procura de soluções.

Na terceira fase, obedecendo às normas existentes e boas práticas relativas aos problemas estudados, foram estudadas alternativas ao projecto atual do edifício, que permitirão fornecer aos utilizadores da biblioteca melhores condições para o seu sucesso escolar e desenvolvimento pessoal.

1.3. Estrutura da dissertação

A dissertação divide-se em cinco capítulos, sendo este primeiro usado para fazer a introdução do tema, objectivos e metodologia utilizada e a apresentação da estrutura.

No segundo capítulo é feita a revisão bibliográfica, onde é apresentada a importância de bibliotecas e salas de leitura para a educação e desenvolvimento pessoal e dos depósitos de arquivos para a preservação de documentos antigos e importantes, assim como as condições óptimas para que tal seja possível.

O terceiro capítulo é dedicado à explicação do caso em estudo, onde é caracterizado o edifício e o sistema de climatização, é feita a apresentação dos problemas encontrados e explicada a metodologia de análise dos parâmetros de conforto, como a temperatura, humidade, e ruído, e é ainda feita uma breve referência aos equipamentos de medida utilizados.

No quarto capítulo situa-se o desenvolvimento do projecto, é feita a análise dos vários problemas abordados e soluções adoptadas no momento pelos técnicos e funcionários. Através da análise dos resultados obtidos e dos valores de projecto, comparando aos valores que se encontram nas respectivas normas ou boas práticas, conclui-se o estudo com a apresentação do plano de ação recomendado, onde são expostas todas as medidas escolhidas, com o intuito de facilitar a consulta.

No capítulo final está a conclusão, onde são expostas as opiniões acerca da realidade estudada e do projecto realizado ao longo deste semestre. Apresentam-se também sugestões para auxiliar possíveis trabalhos futuros que se realizem neste edifício ou em áreas semelhantes, através da discussão acerca das dificuldades encontradas e dos problemas que não foram possíveis abordar.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1. Bibliotecas e salas de leitura

Na actualidade, as bibliotecas são consideradas infraestruturas indispensáveis ao sucesso dos alunos no ensino superior (Rodrigues, 2009). Segundo Costa & Hillesheim (2004), uma biblioteca deve funcionar em conjunto com os professores e alunos, de forma a auxiliar e complementar o processo de aprendizagem.

Durante muito tempo as escolas não foram vistas como um local de trabalho, não existindo qualquer preocupação com as condições de conforto, sendo exigidas apenas algumas obrigações legais e conhecimentos da prática (Graça et al, 2007)

Oriente et al (2014) refere que actualmente, seja em contexto escolar, profissional ou de lazer, a leitura tem um papel imprescindível no desenvolvimento cultural, científico, político e económico. Com esta evolução, cresce cada vez mais a ideia de que a educação das novas gerações é essencial ao desenvolvimento não apenas pessoal como da própria sociedade, o que tem causado uma crescente preocupação e cuidado dedicados às condições nos estabelecimentos de ensino e locais de estudo, desenvolvendo-se a legislação e normas que abrangem estas áreas de forma a garantir melhores condições para os utilizadores.

Segundo a Direcção-Geral do Ensino Superior, ("DGES - ECTS", n.d.), o Tratado de Bolonha, que surgiu em 1999, veio introduzir várias mudanças na educação do ensino superior, entre muitas das mudanças tem-se por exemplo: “o processo de formação deixa de ser centrado no ensino e passa a ser centrado na aprendizagem, ou seja, no estudante e a carga de trabalho dos estudantes neste sistema, consiste no tempo requerido para completar todas as actividades de aprendizagem planeadas (...)”, “as metodologias de aprendizagem devem propiciar o desenvolvimento não só de competências específicas, mas também ter capacidades e competências horizontais, como sejam o aprender a pensar, o espírito crítico, a capacidade de para analisar situações e resolver problemas (...)”, “o

trabalho do professor vai além do espaço físico da aula e passa a assumir funções de orientador, de apoio e de suporte”, “as áreas das instituições tais como bibliotecas, laboratórios, etc. são considerados espaços de aprendizagem”. Estas alterações mudaram drasticamente o tipo de ensino, antes a aprendizagem era toda realizada dentro da sala de aula, sendo a carga horária relativamente superior. Hoje em dia tem-se uma carga horária mais reduzida, sendo assim parte da aprendizagem responsabilidade do próprio aluno, o que por sua vez torna infraestruturas como as bibliotecas e salas de estudo extremamente importantes para o sucesso escolar no ensino superior.

Devido à influência que o ambiente envolvente tem nos processos cognitivos e de aprendizagem, torna-se imprescindível a actuação sobre o mesmo, visto que o conforto ambiental é essencial para garantir um bom desempenho do aluno. Em suma, é necessário que o ambiente escolar tenha condições favoráveis ao conforto da comunidade educativa (Rodrigues, 2009).

Para garantir que o ambiente de uma biblioteca e/ou sala de leitura é propício à realização de trabalhos, estudos e investigações, é primeiro necessário entender que factores influenciam o conforto dos utilizadores e a relação desses factores entre si. Segundo Wallenius (2004), os parâmetros de qualidade ambiental interior são normalmente interactivos, no sentido em que a exposição de uma pessoa a um parâmetro pode reduzir a sua capacidade de adaptação ou mesmo aumentar a sua vulnerabilidade a outros parâmetros.

A qualidade ambiental interior depende de vários factores, como a qualidade do ar interior (QAI), do ambiente térmico, visual e sonoro, em termos de vibrações, entre outros.

A QAI é um importante factor, já que as pessoas que frequentam bibliotecas e salas de leitura normalmente ficam um intervalo de tempo significativo sentadas no mesmo local. Portanto é essencial garantir uma renovação do ar adequada, que permita a eliminação progressiva dos poluentes químicos, como o CO₂, formaldeído e radão, e outras partículas que possam existir. Segundo a Agência Portuguesa do Ambiente [APA (2009)], a exposição a uma má qualidade do ar pode causar desconforto olfativo e queixas sobre o ar estar viciado ou bafiento, podendo afectar a saúde no curto prazo, com efeitos como a irritação nos olhos e na pele, garganta seca ou irritada, dores de cabeça, cansaço, náuseas, entre outros.

O ambiente térmico é constituído por vários parâmetros, dos quais serão aqui abordados a temperatura, a velocidade e a humidade relativa do ar.

A temperatura do ar influencia as trocas de calor convectivas entre o corpo humano e o ar. O corpo humano necessita manter a temperatura interior na ordem dos 37°C para garantir o seu bom funcionamento e, para manter este equilíbrio, a produção interna de calor deve ser semelhante ao calor que o corpo cede ao ambiente; a temperatura da pele e a transpiração devem também situar-se dentro de certos limites (Miguel, 2007). Vários autores chegaram a conclusões diferentes acerca dos valores ideais para a temperatura do ar interior; por exemplo, para Kroemer & Grandjean (2005), a temperatura deve estar entre 20° a 21°C de Inverno e 20° a 24°C de Verão, mas para Miguel (2007), a temperatura deveria estar entre os 20° e 22°C. Segundo o Decreto-Lei n.º 243/86 de 20 de Agosto, o intervalo de temperaturas de ar ideal está entre 18°C e 22°C, devendo-se respeitar estes limites sempre que possível, evitando ao máximo quaisquer mudanças bruscas e correntes de ar.

A velocidade do ar interior influencia o conforto térmico, pois caracteriza as trocas do corpo humano por convecção e por evaporação (Miguel, 2007). Quanto maior a velocidade do ar, maior será o coeficiente de convecção e, por conseguinte, as trocas de energia com o ar. Segundo a ISO 7730:2005, para espaços similares a salas de aula, são recomendados os limites de 0,16 m/s, no Inverno, e de 0,19 m/s, no Verão, para a velocidade do ar na zona ocupada. Já Kroemer e Grangjean (2005) consideram que, em média, as pessoas sentadas começam a sentir desconforto para velocidades de ar superiores a 0,2 m/s, sendo este o valor normalmente utilizado.

A humidade relativa, geralmente expressa em percentagem, é a razão entre a quantidade de água que se encontra no ar e a quantidade que existiria caso o ar estivesse saturado, para a mesma temperatura. É um factor ambiental determinante no conforto térmico devido à sua influência nas trocas de calor por evaporação (Miguel, 2007). Segundo a Agência Portuguesa do Ambiente [APA (2009)], a humidade relativa inferior a 25% está associada ao aumento do desconforto, secagem das membranas mucosas e pele, que podem levar a formação de gretas e irritação, aumenta também a electricidade estática, que pode dificultar o uso de computadores e outros equipamentos, enquanto que níveis de

humidade relativa elevados, podem provocar condensação nas superfícies interiores e exteriores do edifício, causando o desenvolvimento de fungos e desconforto.

A boa iluminação do local de trabalho é imprescindível para que se realize qualquer tarefa de forma saudável e eficiente. Tratando-se de leitura, a iluminação deve sempre ser adequada para que o leitor não necessite de grande esforço visual ao consultar um livro ou ao olhar um ecrã de computador por longos períodos de tempo (Atmodipero & Pardede, 2004).

Visto tratar-se de um local de leitura, estudo e investigação, o ruído tem bastante influência no conforto dos utilizadores e na qualidade do trabalho desenvolvido neste ambiente. Um pequeno ruído pode ser suficiente para quebrar o estado de atenção de uma parte das pessoas, devendo-se garantir, nestas salas, isolamento suficiente ao ruído e vibrações provenientes do exterior e de outras fontes, tais como os equipamentos de AVAC.

Quando se realiza uma tarefa que necessita de concentração, se existir um ruído repentino produzirá distrações que reduzem a produtividade, originando erros e diminuindo a qualidade e a quantidade do trabalho desenvolvido. Alguns acidentes, tanto laborais como no transporte de passageiros, podem ser devidos a este efeito.

Segundo a Comissão de Coordenação e Desenvolvimento Regional do Alentejo (CCDR-A, n.d.), define-se como pressão sonora a diferença entre a pressão atmosférica ambiente e a pressão atmosférica em repouso, que é medida em Pascal (Pa). O ouvido humano detecta valores de pressão sonora no intervalo de 2×10^{-5} até 20 Pa; portanto, é necessário utilizar uma escala logarítmica, usando o valor de referência $P_0 = 2 \times 10^{-5}$ Pa, que corresponde ao limiar da audição. Esta escala tem como unidade o Bel, em homenagem a Alexandar Graham Bell. Optou-se por utilizar a escala Decibel (dB), multiplicando a escala anterior por 10. No entanto, o ouvido humano não reage igualmente para todas as frequências, mesmo que seja o mesmo nível de pressão sonora. Para colmatar esta situação, usa-se uma correção para que a escala passe a representar a sensação auditiva, e não apenas a realidade física, alterando a unidade de dB para dB(A).

Segundo os apontamentos da disciplina Vibrações e Ruído, o nível de som de uma conversação normal, a um metro de distância, varia tipicamente entre os 50 e 55 dB(A) e, para que uma palavra seja perfeitamente audível, a sua intensidade deve ser superior ao ruído de fundo em 15 dB(A); portanto, ruídos de fundo de intensidade superior

a 35 dB(A) provocam dificuldades na comunicação, induzindo o aumento do tom de voz. Segundo o Decreto-Lei n.º 129/2002 de 11 de Maio, o limite para os níveis de ruído no interior de bibliotecas é de 38 dB(A) ou 33 dB(A), para casos de equipamentos em funcionamento intermitente ou contínuo, respectivamente.

2.2. Requisitos ambientais em arquivos

Ao contrário do formato digital, em que grande parte da informação já é actualmente arquivada, toda a informação proveniente de estudos mais antigos, que permitiram a evolução da ciência em todas as suas áreas, encontra-se guardada geralmente em papel, seja em livros, pergaminhos, jornais, revistas, etc., tornando-se vulnerável ao envelhecimento e à deterioração. Preservar este legado do passado é uma responsabilidade importante, daí a construção de infraestruturas capazes de albergar e conservar estes documentos, que contêm em si as memórias e aprendizagens de gerações.

Bibliotecas e arquivos têm uma grande diversidade de documentos, tais como livros, pergaminhos e revistas, sendo a sua vida útil definida pelas características dos seus componentes e do ambiente onde são guardados (Porto, 2014). O *Preservation Advisory Centre* (Henderson, 2013) refere que a esperança de vida de coleções é significativamente afectada pelas condições ambientais nas quais elas são guardadas, sendo os problemas ambientais em edifícios capazes de causar danos, que são fáceis de ignorar e que, ao longo do tempo, vão aumentando até chegarem eventualmente a um nível crítico.

A reparação de documentos antigos é um processo complexo e que exige um grande investimento, podendo até não ser possível uma restauração completa, dependendo do tipo de dano que o material sofreu. Visto isto, percebe-se a importância de um sistema de ventilação e climatização capaz de manter as condições ideais, mas para projectar este sistema, é necessário primeiro perceber que tipo de danos os documentos sofrem e que parâmetros ou condições os causam.

Alguns autores, como Fabbri & Pretelli (2014), defendem que em situações em que seja guardado qualquer tipo de património, a prioridade deverá ser sempre a de manter as condições óptimas à conservação do mesmo, em detrimento até das condições ideais para os utilizadores.

É necessário ter em conta também a importância dos documentos que são guardados; uma biblioteca ou livraria onde se leia ou venda livros não necessita dos mesmos cuidados que um arquivo importante como, por exemplo, a Casa-Forte da Biblioteca Geral da Universidade de Coimbra, que alberga um elevado número de documentos importantes e sensíveis.

O processo de conservação dos documentos é muito complexo pois as reacções que os deterioram ocorrem naturalmente, sendo apenas possível retardar esse processo, mantendo os níveis de certos parâmetros sob controlo, o que requer um estudo prévio acerca desses parâmetros e da sua influência na deterioração do património.

O *Preservation Advisory Centre* informa detalhadamente os tipos de danos a que os documentos estão sujeitos: deterioração química através de reacções como, por exemplo, a rutura da celulose. A taxa com que estas reacções ocorrem é altamente influenciada pelos níveis de temperatura e humidade, podendo duplicar para variações de temperatura de 10°C, ou até de 5°C para alguns materiais mais instáveis. Sofrem também danos físicos devidos a uso indevido por parte dos utilizadores, a absorção e libertação de humidade e a variações de temperatura que ocorrem ao longo das várias fases do dia e das estações do ano, as quais provocam a contração e a dilatação alternadas dos documentos. Sofrem ainda danos biológicos causados por organismos como por exemplo mofo, insectos e roedores.

A temperatura é um factor importante porque afecta os documentos directa e indirectamente. Temperaturas elevadas podem causar o amolecimento de alguns materiais, como a cera, e promovem o desencadeamento das reacções químicas que provocam a deterioração. Por seu turno, temperaturas demasiado baixas podem fragilizar os materiais que constituem os documentos, deixando-os mais vulneráveis quando consultados; mas, o impacto mais significativo é indirecto e consiste na influência que a temperatura tem nos níveis de humidade relativa.

A humidade relativa é talvez o parâmetro que mais impacto tem sobre o património escrito, visto que pode ser difícil de controlar devido à sua relação com a temperatura. Quanto maior for a temperatura do ar, mais vapor de água este consegue conter; se a sua temperatura baixar sem haver uma redução da humidade absoluta, o ar pode ficar saturado e ocorre condensação. A temperatura e humidade relativa são, portanto, parâmetros inversamente proporcionais. Os materiais que constituem normalmente os

acervos bibliográficos e coleções são orgânicos, o que os torna especialmente vulneráveis a humidades relativas baixas, altas ou a flutuações.

Níveis de humidade relativa elevados, acima de 65%, promovem o aparecimento de insectos e de bolor, que pode ser prejudicial para os utilizadores e se propaga pelos documentos. Por outro lado, níveis demasiado baixos de humidade relativa causam secagem, fissuras e contração do material orgânico, que pode danificar permanentemente os documentos. Variações significativas dos valores de humidade relativa pode provocar ciclos de absorção e desabsorção de humidade, que causam a contração e expansão dos documentos, o que pode danificar os materiais.

A escolha dos limites de temperatura e humidade relativa nem sempre é directa: é preciso ter vários factores em atenção como, por exemplo, o tipo de materiais que constituem os documentos que vão ser armazenados, a própria importância desses mesmos documentos, se é frequente e/ou em intervalos de tempo alargados a presença de pessoas nos arquivos e o financiamento que é dedicado à conservação.

Na maior parte dos casos, os valores de temperatura são mantidos entre os 18 e os 22°C, devido ao conforto dos utilizadores (Pinto, 2009), mesmo que estes valores possam ser prejudiciais para as coleções. *PD 5454:2012 (Guide for the storage and exhibition of archival materials)* recomenda que, para coleções de vários tipos diferentes de materiais sensíveis, os valores sejam mantidos entre 13°C e 20°C e 35% e 60% para temperatura e humidade relativa, respectivamente. Para coleções menos importantes, como, por exemplo, documentos guardados no interior de caixas, recomenda valores entre 5°C e 25°C de temperatura e os 25% e 60% de humidade relativa. Embora as gamas indicadas sejam alargadas, os valores devem ser mantidos entre intervalos mais pequenos, tais como intervalos de 3 ou 4°C de temperatura e 10% de humidade relativa, evitando assim flutuações de grandes amplitudes ao longo do tempo.

Estes limites recomendados abrangem uma gama de valores extensa, mas a variação dos valores que se verificam na prática só é aceitável se ocorrer progressivamente, num período de meses, por exemplo, devido às estações do ano. Se as flutuações ocorrerem com uma taxa mais elevada, isso causará também um aumento na velocidade de deterioração, o que dificulta a tarefa de regular estes dois parâmetros.

A iluminação, tanto natural como artificial, promove também a deterioração de coleções, visto que é uma fonte de energia que pode desencadear reações químicas. Quanto mais longa for a exposição à radiação, maior será o dano causado devido à oxidação da celulose. O dano principal que se verifica é a degradação da lenhina, que é um polímero natural presente no papel e que confere solidez às fibras de celulose; quando exposta à radiação durante longos intervalos de tempo, sofre reações químicas e torna-se escura, provocando o amarelecimento das papéis (Porto, 2014).

3. CASO DE ESTUDO

3.1. Caracterização do edifício

A Biblioteca das Ciências da Saúde da Universidade de Coimbra foi construída em 2007 (inaugurada só em 2009), com o objectivo de permitir o acesso aos seus recursos e documentos a toda a comunidade científica, não só de Coimbra mas também nacional e internacional, especialmente aos alunos e professores da Faculdade de Farmácia e da Faculdade de Medicina, que se encontram no mesmo Pólo 3.

O edifício da BCSUC tem três pisos e é de cobertura horizontal. O piso -1 tem três salas de depósitos – dois depósitos activos, Figura Ap-1 no Apêndice, de maiores dimensões e um passivo, mais pequeno, todos com tratamento de temperatura e humidade, onde estão armazenados os documentos escritos, tais como jornais, livros e revistas; tem ainda os arrumos e uma entrada secundária. No piso 0, da entrada principal, encontram-se a receção, reprografia, sala de trabalhos de grupo, sala de utilizadores de informática, Figura Ap-2 no Apêndice, e todos os gabinetes. No piso 1 estão as salas de estudo, de investigação e a sala de leitura, Figura Ap-3 no Apêndice. Na cobertura encontram-se as áreas técnicas, onde se situam as unidades de tratamentos de ar (UTA), o *chiller*, caldeira a gás e as bombas de circulação.

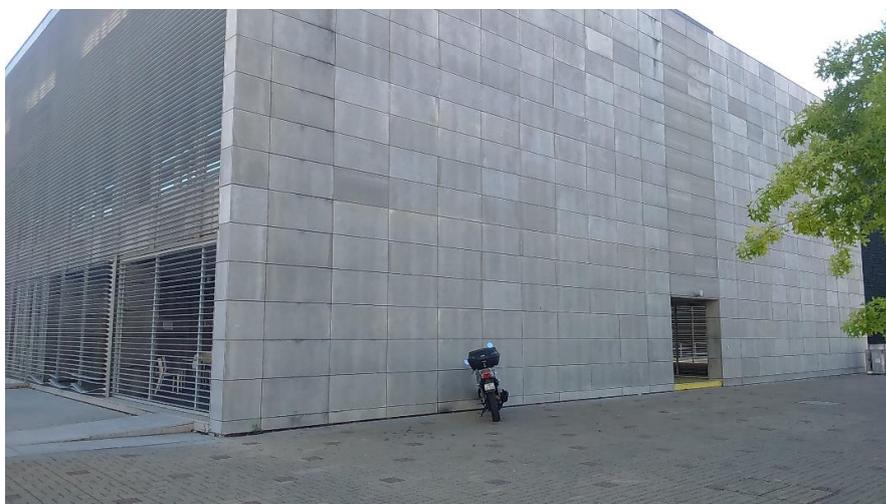


Figura 3-1. Entrada principal da BCSUC

A área total é de, aproximadamente, 2400 m², dividida da seguinte forma:

- Piso -1: 920 m²
- Piso 0: 600 m²
- Piso 1: 810 m²
- Cobertura: 70 m².

O horário de funcionamento é constante durante o período lectivo, das 8h até às 20h, de segunda a sexta-feira. O perfil de ocupação é registado por uma funcionária, que todos os dias verifica o número de pessoas em cada sala, várias vezes por dia. O gráfico do perfil de ocupação, para o ano de 2015, pode ser visto na Figura 3-2.

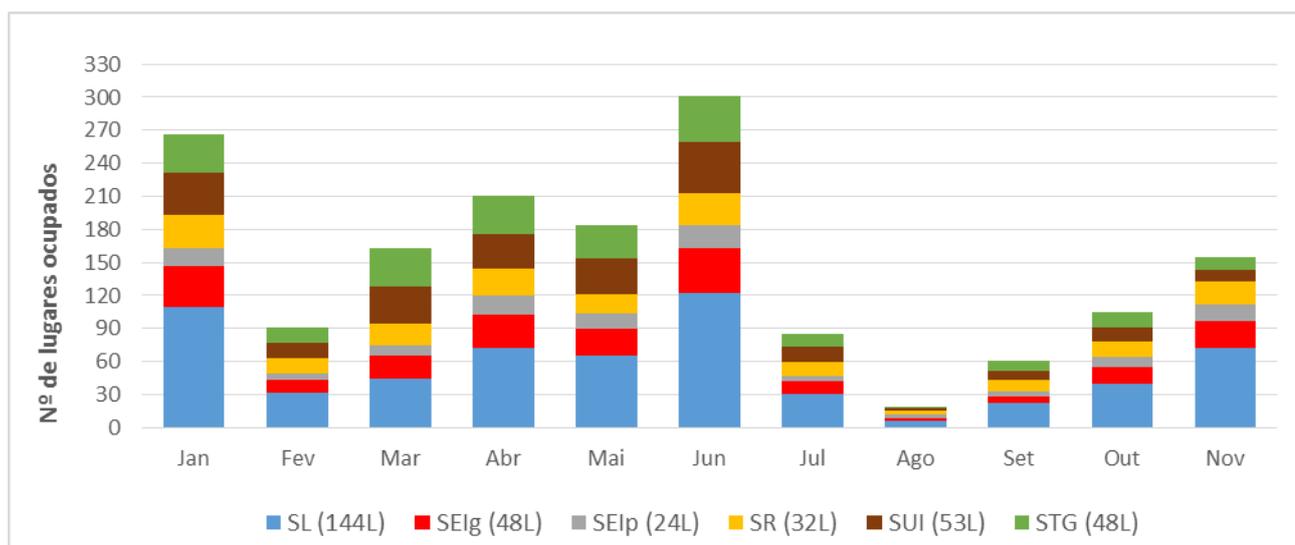


Figura 3-2. Média de ocupação das salas de estudo da BCSUC.

Verifica-se uma afluência significativa durante todo o ano lectivo, especialmente durante os meses de Janeiro e Julho, aquando do início das épocas de frequência e de exames, o que seria de se esperar, visto que é um local de estudo que se encontra adjacente às faculdades de Medicina e de Farmácia, tornando-o indispensável ao sucesso escolar destes alunos. Em Agosto, a afluência é quase nula devido ao final do período escolar e o encerramento da Biblioteca durante duas semanas do mês.

3.2. Sistema de Climatização

Para a climatização centralizada do edifício foi escolhido um sistema a dois tubos, responsável pelo aquecimento e arrefecimento, mas sem conseguir fazer ambos simultaneamente, tendo sido escolhidos um *chiller* da marca Trane e modelo RTAD 100, para produção de água fria e uma caldeira a gás natural, da marca Buderus e modelo GE 315, para produção de água quente. As especificações técnicas podem ser consultadas no Anexo.



Figura 3-3. Chiller, Trane RTAD 100.



Figura 3-4. Caldeira a gás, Buderus GE 315.

O *chiller* é ligado apenas durante a época de maior calor, por volta do mês de Maio, e desliga-se quando chega o mês de Outubro ou Novembro, assim que é necessário ligar a caldeira para aquecer o edifício. A opção de projeto foi a de se usar diferenças de temperatura tão elevadas quanto economicamente possível, entre a ida e retorno dos diversos sistemas hidráulicos, no sentido de se reduzir ao mínimo os caudais de água na instalação.

Estão instaladas três unidades de tratamento de ar, UTAs, uma encarregue da ventilação e climatização apenas da sala de leitura, denominada UTASL; outra está encarregue de ventilar e climatizar a sala de utilizadores de informática, UTASUI, e a última, UTAN, serve todas as outras áreas, tais como as salas de estudo e os gabinetes, e faz ainda a extração na sala de utilizadores de informática. Todas as UTAs são da marca Trane, sendo a UTAN e a UTASL do modelo CCTA40, e a UTASUI do modelo CCTA23. As especificações técnicas podem ser consultadas no Anexo.



Figura 3-5. Unidade de tratamento de ar da sala de leitura, UTASL.



Figura 3-6. Unidade de tratamento de ar da sala de utilizadores de informática, UTASUI.



Figura 3-7. Unidade de tratamento de ar novo, UTAN.

Ambas as UTASL e UTASUI possuem baterias de aquecimento e de arrefecimento, que funcionam de acordo com a época do ano, fazendo diretamente o aquecimento e arrefecimento do ar no interior da UTA. Por seu turno, a UTAN apenas tem bateria de aquecimento para alguma possível compensação durante o Inverno; isto deve-se à presença de ventiloconvectores em todas as zonas que são alimentadas por esta unidade, à excepção da receção. As UTASL e UTAN fazem a recirculação parcial do ar extraído, para que se faça um reaproveitamento térmico que traz uma poupança energética. Por seu lado, a UTASUI só faz insuflação de ar novo.

Os depósitos onde é guardada grande parte dos documentos escritos são tratados por um sistema independente de unidades de tratamento de ar, designadas *Close Control* ou CC, nos depósitos ativos, de maiores dimensões, são usados desumidificadores *Rcat Pegasus.CW.O 71.G1* e, no depósito passivo, é utilizado o desumidificador *Rcat Pegasus.CW.O 42.G0*. Estas unidades são do tipo “armário” vertical, fazendo a insuflação do ar tratado pela parte superior, através de uma ligação a redes de condutas e grelhas terminais, e o retorno é feito na parte frontal ou inferior. A extração do ar dos espaços é feita através de grelhas com registo de sobrepressão. Estão também equipadas com um sistema de controlo que permite regular de forma rigorosa os níveis de temperatura e humidade, de forma a manter as condições ideais à conservação dos documentos em arquivo.



Figura 3-8. Desumidificador *Rcat Pegasus.CW.O 71.G1*.



Figura 3-9. Desumidificador *Rcat Pegasus.CW.O 42.G0*.

3.3. Identificação de problemas

Logo na primeira reunião, o Sub-Diretor da FFUC expôs globalmente a realidade problemática do edifício, pormenorizando alguns aspetos relativamente às queixas habituais dos utentes e à operação dos equipamentos. Neste sub-capítulo é feita a exposição dos problemas identificados e das suas consequências.

O primeiro problema apontado é a velocidade excessiva do ar insuflado na receção. As duas grelhas de insuflação encontram-se a uma altura de cerca de metro e meio acima da bancada, o que provoca correntes de ar que incidem diretamente nos postos de trabalho aí previstos. Através da Figura 3-3, nota-se que a receção é uma zona de pequenas dimensões em que, embora possua um ecrã onde é feita a monitorização das câmaras de vigilância, raramente se encontra um funcionário presente, sendo usada maioritariamente por alunos que posam os seus pertences no balcão enquanto realizam uma tarefa rápida ou conversam no local.

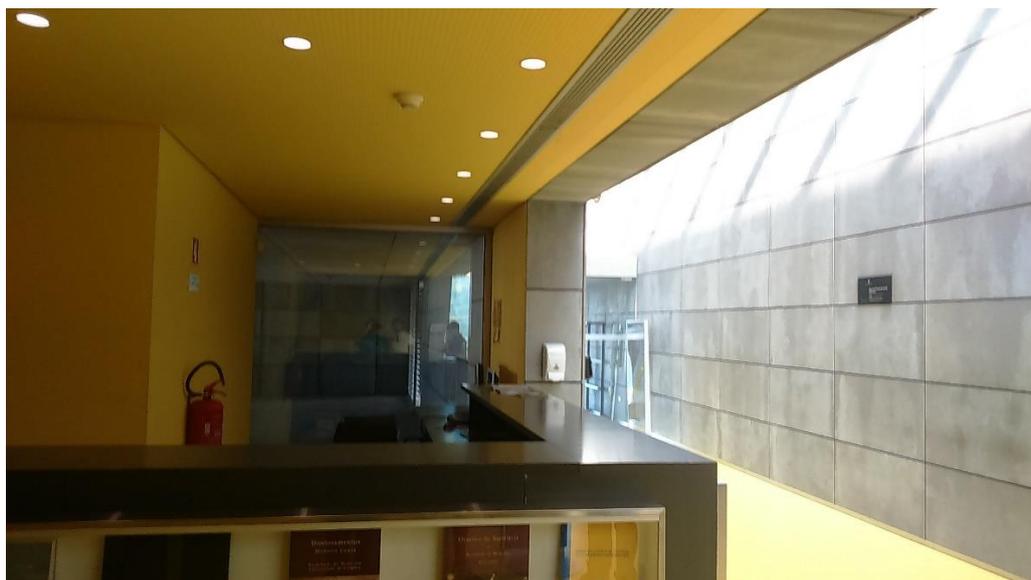


Figure 3-10. Receção da biblioteca.

Enquanto se realizava a análise do problema na receção, descobriu-se que a UTAN, que insufla o ar neste espaço, se encontrava desligada, tendo sido ligada momentaneamente para a realização das velocidades de ar insuflado. Após contacto com o técnico da Electroclima, empresa responsável pela manutenção do sistema de AVAC da BCSUC, notou-se um outro problema. Inicialmente, foi-nos dito pelo técnico que a UTAN não poderia estar ligada em simultâneo com o *chiller*, porque ocorria condensação no seu

interior, encharcando a UTAN e, até, os respetivos filtros de ar, devido à ausência de um tabuleiro de condensados. Após uma análise rigorosa, e na sequência de uma visita inspectiva aos sistemas instalados na cobertura, verificou-se que a UTAN está projectada para apenas realizar aquecimento de ar, não sendo para tal necessário o tabuleiro de condensados, que supostamente estaria em falta. Chegou-se à conclusão de estas ocorrências, observadas no passado (UTAN e filtros encharcados), foram devidas a um erro de operação: o *chiller* terá sido ligado sem antes ter fechado a válvula de seccionamento da bateria de aquecimento da UTAN, a qual passou a ser alimentada por água fria e a funcionar, inadvertidamente, como bateria de arrefecimento, sem qualquer recolha e evacuação dos condensados. Este problema é grave devido à quantidade de espaços cuja ventilação depende desta unidade e ao sério risco para a saúde inerente ao provável arrastamento de gotículas dos condensados e sua disseminação pelo ar de insuflação. Obviamente, para o evitar, basta fechar as válvulas de água da bateria no final da época de aquecimento, passando a UTAN a ter apenas a função de renovação de ar; mas tal não se encontra explícito na memória descritiva do projeto de AVAC, tão pouco existe qualquer manual de operações dos sistemas.

Outro problema, frequentemente reportado por queixas dos utentes da sala de trabalhos de grupo, consiste no ruído excessivo provocado pelo ventiloconvector (VC) que assegura a ventilação e a climatização desse espaço. Esta sala é usada por grupos de pessoas que realizam projectos ou outros trabalhos. Todos os ventiloconvectores existentes no edifício possuem três níveis de funcionamento, desde o nível 1 (menor velocidade) até ao nível 3 (de maior velocidade), sendo também possível fazer a regulação da temperatura pretendida. Normalmente, nos restantes espaços, só o nível 3 provoca um ruído notável; porém, na sala em questão, basta o nível 1 de funcionamento do VC para causar um ruído constante e incomodativo, mesmo perante o ruído de fundo inerente às conversas/discussões dos grupos de trabalho. Com os níveis 2 e 3 do VC, o ruído é tal que torna praticamente impossível a conversação e a realização de qualquer tarefa, deixando assim os utilizadores com a escolha entre ter conforto térmico aceitável, mas ruído, ou não terem ruído significativo, mas ficarem sujeitos à temperatura da sala insuficientemente regulada. Enquanto se realizava o estudo do ruído, notou-se ainda que a velocidade do ar insuflado é muito elevada, o que causa desconforto aos ocupantes que estão sentados perto das grelhas de insuflação, problema semelhante ao da receção.

Normalmente, os depósitos de arquivo são espaços que necessitam de controlo permanente da temperatura e da humidade do ar. Contudo, verificou-se que os desumidificadores CC instalados no piso -1 da BSCUC têm um funcionamento periódico: de segunda a sexta-feira, funcionam das 3h às 6h e das 15h às 16:30h e, ao fim de semana, apenas das 3h às 6h. Foram, então, realizadas várias campanhas de medições para averiguar se os níveis de temperatura e de humidade relativa se mantinham adequados ao longo de vários dias seguidos, tendo-se concluído depois que estas unidades não são adequadas para produzir as condições ideais, como será explicado no capítulo 4.3.

Ao realizar visitas frequentes à biblioteca, reparou-se num ruído constante que se propagava por todo o edifício, várias vezes ao longo do dia. Verificou-se depois que era causado pelo funcionamento do *chiller*; aquele ruído é muito notável nos espaços comuns e acaba também por se transmitir a grande parte das salas, principalmente no piso 1. Também se notou a falta de sensores de temperatura no depósito do *chiller*, existindo apenas à entrada e à saída do mesmo.

Todos os anos são registadas queixas por parte dos alunos acerca das condições na sala de leitura e na sala de utilizadores de informática. Reclamam que a regulação de temperatura nas salas em questão não é eficaz, ocorrendo com alguma frequência situações no Inverno em que fica demasiado calor e no Verão em que fica demasiado frio. Também as funcionárias da biblioteca se queixam do mesmo problema nos gabinetes e na reprografia. Este problema pode ser causado por um mau posicionamento dos sensores no interior destas salas, uma avaria ou um problema de calibração. Se os sensores não medirem correctamente os valores de temperatura ou se estiverem num local onde o ar fique estagnado, por exemplo, longe de pontos de extração ou entre prateleiras de uma estante, situações que se verificam nestas salas, podem induzir o sistema em erro.

A ausência de um técnico que seja responsável pelo funcionamento dos sistemas no edifício é também um problema que merece atenção. Com efeito, uma boa parte dos funcionários não consegue sequer ter acesso a algumas zonas técnicas, não havendo ninguém presente capacitado para resolver os problemas que possam ir aparecendo. Em suma, sempre que há um problema, simples ou complexo, ou seja necessária alguma alteração de operação dos sistemas de AVAC (por exemplo, mudanças de estação de aquecimento/arrefecimento, regulações do *chiller* ou da caldeira) é necessário contactar a empresa de manutenção e pedir ajuda, o que normalmente é um

processo relativamente demorado, pois é necessário aguardar a disponibilidade e a chegada de um técnico da Electroclima. Deveria existir um técnico presente na biblioteca, à semelhança do que ocorre na Faculdade de Farmácia; ou melhor, um técnico qualificado, pertencente ou não aos quadros da UC, que, idealmente, seria o responsável pela operação e o funcionamento dos sistemas, não só de AVAC, mas também elevadores, sistemas de bombagem, etc., de todos os edifícios do Pólo 3 da UC.

Foi-nos reportado que o plano de manutenção previsto para o edifício não é devidamente aplicado na prática, devido à dificuldade de acesso a alguns equipamentos e à falta de orçamento para substituição de equipamentos ou partes destes. Embora seja necessário algum investimento para se assegurar uma boa manutenção preventiva dos equipamentos, a ausência desta manutenção pode provocar um aumento da taxa de deterioração dos equipamentos, chegando eventualmente ao ponto crítico em que ocorrem falhas e/ou avarias, tornando depois obrigatório o investimento em manutenção corretiva ou substituição de equipamentos, o que acarreta custos muito mais elevados.

3.4. Equipamentos e procedimentos de análise

A metodologia aplicada consiste na recolha de dados internos, através de várias campanhas de medições, seguindo-se a análise dos dados recolhidos e dos seus impactos e, no final, a procura de alternativas se necessário.

3.4.1. Velocidade de ar

Para as medições de velocidade do ar foi usado um anemómetro de hélice, marca Testo, modelo 9340 513, Figura 3-11, que, ao ser sujeito perpendicularmente ao escoamento de ar que se pretende monitorizar, este faz girar a hélice, cuja velocidade permite obter a velocidade do escoamento. Foram medidas as velocidades do ar insuflado sempre em dois pontos, primeiro diretamente à saída das grelhas de insuflação, instaladas no tecto, e de seguida diretamente abaixo das grelhas mas ao nível dos ocupantes, por exemplo ao nível da bancada na receção ou a um metro de altura nas salas onde os utilizadores se encontrem sentados.



Figura 3-11. Anemómetro de hélice.

Como a velocidade de insuflação de ar não é necessariamente uniforme ao longo de cada grelha, as medições à saída das mesmas foram feitas em quatro pontos, representativos de sub-áreas da secção da grelha, e de seguida foi feita a média das velocidades obtidas.

3.4.2. Níveis de ruído

Para a análise dos níveis de ruído usou-se um sonómetro, da marca CESVA, modelo SC310, Figura 3-12, que permite captar os níveis de pressão sonora com vários filtros se necessário. Esta análise foi feita na sala de trabalhos de grupo e para o ruído produzido pelo *chiller*.



Figura 3-12. Sonómetro, CESVA SC310.

No caso da sala de trabalhos de grupo foi primeiro necessário agendar um período (de cerca de uma hora) em que o acesso dos utentes à sala em questão fosse interdito, a fim de evitar interferências nos valores medidos pelo sonómetro. Foram escolhidos três pontos de medição, Figuras Ap-4,5 e 6 que se encontram no Apêndice, todos aproximadamente a meio da largura da sala e a um metro de altura: o primeiro ponto situa-se num dos extremos da sala, por debaixo das grelhas de insuflação de ar, o segundo ponto está situado perto do centro da sala e o terceiro ponto corresponde ao lado oposto da sala, debaixo das grelhas de extração de ar.

Para analisar o ruído do *chiller* foram efectuadas medições em quatro pontos diferentes, sendo o primeiro a uma distância de dois metros do chiller. Visto que o acesso à cobertura tem duas portas espessas, que servem também de isolamento sonoro, o segundo e o terceiro pontos, Figura 3-13, foram junto à última porta de acesso, respectivamente, com a porta aberta e fechada. O quarto ponto, Figura 3-14, de medição localizava-se do lado interior da primeira porta, ou seja, no corredor do piso 1.

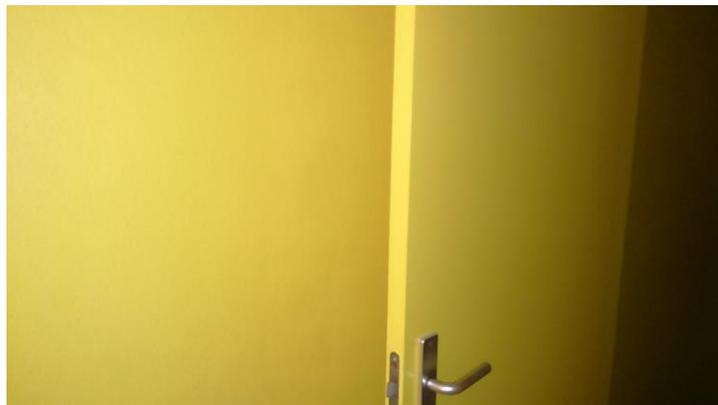


Figura 3-13. Segunda porta espessa de acesso à cobertura, pontos 2 e 3.



Figura 3-14. Primeira porta espessa de acesso à cobertura, ponto 4.

Cada medição durou entre um e dois minutos, para garantir que o nível de ruído se mantinha constante, sem grandes flutuações, e que o sonómetro estava estabilizado.

3.4.3. Temperatura e humidade relativa

Nos depósitos foram realizadas medições de temperatura e de humidade relativa através de dois *Dataloggers* Omega OM-NOMAD-RH-32, Figura 3-15.



Figura 3-15. *Datalogger* Omega OM-NOMAD-RH-32

As medições foram realizadas apenas num dos depósitos, já que os três estão sujeitos a condições semelhantes e devido ao pequeno número de *dataloggers* disponíveis, juntamente com alguns obstáculos encontrados. Foram estudadas duas configurações diferentes do desumidificador: (i) a actual que é entre as 3h e as 6h e as 15h e 16:30h, durante os dias úteis, e apenas das 3h às 6h, durante o fim de semana, (ii) em funcionamento contínuo e ainda (iii) com o desumidificador desligado. Os *dataloggers* foram colocados no cimo de estantes presentes no depósito. Cada medição durou entre quatro e cinco dias e a calendarização das medições está presente na Tabela 1.

Tabela 1. Calendarização das medições nos depósitos.

<i>Tipo de Funcionamento</i>	<i>Data de início e final de medição</i>
<i>Actual</i>	16 a 21 Junho - 2016
<i>Desligado</i>	30 de Junho a 5 de Julho - 2016
<i>Contínuo</i>	25 a 29 de Julho - 2016

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1. Receção

Para analisar o problema da velocidade excessiva do ar insuflado, foram realizadas medições de velocidade de ar diretamente à saída das duas grelhas de insuflação e ao nível da bancada. A Tabela 2 mostra os valores obtidos.

Tabela 2. Medições de velocidades e caudais de ar na receção.

	<i>Área de grelha</i> <i>L x H (cm)</i>	<i>Velocidade</i> <i>média (m/s)</i>	<i>Caudal médio</i> <i>(m³/h)</i>	<i>Velocidade ao</i> <i>nível das pessoas</i> <i>(m/s)</i>
<i>Grelha 1</i>	38 x 8	4,0	1180	1,5
<i>Grelha 2</i>		4,1	1210	1,1

Tal como foi apresentado na revisão bibliográfica, a velocidade de ar insuflado limite para garantir o conforto dos utilizadores é de 0,2 m/s e, através dos resultados obtidos, nota-se que, nesta situação, esse limite é bastante ultrapassado, sendo necessário estudar alternativas.

A medida adotada atualmente pelos funcionários da biblioteca é tapar ambas as grelhas de insuflação com fita adesiva, impedindo assim a insuflação de ar na receção. Embora esta medida seja eficaz na resolução do problema da velocidade de ar, traz consigo outras consequências que não podem ser desprezadas. Analisando o traçado de condutas do projeto, verifica-se que a receção é o único local onde é feita a insuflação de ar novo em espaços comuns do edifício, sendo responsável por renovar e climatizar no Inverno um enorme volume de ar e impedir que ocorram diferenças acentuadas entre as salas e os espaços comuns. Situando-se adjacente às casas de banho, a receção é também importante para compensar a extração das mesmas, ou seja, esta medida não é adequada.

Sendo o ar insuflado proveniente da UTAN, que também está encarregue da ventilação de salas e gabinetes, não é aconselhável diminuir o caudal debitado. Tendo isto em conta, chegou-se a três possíveis opções de medidas de correção:

- Substituir as grelhas de insuflação por outras de maior área. Sendo o caudal constante, um aumento da área da grelha provocaria uma diminuição da velocidade de insuflação do ar. Esta medida, embora a mais fácil de aplicar, na prática tem falhas começando pelo facto de a velocidade de insuflação não ser constante por toda a grelha, havendo pontos de maior velocidade e pontos de menor velocidade, e visto que a velocidade está muito acima do limite, um simples aumento da área de grelha pode não ser suficiente. Há ainda o problema do espaço para colocar a grelha na conduta, que pode trazer complicações. Sendo a velocidade do ar, em média, 6 a 7 vezes superior ao limite, esta medida não é suficiente para solucionar o problema porque não é viável a colocação de grelhas com áreas de grandes dimensões;

- Substituir as grelhas actuais por difusores. Ao contrário das grelhas actuais que insuflam o ar com um escoamento praticamente vertical, os difusores têm a capacidade de repartir o caudal de insuflação por diferentes direcções. Embora possa haver alguma dificuldade nesta substituição devido a possíveis alterações na conduta, esta medida poderia atenuar o problema do excesso de velocidade do ar insuflado na receção, mas ainda há o risco de não ser suficiente para solucionar completamente o problema;

- A última medida seria a troca da posição dos pontos de insuflação, exemplo ilustrado na Figura 4-1. Se se trocar a posição das grelhas e as afastar da bancada, colocando-as junto à parede, por exemplo, continua a haver insuflação com velocidade muito elevada mas esta já não incomoda nenhum utilizador. Esta medida é a mais difícil de aplicar porque obriga a alterações nas condutas, mas resolveria totalmente o problema em questão, sendo portanto a medida ideal apesar do investimento necessário.

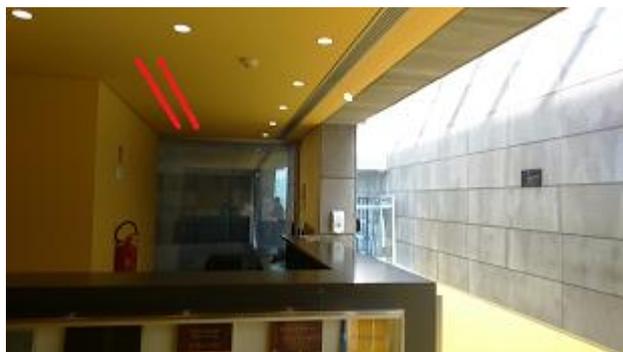


Figura 4-1. Sugestão da alteração da posição dos pontos de insuflação na receção.

Enquanto nenhuma destas medidas for aplicada, pode-se fechar uma das grelhas de insuflação, visto que delas está claramente a contribuir mais para o problema em questão, já que a outra está mais afastada da bancada, desta forma, pode-se atenuar um pouco o problema sem impedir totalmente a insuflação de ar na receção.

4.2. Sala de trabalhos de grupo

Após as medições com o sonómetro, foram obtidos os seguintes resultados que podem ser vistos na Tabela 3.

Nível de funcionamento	Ponto da sala		
	Grelhas de insuflação	Centro da sala	Grelhas de extração
1	43,9	42,8	42,0
2	49,0	48,7	47,0
3	52,8	52,3	50,5

Tabela 3. Nível de ruído na sala de trabalhos de grupo, em dB(A).

No capítulo 2.1 foi referido que o nível de ruído limite permitido em bibliotecas, causado por equipamentos de ventilação em funcionamento contínuo, é de 33 dB(A), através da Tabela 3, conclui-se que a situação desta sala é bastante problemática.

Analisando o projecto inicial, verifica-se que o caudal de insuflação pretendido para a sala é de 575 m³/h por grelha de insuflação; sendo usadas quatro grelhas, o caudal total seria de 2300 m³/h. Olhando agora para a Figura 4-2, que mostra parte do catálogo do ventiloconvector utilizado, chega-se à conclusão que o modelo escolhido no projeto, Trane

FCK06, é uma péssima escolha para esta situação, visto que até no nível máximo de funcionamento e desprezando a perda de carga, este ventiloconvector consegue debitar um caudal de apenas 776 m³/h, o que não chega nem a metade do valor pretendido.

Fan Motor Technical Data and Sound Power Levels

Table 32 - Size 06 Standard motor

	Pressure (Pa)	Airflow (m ³ /h)	Rotation (rpm)	Intensity (A)	Power (W)	FCK		FVC/FCC
						Inlet lw dBA	Outlet lw dBA	Total lw dBA
Low Speed	0	328	431	0.22	53	33	33	34
	10	264	544	0.22	51	39	38	-
	20	206	644	0.21	50	43	43	-
	30	152	735	0.20	48	47	46	-
Medium Speed	0	545	664	0.28	66	44	43	47
	10	496	730	0.27	64	46	46	-
	20	445	795	0.26	62	49	48	-
	30	392	859	0.25	59	51	50	-
	40	337	921	0.24	57	53	52	-
	50	278	980	0.23	55	55	54	-
High Speed	0	776	894	0.35	82	52	51	56
	10	730	934	0.34	81	53	52	-
	20	681	974	0.33	79	54	54	-
	30	630	1014	0.32	77	55	55	-
	40	575	1054	0.31	75	56	56	-
	50	516	1095	0.30	72	57	57	-

Figura 4-2. Catálogo do ventiloconvector atual, Trane FCK06.

Para resolver o problema do ruído poderia-se substituir o ventiloconvector por um adequado, por exemplo os modelos FCK15 ou FCK20, também da marca Trane, cujos catálogos se encontram na Figura 4-3 e 4-4 respectivamente. Estes modelos conseguem insuflar um caudal de ar de 2426 e 2952 m³/h, respectivamente, ou seja, poderiam insuflar o caudal atual sem provocar tanto ruído. É também preciso isolar acusticamente o ventiloconvector para garantir que não há propagação de ruídos ou vibrações pela sala.

Fan Motor Technical Data and Sound Power Levels

Table 40 - Size 15 Standard motor

	Pressure (Pa)	Airflow (m ³ /h)	Rotation (rpm)	Intensity (A)	Power (W)	Total lw dBA
Low Speed	0	1105	596	0.93	185	54
	10	1015	-	-	-	-
	20	918	-	-	-	-
	30	839	-	-	-	-
Medium Speed	0	1566	793	1.31	266	63
	10	1487	-	-	-	-
	20	1422	-	-	-	-
	30	1336	-	-	-	-
High Speed	0	2426	1163	1.78	387	71
	10	2333	-	-	-	-
	20	2282	-	-	-	-
	30	2178	-	-	-	-
	40	2095	-	-	-	-

Figura 4-3. Catálogo do ventiloconvetor Trane FCK15.

Fan Motor Technical Data and Sound Power Levels

Table 42 - Size 20 Standard motor

	Pressure (Pa)	Airflow (m ³ /h)	Rotation (rpm)	Intensity (A)	Power (W)	Total lw dBA
Low Speed	0	1501	636	0.93	194	59
	10	1418	-	-	-	-
	20	1336	-	-	-	-
	30	1249	-	-	-	-
Medium Speed	0	2045	812	1.37	294	66
	10	1930	-	-	-	-
	20	1883	-	-	-	-
	30	1818	-	-	-	-
High Speed	0	2952	1173	2.04	457	72
	10	2894	-	-	-	-
	20	2797	-	-	-	-
	30	2714	-	-	-	-
	40	2628	-	-	-	-

Figura 4-4. Catálogo do ventiloconvetor Trane FCK20.

Estas medidas, embora atenuem o problema do ruído, terão consequências na velocidade do ar insuflado, que já é superior ao devido como se pode verificar nas Tabelas 4 e 5. A ventilação é feita através de quatro grelhas de insuflação, sendo a da ponta esquerda, grelha 1, a de menor velocidade de ar e a da direita, grelha 4, a de maior velocidade. Debaxo destas duas grelhas estão mesas que são utilizadas por estudantes, daí a importância desta análise.

Tabela 4. Sala de trabalhos de grupo, caudal médio de insuflação, em m³/h.

<i>Nível de Funcionamento</i>	<i>Grelha de insuflação</i>			
	1	2	3	4
1	410	410	432	468
2	533	540	576	601
3	666	637	677	698

Tabela 5. Sala de Trabalhos de grupo, velocidade média do ar ao nível dos ocupantes.

<i>Nível de Funcionamento</i>	<i>Grelha de insuflação</i>	
	1	4
1	0,23	0,35
2	0,33	0,50
3	0,57	0,85

Analisando os dados obtidos, deparamo-nos com uma velocidade excessiva do ar ao nível das mesas, o que traz ainda mais desconforto para os ocupantes que se encontrem perto das grelhas de insuflação.

Com isto, chega-se à conclusão que substituir o ventiloconvetor atual por um de maior potência, com o intuito de conseguir insuflar o mesmo, ou um maior caudal, sem ruído, não é uma opção fiável, visto que, estaríamos simplesmente a trocar um problema por outro.

Não sendo possível fazer esta substituição, a medida proposta seria a de diminuir o caudal de ar insuflado na sala de trabalhos de grupo. Para isto, será necessário efetuar um estudo para garantir que, mesmo com um caudal inferior, o sistema consegue manter as condições térmicas adequadas. É também aconselhada a verificação do estado do ventiloconvetor atual para averiguar se este está a funcionar corretamente e se possui isolamento acústico adequado.

4.3. Depósitos de documentos escritos

Foi referido anteriormente a importância de existir controlo rigoroso dos níveis de temperatura e de humidade relativa em espaços onde são guardados documentos escritos, com vista à sua conservação. Sabendo que os desumidificadores projectados para essa tarefa funcionam apenas duas vezes por dia, embora que durante períodos longos, foram planeadas várias campanhas de medições com a finalidade de estudar o funcionamento e impacto dos desumidificadores e a variação das condições nos depósitos ao longo de vários dias.

As Figuras 4-5 a 4-7 mostram os gráficos obtidos com os dados provenientes dos *dataloggers*.

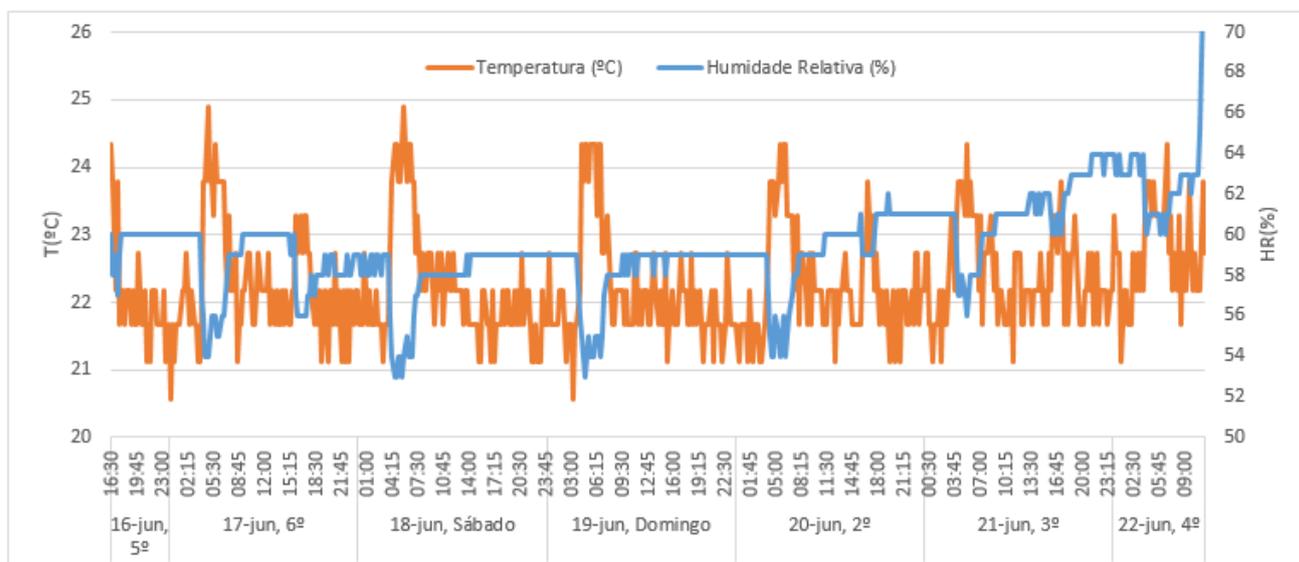


Figura 4-5. Funcionamento atual do desumidificador.

Como foi apresentado anteriormente, valores de humidade relativa acima de 65% e de temperatura acima dos 25°C trazem bastantes consequências nefastas para o material guardado.

Olhando para a Figura 4-5, nota-se que o desumidificador, no seu funcionamento actual, não permitiu que a temperatura subisse acima dos 25°C, cumprindo assim esse limite teórico. Quanto à humidade relativa, embora seja mantida entre os 50 e 60%, poderia ser mantida a uma percentagem mais adequada, entre 45 e 55%, por exemplo. O ponto final encontra-se acima de 60% de humidade relativa devido ao *datalogger* ter continuado a medição após algum tempo de ser recolhido do local.

No entanto o funcionamento do desumidificador apresenta um problema. A regulação da humidade relativa é feita através de um aumento ou diminuição directa da temperatura, provocando assim variações bruscas nos valores destes parâmetros, chegando a flutuações de 4°C e de até 6% de temperatura e humidade relativa respectivamente, o que é prejudicial para os documentos, aliás, em grande parte dos ciclos de funcionamento do desumidificador, repara-se em aumentos de temperatura para diminuir a humidade relativa mesmo com ambos estes parâmetros dentro dos limites.

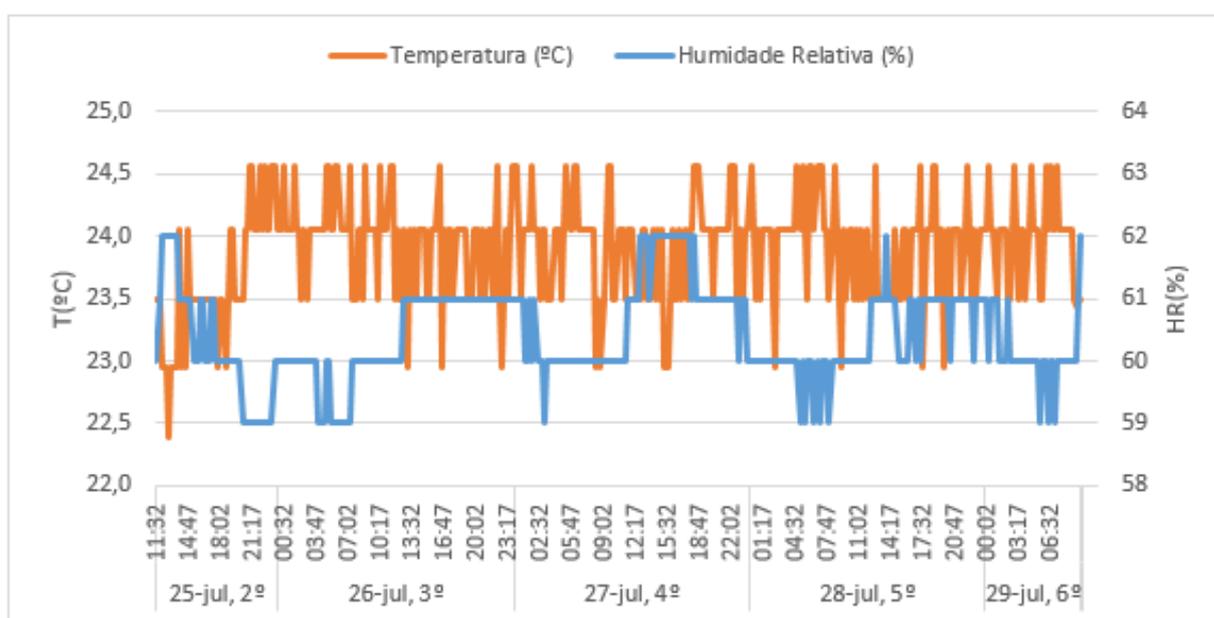


Figura 4-6. Funcionamento contínuo do desumidificador.

No gráfico da Figura 4-6 estão os dados obtidos durante a campanha de medições com o desumidificador em funcionamento contínuo. Neste caso, os valores de temperatura mantêm-se dentro dos intervalos aceitáveis, embora também muito perto do limite, e tira-se a conclusão que o *set point* da humidade relativa é $60 \pm 2\%$. Esta configuração tem um comportamento mais estável, relativamente à que se encontra em prática actualmente, pois as flutuações que se verificam são de muito menor intensidade, entre 0,5 e 1,5°C de temperatura e 1 a 3% de humidade relativa, o que não é tão prejudicial para os documentos armazenados, mas a humidade relativa passa dos 60% durante longos períodos de tempo, o que não é aconselhável.

Embora este tipo de funcionamento traga vantagens em relação ao atual, tem consequências, um enorme consumo energético associado que não pode ser desprezado e também o ruído causado pelos desumidificadores. O funcionamento atual tem a vantagem de o ruído durar apenas durante as horas pré-definidas, permitindo aos utilizadores ou funcionários adaptar a sua agenda. O funcionamento contínuo dificulta muito a utilização dos depósitos para consulta e leitura de documentos devido ao ruído incomodativo constante. Este problema pode ser consequência de a *deadband* do desumidificador estar muito apertada, ou seja, o desumidificador tenta manter os valores dos parâmetros dentro de intervalos muito apertados, o que exige o seu funcionamento sem pausas. Deveria ser definido um intervalo de valores entre os quais o desumidificador não necessitasse de funcionar, por exemplo, entre os 22 e 24°C e os 50 e 60% de humidade relativa.

Foi feita ainda uma análise semelhante mas com o desumidificador desligado, de forma a analisar o impacto das condições exteriores e o comportamento “natural” destes espaços. A Figura 4-7 mostra os resultados obtidos.

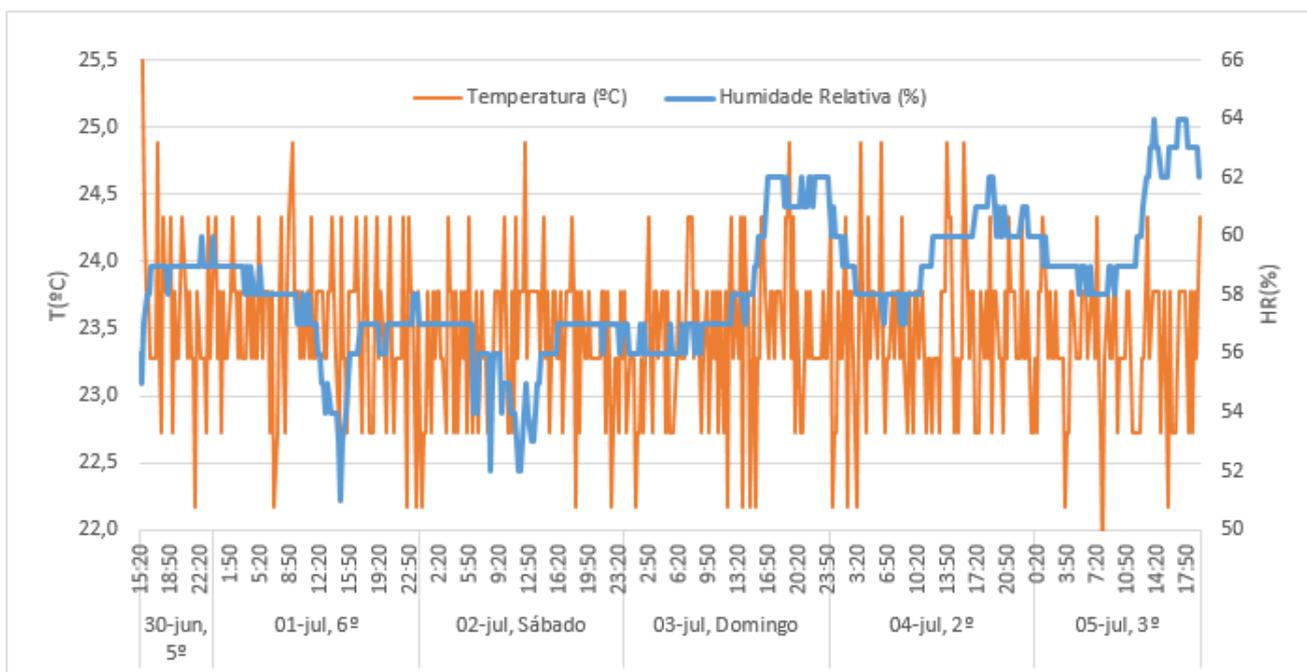


Figura 4-7. Desumidificador desligado.

Neste cenário, nota-se alguma estabilidade nos valores da humidade relativa, variando ligeiramente ao longo das várias fases do dia, mas os valores de temperatura oscilam constantemente em volta dos 23,5°C, com amplitudes entre 1 e 1,5°C, ligeiramente superiores às que se verificam no caso do funcionamento contínuo mas ainda inferiores às

provocadas pelo funcionamento atual do desumidificador. Isto significa que, embora tenha sido desligado completamente o desumidificador, continua a existir controlo de temperatura, que é realizado por um equipamento do qual não temos conhecimento, não tendo sido encontrada informação na memória descritiva e justificativa, nem fornecida pelos técnicos.

Embora não seja tão saudável para os documentos, por passar dos 60% de humidade relativa, e não ser também o ideal para os utilizadores, esta opção tem a enorme vantagem de não ter nenhum consumo energético associado, visto que se mantém o desumidificador desligado.

Através desta análise, pode-se concluir que o tipo de funcionamento escolhido para os desumidificadores é simplesmente prejudicial devido às flutuações de grande amplitude dos parâmetros do depósito causadas, sendo uma opção pior do que não usar nenhum equipamento de regulação.

Todas as opções estudadas têm consequências negativas que não podem ser ignoradas, devendo ser estudadas alternativas melhores.

As alternativas actuais, sem envolver qualquer investimento em equipamento adicional são: (i) mudar o tipo de funcionamento para contínuo, caso se considere a conservação dos documentos como uma prioridade, ou (ii) para *Off*, evitando assim consumos energéticos desnecessários. No entanto, é necessário perceber que nenhuma destas opções é ideal para a conservação dos documentos guardados e para o bem-estar dos ocupantes, o cenário óptimo seria manter as condições de temperatura e humidade relativa em intervalos de valores inferiores aos atuais. Tal como descrito no Capítulo 2.2, seria benéfico baixar os *set points* dos desumidificadores para temperaturas na ordem dos 20°C no Inverno e 23°C no Verão, e humidades relativas de 55%, devendo ser ajustadas também as *deadbands* dos desumidificadores para intervalos maiores, de $\pm 2^\circ\text{C}$ e ± 4 ou 5%. Estas medidas permitem que os desumidificadores mantenham as condições adequadas nos depósitos, sem funcionarem continuamente durante todo o dia, o que resulta numa poupança de energia, em relação ao funcionamento contínuo com os *set points* atuais, e diminuição do possível incómodo causado pelo ruído.

Porto (2014) concluiu, com o seu estudo na Casa Forte da Biblioteca Geral da UC, que, com um simples investimento em alguns desumidificadores pequenos, que são usados normalmente em habitações, é possível regular de forma eficaz os níveis de

humidade relativa, sem grandes consumos energéticos e sem provocar oscilações significativas nos valores de temperatura. Contudo, tratava-se de um espaço totalmente interior, com paredes de grande inércia térmica e apenas uma ligeira ventilação natural. Também aí se encontra uma unidade desumidificadora do tipo *Close Control*, mas há muitos anos desactivada por manifesto mau funcionamento em relação ao objetivo pretendido. Uma alternativa semelhante à indicada por Porto (2014), implicando abdicar dos desumidificadores actuais, necessitaria de um estudo prévio específico para averiguar a sua viabilidade.

Há ainda dois aspectos que influenciam as condições térmicas no interior dos depósitos de arquivo e que precisam de ser atendidos. Primeiramente, todos os depósitos têm uma janela grande com uma cortina interior que não bloqueia a totalidade da radiação exterior, Figura 4-8, provocando assim um aquecimento do ar interior. Além disso, há ainda o problema de as portas dos depósitos por vezes não serem fechadas devidamente, ou de todo, o que aumenta o impacto que as condições exteriores têm nestes espaços. É necessária a sensibilização dos funcionários para as consequências de não manter os depósitos devidamente isolados e ainda a implementação de uma cortina exterior que impeça a radiação exterior de danificar os documentos e de aquecer o ar interior, já que a iluminação artificial destes espaços é suficiente para garantir boas condições de consulta e leitura para os utilizadores.



Figura 4-8. Janela do depósito de documentos escritos.

4.4. Chiller

Os valores de ruído obtidos pelo sonómetro estão apresentados na Tabela 6. Observando os valores obtidos, chega-se à conclusão que o *chiller* provoca um ruído de intensidade superior à que é causada pelo nível 2 do ventiloconvector na sala de trabalhos de grupo, o que é extremamente incomodativo, não só nos corredores mas também em todas as zonas, principalmente do piso 1, onde se encontram as salas de estudo individual e a sala de leitura e este ruído é sentido de forma mais notória.

Tabela 6. Medições de ruído do *chiller*.

<i>Ponto de medição</i>	<i>Nível de Ruído [dB(A)]</i>
<i>Chiller</i>	80
<i>Junto à porta de acesso à cobertura (aberta)</i>	60,1
<i>Atrás da porta de acesso à cobertura (fechada)</i>	50,6
<i>No corredor</i>	49,4

Ao se verificar o estado do *chiller*, nota-se que as placas de isolamento sonoro estão deterioradas e já não isolam convenientemente, Figura 4-9. Os apoios do *chiller* podem ser também uma causa da propagação de vibrações e ruído, Figura 4-10.



Figura 4-9. Placas de isolamento sonoro do *chiller*.



Figure 4-10. Apoios do *chiller*.

É necessário substituir as placas isoladoras o mais brevemente possível e verificar se os apoios são adequados para esta situação. Se não for o caso, então é necessário melhorar o seu isolamento e garantir que as vibrações causadas pelo funcionamento do *chiller* são devidamente atenuadas. Os funcionários devem também ser informados sobre a importância de se manterem as portas de acesso à cobertura sempre fechadas, pois estas têm um papel fundamental na atenuação da transmissão do ruído do *chiller* pelo ar.

4.5. Plano de acção recomendado

Neste subcapítulo estão apresentadas de forma breve e organizada, por local e por tópicos, todas as medidas recomendadas neste projecto, para uma consulta mais fácil e rápida.

Receção:

- Como medida temporária, deve-se fechar ou tapar a grelha que se situa diretamente acima da bancada, atenuando um pouco o problema sem impedir totalmente a insuflação de ar na receção;
- Como medida final, deve ser alterada a posição das grelhas de insuflação, afastando-as da bancada para que se possa fazer a

renovação e climatização de ar no edifício, sem incomodar e prejudicar os utilizadores.

UTAN:

- Quando se efetuar a troca entre o funcionamento da caldeira e o do *chiller*, é obrigatório que se fechem as válvulas de água da UTAN, de forma a evitar a condensação no seu interior, o que acarreta graves riscos para o equipamento e para a saúde dos ocupantes.

Sala de trabalhos de grupo:

- Diminuir o caudal insuflado neste espaço, efetuando também um estudo para garantir que, mesmo com uma redução de caudal, o sistema continua capaz de manter as condições térmicas adequadas;
- Verificar que o ventiloconvector atual está a funcionar correctamente e se se encontra devidamente isolado, para que não haja propagação de ruído e vibrações pela sala.

Depósitos de documentos escritos:

- Mudar o tipo de funcionamento, escolhendo o funcionamento contínuo ou simplesmente desligar os desumidificadores.;
- Se se optar pelo funcionamento contínuo, rever os *set points* de temperatura e humidade relativa escolhidos para se manter nos depósitos, baixando o da temperatura para 20 ± 2 °C no Inverno e 23 ± 2 °C no Verão, e os valores de humidade relativa para cerca de $55\pm 3\%$;
- Se se escolher desligar os desumidificadores, estudar a possibilidade de se investir em alguns desumidificadores pequenos que permitam regular a humidade relativa sem grandes custos energéticos e sem provocar alterações significativas na temperatura do depósito;

- Colocar cortinas exteriores em todas as janelas para impedir que a radiação exterior provoque o aquecimento dos depósitos e incida diretamente nos documentos, acelerando a sua deterioração;
- Sensibilizar os funcionários para a importância de se manterem as portas fechadas, tanto para o corredor como entre os dois depósitos activos.

Chiller:

- Substituir as placas de isolamento acústico dos compressores do *chiller* que estão deterioradas, e se mostram insuficientes, e melhorar o isolamento nos apoios para atenuar a propagação de vibrações pelo edifício;
- Manter as portas de acesso à cobertura sempre fechadas para auxiliar o isolamento sonoro do *chiller*.

Manutenção geral:

- É importante garantir que o plano de manutenção indicado na memória descritiva e justificativa é devidamente cumprido. Caso o plano seja ignorado, os equipamentos irão degradar-se muito mais rapidamente, verificando-se muito mais avarias e falhas, o que acarreta custos de manutenção e tempos de paragem de equipamentos muito maiores;
- É essencial a contratação de um técnico para o edifício da BCSUC, que poderá também ser o responsável pelo funcionamento e a operação dos sistemas dos restantes edifícios do Pólo 3 da UC. Assim se poderá garantir a redução dos problemas recorrentes e a sua resolução rápida, contribuindo para a manutenção do bom estado dos equipamentos e para a garantia de melhores condições do ambiente interior da BCSUC.

5. CONCLUSÃO

5.1. Sugestões de trabalho futuro

Este sub-capítulo é dedicado ao auxílio de possíveis projetos na biblioteca em questão e outros projectos semelhantes.

Os problemas mais urgentes a se estudar são os da sala de leitura e sala de utilizadores de informática, em que os alunos se queixam frequentemente que o sistema é incapaz de manter a temperatura num valor aceitável, estando por vezes demasiado calor no Inverno e demasiado frio no Verão. Para estes problemas, deve ser estudado o funcionamento dos sensores que se encontram nas salas em questão. É necessário garantir que todos eles estão calibrados, a funcionar perfeitamente e em localizações que permitam definir corretamente a temperatura do espaço, como por exemplo, pontos de extração.

As medições de conforto térmico devem ser realizadas não só durante o período de aulas em que o projeto se enquadre, mas principalmente durante as épocas de frequências e exames, em que a afluência a estas salas aumenta consideravelmente.

Neste projecto não houve possibilidade de estudar o funcionamento e a eficácia dos sensores e de visitar a biblioteca num dos dias de maior afluência, impedindo assim a realização desta análise.

Relativamente aos desumidificadores, caso se conclua que o funcionamento contínuo, mesmo com a alteração dos *set points* e *deadbands*, implica consumos de energia demasiado elevados, poderá ser estudado o impacto e custo de diferentes cargas horárias e/ou a implementação de equipamentos alternativos, que permitam fazer a regulação dos níveis de humidade relativa e temperatura, com custos relativamente reduzidos. Descobrir também qual o outro equipamento responsável pela climatização do espaço.

Caso não seja contratado um técnico para o edifício da BCSUC, seria recomendado que alguns dos funcionários que conseguem aceder a todas as zonas da cobertura fossem ensinados a efetuar algumas das tarefas, como por exemplo, desligar e

ligar o *chiller* e a caldeira, com as operações acessórias adequadas (por exemplo, fechar/abrir as válvulas da bateria de aquecimento da UTAN).

5.2. Considerações finais

A possibilidade de trabalhar nesta área e dentro do ambiente universitário, para o benefício dos estudantes e juntamente com um futuro engenheiro electrotécnico, foi a motivação da escolha deste tema e permitiu-me ganhar uma melhor visão da realidade.

Todos os projectos são limitados pelo orçamento disponível, quando um projecto inicial ultrapassa o valor definido, é necessário o corte de custos e despesas e o que por vezes se faz é direccionar esses cortes ao sistema de AVAC do edifício. Embora inicialmente possa não parecer importante, essas decisões terão um grande impacto negativo no equilíbrio do edifício e nas condições a que os utilizadores estão sujeitos, podendo mesmo nalguns casos tornar-se pior do que não ter um sistema de AVAC.

Na minha opinião, os problemas que se encontram na biblioteca são devidos a um planeamento e projecto descuidados, havendo também uma falta de orçamento e atenção para a resolução dos mesmos, daí a importância de projetos de diagnóstico como este.

Infelizmente não foi possível abordar todos os problemas identificados devido à pequena duração do semestre e à falta de oportunidades, por exemplo a impossibilidade de estudar o funcionamento da caldeira e de encontrar um dia em que se verificasse o problema na climatização da sala de leitura.

Espero que este projecto seja continuado para que sejam estudados todos os problemas recorrentes na biblioteca e, um dia, sejam aplicadas medidas para que os utilizadores possam usufruir da biblioteca ao máximo, principalmente os estudantes cujo sucesso escolar depende desta.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- APA-Agência Portuguesa Do Ambiente - Laboratório de Referência do Ambiente, 2009. Qualidade do Ar em Espaços Interiores - Um Guia Técnico.
- Apontamentos da disciplina de Vibrações e Ruído, DEM-FCTUC.
- Atmodipoero, R. T., & Pardede, L. (2004). Research on minimum illumination as a function of visual performance. *Energy and Buildings*, 36(7), 644–649.
- Comissão de Coordenação e Desenvolvimento Regional do Alentejo. (n.d.). Ruído. Retrieved from http://www.ccdr-a.gov.pt/docs/ambiente/Doc_ruido.pdf
- Costa, A. L., & Hillesheim, A. I. de A. (2004). Atividades de Incentivo a leitura na Escola Básica Padre João Alfredo Rohr. *Extensio*, Florianópolis, v. 1, maio, 2004.
- Decreto-Lei n.º 129/2002, de 11 de Maio, Diário da República, 1º Série, N.º 190, 4421-4428. Ministério do Ambiente e do Ordenamento do Território.
- Decreto-Lei n.º 243/86, de 20 de Agosto, Diário da República, 1º Série, N.º 190, 2099-2106. Ministério do Trabalho e Segurança Social.
- DGES - ECTS. (n.d.). Retrieved July 29, 2016, from <http://www.dges.mctes.pt/DGES/pt/Estudantes/Processo+de+Bolonha/Objectivos/ECTS/>
- DGES - Processo de Bolonha. (n.d.). Retrieved June 20, 2016, from <http://www.dges.mctes.pt/DGES/pt/Estudantes/Processo+de+Bolonha/Processo+de+Bolonha/>
- Fabrizi, K., & Pretelli, M. (2014). Heritage buildings and historic microclimate without HVAC technology: Malatestiana Library in Cesena, Italy, UNESCO Memory of the World. *Energy and Buildings*, 76, 15–31.
- Graça, V. A. C., Kowaltowski, D. C., & Petreche, J. R. D. (2007). An evaluation method for school building design at the preliminary phase with optimisation of aspects of environmental comfort for the school system of the State São Paulo in Brazil. *Building and Environment*, 42(2), 984–999.

- Henderson, J. (2013). *Preservation Advisory Centre*. Retrieved from http://www.bl.uk/aboutus/stratpolprog/collectioncare/publications/booklets/building_a_preservation_policy.pdf
- ISO 7730:2005. "Ergonomics of the thermal environment - Analytical determination and interpretation of thermal comfort using calculation of the PMV and PPD indices and local thermal comfort criteria"
- Kroemer, K., & Grandjean, E. (2005). *Manual de ergonomia adaptando o trabalho ao homem*. Porto Alegre, Bookman, 1998.
- Miguel, A. S. (2007). *Manual de Higiene e Segurança do Trabalho*. Porto Editora.
- Oriente, A. P., de Sousa, A. C. M., & Simões, A. C. (2014). ESPAÇO DE LIVROS E LEITURA : um estudo sobre a sala de leitura da Biblioteca Central da UFPB, 154–163.
- PD 5454:2012, Guide for the storage and exhibition of archival materials, London: British Standards Institution 2012. Consultado no dia 1 de Agosto.
- Pinto, A. (2009). *Análise das Condições Higrotérmicas em espaços da Biblioteca Geral da Universidade de Coimbra*. Tese de Mestrado em Engenharia do Ambiente, Departamento de Engenharia Mecânica, Faculdade de Ciências e Tecnologia, Universidade de Coimbra, Coimbra.
- Porto, R. (2014). *Caracterização Higrotérmica do ambiente interior na Casa-Forte da Biblioteca Geral da UC*. Tese de Mestrado em Engenharia do Ambiente, Departamento de Engenharia Mecânica, Faculdade de Ciências e Tecnologias da Universidade de Coimbra, Coimbra.
- Rodrigues, M. A. (2009). *Condições de Trabalho e Conforto em Bibliotecas do Ensino Superior*. Tese de Mestrado em Engenharia Humana, Escola de Engenharia, Universidade do Minho, Braga.
- Wallenius, M. A. (2004). The interaction of noise stress and personal project stress on subjective health. *Journal of Environmental Psychology*, 24(2), 167–177.

ANEXO – ESPECIFICAÇÕES TÉCNICAS

Dados Técnicos - Unidades SI

Tabela 1 - Dados gerais sobre unidades RTAD standard

Tamanho	85	100	115	125	145	150	165	180
Número de compressores	2	2	2	2	2	2	2	2
Tamanho nominal (1)	(Tons) 40/40	50/50	60/60	70/70	85/70	85/85	100/85	100/100
Evaporador								
Modelo de evaporador	EG120	EG140	EG170	EG200	EG200	EG200	EG250	EG250
Armazenamento de água	(l) 106	270	222	204	204	204	415	415
Caudal mínimo	(l/s) 4,1	6,0	7,3	8,8	8,8	8,8	11,6	11,6
Caudal máximo	(l/s) 17,3	20,8	24,8	30,7	30,7	30,7	38,0	38,0
Condensador								
Nº baterias	2	2	2	2	2	2	2	2
Compr.bateria	(mm) 2743	3658	3658	3658	4572	4572	5486	5486
Altura bateria	(mm) 1626	1626	1626	1626	1626	1626	1626	1626
Séries d/alhetas	(alhetas/pé) 192	192	192	192	192	192	192	192
Número de fiadas	3/3	2/2	3/3	3/3	3/3	3/3	3/3	3/3
Ventiladores do condensador								
Quantidade (1)	3/3	3/3	3/3	3/3	5/4	5/5	6/5	6/6
Diâmetro	(mm) 762	762	762	762	762	762	762	762
Caudal de ar total	(m³/s) 23,4	28,5	27,0	27,0	37,0	39,0	44,9	46,8
r.p.m. nominais	915	915	915	915	915	915	915	915
Velocidade periférica	(m/s) 36,5	36,5	36,5	36,5	36,5	36,5	36,5	36,5
kW do motor	(kW) 2,05	2,05	2,05	2,05	2,05	2,05	2,05	2,05
Temp. mín. arranque/funcionam.(2)								
Unidade standard	(°C) 0	0	0	0	0	0	0	0
Unidade p/temp. baixa	(°C) -18	-18	-18	-18	-18	-18	-18	-18
Unidade - Geral								
Refrigerante	HFC 134a	HFC 134a	HFC 134a	HFC 134a	HFC 134a	HFC 134a	HFC 134a	HFC 134a
Número de circuitos de refrigerante independentes	2	2	2	2	2	2	2	2
% carga mín. (3)	17	17	17	17	17	17	17	17
Carga de refrigerante (1)	(kg) 24/24	30/32	35/36	36/37	44/48	44/48	61/59	61/63
Carga de óleo (1)	(l) 5/5	6/6	8/8	9/9	9/9	9/9	11/9,5	11/11
Peso em funcionamento	(kg) 2760	3205	3655	3670	4260	4520	5440	5525
Peso de transporte	(kg) 2660	2940	3440	3470	4060	4060	5030	5115

Figura An-1. Chiller Trane RTAD 100.

1 ESPECIFICAÇÕES TÉCNICAS			
1,1 DADOS TÉCNICOS			
MODELO OSA		KB 28 GMP	KB 48 GMP
POTÊNCIA	min	kW 75	75
		Mcal/h 65	65
		kW 330	540
		Mcal/h 284	464
FUNCIONAMENTO		MODULANTE	
PRESSÃO ALIMENTAÇÃO	mbar	20/100	
TEMPERATURA AMBIENTE	°C	0 - 40	
ALIMENTAÇÃO ELÉCTRICA	V-Hz	230V - 50Hz	
MOTOR ELÉCTRICO	rpm/1'	370W	
TRANSFORMADOR DE IGNIÇÃO	V1 V2 11 12	230V - 8kV	
POTÊNCIA ELÉCTRICA INSTALADA	kW	0,7	
GRAU DE PROTECÇÃO	IP	40	
COMPATIBILIDADE ELECTROMAGNÉTICA		CONFORME DIRECTIVA 89/338 CEE	
NÍVEL DE RUÍDO	dB(A)	79	

Figura An-2. Caldeira Buderus GE 315.

CUSTOMER: Biblioteca Do Polo Das Ciencias Da Saude		DATE: 11.03.2005	
CUSTOMER TAG: UTASL		SERIAL NUMBER: 39B912/03	
REVISION: N° 01		DATE: 15.03.2005	
REVISION: N° 02		DATE: 19.04.2005	
MODEL: CCTA	OVERALL DIMENSIONS	FRAME PROFILES:	aluminium
SIZE: 040 /02	(mm) 8050*1880*2190	SANDWICH PANEL TH.: (mm)	50
		outer: prep.	inner: Zn
INSTALLATION: outdoor	WEIGHT: (Kg) 2417	THERMAL INSULATION:	polyurethane
SECT. N. 1	ONLY HOLE	AIRFLOW: (m³/h)	12610
SECT. N. 1 SOUND ATTENUATOR MOD.: 425	MATERIAL: wool glass buffles-protection film-drilled metal sheet drilled metal sheet LENGHT: (mm) 900 STEP: (mm) 100 BUFFLES TH.: (mm) 200 ATTENUATION: (dB) 24		
SECT. N. 1 RETURN FAN	TYPE: forward curved SIZE: 400 TLZ R MATERIAL: Zn PROTECTION: PULLEY: 190 2GA Ø 30(8) BELTS: A 69 spring shock absorbers	AIRFLOW: (m³/h) 12610 EXTERNAL STATIC PRESSURE: (Pa) 200 TOTAL STATIC PRESSURE: (Pa) 595 RPM: (rpm) 1000 ABSORBED POWER: (kW) 3.8 door grille protection	
	Sound power in fan inlet and exhaust: (dBA) 92 Octave band sound power Hz 63 125 250 500 1000 2000 4000 8000 dB 83 91 92 86 87 85 83 78		
SECT. N. 1 ELECTRIC MOTOR	PROTECTION: IP55 CLASS: F SIZE: 132S POLES N.: 4 POWER: (kW) 5.50 PULLEY: 100 3GA Ø 38 (10)	RPM: (rpm) 1440 ELECTRIC DATA: 400V / 3ph / 50 Hz STARTING TYPE: star-delta RATED AMPS: (A) 11.50 MAXIMUM AMPS: (A) 71.30	
SECT. N. 2 HEAT RECOVERY SECTION WITH BY-PASS	TYPE: cross flow MATERIAL: Aluminium DIMENSIONS: (mm) 400*1250 MODEL: BI AL 04 N 090 C T SC BP29 MAX DIFFER. PRESSURE: (Pa) 1000 CONDENSATE DRAIN PIPE DIAM.: 1/2"	OUTSIDE AIRFLOW: (m³/h) 6000 Eat: (°C) 31.1 RETURN AIRFLOW: (m³/h) 5800 Eat: (°C) 20 Efficiency (ENV 308): (%) 51.7	
OPTIONS	BY-PASS DAMPERS: CONTROL MOTORIZABLE		
SECT. N. 2 FOLDED FILTERS	MATERIAL: synthetic fiber DIMENSIONS: (mm) 400*400*48 (mm) 400*500*48	N. 1 class: G3 85% EN779	EFFICIENCY: DP CL.: (Pa) 70 DP CAL.: (Pa) 110 DP DR.: (Pa) 140

Figura An-3. UTASL, parte 1.

CUSTOMER: Biblioteca Do Polo Das Ciencias Da Saude		DATE: 11.03.2005	
CUSTOMER TAG: UTASL		SERIAL NUMBER: 39B912/03	
REVISION: N° 01		DATE: 15.03.2005	
REVISION: N° 02		DATE: 19.04.2005	
MODEL: CCTA	OVERALL DIMENSIONS	FRAME PROFILES:	aluminium
SIZE: 040 /02	(mm) 8050*1880*2190	SANDWICH PANEL TH.: (mm)	50
		outer: prep.	inner: Zn
INSTALLATION: outdoor	WEIGHT: (Kg) 2417	THERMAL INSULATION:	polyurethane
SECT. N. 5 SOUND ATTENUATOR MOD.: 425	MATERIAL: wool glass buffles-protection film-drilled metal sheet drilled metal sheet LENGHT: (mm) 900 STEP: (mm) 100 BUFFLES TH.: (mm) 200 ATTENUATION: (dB) 24		
NOTES	Filter banks e fan sections will be provided of differential pressure connections. Standard roof.		

Figura An-4. UTASL, parte 2.

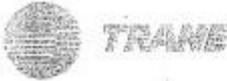
			
CUSTOMER: Biblioteca Do Polo Das Ciencias Da Saude		DATE: 11.03.2005	
CUSTOMER TAG: UTASUI		SERIAL NUMBER: 39B912/01	
REVISION: N° 01		DATE: 19.04.2005	
MODEL: CCTA	OVERALL DIMENSIONS	FRAME PROFILES:	aluminium
SIZE: 023	(mm) 4430*1540*1040	SANDWICH PANEL	TH.: (mm) 25
INSTALLATION: outdoor	WEIGHT: (Kg) 846	outer: prep.	inner: Zn
		THERMAL INSULATION:	polyurethane
SECT. N. 1 MIXING SECTION	ALUMINIUM PROFILE DAMPER CONTROL: motorizable	OUTSIDE AIRFLOW: (m ³ /h)	1575
		RETURN AIRFLOW: (m ³ /h)	5225
SECT. N. 1 FOLDED FILTERS	MATERIAL: synthetic fiber	DIMENSIONS: (mm) 595*595*48	N. 2
		EFFICIENCY: class: G3	DP CL.: (Pa) 56
		85% EN779	DP CAL.: (Pa) 84
			DP DR.: (Pa) 112
SECT. N. 1 BAG FILTERS	MATERIAL: fiber synthetic	DIMENSIONS: (mm) 595*595*535	N. 2
		EFFICIENCY: class: F7	DP CL.: (Pa) 117
		85% EN779	DP CAL.: (Pa) 176
			DP DR.: (Pa) 234
SECT. N. 1 COOLING COIL	TUBES: Cu	GEOM.: 60x30	CAPACITY: (kW) 38.9
	FINS: Al	DIM.: (mm) 600*1250	Eat/RH: (°C/%) 27.7/43
	CASE: Zn	ROWS: (n) 5	Lat/RH: (°C/%) 14.4/88
	φ CNN.: 1 1/4	FINS SP.: (mm) 2	Face Vel.: (m/s) 2.52
		CIRCUITS: (n) 7	Fl/Ot: (°C) 7/12
			DP: (kPa) 24
SECT. N. 1 CONDENSATE PAIN	MATERIAL: INOX 430	DRAIN PIPE CNN.: 1"	
SECT. N. 2 JPLY FAN	TYPE: forward curved	AIRFLOW: (m ³ /h)	6800
	SIZE: 315 TLZ R	EXTERNAL STATIC PRESSURE: (Pa)	250
	MATERIAL: Zn	TOTAL STATIC PRESSURE: (Pa)	736
	PROTECTION:	RPM: (rpm)	1420
	PULLEY: 140 1GA φ 25(8)	ABSORBED POWER: (kW)	2.4
	BELTS: A 58		
	spring shock absorbers	door grille protection	
	Sound power in fan inlet and exhaust: (dBA)		89
	Octave band sound power		
	Hz 63 125 250 500 1000 2000 4000 8000		
	dB 80 88 89 83 84 82 80 75		

Figura An-5. UTASUI, parte 1.

SECT. N. 2 ELECTRIC MOTOR	PROTECTION:	IP55	RPM: (rpm)	1420
	CLASS:	F	ELECTRIC DATA:	400V / 3ph / 50 Hz
	SIZE:	112M	STARTING TYPE:	diretto
	POLES N.:	4	RATED AMPS: (A)	8.70
	POWER: (kW)	4	MAXIMUM AMPS: (A)	52.20
PULLEY:		140 1GA Φ 28 (8)		
CUSTOMER: Biblioteca Do Polo Das Ciencias Da Saude			DATE:	11.03.2005
CUSTOMER TAG: UTASUI			SERIAL NUMBER:	39B912/01
REVISION: N° 01			DATE:	19.04.2005
MODEL:	CCTA	OVERALL DIMENSIONS	FRAME PROFILES:	aluminium
SIZE:	023	(mm) 4430*1540*1040	SANDWICH PANEL TH.: (mm)	25
			outer: prep. inner:	Zn
INSTALLATION:	outdoor	WEIGHT: (Kg) 846	THERMAL INSULATION:	polyurethane
SECT. N. 2 SOUND ATTENUATOR MOD.: 320	MATERIAL:	wool glass buffles-protection film-drilled metal sheet drilled metal sheet		
LENGHT: (mm)		900	STEP: (mm)	100
ATTENUATION: (dB)		-	BUFFLES TH.: (mm)	200
				24
NOTES	Filter banks e fan sections will be provided of differential pressure connections. Standard roof.			

Figura An-6. UTASUI, parte 2.

CUSTOMER: Biblioteca Do Polo Das Ciencias Da Saude		DATE: 11.03.2005	
CUSTOMER TAG: UTAN		SERIAL NUMBER: 39B912/02	
REVISION: N° 01		DATE: 19.04.2005	
MODEL: CCTA	OVERALL DIMENSIONS (mm) 7850*1830*2490	FRAME PROFILES: aluminium	
SIZE: 040 /01		SANDWICH PANEL TH.: (mm) 50	
		outer: prep. inner: Zn	
INSTALLATION: outdoor	WEIGHT: (Kg) 2355	THERMAL INSULATION: polyurethane	
SECT. N. 1	ONLY HOLE	AIRFLOW: (m³/h)	13210
SECT. N. 1	MATERIAL: wool glass buffles-protection film-drilled metal sheet		
SOUND	drilled metal sheet		
ATTENUATOR	LENGHT: (mm) 900 STEP: (mm) 100	BUFFLES TH.: (mm) 200	
MOD.: 425	ATTENUATION: (dB) 24		
SECT. N. 1	TYPE: forward curved	AIRFLOW: (m³/h)	13210
RETURN FAN	SIZE: 400 TLZ R	EXTERNAL STATIC PRESSURE: (Pa)	270
	MATERIAL: Zn	TOTAL STATIC PRESSURE: (Pa)	703
	PROTECTION:	RPM: (rpm)	1064
	PULLEY: 190 2GA Ø 30(8)	ABSORBED POWER: (kW)	4.7
	BELTS: A 70		
	spring shock absorbers	door grille protection	
	Sound power in fan inlet and exhaust: (dBA) 94		
	Octave band sound power		
	Hz 63 125 250 500 1000 2000 4000 8000		
	dB 85 93 94 88 89 87 85 80		
SECT. N. 1	PROTECTION: IP55	RPM: (rpm)	1445
ELECTRIC	CLASS: F	ELECTRIC DATA: 400V / 3ph / 50 Hz	
MOTOR	SIZE: 132M	STARTING TYPE: star-delta	
	POLES N.: 4	RATED AMPS: (A) 15.50	
	POWER: (kW) 7.50	MAXIMUM AMPS: (A) 103.80	
	PULLEY: 140 2GA Ø 38 (10)		
SECT. N. 2	TYPE: cross flow	OUTSIDE AIRFLOW: (m³/h)	12135
HEAT RECOVERY	MATERIAL: Aluminium	Eat: (°C)	1
SECTION	DIMENSIONS: (mm) 605*1340	RETURN AIRFLOW: (m³/h)	13210
	MODEL: FI AL 06 N 130 C T SM	Eat: (°C)	20
	MAX DIFFER. PRESSURE: (Pa) 1500		
	CONDENSATE DRAIN PIPE DIAM.: 1/2"	Efficiency (ENV 308): (%)	52.4
SECT. N. 2	MATERIAL: synthetic	DIMENSIONS: (mm) 400*400*48	N. 2
FOLDED FILTERS	fiber	(mm) 400*500*48	4
			EFFICIENCY: class: G3
			85% EN779
			DP CL.: (Pa) 92
			DP CAL.: (Pa) 140
			DP DR.: (Pa) 184
SECT. N. 2	ALUMINIUM PROFILE DAMPER	OUTSIDE AIRFLOW: (m³/h)	12135
	CONTROL: motorizable	EXHAUST AIRFLOW: (m³/h)	13210

Figura An-7. UTAN, parte 1.

CUSTOMER: Biblioteca Do Polo Das Ciencias Da Saude		DATE: 11.03.2005			
CUSTOMER TAG: UTAN		SERIAL NUMBER: 39B912/02			
REVISION: N° 01		DATE: 19.04.2005			
MODEL: CCTA	OVERALL DIMENSIONS	FRAME PROFILES:	aluminium		
SIZE: 040 /01	(mm) 7850*1830*2490	SANDWICH PANEL	TH.: (mm) 50		
INSTALLATION: outdoor	WEIGHT: (Kg) 2355	outer: prep.	inner: Zn		
		THERMAL INSULATION:	polyurethane		
SECT. N. 3	MATERIAL: fiber	DIMENSIONS: (mm) 290*595*535	N. 2	EFFICIENCY: class: F7	DP CL.: (Pa) 144
BAG		(mm) 595*595*535	2	85% EN779	DP CAL.: (Pa) 216
FILTERS	synthetic	(mm)			DP DR.: (Pa) 288
SECT. N. 3	TUBES: Cu	GEOM.: 60x30	CAPACITY: (kW) 110.6	FLUID: H2O	
HEATING	FINS: Al	DIM.: (mm) 840*1500	Eat: (°C) 1	FLOW: (l/h) 18980	
COIL	CASE: Zn	ROWS: (n) 3	Lat: (°C) 28		
	φ CNN.: 2	FINS SP.: (mm) 2	Face Vel.: (m/s) 2.68	It/Ot: (°C) 45/40	
		CIRCUITS: (n) 14		DP: (kPa) 23	
SECT. N. 3	TYPE: forward curved	AIRFLOW: (m³/h)	12135		
SUPPLY	SIZE: 400 TLZ R	EXTERNAL STATIC PRESSURE: (Pa)	325		
FAN	MATERIAL: Zn	TOTAL STATIC PRESSURE: (Pa)	1108		
	PROTECTION:	RPM: (rpm)	1334		
	PULLEY: 150 2GA φ 30(8)	ABSORBED POWER: (kW)	6.1		
	BELTS: B 66 1/2	spring shock absorbers	door grille protection		
		Sound power in fan inlet and exhaust: (dBA)	95		
		Octave band sound power			
		Hz	63 125 250 500 1000 2000 4000 8000		
		dB	86 94 95 89 90 88 86 81		
SECT. N. 3	PROTECTION: IP55	RPM: (rpm)	1430		
ELECTRIC	CLASS: F	ELECTRIC DATA: 400V / 3ph / 50 Hz			
*MOTOR	SIZE: 132MA	STARTING TYPE: stella-triang.			
	POLES N.: 4	RATED AMPS: (A) 19.00			
	POWER: (kW) 9.2	MAXIMUM AMPS: (A) 114.00			
	PULLEY: 140 2GB φ 38(10)				
SECT. N. 4	MATERIAL: wool glass buffles-protection film-drilled metal sheet				
SOUND	drilled metal sheet				
ATTENUATOR	LENGHT: (mm) 900	STEP: (mm) 100	BUFFLES TH.: (mm) 200		
MOD.: 425	ATTENUATION: (dB)		24		
NOTES	Filter banks e fan sections will be provided of differential pressure connections. Standard roof.				

Figura An-8. UTAN, parte 2.

CUSTOMER: Biblioteca Do Polo Das Ciencias Da Saude		DATE: 11.03.2005	
CUSTOMER TAG: UTAN		SERIAL NUMBER: 39B912/02	
REVISION: N° 01		DATE: 19.04.2005	
MODEL: CCTA	OVERALL DIMENSIONS	FRAME PROFILES:	aluminium
SIZE: 040 /01	(mm) 7850*1830*2490	SANDWICH PANEL	TH.: (mm) 50
INSTALLATION: outdoor	WEIGHT: (Kg) 2355	outer: prep.	inner: Zn
		THERMAL INSULATION:	polyurethane

Figura An-9. UTAN, parte 3.

TECHNICAL DATA AND NOMINAL PERFORMANCES

 **COMPACT.CW** under/over

MODEL		42	71	92	110	116	138	166
Size		G0	G1	G2	G2S	G3	G3S	G4
Cooling capacity (1)	kW	40,5	68,8	88,9	110,0	112,0	125,5	161,3
Cooling capacity (2)	kW	58,2	98,8	127,5	137,7	161,6	159,4	217,4
Air flow	m ³ /h	8500	14600	18600	20000	24200	24200	34000
Weight	kg	290	445	545	570	680	700	1035
Sound pressure (3) dB(A)		51,0	53,0	54,0	54,5	54,0	54,0	59,0

(1) Referred to entering air at 24°C with 50%RH and chilled water temperature 7/12,5°C

(2) Referred to entering air at 27°C with 50%RH and chilled water temperature 7/12,5°C

(3) Sound pressure 1m far in free field conditions:

Over version: ducted air delivery.

Under version: underfloor air delivery.

POWER SUPPLY: 400.3.50+N

Figura An-10. Desumidificadores, G0 42 e G1 71.

APÊNDICE – ZONAS DA BIBLIOTECA



Figura Ap-1. Depósitos de documentos escritos.

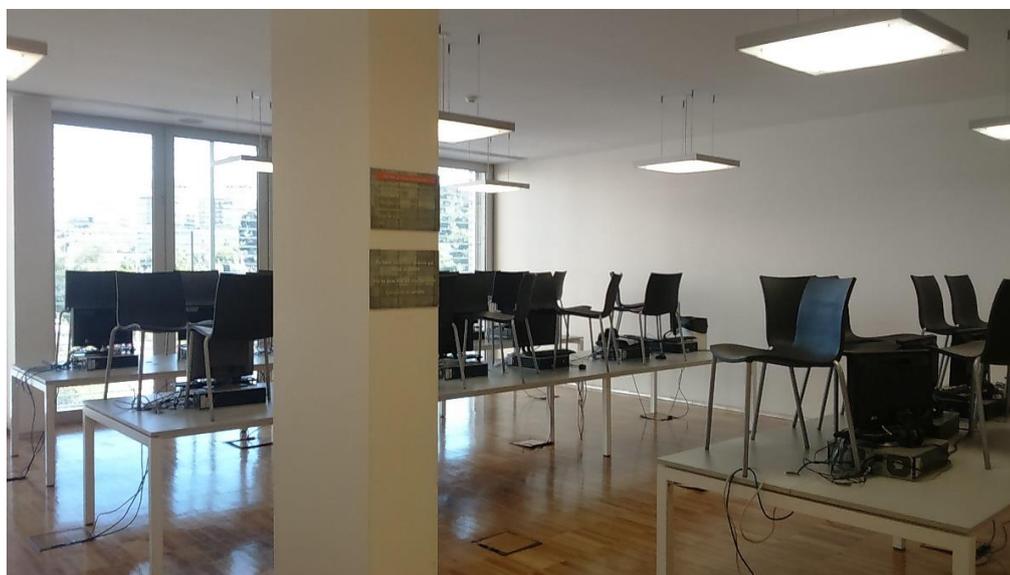


Figura Ap-2. Sala de utilizadores de informática.



Figura Ap-3. Parte da sala de leitura.



Figura Ap-4. Sala de trabalhos de grupo, ponto 1 de medição de ruído e de medições de velocidades de ar.

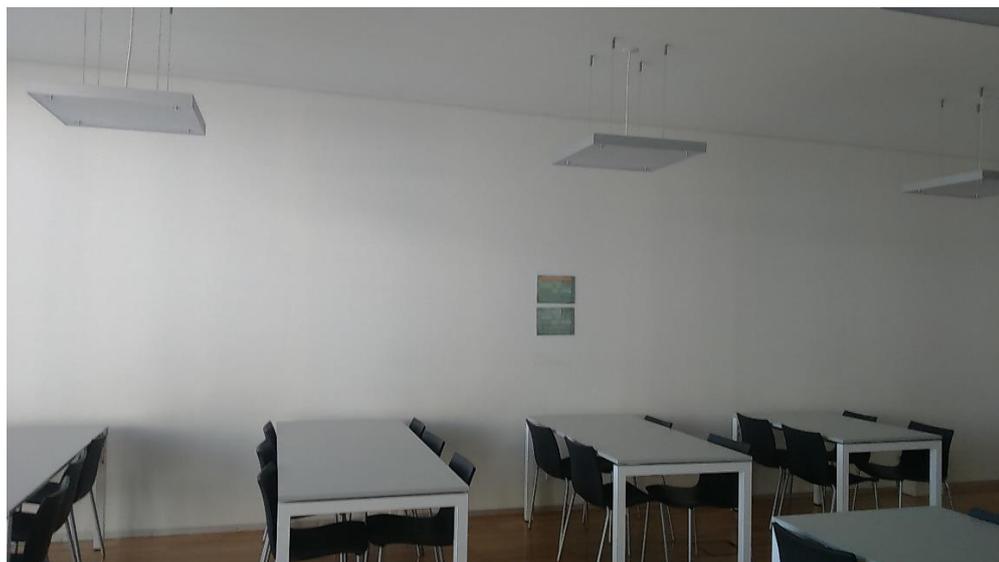


Figura Ap-5. Sala de trabalhos de grupo, ponto 2 de medição de ruído.

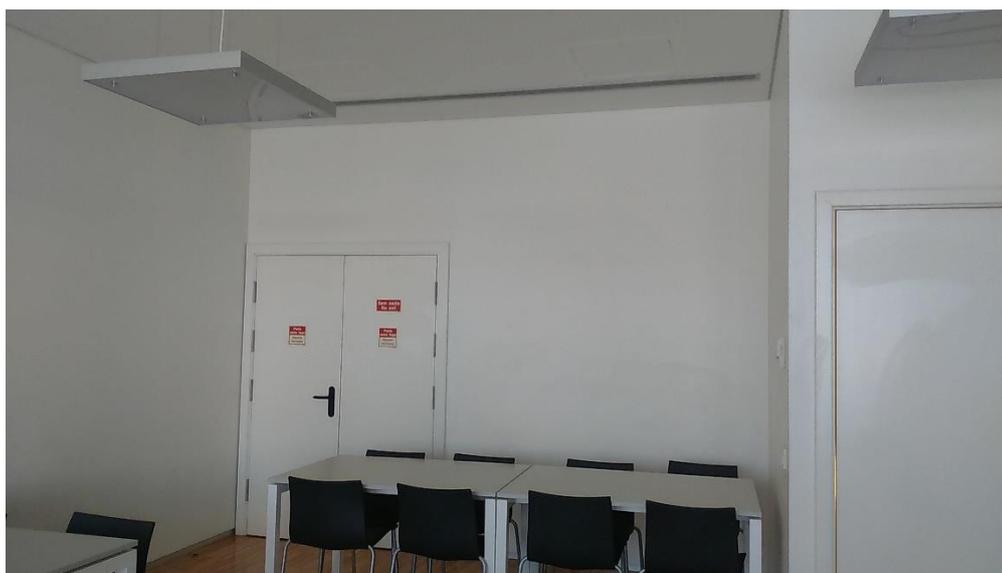


Figura Ap-6. Sala de trabalhos de grupo, ponto 3 de medição de ruído.