

QUALIDADE DO AR POR RENOVAÇÃO DO AR POR CONTROLO CONTÍNUO DE CO₂ VERSUS INJEÇÃO CONTÍNUA DE AR NOVO: CONSUMOS ENERGÉTICOS ASSOCIADOS E BENEFÍCIOS

AIR QUALITY FOR AIR RENEWAL BY CONTINUOUS CO₂ CONTROL VERSUS CONTINUOUS NEW AIR INJECTION: ASSOCIATED ENERGY CONSUMPTION AND BENEFITS

Clito Afonso¹, Rui Gonçalves¹

¹Department of Mechanical Engineering Portugal (DEMec), University of Porto, Portugal Email: clito@fe.up.pt

RESUMO

O objectivo deste trabalho é o de realizar uma análise das vantagens e poupanças de energia eléctrica nos ventiladores de UTA's (unidades de tratamento de ar) quando se compara os caudais de ar novo mínimos regulamentares versus os caudais de ar obtidos por monitorização contínua dos níveis de CO₂ ambiente interiores. Com a eficiência e os custos energeticos a serem cada vez mais procurados, existe uma procura constante pela optimização das instalações de ventilação, custos operacionais e seus desempenhos reais. Na instalação em análise, são considerados dois modos de manutenção de uma elevada qualidade de ar interior: monitorização contínua por sensores dos níveis de CO₂, implicando taxas de renovações horárias variáveis de acordo com a degradação da qualidade do ar interior, e outra pela aplicação direta dos caudais ar novo. São claramente visíveis as vantagens do sistema de monitorização contínua da qualidade do ar pois permite uma clara diminuição das horas de funcionamento dos equipamentos, nomeadamente das UTA's. Foi também analisada, a nível ecológico, as emissões evitadas de dióxido de carbono para a atmosfera quando na instalação em questão se opta pelo sistema de monitorização contínua da qualidade do ar.

Palavras chave: Ar novo regulamentar, ar novo variável, emissões de CO₂.

ABSTRACT

The objective of this work is to perform an analysis of the advantages and savings of electric energy in the ventilators of UTA's (air treatment units) when comparing the new airflows due to legislation versus air flow rates obtained by continuous monitoring of the air indoor CO₂ levels. With the efficiency and energy costs being increasingly sought, there is a constant search for optimization of ventilation facilities, operating costs and their actual performances. In the installation under analysis, two modes of high indoor air quality maintenance are considered: continuous monitoring by CO₂ level sensors, involving variable hourly renewal rates according to the degradation of indoor air quality, and another by direct application of the new air flows. The advantages of the continuous air quality monitoring system are clearly visible since it allows a clear reduction in the hours of operation of the equipment, namely the UTA's. The avoided emissions of carbon dioxide to the atmosphere were also analysed ecologically when the installation in question opts for the continuous air quality monitoring system.

1. INTRODUÇÃO

Desde o princípio do século passado, que tem havido um crescimento abundante das necessidades energéticas. Até recentemente

essas necessidades têm sido suprimidas recorrendo principalmente aos combustíveis fósseis como o carvão ou o petróleo. Hoje em dia já existe uma maior preocupação

económica e ambiental relativamente à produção energia elétrica. Isto originou uma procura cada vez maior pela redução de custos utilização de energia elétrica, principalmente em grandes edifícios.

Segundo o WBCSD (World Business Council for Sustainable Development) os edifícios contribuem com cerca de 40% do consumo de energia primária dos países abrangidos pelo seu estudo [1]. E se a utilização da energia em edifícios como na China e Índia aumentar para os níveis atuais dos EUA, o consumo destes dois países poderá ser entre 4 a 7 vezes superior do que é hoje. Trata-se de um aumento significativo da utilização de energia.

Devido a estes dados preocupantes, está-se a tentar implementar a construção de edifícios cada vez mais autossustentáveis, e a reconversão dos edifícios já existentes em edifícios mais económicos energeticamente.

De acordo com a realidade portuguesa existem por lei duas opções no que toca à manutenção da qualidade do ar que estão presentes no decreto de lei 79/2006, [2]. Estas são a injeção contínua de ar novo que consiste numa ventilação contínua do espaço partindo do princípio que a lotação no espaço em qualquer momento é sempre a máxima, e o controlo dos níveis de CO₂ para que estes não excedam o limite máximo legal. Porém, na maioria dos casos, a ocupação média do edifício nunca se aproxima do valor máximo para o qual o edifício preparado. Assim sendo, faz da injeção de caudais de ar novo constantes a estratégia de ventilação mais dispendiosa de todas. E dá-se ainda o caso o caso da ventilação estar já sobredimensionada por questões de segurança (relativamente à ocupação máxima), o que faz com que de acordo com a realidade, o sobredimensionamento seja ainda superior. O controlo pelo dióxido de carbono é assim uma tecnologia viável que permite medir e controlar o ar ventilado para um edifício baseando-se na ocupação real e assegurando os níveis de ventilação adequados que permitam manter uma boa qualidade do ar, [3].

Apesar de haver bastantes edifícios que ainda têm uma instalação AVAC (aqueci-

mento, ventilação e ar condicionado) que funciona por injeção contínua de ar novo, existe uma tendência para a conversão para um controlo por níveis de CO₂ pois a grande maioria dos edifícios não têm a sua lotação esgotada durante a totalidade do seu horário de funcionamento.

Um estudo da AIR Test, [3], concluiu que se for combinada uma estratégia economizadora com o uso de sensores de CO₂, é possível obter reduções de consumo de uma instalação de AVAC, entre os 30% e mais de 80%, sendo que estes resultados variam de acordo com o tipo de edifício e com a instalação existente. De forma similar se afirma que caso a manutenção da qualidade do ar interior de um edifício seja efetuada por controlo do dióxido de carbono, é possível obter reduções promissoras nos consumos elétricos da instalação de ventilação, [4]. Esta redução é mais evidente em edifícios que tenham uma grande variação de ocupação ao longo do seu horário de funcionamento. É o caso de estudo do edifício alvo no presente trabalho em que a ocupação varia bastante ao longo do dia, [5].

O objetivo deste trabalho foi demonstrar que se for efetuado uma monitorização contínua da qualidade do ar através de sensores de CO₂ é possível reduzir bastante aos custos energéticos da instalação, pois existe uma redução acentuada do número de horas de funcionamento dos equipamentos.

A questão ambiental também vai ser alvo de uma focalização, ao ser abordada a quantidade de CO₂ que não é emitido para a atmosfera, derivado da poupança de energia elétrica dos ventiladores das UTA's efetuada ao submeter a instalação a um controlo da qualidade do ar por CO₂.

Neste trabalho foi apenas focado a monitorização contínua dos níveis de CO₂ vs consumo elétrico dos ventiladores das UTA's, tendo, portanto, sido já deslastrado dos dados obtidos (a nível de horas de funcionamento e consumo dos equipamentos) o controlo por temperatura. Todos os dados utilizados são apenas relativos ao acionamento dos ventiladores das UTA's através do controlo pelo dióxido de carbono.

2. REGULAMENTAÇÃO

O Decreto Lei de 79/2006, [2] de 4 de abril representa uma revisão ao RSECE (Regulamento dos Sistemas Energéticos de Climatização em Edifícios).

O RSECE foi primeiramente aprovado pelo Decreto de Lei nº118/98 de 7 de maio, [6]. O objetivo deste regulamento era introduzir certas medidas de racionalização e de limitação de potências dos sistemas AVAC de modo a evitar o sobredimensionamento das instalações, originando uma superior eficiência energética.

Por altura dos meados da década de noventa do século passado começou a existir um crescimento acentuado da procura de instalações de climatização. Este acontecimento foi derivado da melhoria da qualidade de vida das populações e do seu crescente grau de exigência de conforto, pois tratava-se de uma época em que havia prosperidade e ainda não se falavam nem sentiam efeitos de uma crise mundial. Esta procura por equipamentos de climatização aconteceu desde os meios mais familiares e pequenos serviços até a edifícios de grandes dimensões.

Esta procura acentuada resultou num elevado crescimento dos consumos de energia dos edifícios. Isto deu origem a que o setor dos edifícios tivesse a maior taxa de crescimento dos consumos energéticos de todos os setores, com valores a rondar os 12% por ano [2].

Também os programas contra as alterações climáticas tiveram influência numa procura pela redução dos consumos energéticos. Portugal, honrando compromissos para com o Protocolo de Quioto assumiu então responsabilidades no controlo da emissão de gases de estufa. Assim sendo, por mais uma razão, passou a ser importante o controlo da utilização de energia nos edifícios na procura de se obter uma melhor eficiência. Esta foi uma maneira de cortar nos consumos energéticos do setor dos edifícios e que fez parte de um esforço efetuado por todos os setores consumidores de energia.

Após estes acontecimentos, e através da publicação da Diretiva nº2002/91/CE, [7], a União Europeia impôs a todos os Estados

Membros a aplicação e atualização de uma regulamentação que permitisse reduzir os consumos energéticos das instalações de climatização. Estas regras seriam para aplicar em edifícios novos e em edifícios que sofressem uma requalificação.

Neste trabalho já se falou e ainda se vai falar no termo Eficácia de Ventilação. É por isso importante deixar aqui a definição deste termo à luz da legislação. eficácia de ventilação: razão entre o caudal de ar novo que é insuflado ou entra num dado espaço e o caudal de ar novo que chega efetivamente à zona ocupada desse espaço, definida como o volume correspondente à área útil até um pé-direito útil de 2 metros.

Este Decreto de Lei é bastante vasto e abrange variadíssimas áreas. Vai-se por isso focar agora na secção do decreto com mais interesse para este trabalho. A secção mais revelante é o Artigo 29º “Requisitos da qualidade do ar”. De acordo com o ponto nº1 do artigo em questão, aquando da projeção de novos edifícios que contemplem um sistema de climatização com ventilação mecânica abrangidos pelo presente Regulamento, devem cumprir certos caudais mínimos de ar novo que estão presentes no anexo VI da legislação aqui em análise. Na Tabela 1 apresentam-se esses caudais mínimos de acordo com o tipo de edifício em questão.

O ponto 8 do mesmo artigo é também de interesse para este estudo uma vez que menciona que no anexo VII da legislação em estudo se encontram as concentrações máximas de referência de poluentes no interior de um edifício [2]. Na Tabela 2 apresentam-se as concentrações máximas permitidas de poluentes no interior de um edifício, presentes no decreto de lei em análise e também na Nota Técnica NT-SCE-02 “Metodologia para auditorias periódicas de QAI (qualidade de ar interior) em edifícios de serviços existentes no âmbito do RSECE”.

De salientar que na Tabela 2 os valores de concentração em ppm dos poluentes gasosos como o CO₂ referem-se à temperatura de 20°C e à pressão de 1atm (101,325 kPa) [8].

Tabela 1 – Caudais mínimos de ar novo.

ANEXO VI
Caudais mínimos de ar novo

Tipo de actividade		Caudais mínimos de ar novo	
		m ³ /(h.ocupante)	m ³ /(h.m ²)
Residencial	Salas de estar e quartos	30	
Comercial	Salas de espera	30	5
	Lojas de comércio		5
	Áreas de armazenamento		10
	Vestiários	30	5
	Supermercados		
Serviços de refeições	Salas de refeições	35	
	Cafetarias	35	35
	Bares, salas de <i>cocktail</i>	35	35
	Sala de preparação de refeições	30	
Empreendimentos turísticos	Quartos / suites	30	
	Corredores / átrios		5
Entretenimento	Corredores / átrios		5
	Auditório	30	
	Zona de palco, estúdios	30	
	Café / foyer	35	35
	Piscinas		10
	Ginásio	35	
Serviços	Gabinetes	35	5
	Salas de conferências	35	20
	Salas de assembleia	30	20
	Salas de desenho	30	
	Consultórios médicos	35	
	Salas de recepção	30	15
	Salas de computador	30	
	Elevadores		15
Escolas	Salas de aula	30	
	Laboratórios	35	
	Auditórios	30	
	Bibliotecas	30	
	Bares	35	
Hospitais	Quartos	45	
	Áreas de recuperação	30	
	Áreas de terapia	30	

3. INSTALAÇÃO E METODOLOGIA

A instalação AVAC em questão pertence a um grande edifício com finalidade recreativa e com capacidade para cerca de 15000 pessoas.

Em estudo estarão apenas os dois pisos de acesso ao público. No caso da instalação em questão, foram analisadas 11 UTA's relativas aos dois pisos de acesso ao público do edifício em questão. O tipo de ventiladores presentes nesta instalação é igual em todas as UTA's. São ventiladores centrífugos de transmissão indireta por correias. Apenas varia o modelo e a potência de cada um deles.

O objetivo desta instalação é o de promover todas as condições de conforto e segurança inerentes à utilização dos diversos espaços que constituem a edificação, o que contempla, entre outros, os seguintes tópicos:

- o aquecimento, arrefecimento ambiente e ventilação das zonas comuns do edifício de serviços, nomeadamente, da zona dos Mall (corredores públicos), espaço do edifício em si entre as divisões, e dos espaços adjacentes a este;
- o fornecimento da energia térmica necessária para o arrefecimento e aquecimento

Tabela 2 – Concentrações máximas de referência de poluentes.

Tipo	Parâmetros	Concentração máxima de referência	
		mg/m ³	ppm
Físico-Químicos	Partículas suspensas no ar (PM10)	0,15	-
	Dióxido de Carbono (CO ₂)	1800	984
	Monóxido de Carbono (CO)	12,5	10,7
	Ozono (O ₃)	0,2	0,10
	Formaldeído (HCHO)	0,1	0,08
	Compostos Orgânicos Voláteis Totais (COV _{totais})	0,6	0,26 (isobutileno) 0,16 (tolueno)
	Radão	400 Bq/ m ³	
Microbiológicos	Bactérias	500 UFC/ m ³	
	Fungos	500 UFC/ m ³	
	Legionella	100 UFC/L água	

ambiente e a ventilação dos compartimentos com área superior a 1000m². No caso de a instalação estar a funcionar por injeção de ar novo, as taxas de ventilação e renovação de ar necessárias têm por base o Regulamento dos Sistemas energéticos de Climatização em Edifícios (decreto de lei 79/2006) sendo estas:

- 1) 30m³/h/pessoa de caudal de ar novo para a zona da alimentação;
- 2) 5m³/h/m² de caudal de ar novo para a restante instalação.

No caso de a instalação estar a funcionar através de controlo por CO₂, o nível máximo permitido por lei [3] são 984 ppm de CO₂. De modo a não atingir estes valores e a proporcionar um nível elevado de conforto, os sensores de CO₂ estão programados para ativar os ventiladores assim que os níveis deste gás atingirem os 800ppm e desligar os ventiladores assim que os valores descerem aos 700ppm de CO₂. Segundo a ASHRAE, no interior de um edifício os valores de dióxido de carbono devem ser no máximo de 650 ppm superiores ao exterior. Segundo a mesma organização, os valores médios no exterior (dependendo da zona em questão) variam entre 380 ppm e os 500 ppm. Assim

sendo, a AHRAE não recomenda valores superiores a 1030 ppm no interior dos espaços, [6]. Sendo que no exterior do edifício a concentração máxima de dióxido de carbono oscila entre os 400 ppm e os 450 ppm, a opção de fixar os valores de *set point* para os 800 ppm (ligar) e os 700 ppm (desligar) está em sintonia com os valores da ASHRAE.

No entanto, para a instalação estar de acordo com a legislação em vigor, o equipamento instalado tem que ter a capacidade de cumprir os valores de injeção de ar novo previstos legalmente, que estão indicados em cima.

Sendo que este trabalho incide sobre os ventiladores, é ao sistema que inclui os ventiladores e respetivos sensores que se irá dar uma atenção mais pormenorizada.

A climatização e renovação do ar das circulações normalmente designadas por Mall é garantida por unidades de tratamento de ar definidas por forma a permitir satisfazer as necessidades calculadas para as zonas a elas adstritas. Estas unidades de tratamento de ar podem estar em funcionamento de duas maneiras, como já foi dito, por injeção de ar novo ou por controlo por temperatura e CO₂. Quando

estão em funcionamento por controlo de temperatura e CO₂, as UTA's são controladas por uma rede de 38 sensores que têm a capacidade de medir a temperatura e a concentração de CO₂ presente no ar, [8, 9]. Estes sensores estão espalhados pelos dois pisos em estudo da instalação. Sendo que existem 14 sensores no piso 0, dos quais 6 são usados como sensores de CO₂ e temperatura, os restantes 8 são utilizados apenas como sensores de temperatura. Quanto ao piso 1, existem 24 sensores sendo que 10 são usados para o controlo de temperatura e CO₂ e os restantes 14 são usados apenas para o controlo de temperatura.

Aquando do funcionamento de uma instalação por controlo por CO₂, para além dos sensores do dióxido de carbono existem também sensores de temperatura para manter a temperatura do espaço o mais próximo possível da temperatura de conforto. A atuação das UTA's é, portanto, efetuada por CO₂ e/ou por temperatura.

Os caudais de renovação de ar dos espaços tratados são variáveis a partir do mínimo definido, adaptando-se automaticamente em função da relação entre as condições interiores e exteriores verificadas em dado momento, isto é, em função da qualidade do ar interior.

Tal como referido, este trabalho irá focar-se no consumo elétrico dos ventiladores das UTA's associadas aos espaços Mall aquando do seu acionamento devido a níveis considerados desadequados de CO₂ vs injeção de ar novo, tendo por isso sendo já deslastrados dos dados (horas de funcionamento e consumos), o acionamento dos ventiladores por temperatura. O facto de ser efetuado este tipo de controlo também permite não só uma redução dos consumos elétricos dos ventiladores das UTA's, mas também das baterias de aquecimento e arrefecimento. Isto porque se a instalação estiver a funcionar com injeção de ar novo, caso a temperatura exterior seja superior/inferior à temperatura definida como de conforto, o ar vai necessitar constantemente de ser aquecido/arrefecido.

4. RESULTADOS

Para a obtenção de resultados, foram considerados períodos de 3 dias cada, um chamado período ameno, um período pico quente e um período pico frio. Foi tomada esta decisão de modo a retratar-se os extremos da instalação e um período de equilíbrio.

Para cada um dos 3 períodos foi feita uma comparação do consumo elétricos dos ventiladores das UTA's em funcionamento por controlo de CO₂ (curva Consumo Real Período), e em funcionamento por injeção de ar novo (curva Consumo Ar Novo).

Foi ainda efetuada uma estimativa do valor de CO₂ que não é emitido caso se opte pelo sistema de controlo da qualidade de ar interior por controlo de CO₂.

1 Período Ameno

Para o período de três dias com uma temperatura amena, foi escolhido um período em que a temperatura média durante as horas de funcionamento da instalação rondou os 23°C, uma temperatura considerada de conforto.

Os dados relativamente aos consumos obtidos estão representados na Tabela 3. A primeira coluna concerne à energia elétrica consumida pelos ventiladores através do controlo do dióxido de carbono e a segunda pela injeção de ar novo. A terceira coluna respeita à poupança de energia elétrica obtida.

Pela análise dos dados obtidos é possível observar que existe de fato uma poupança de energia elétrica caso se opte pelo controlo por CO₂.

Após o tratamento dos dados, foi possível obter o gráfico representado na Figura 1.

2 Período Pico Quente

Para o período de 3 dias com uma temperatura quente, foi escolhido um período em que a temperatura média durante as horas de funcionamento da instalação rondou os 27°C, uma temperatura que pode ser já considerada elevada dada a localização geográfica da instalação.

Tabela 3 – Tabela de consumos relativos ao Período Ameno.

UTA	Consumo Período (kW)	Consumo Ar Novo (kW)	Poupança energética (%)
UTA P0 Mall E	225	877,50	74,36
UTA P0 Mall S	359	1579,50	77,27
UTA P0 Mall W	372,50	1579,50	76,42
UTA P1 Mall E1	480	799,50	39,96
UTA P1 Mall E2	708	1150,50	38,46
UTA P1 Mall E3	776	1891	58,97
UTA P1 Mall N	516	702	26,50
UTA P1 Mall S	542	1150,50	52,89
UTA P1 Mall W1	462	643,50	28,21
UTA P1 Mall W2	313	1014	69,13
UTA P1 Mall W3	804	1306,50	38,46

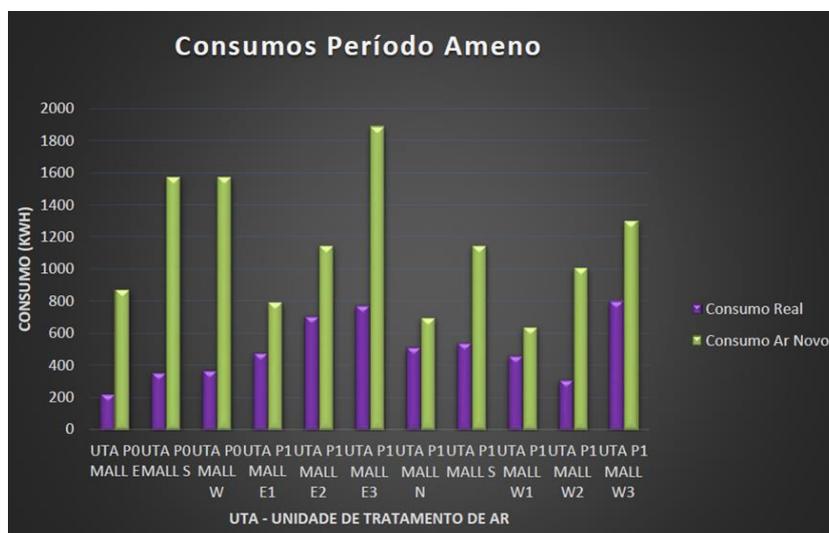


Fig 1 – Gráfico relativo aos consumos energéticos do Período Ameno.

Os dados relativamente ao consumo obtidos foram estão representados na Tabela 4.

De salientar que a energia elétrica consu-

mida pelos ventiladores na situação de injeção de ar novo é a mesma que no período ameno já que, nesta situação, a injeção con-

Tabela 4 – Tabela de consumos relativos ao Período Pico Quente.

UTA	Consumo Período (kW)	Consumo Ar Novo (kW)	Poupança energética (%)
UTA P0 Mall E	336,40	877,50	61,67
UTA P0 Mall S	468,50	1579,50	70,34
UTA P0 Mall W	945,30	1579,50	40,15
UTA P1 Mall E1	743,60	799,50	6,99
UTA P1 Mall E2	1048,8	1150,50	8,84
UTA P1 Mall E3	662,50	1891	64,97
UTA P1 Mall N	624,1	702	11,10
UTA P1 Mall S	638,60	1150,50	44,49
UTA P1 Mall W1	598,80	643,50	6,94
UTA P1 Mall W2	743,20	1014	26,71
UTA P1 Mall W3	784,20	1306,50	39,98

tínua de ar novo consiste numa ventilação contínua do espaço partindo do princípio que a lotação no espaço em qualquer momento é sempre a máxima.

De acordo com os dados obtidos, é possível observar que existe de facto uma poupança energética caso se opte pelo controlo por CO₂.

Após o tratamento dos dados, foi possível obter o gráfico representado na Figura 2.

3 Período Pico Frio

Para o período de 3 dias com uma temperatura fria, foi escolhido um período em que a temperatura média durante as horas de funcionamento da instalação rondou os 7°C, uma temperatura que pode ser já considerada baixa.

Os dados relativamente ao consumo obtidos estão indicados na Tabela 5.

Tal como já aconteceu nos períodos quente e ameno, também no período frio existiu uma poupança energética significativa ao optar-se pelo controlo por CO₂.

Após o tratamento dos dados, foi possível obter o gráfico representado na Figura 3.

Tendo já analisado os três períodos em questão, é possível fazer algumas comparações e discutir certos padrões.

Convém antes de começar uma análise mais detalhada deixar esclarecido que as curvas do Consumo ar novo são iguais nos

três períodos analisados, isto porque tal como já foi dito, quando a instalação está a funcionar por injeção de ar novo os ventiladores das UTA's estão permanentemente ligados durante o horário de funcionamento do edifício de serviços de modo a cumprir os requisitos da legislação em vigor [2]. Portanto nos três períodos de funcionamento, quando a instalação funciona por injeção de ar novo, o número de horas de funcionamento dos ventiladores são as mesmas pois o horário de funcionamento do edifício é sempre o mesmo durante o ano.

Primeiramente foi possível observar que no Período Ameno e no Período Quente, as barras do Consumo Real Período dos ventiladores das UTA's P1 MALL E1, P1 MALL E2, P1 MALL N e P1 MALL W1 aproxima-se bastante das barras de Consumo ar novo o que indica que os ventiladores, apesar de estarem a ser ativados pelos níveis de CO₂, funcionaram bastantes horas dentro do horário do edifício. Isto aconteceu devido à fraca capacidade de ventilação das zonas afetadas a estas UTA's. Esta fraca capacidade de ventilação deve-se a um problema a nível arquitetónico e que não é viável a sua resolução, a não ser com o funcionamento dos ventiladores destas UTA's por um número de horas superior ao que seria de esperar.

De salientar que este facto não se repete no Período Frio, onde a barra do Consumo

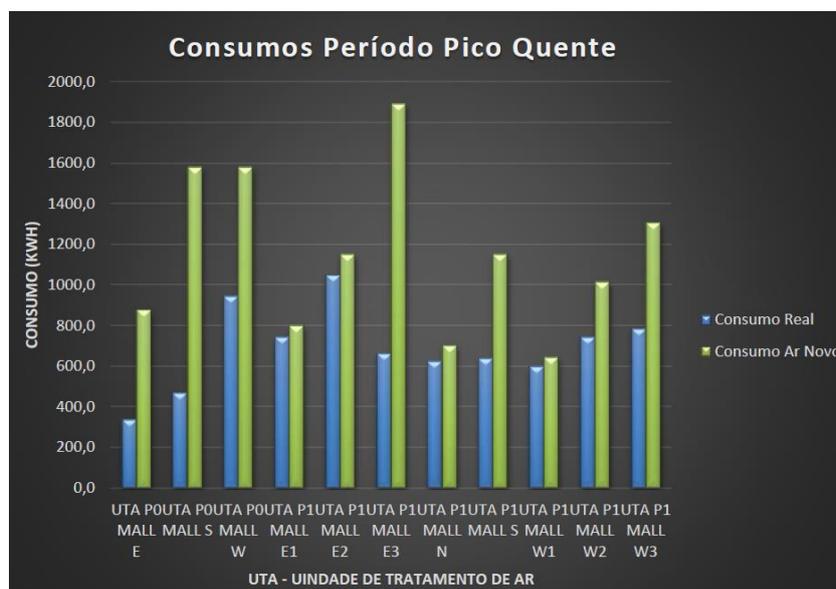


Fig 2 – Gráfico relativo aos consumos energéticos do Período Pico Quente.

Tabela 5 – Tabela de consumos relativos ao Período Pico frio.

UTA	Consumo Período (kW)	Consumo Ar Novo (kW)	Poupança energética (%)
UTA P0 Mall E	189,50	877,50	78,41
UTA P0 Mall S	372,60	1579,50	76,41
UTA P0 Mall W	1055,10	1579,50	33,20
UTA P1 Mall E1	97,10	799,50	87,85
UTA P1 Mall E2	87,60	1150,50	92,38
UTA P1 Mall E3	123,90	1891	93,44
UTA P1 Mall N	439,60	702	37,38
UTA P1 Mall S	156,30	1150,50	86,41
UTA P1 Mall W1	78,20	643,50	87,85
UTA P1 Mall W2	52,10	1014	94,86
UTA P1 Mall W3	158,70	1306,50	87,86



Fig 3 – Gráfico relativo aos consumos energéticos do Período Pico Frio.

Real dos ventiladores das UTA's apenas se aproxima da barra de Consumo Ar Novo nas UTA's P0 MALL W e P1 MALL N. Esta diferença bastante elevada de consumo é devido à fraca afluência de pessoas ao edifício de serviços no período mais frio. Durante o Inverno, este edifício tem uma menor afluência de pessoas do que nos períodos ameno e quente devido a uma série de fatores. Assim sendo, existe uma poupança de energia elétrica bastante considerável, pois como no edifício em questão apenas as pessoas emitem CO₂, havendo uma fraca afluência, os ventiladores das UTA's trabalham muito pouco. O que relativamente à ventilação por injeção de ar novo dá origem a uma poupança elevada, mesmo nos Períodos Quente e Ameno. Pois nestes últimos dois

apenas os ventiladores de algumas UTA's apresentam um consumo semelhante nos dois métodos de ventilação existentes (injeção de ar novo e controlo por CO₂), sendo que os restantes apresentam consumos energéticos bastante inferiores quando a instalação funciona em controlo por CO₂.

5. MONITORIZAÇÃO CONTÍNUA DA QUALIDADE DO AR vs BENEFÍCIOS AMBIENTAIS

Nos dias que correm, tal como a redução de custos e consumos energéticos, a questão ambiental também é de grande importância quando da análise e projeção de uma instalação como a que está em estudo. Foi, portanto, pertinente fazer uma comparação, em termos ambientais, dos dois métodos de

controlo de uma instalação AVAC que são mencionados neste trabalho, o controlo por injeção de caudais de ar novo constantes e o controlo por níveis de CO₂.

Para cada um dos três períodos em análise, foram calculadas a quantidade de CO₂ emitido para atmosfera (derivado do consumo elétrico dos ventiladores) aquando do funcionamento da instalação por injeção de caudais de ar novo constantes e aquando do funcionamento desta por controlo de níveis de CO₂. Desta maneira foi possível obter um gráfico onde se pode constatar a diferença de emissões deste gás poluente que existe entre estes dois modos de funcionamento da instalação.

De modo a calcular a quantidade de polu-

ente emitido, considerou-se que o fator de emissão associado ao consumo de eletricidade é de 0,47kgCO₂e/kWh, [10].

Nas Tabelas 6, 7 e 8 mostram-se respetivamente os valores das emissões para os dois casos de funcionamento da instalação, bem como a redução existente nas emissões aquando do funcionamento da instalação por controlo de níveis de CO₂ relativamente ao Período Ameno, Período Quente e Frio. Com dados obtidos nestas três últimas tabelas construiu-se um gráfico onde se juntaram as curvas das emissões de ar novo e as emissões por controlo de dióxido de carbono nos três períodos mencionados, Figura 4. De se salientar que a barra correspondente às emissões de ar novo é a mesma para os três períodos, pois quando a

Tabela 6 – Emissões CO₂ no Período Ameno.

UTA	Emissão Ar Novo (kgCO ₂ e)	Emissão Controlo CO ₂ (kgCO ₂ e)	Redução Emissões (%)
UTA P0 MALL E	412,41	105,75	74,36
UTA P0 MALL S	742,37	168,73	77,27
UTA P0 MALL W	742,37	175,08	76,42
UTA P1 MALL E1	375,77	225,60	39,96
UTA P1 MALL E2	540,74	332,76	38,46
UTA P1 MALL E3	889,01	364,72	58,97
UTA P1 MALL N	329,94	242,52	26,50
UTA P1 MALL S	540,77	254,74	52,89
UTA P1 MALL W1	302,45	217,14	28,21
UTA P1 MALL W2	476,58	147,11	69,13
UTA P1 MALL W3	614,06	377,88	38,46

Tabela 7 - Emissões CO₂ no Período Pico Quente.

UTA	Emissão Controlo CO ₂ (kgCO ₂ e)	Redução Emissões (%)
UTA P0 MALL E	158,10	61,67
UTA P0 MALL S	220,19	70,34
UTA P0 MALL W	444,29	40,15
UTA P1 MALL E1	349,49	6,99
UTA P1 MALL E2	492,94	8,84
UTA P1 MALL E3	311,38	64,97
UTA P1 MALL N	293,33	11,10
UTA P1 MALL S	300,15	44,49
UTA P1 MALL W1	281,44	6,95
UTA P1 MALL W2	349,30	26,71
UTA P1 MALL W3	368,57	39,98

Tabela 8 - Emissões CO₂ no Período Pico Frio.

UTA	Emissão Controlo CO ₂ (kgCO ₂ e)	Redução Emissões (%)
UTA P0 MALL E	89,05	78,41
UTA P0 MALL S	175,14	76,41
UTA P0 MALL W	495,91	33,20
UTA P1 MALL E1	45,64	87,85
UTA P1 MALL E2	41,19	92,38
UTA P1 MALL E3	58,26	93,45
UTA P1 MALL N	206,61	37,38
UTA P1 MALL S	73,47	86,41
UTA P1 MALL W1	36,73	87,85
UTA P1 MALL W2	24,49	94,86
UTA P1 MALL W3	74,58	87,85

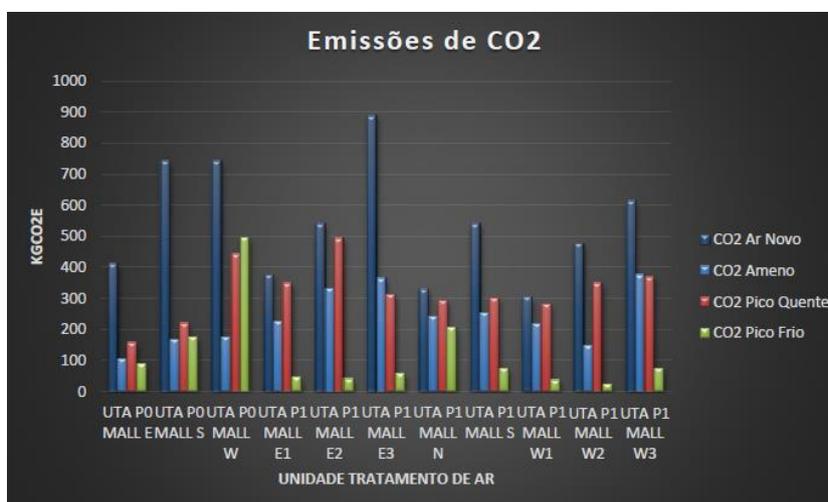


Fig 4 – Comparação de emissões de dióxido de carbono.

instalação está a funcionar por injeção de ar novo constante as UTA´ estão a trabalhar durante o horário total de funcionamento do edifício, que mantém o seu horário ao longo de todo o ano. Outro fato a salientar é que as barras das emissões são idênticas às do consumo de energia elétrica de cada período. Isto prende-se com o fato de que todos os valores do consumo foram multiplicados pelo mesmo fator, o da emissão associado ao consumo de energia elétrica.

Pela análise do gráfico da figura 9, pode concluir-se que, tal como seria espetável, havendo uma redução dos consumos de energia elétrica existe também uma redução das emissões de CO₂ em qualquer dos períodos analisados.

6. CONCLUSÕES

A realização deste trabalho consistiu no estudo dos benefícios, a nível de consumo energético, de uma monitorização contínua da qualidade do ar interior de um edifício de serviços. Foram, portanto, comparados os consumos dos ventiladores das UTA's da instalação AVAC de um edifício de serviços em dois casos distintos de manutenção da qualidade do ar interior. Um dos casos foi a manutenção da qualidade do ar por injeção de ar novo (caudal constante), de acordo com os caudais previstos no decreto de lei 79/2006. O outro caso foi uma manutenção da qualidade do ar interior controlando os níveis de CO₂ de modo a estes estarem

permanentemente abaixo do nível previsto na mesma legislação mencionada em cima

Em primeiro lugar foi possível concluir que, dos três casos analisados, todos apresentam no global, uma redução significativa no consumo elétrico dos ventiladores das UTA's quando a instalação está a funcionar por controlo de CO₂ interior. Isto porque estando a instalação a funcionar por injeção constante de ar novo, os ventiladores das UTA's necessitam de estar a funcionar durante a totalidade do horário de funcionamento do edifício de modo a injetar no interior do edifício os caudais de ar previstos. Por outro lado, se a instalação estiver a funcionar em controlo por CO₂ interior, os ventiladores só estão ativos quando os sensores detetam níveis de CO₂ desadequados. Neste caso, inclusivamente os ventiladores encontram-se a operar a 50% do regime, obtendo-se uma redução de consumo ainda mais significativa.

Relativamente aos três períodos em análise, concluiu-se que o Período Frio foi o que teve maior diminuição de consumo, estando os Períodos Ameno e Quente mais próximos entre si. A causa desta maior diminuição de consumo foi a fraca afluência a este edifício registada nos períodos em que as temperaturas são mais baixas. E se a afluência for fraca, as quantidades de CO₂ emitidas são menores, o que implica um menor número de horas de funcionamento da instalação.

Entre os Períodos Quente e Ameno, o que apresentou uma menor diminuição de consumo foi o Período Quente. A causa para esta constatação, e novamente a afluência de pessoas ao edifício. Sendo que este edifício se caracteriza por ter uma grande afluência durante a altura do ano onde está localizado o Período Quente (Verão), a instalação vai ser obrigada a funcionar durante mais horas pois a quantidade de CO₂ emitida também é superior.

A nível ambiental, como era expectável, ao reduzir os consumos elétricos houve uma redução das emissões de CO₂ em igual percentagem. Pode, portanto, concluir-se que o campo ambiental, é mais uma vantagem a favor da monitorização contínua da qualidade do ar interior por controlo de níveis de CO₂.

REFERÊNCIAS

- [1] - WBCSD; “Fatos e Tendências na Eficiência Energética em Edifícios”, Relatório Síntese.
- [2] - Diário da República; “Decreto de Lei 79/2006 de 4 de maio”, 2006.
- [3] - Air Test; “CO₂ Control reduces Costs for Outside Air Ventilation in Buildings”.
- [4] - Lawrence, Tom; “Demand-Controlled Ventilation and Sustainability”. ASHRAE Journal, 2004.
- [5] - Schell, Mike, Inthout, Dan; “Demand Control Ventilation Using CO₂”; ASHRAE Journal, 2001.
- [6] - <http://www.dgsi.pt/jtca.nsf/170589492546a7fb802575c3004c6d7d/8fe761d888d188658025798e003a4c98>
- [7] - Parlamento Europeu e do Conselho. Diretiva 2002/91/CE de 16 de dezembro. Jornal Oficial das Comunidades Europeias. Bruxelas; 4 de janeiro de 2003; L1/65-L1/71.
- [8] - UNI-TREND Technologies; “Model UT207/208: Operating Manual”, 2007.
- [9] - TAC; “SCR100 Carbon Dioxide Transmitter 0–10 V and Temperature Sensor NTC 1.8/10 kohm”, 2007.
- [10] - Afonso, C., Gonçalves, R. “The Impact of Freecooling in Data Centers”. 6th International Conference on UNTEGRITY-RELIABILITY- FAILURE. Lisboa, 2018.