

Characterization of thermal performance of telecommunication outdoor cabinet Caracterização do comportamento térmico de um armário exterior de telecomunicações móveis

Carlos Patrício - a25514@ubi.pt

Universidade da Beira Interior

Pedro D. Silva - dinho@ubi.pt

Universidade da Beira Interior

Luís Pires - pires@ubi.pt

Universidade da Beira Interior

Pedro D. Gaspar - dinis@ubi.pt

Universidade da Beira Interior

Abstract

The growing use of telecommunication technologies by society has led the industry to develop infrastructure to support this growth. The telecommunications outdoor cabinets are an important element in the telecommunications network, allowing host and protect the equipment needed to run the network in adverse conditions. The enclosure must have a proper thermal performance to ensure a temperature below 55 °C, limit for the operation of equipment, and avoid an excessive consumption of electricity. This study aims to characterize the thermal performance of the cabinet using numerical studies with DesignBuilder/EnergyPlus. The development of the numerical model is followed by experimental studies using a real cabinet in operation, to ensure that the model is valid and allows to obtain reliable results. Results allowed to elaborate, quantitatively, a thermal characterization of the cabinet and improve the utilization profile.

Resumo

A crescente utilização de tecnologias de telecomunicações pela sociedade tem levado a que a indústria desenvolva infraestruturas que suportem esse crescimento. Os armários exteriores de telecomunicações são um elemento importante na rede de telecomunicações, permitindo albergar e proteger os equipamentos necessários ao funcionamento da rede das condições adversas. O armário deverá ter um correto desempenho térmico para garantir uma temperatura inferior a 55 °C, limite para o funcionamento dos equipamentos, e evitar o consumo demasiado elevado de eletricidade. Este estudo propõe caracterizar o desempenho térmico do armário com recurso estudos numéricos realizados com o DesignBuilder/EnergyPlus. O desenvolvimento do modelo numérico é acompanhado de estudos experimentais, utilizando um armário real em funcionamento, de forma a garantir que o modelo é válido e permite obter resultados fiáveis. Os resultados obtidos permitem elaborar, de forma quantitativa, uma caracterização térmica do armário e melhorar o perfil de utilização do mesmo.

Keywords

Numerical modeling, telecommunications cabinet, thermal characterization.

Palavras-chave

Modelação numérica, armário telecomunicações, caracterização térmica

Caracterização do comportamento térmico de um armário exterior de telecomunicações móveis

1. Introdução

A crescente indissociabilidade da sociedade com as telecomunicações levou a um acréscimo da exigência em relação aos serviços prestados pelo sector. Existem fatores preponderantes que afetam a aceitação do mercado em relação a um determinado serviço de telecomunicações, como o preço, fiabilidade ou cobertura geográfica. Esta última, cobertura geográfica, tem uma elevada importância devido à facilidade que as pessoas têm em se deslocar atualmente, o que levou a uma elevada disseminação das tecnologias móveis.

Segundo um relatório realizado pela [1], existiam 6,9 mil milhões de subscrições de serviço de telemóvel a nível global, sendo que 2,5 mil milhões correspondiam a serviço com transmissão de dados de banda larga. Ao contrário do que acontecia anteriormente a principal utilização do telemóvel já não é unicamente a chamadas de voz. O aparecimento dos *smartphones* e *tablets* aliado ao aumento da taxa de transferência de dados permitida pelas redes móveis permitiu criar um novo perfil de consumidor. Atualmente os dispositivos móveis permitem aceder a cada vez mais serviços, como visualização de vídeos, videochamadas entre outros, o que faz aumentar o tráfego nas redes móveis. Entre o ano de 2010 e 2014 o tráfego associado às chamadas de voz não sofreu um aumento muito significativo, enquanto a transferência de dados foi responsável por um aumento do tráfego muito significativo. Na figura 1 é possível observar o aumento do tráfego móvel mundial que é expectável para o ano de 2020, sem influência notória das chamadas de voz.

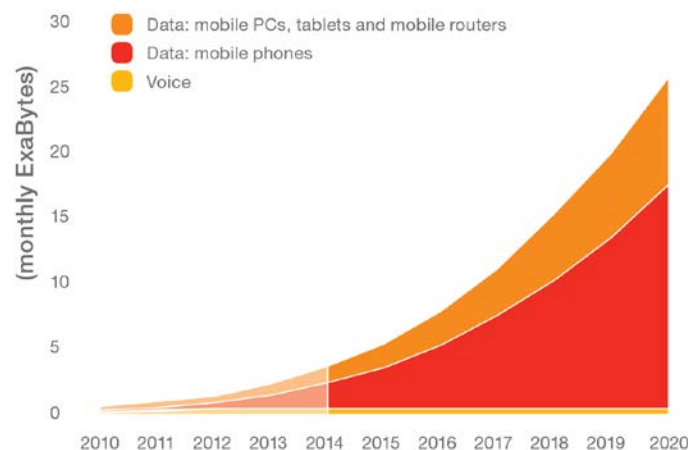


Figura 1 - Previsão do tráfego móvel a nível mundial até 2020 [1]

Uma rede de telecomunicações faz as ligações entre diversos terminais, permitindo a troca de informação entre eles. A base da infraestrutura de uma rede de telecomunicações são as EBT (Estações Base de Telecomunicações), que de acordo com [2] apresentam consumos energéticos superiores a outros edifícios públicos devido à sua elevada densidade energética e horário de funcionamento contínuo.

Uma boa gestão da temperatura de um armário de telecomunicações não traz apenas vantagens energéticas, segundo [3] é essencial para um bom desempenho, fiabilidade e durabilidade dos equipamentos eletrónicos. Existem vários estudos que relatam os efeitos nefastos de valores de temperatura elevada sobre os dispositivos eletrónicos. Segundo pesquisas efetuadas pela Força Aérea dos EUA [4] mais de metade das falhas em sistemas eletrónicos ocorre devido a deficiente controlo de temperatura. Através de resultados

experimentais [5] foi possível concluir que a diminuição de 1 °C na temperatura de um componente pode diminuir a probabilidade de falha em 4%, é ainda de salientar que um aumento da temperatura de um componente entre 10 °C e 20 °C pode duplicar a probabilidade de falha.

O presente estudo avalia o desempenho térmico de um armário de telecomunicações exterior através da análise de ensaios numéricos paramétricos, nos quais são alterados de forma seletiva parâmetros que afetam a temperatura do armário. Os ensaios são efetuados com recurso ao *software DesignBuilder* que se baseia no código computacional do *EnergyPlus*. O modelo computacional do armário foi acompanhado de um estudo experimental de forma a permitir a sua validação.

2. Materiais e métodos

Os armários exteriores são utilizados para manter os equipamentos protegidos das condições meteorológicas adversas, evitar danos provocados por animais e evitar o acesso indevido ao equipamento. O armário tem de ter a capacidade de extrair a energia térmica dissipada pelos equipamentos, de forma a manter temperatura no seu interior dentro da gama de temperaturas impostas para o bom funcionamento dos equipamentos. As características do armário devem, portanto, cumprir requisitos de comportamento térmico e mecânico.



Figura 2 - Visão explodida do armário exterior de telecomunicações

O armário é constituído por um pedestal, um espaço intermédio que alberga equipamentos de telecomunicações e quadros elétricos, e por fim, um cabeçote onde estão instalados os ventiladores. Na figura 2 é possível distinguir com facilidade a diferentes partes constituintes do armário, através da vista explodida. O pedestal tem uma altura de 150 mm e possui aberturas laterais para facilitar a entrada de cabos. Os painéis laterais são amovíveis, melhorando o acesso ao interior. As dimensões exteriores do armário são de 638 mm (largura) x 1480 mm (altura) x 644 (profundidade). A nível interior o espaço útil para instalação de equipamento é de 25 U (altura) x 19'' (largura) x 550 mm (profundidade) ou 1111 mm (altura) x 483 mm (largura) x 550 mm (profundidade). As dimensões 25 U (altura) x 19'' (largura) correspondem a unidades de medida utilizadas na instalação de equipamento eletrónico modular, cada 1 U (altura) x 19'' (largura) corresponde a 44,5 mm (altura) x 482,6 mm

(largura). O armário estudado é construído numa liga de alumínio, zinco e silicone, com uma espessura de 1 mm.

O equipamento instalado no interior de um armário exterior está dependente da empresa de telecomunicações que explore a EBT e dos serviços que esta pretenda fornecer. O sistema de controlo de temperatura, iluminação, sensor de abertura de porta e quadros elétricos são equipamentos instalados de origem. Todos os painéis dispõem de parede dupla com 20 mm espessura, com o objetivo de reduzir a carga térmica aplicada ao interior do armário resultante da absorção de radiação solar. Na parede exterior existem dois conjuntos de orifícios para a passagem de ar, um numa zona mais superior e outro na zona mais inferior. A disposição espacial dos aparelhos pode variar de caso para caso.

Tabela 1 - Equipamento instalado no interior do armário

Designação do equipamento	Função	Potência térmica dissipada (valor máximo)
Quadro AC	Distribuir eletricidade em corrente alternada	Desprezável
Quadro DC	Distribuir eletricidade em corrente contínua	Desprezável
BBU3900 Huawei	Unidade de processamento de banda de base	295 W
Alcatel-Lucent 7705	<i>Router</i>	60 W
EMILO-SNT - PT Inovação	Sistema modular do tipo <i>Multi-Service Provisioning Platform (MSPP)</i>	60 W
<u>Não identificado</u>	<u>Nao identificado</u>	60 W

O armário dispõe de um sistema de arrefecimento ativo, composto por dois ventiladores com caudal máximo de 170 m³/h cada um. Os ventiladores entram em funcionamento quando acionados por um termóstato instalado no interior do armário, a temperatura para entrada em funcionamento da ventilação é variável.

2.1 Estudo experimental

O armário escolhido para recolher os dados experimentais localiza-se no concelho da Covilhã, próximo da autoestrada A23. O local está fortemente sujeito à exposição solar, estando exposto à radiação solar durante a maior parte do dia. O armário está equipado com dois ventiladores que são acionados através de um sensor de temperatura, quando o valor de temperatura atinge aproximadamente 35 °C.

O equipamento presente no interior do armário dissipa um valor máximo de 475 W de calor, este valor corresponde ao pior cenário possível. A taxa dissipação de calor por parte dos equipamentos depende da sua configuração, bem como da carga de utilização imposta aos mesmos. O armário está instalado num local de baixa densidade populacional, tendo sido instalado para dar cobertura de rede móvel à autoestrada A23. Com condições propícias à baixa utilização do EBT, onde se encontra este armário, é esperado que a energia térmica dissipada se situe consideravelmente abaixo do 475W.

Os valores de temperatura foram medidos com recurso a três analisadores de temperatura semelhantes, recolhendo em simultâneo o valor da humidade relativa do ar. Os analisadores foram colocados em três pontos distintos, um na zona mais inferior do armário, outro numa zona intermédia, em cima de um equipamento que dissipa calor, o terceiro foi colocado na zona superior do armário, perto dos ventiladores que extraem ar do armário. Os registos dos valores de temperatura e humidade relativa do ar foram efetuados com um intervalo de tempo de 1 minuto, totalizando um total de 16.379 medições em 10 dias.

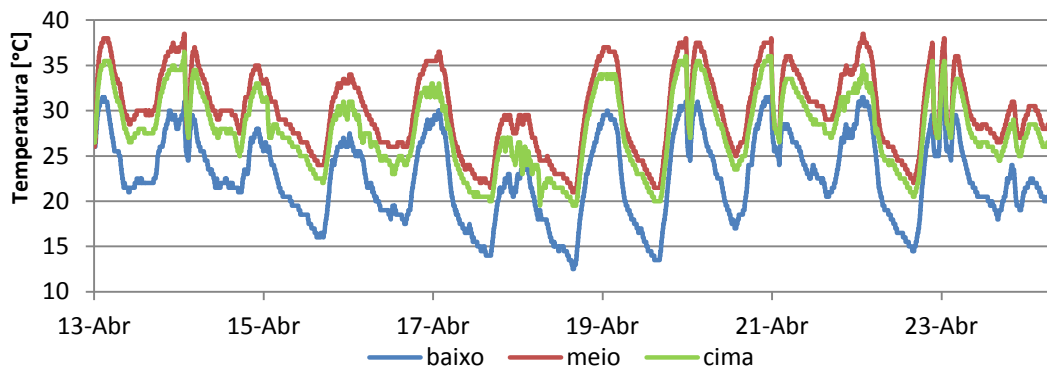


Figura 3 - Valores de temperatura obtidos experimentalmente no interior do armário

Os resultados obtidos experimentalmente foram utilizados para cruzar com estudos numéricos para balizar os valores de potência calorífica dissipada no interior do armário, já que o valor de 475 W só é atingível em casos extremos e não corresponde ao funcionamento normal dos equipamentos. Através das temperaturas obtidas pelos analisadores e das temperaturas decorrentes das simulações no *DesignBuilder* chegou-se a um valor a rondar 100 W de potência, valor escolhido como base para os diversos estudos efetuados.

2.2 Estudo computacional

A simulação computacional do armário foi efetuada recorrendo ao código computacional *EnergyPlus/DesignBuilder*.

O *EnergyPlus* é programa de simulação para o cálculo de temperaturas e cargas térmicas de edifícios. Permite facilitar a análise energética de diversas infraestruturas por parte de arquitetos e engenheiros. O programa foi desenvolvido na linguagem FORTRAN 90 e deriva os programas previamente existentes, o DOE-2 e o *Blast*. O código fonte é de acesso livre, sendo necessário efetuar modificações no mesmo caso seja pretendido. O *EnergyPlus* é um motor de simulação integrado, agregando vários módulos que funcionam em conjunto calculando os balanços energéticos de um edifício, mediante os *inputs* fornecidos pelo utilizador.

O *EnergyPlus* tem a capacidade de simular diferentes parâmetros relevantes para caracterizar o comportamento térmico de um edifício a temperatura em diferentes zonas, taxa de transferência de calor nas superfícies, energia consumida pelos diferentes sistemas (AVAC; iluminação; equipamentos eletrónicos; outros) ou parâmetros de conforto térmico.

O simulador tem a vantagem de ter em conta as condições meteorológicas ao longo de um ano, com intervalos de tempo inferior a uma hora. Valores de radiação solar incidente, direção e velocidade do vento e temperatura exterior têm influência nos resultados. Os dados meteorológicos dependem do ficheiro climático selecionado, podendo variar a localização geográfica ao longo do globo. Caso não exista ficheiro climático no programa para a localização desejada é possível introduzir ficheiro a partir de fontes externas.

O *DesignBuilder* não é um programa de simulação, este funciona como interface gráfica para o *EnergyPlus*, tornando-o de fácil utilização. O *DesignBuilder* permite inserir os *inputs* e posteriormente devolve os outputs. Todo o processo de cálculo numérico que permite chegar aos outputs é levado a cabo pelo *EnergyPlus*, sem que o utilizador tenha de trabalhar diretamente com o simulador. A interface gráfica permite modelar edifícios virtuais de variadas dimensões e tipologias, através de ferramentas CAD.

Os estudos representados limitam-se um curto período temporal, quando comparado a um ciclo anual. Quando se concebe um projeto são tomadas em consideração as condições mais desfavoráveis, de forma a garantir o correto funcionamento em todas as ocasiões, neste caso também o período mais crítico será alvo de análise. O período estudado corresponde a uma

semana que foi escolhida após a análise dos resultados ao longo do ano e corresponde aos dias em que as condições são menos favoráveis ao correto funcionamento do armário. Para escolher qual o período de tempo a estudar foi criado um gráfico com a temperatura no interior do armário, nos períodos entre 1 de junho e 30 de setembro que são os períodos mais críticos. Através do gráfico da figura 4 pode-se verificar que o armário atinge valores de temperatura mais elevada entre os dias 10 e 20 de agosto, sendo que o período a ser utilizado nos caso a estudar ficou definido ente 10 e 17 de agosto, assinalado no gráfico com a verde. Este gráfico apresenta valores médios diários, obtidos através do *DesignBuilder*, e foi simulada com uma potência dissipada no interior do armário igual a 100 W e sem ventilação, como situação piloto.

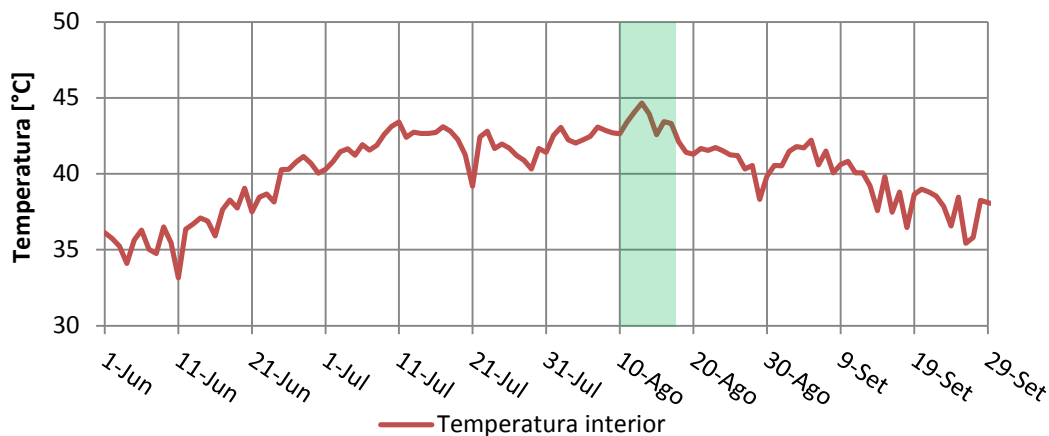


Figura 4 - Valores médios diários de temperatura no interior do armário, simulados no *DesignBuilder*

3. Análise e discussão de resultados

Esta secção serve para mostrar os resultados obtidos e analisá-los, objetivando de que forma o armário se comporta a nível térmico nos estudos efetuados. Os resultados são expostos sob forma de gráficos para uma melhor compreensão do evoluir da temperatura ao longo do tempo.

3.1 Variação da absorvidade do material

As propriedades radiantes de um material definem a forma como este interage com o meio exterior em relação à energia eletromagnética, tendo influencia na transmissão de calor por radiação. As características da transmissão de calor por radiação dependem da natureza eletromagnética e das propriedades radiantes do material.

Neste estudo serão alteradas a propriedades radiantes dos materiais expostos ao meio exterior, analisando quais as consequências que daí advêm para o desempenho térmico do armário. Na prática estas propriedades podem ser alteradas com a variação dos materiais de construção do armário e da sua cor. Os valores de absorvidade para a gama dos infravermelhos e da radiação solar são alterados simultaneamente e variam entre 0,10 e 0,95, com valores intemédios de 0,25, 0,50 e 0,75.

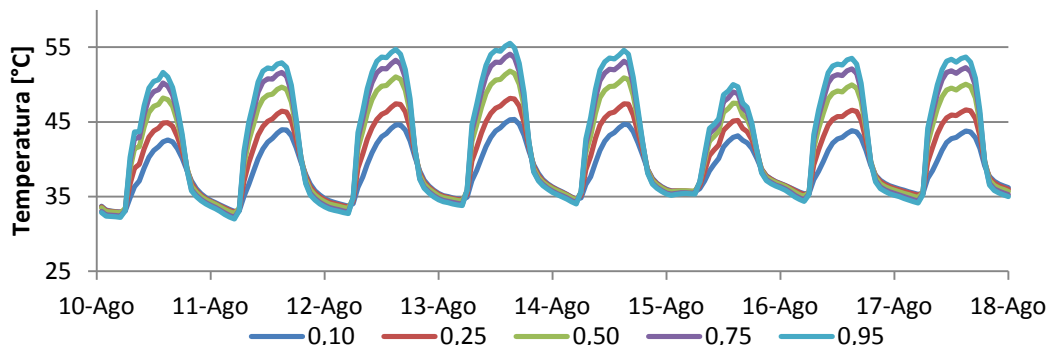


Figura 5 - Valores de temperatura no interior do armário em função da absorvidade do material exterior

Como seria de esperar os valores de temperatura sofrem alterações mais significativas durante os períodos diurnos devido ao efeito da radiação solar, com temperaturas mais elevadas para os valores de absorvidade mais altos. Os resultados demonstram que durante a ausência de radiação solar a variação dos valores de absorvidade não alteram significativamente a temperatura no interior. No caso em que o valor de absorvidade é igual a 0,95, sem ventilação, a temperatura no armário chega a ultrapassar os 55 °C, o limite máximo de temperatura para o funcionamento do armário.

Pode-se concluir que um valor mais alto de absorvidade vai prejudicar o desempenho térmico do armário durante o dia, podendo por em causa o controlo de temperatura de forma eficaz. Durante os períodos noturnos a variação nos valores de absorvidade tem pouca influência na variação de temperatura.

3.2 Variação do material de construção

Os fabricantes de armários de telecomunicações procuram evoluir os seus produtos continuamente, melhorando as suas características ao mesmo tempo que existe a preocupação em diminuir custos de produção. O armário estudado é construído com uma liga de alumínio e neste caso apenas é referida como alumínio.

Este caso procura obter resultados para casos em que o material de construção do armário seja alterado. A utilização de materiais com diferentes propriedades térmicas leva, conseqüentemente, à alteração do desempenho térmico do armário. Este estudo permite quantificar a variação dos valores de temperatura do armário para materiais alternativos, nomeadamente o zinco, fibra de vidro e PVC. As propriedades térmicas dos materiais estudados estão presentes na tabela 2.

Tabela 2 - Materiais estudados e respetivas propriedades

Material	Condutividade térmica (w/m.K)	Calor Específico (J/Kg.K)	Massa volúmica (Kg/m ³)
Alumínio	160	880	2800
Zinco	113	390	7000
Fibra de Vidro	0,036	960	100
PVC	0,170	900	1390

A condutividade térmica e o calor específico são grandezas que neste caso não influenciam os resultados deste caso de forma muito significativa, devido à baixa espessura do material (1 mm) e conseqüente massa também baixa.

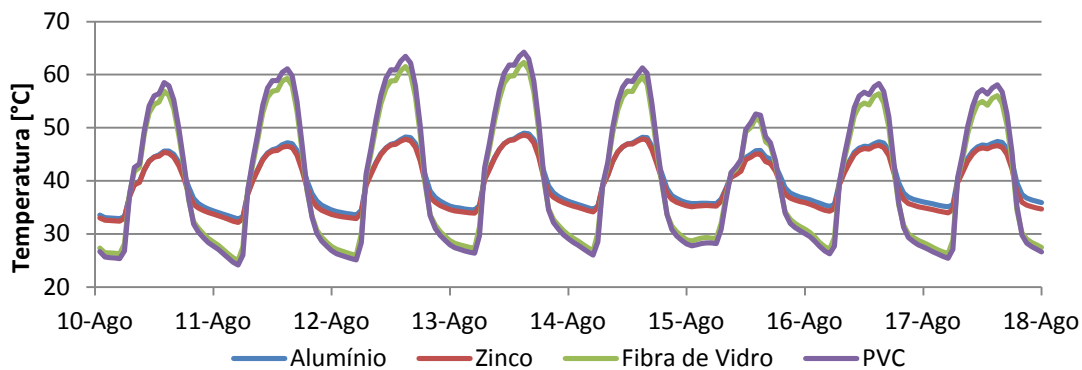


Figura 6 - Valores de temperatura no interior do armário em função do material construtivo

O alumínio e o zinco permitem obter uma menor flutuação nos valores de temperatura, atingindo valores menores durante o dia e valores superiores durante a noite. Este comportamento deve-se ao facto da absorvidade para comprimentos de onda mais elevados ser superior na fibra de vidro e PVC. A construção do armário em metal, dentro dos casos estudados, mostra-se mais proveitoso devido aos valores de temperatura máxima atingidos serem inferiores.

3.3 Variação da potência térmica dissipada, sem ventilação

A potência dissipada pelos equipamentos presentes no interior do armário é um dos fatores mais relevantes para a variação de temperatura no interior do armário, pretende-se portanto estudar a relação entre a potência dissipada e a temperatura no interior do armário. Foram efetuadas simulações para potências entre 100 W e 400 W, com intervalos de 100 W, a potência dissipada é constante. Os resultados obtidos estão expostos no gráfico da figura 7, existindo quase uma proporcionalidade direta entre o aumento da temperatura e o aumento da potência dissipada.

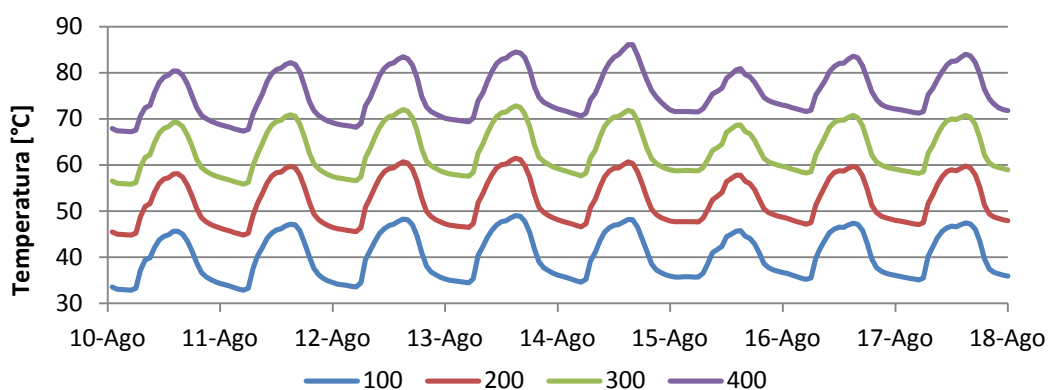


Figura 7 - Valores de temperatura no interior do armário em função da potência dissipada

Para uma potência térmica de 100 W verifica-se que o armário tem a capacidade de dissipar o calor a uma taxa suficiente alta para garantir uma temperatura inferior a 55 °C, mesmo com a ausência de ventilação forçada. Para as restantes potências estudadas seria necessário que o sistema de ventilação entrasse em funcionamento de modo a garantir que a temperatura do ar não exceda os 55 °C, porém é necessário estudar cada caso para definir o caudal mínimo necessário para cada potência.

3.4 Variação da potência térmica dissipada, com ventilação (100 m³/h)

A ventilação neste género de armário entra em funcionamento quando um sensor de temperatura deteta um valor que é definido manualmente. Os ventiladores funcionam em regime de caudal permanente, num sistema ligado/desligado. O armário não consegue manter a temperatura a um nível aceitável se a potência dissipada no seu interior for elevada e a ventilação estiver desligada. A ventilação forçada vai permitir elevar de forma considerável o calor dissipado pelos equipamentos, sem por em causa a manutenção de uma temperatura admissível. Este estudo visa examinar a relação entre a temperatura no interior do armário e a potência térmica dissipada pelos equipamentos, quando a ventilação está ligada, permitindo definir uma potência máxima segura para a energia calorífica a dissipar no armário.

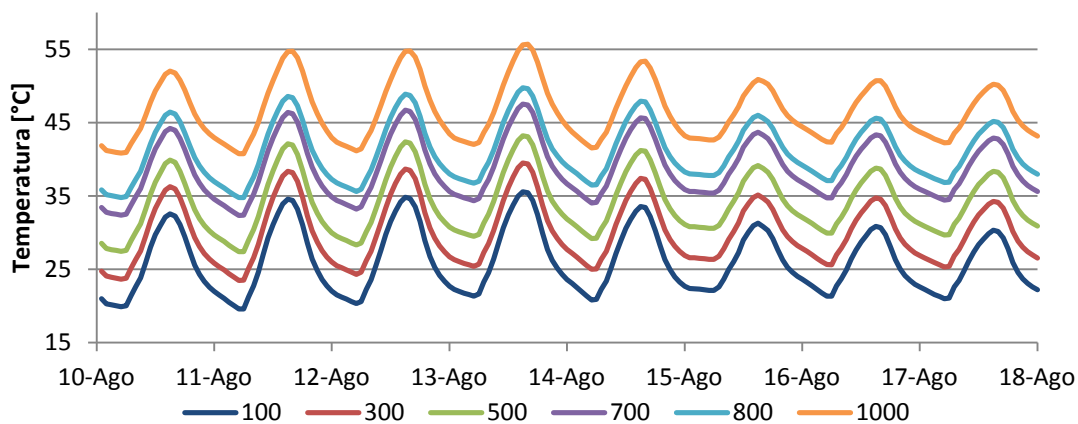


Figura 8 - Valores de temperatura no interior do armário em função da potência dissipada, com caudal de 100 m³/h

Pelo que se pode observar no gráfico da Figura 8 para uma potência de 800 W a temperatura máxima atingida ronda os 50 °C e para uma potência de 1000 W alcança um valor superior a 55 °C. Para o caso em que o caudal de ventilação seja igual a 100 m³/h o valor dissipada no interior do armário poderá chegar a 800 W, ou valores mais baixos elevando a margem de segurança. Caso os valores de energia dissipada sejam muito inferior o sistema de ventilação estará sobredimensionado.

3.5 Variação de caudal de ventilação para potencia térmica dissipada de 100W

Quando a taxa de dissipação de calor do armário não é suficiente elevada para manter o seu interior com valores de temperaturas aceitáveis é necessário recorrer à ventilação forçada. As características do escoamento proporcionado pelos ventiladores têm influência na quantidade de energia térmica que é retirada do interior do armário por unidade de tempo. Este estudo pretende examinar a influência do valor do caudal na variação da temperatura no interior do armário.

Um bom dimensionamento do sistema de ventilação permite a instalação de equipamento adequado sem pôr em causa o correto controlo de temperatura, permitindo evitar a utilização de equipamentos sobredimensionados que poderiam elevar os custos de aquisição e funcionamento ou casos de subdimensionamento que poderiam não atingir a taxa de remoção de energia térmica necessária.

É expectável que a partir de um determinado valor de caudal a temperatura não diminua mais, alcançando um valor de temperatura próximo da temperatura exterior. Para alcançar valores de temperatura inferiores à temperatura exterior seria necessária a instalação de um sistema de refrigeração.

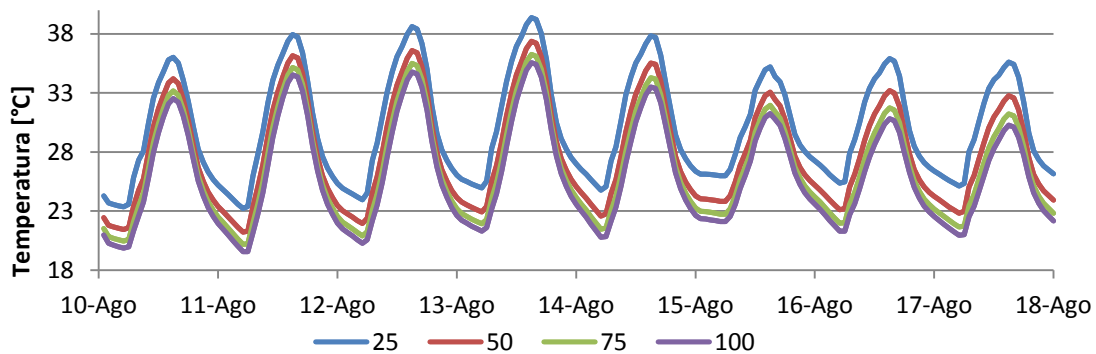


Figura 9 - Valores de temperatura no interior do armário em função do caudal

A diferença de temperatura máxima verificada para períodos equivalentes está compreendida entre, aproximadamente, 3 °C e 5 °C. É portanto, necessário quadruplicar o caudal para obter uma diminuição da temperatura a rondar os 4 °C. A diminuição de temperatura alcançada entre o caudal de 25 m³/h e de 50 m³/h é a mais elevada, a cada incremento de caudal imposto verifica-se que a minoração de temperatura atingida é cada vez menor. Na comparação entre os caudais de 75 m³/h e 100 m³/h a diferença de temperatura já se faz notar pouco, significando que a partir deste valor de caudal o seu aumento não traz benefício para o controlo de temperatura, pois a temperatura interior iguala a exterior.

4. Conclusões

A utilização do *DesingBuilder* mostrou-se muito eficaz para a caracterização do desempenho térmico do armário de telecomunicações, permitindo obter informações importantes para uma melhor gestão térmica do equipamento.

Entre os materiais estudados, os metálicos mostram uma menor flutuação nos valores de temperatura, sendo melhor opção que os não metálicos que apresentam valores de temperatura nos períodos diurnos muito superiores. Os resultados obtidos permitem ainda compreender como varia a temperatura no interior do armário em função da energia calorífica dissipada pelos equipamentos de telecomunicações e da ventilação do armário, em casos específicos.

O estudo térmico de armários de telecomunicações com recurso a *software* de simulação permite obter resultados de forma mais célere do que em estudos experimentais, podendo levar a uma otimização da forma como são utilizados estes equipamentos.

REFERÊNCIAS

- [1] Ericsson, "ERICSSON MOBILITY REPORT," 2014.
- [2] Y. Chen, Y. Zhang and Q. Meng, "Study of ventilation cooling technology for telecommunication base stations:," *Energy and Buildings*, pp. 212-218, 2012.
- [3] M. Ahmadi, A. Gholami, M. Bahrami and K. Lau, "Passive Cooling of Outside Plant Power Systems, a Green Solution to Reduce Energy Consumption," 2014.
- [4] L. Yeh, "Review of heat transfer technologies in electronic equipment," *Journal of Electronic Packaging*, vol. 117, pp. 333-339, 1996.
- [5] E. M. Alawadhi, C. H. Amon, "PCM Thermal Control Unit for Portable Electronic Devices: Experimental and Numerical Studies," *IEEE Transactions on Components and Packaging Technologies*, vol. 26, pp. 116-125, 2003.