

# DEFINIÇÃO DE ESTRATÉGIAS DE VENTILAÇÃO NATURAL PARA ASSEGURAR A QUALIDADE DO AR INTERIOR DE UM EDIFÍCIO

Amorim, Diogo<sup>1</sup>, Silva, Sandra<sup>2</sup>, Almeida, Manuela<sup>3\*</sup>

1, 2, 3: Universidade do Minho, Escola de Engenharia, Departamento de Engenharia Civil.  
a46931@alunos.uminho.pt  
sms@civil.uminho.pt  
malmeida@civil.uminho.pt

**PALAVRAS-CHAVE:** Reabilitação, Ventilação Natural, Qualidade do Ar Interior, Conforto Térmico, Eficiência Energética.

## RESUMO

A qualidade do ar interior tem um papel fundamental na saúde, bem-estar e produtividade dos ocupantes dos edifícios. Assim, aquando da realização de um projeto de reabilitação de um edifício é importante assegurar a qualidade do ar interior e não apenas a sua eficiência energética.

O estudo realizado neste trabalho consistiu na definição das estratégias de ventilação necessárias para assegurar a qualidade do ar interior e a eficiência energética de um edifício de serviços localizado no centro histórico de Guimarães aquando da execução do seu projeto de reabilitação. Na primeira fase do estudo foram identificados os principais problemas apresentados pelo edifício no que concerne a qualidade do ar interior e as condições de conforto térmico dos ocupantes. Foram realizadas medições das concentrações de poluentes e das condições de conforto térmico. Adicionalmente foi também avaliada a perceção dos ocupantes do edifício em relação às condições existentes.

Os resultados mostraram que, apesar das condições de conforto térmico serem satisfatórias, as concentrações de poluentes excediam os valores máximos regulamentares, em particular as concentrações de dióxido de carbono.

Uma vez que a qualidade do ar interior pode ser melhorada com o aumento da taxa de fornecimento de ar novo, foram estudadas diferentes estratégias de ventilação natural para o edifício de modo a assegurar as condições de conforto térmico e a qualidade do ar interior, ao mesmo tempo que as necessidades de aquecimento e arrefecimento eram minimizadas. Através da análise do desempenho do edifício, comprovou-se que a qualidade do ambiente interior do edifício poderia ser melhorada com recurso a estratégias de ventilação natural, em particular com a utilização da ventilação noturna. Os resultados demonstraram que anualmente a utilização deste tipo de estratégias permitiria a renovação de ar necessária à manutenção da qualidade do ar interior, mantendo a temperatura interior em níveis satisfatórios e com baixos consumos de energia.

## 1. INTRODUÇÃO

A qualidade do ar tem um papel fundamental na qualidade do ambiente interior dos edifícios, podendo interferir na saúde, bem-estar e produtividade dos ocupantes. Diversos estudos demonstraram que algumas das queixas apresentadas pelos ocupantes a nível da saúde e conforto estão relacionados com as características dos edifícios, sistemas de climatização, do ambiente interior e das atividades praticadas pelos seus ocupantes [1, 2, 3]. Experiências realizadas em alguns países mostraram ainda que a qualidade do ar interior pode ser melhorada com o aumento da taxa de fornecimento de ar novo, beneficiando a produtividade dos ocupantes [4, 5].

A utilização de ventilação natural apresenta-se assim como uma estratégia de baixo custo para a melhoria da qualidade do ar interior (QAI), já que, através da renovação de ar permite controlar os níveis de poluentes no interior dos edifícios. No entanto a sua utilização deve ser limitada de forma a não prejudicar o conforto térmico dos ocupantes, nem aumentar os consumos energéticos do edifício.

As trocas de ar proporcionadas por esta estratégia variam com o clima, o tipo de utilização e uso do edifício. Desta forma não existe uma solução única para um sistema de ventilação natural pelo que é necessário compreender a complexidade destes sistemas e como a estrutura e a envolvente do edifício influenciam o seu desempenho. Para selecionar as estratégias de ventilação natural é necessário estudar as condições do clima local (temperatura, vento e relevo), pois estas influenciam o modo como ocorrem as trocas de ar entre os ambientes interior e exterior, afetando a temperatura ambiente dos compartimentos do edifício, e concilia-las com as características dos vãos envidraçados (orientação, localização e área).

O maior desafio da ventilação natural consiste assim, em como promover a renovação do ar sem provocar grandes alterações na temperatura do ambiente interior. O objetivo do estudo desenvolvido foi avaliar, aquando da realização do projeto de reabilitação, a possibilidade de utilização de estratégias de ventilação natural para melhorar a qualidade do ar interior de um edifício, sem penalizar as condições de conforto térmico dos ocupantes nem aumentar os seus consumos energéticos.

## 2. METODOLOGIA

O edifício estudado é um edifício de serviços com atendimento ao público, sem sistemas de ventilação e com sistemas de climatização do tipo *Split*. No seu interior os ocupantes desempenham trabalhos típicos de escritório. O edifício é do tipo em banda, constituído por dois pisos, com 3 m de pé-direito, orientado a Sudeste. As janelas são de guilhotina, com caixilharia de madeira e vidro simples, as restantes soluções construtivas da envolvente do edifício encontram-se definidas na Tabela 1.

Tabela 1 – Soluções construtivas do edifício em estudo

Parede exterior	Parede interior	Pavimento no solo	Pavimento interior	Cobertura
Granito (30cm) Caixa-de-ar (5cm) Poliestireno expandido (5cm) Tijolo cerâmico (11cm) Reboco tradicional (2cm)	Reboco tradicional (2cm) Tijolo cerâmico (20cm) Reboco tradicional (2cm)	Gravilha Soleira betão (16cm) Poliestireno expandido (8cm) Betonilha (5cm) Soalho madeira (1cm)	Laje aligeirada (25cm) Poliestireno expandido (8cm) Lajeta (5cm) Soalho em madeira (1cm)	Telha cerâmica Poliestireno expandido (8cm) Laje alveolar (20cm) Reboco tradicional (2cm)

Para a realização do estudo foram selecionados os compartimentos onde foram efetuadas as medições da QAI, tendo em conta o tipo de ocupação, volume, orientação e área das aberturas (Figura 1 e Tabela 2). As concentrações dos poluentes químicos medidos foram os definidos na regulamentação em vigor aquando da realização do estudo (Decreto-Lei 79/2006 [6]): dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>); monóxido de carbono (CO); formaldeído (HCHO); partículas suspensas no ar (PM<sub>10</sub>) e ozono (O<sub>3</sub>), seguindo as recomendações da Nota Técnica NT-SCE-02 [7]. Foram também registados os valores da temperatura interior e da humidade relativa, a fim de avaliar o impacte destes parâmetros na perceção da qualidade do ar interior.

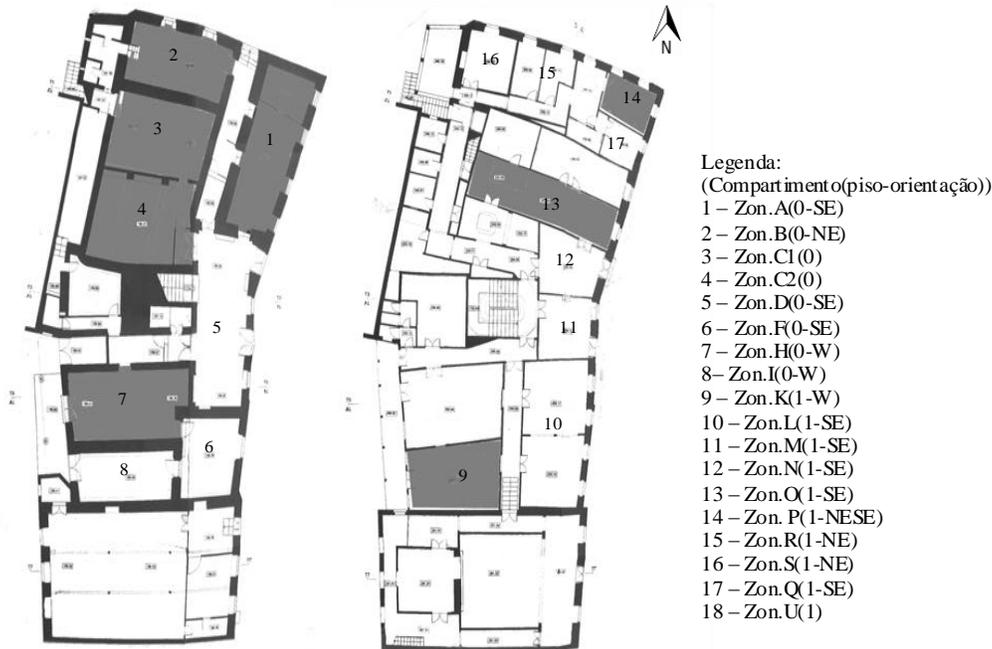


Figura 1 – Planta do edifício com identificação dos compartimentos onde foram realizadas as medições

Tabela 2 – Características dos compartimentos onde foram realizadas as medições

Compartimento	Ocupação	Conteúdo
Zon.A(0-SE)	Cinco ocupantes	Mobiliário em madeira, equipamentos de escritório (8 computadores, 6 impressoras, 1 fax), papéis
Zon.B(0-NE)	Cinco ocupantes	Mobiliário em madeira, equipamentos de escritório (8 computadores, 3 impressoras)
Zon.C1(0)	Sem ocupação	Mobiliário em alumínio (arquivadores e estantes), caixotes de papelão, papel
Zon.C2(0)	Três ocupantes	Mobiliário em madeira, equipamentos de escritório (3 computadores, 2 impressoras)
Zon.H(0-W)	Quatro ocupantes	Mobiliário em madeira, equipamentos de escritório (6 computadores, 3 impressoras), máquina de café
Zon.K(1-W)	Três ocupantes	Mobiliário em madeira, equipamentos de escritório (3 computadores, 2 impressoras), uma carpete
Zon.O(1-SE)	Cinco ocupantes	Mobiliário de madeira, equipamentos de escritório (3 computadores, 2 impressoras)
Zon.P(1-NESE)	Sem ocupação	Mobiliário de madeira, equipamentos de escritório (3 computadores, 2 impressoras)

Foi também administrado um inquérito aos ocupantes dos compartimentos com o intuito de avaliar a sua perceção da qualidade do ambiente interior. O inquérito possui questões relativas ao grau de satisfação dos ocupantes com a temperatura, humidade e salubridade do ar interior (existência de bolores, poeiras no ar, odores etc.), e qual a influência desses parâmetros na sua produtividade.

A análise das estratégias de ventilação natural, definidas para assegurar a taxa de ventilação mínima definida em [6], na temperatura interior e nos consumos energéticos do edifício foi realizada através de simulação dinâmica usando o programa EnergyPlus [8]. Foram calculadas as taxas de renovação de ar, o número de graus-hora de desconforto (somatório da diferença de temperatura horária, quando esta é inferior a 20°C na estação de aquecimento (de 1 de Outubro a 31 de Maio) e superior a 25°C na estação de arrefecimento (de 1 de Junho a 30 de Setembro) e os consumos energéticos para manter a temperatura interior a 20°C durante o inverno e a 25°C de verão [9]. As estratégias de ventilação adotadas foram [10]:

- Caso Base – As janelas permanecem fechadas durante as 24 horas do dia;
- Ventilação unilateral diurna – Janelas abertas entre as 8 e as 20 horas, portas interiores fechadas;
- Ventilação unilateral diurna seletiva – Janelas abertas entre as 8 e as 20 horas caso a temperatura o permita (temperatura exterior entre 20°C e 25°C), portas interiores fechadas;
- Ventilação cruzada diurna – Janelas abertas entre as 8 e as 20 horas, portas interiores abertas;

- Ventilação unilateral noturna – Janelas abertas entre as 20 e as 8 horas, portas interiores fechadas;
- Ventilação cruzada noturna – Janelas abertas entre as 20 e as 8 horas, portas interiores abertas.

### 3. RESULTADOS

#### 3.1. Avaliação da qualidade do ar interior e das condições de conforto térmico

As medições *in situ* da qualidade do ar interior foram realizadas no dia 27 de Julho. No exterior foram registadas a temperatura exterior de 27°C e as concentrações de poluentes: partículas suspensas: 0,07mg/m<sup>3</sup>; dióxido de carbono: 969,90 mg/m<sup>3</sup> e monóxido de carbono: 1,16 mg/m<sup>3</sup>.

No interior dos compartimentos avaliados não foram registadas concentrações de ozono nem de formaldeído. Foram registadas pequenas concentrações de monóxido de carbono, 90% inferiores ao valor máximo indicado em [6], nos compartimentos que têm aberturas orientadas para parques de estacionamento adjacentes, Zon.A(0-SE) e Zon.H(0-W).

Todos os compartimentos avaliados apresentaram pequenas concentrações de partículas suspensas. O valor mais elevado (25% do valor máximo regulamentar) foi registado no compartimento Zon.H(0-W). A existência deste poluente pode estar relacionada com os papéis existentes nas secretárias e armários, com a existência de carpetes e com o ambiente exterior (parques de estacionamento, arbustos e árvores).

Na maioria dos compartimentos avaliados a concentração de dióxido de carbono registada era aproximadamente 50% inferior ao valor máximo regulamentar. As concentrações mais elevadas foram registadas na zona Zon.H(0-W), 17% acima do limite máximo regulamentar. Estas concentrações estão relacionadas com a inadequada ventilação do espaço e com a elevada taxa de ocupação e com os parques de estacionamento.

A temperatura interior dos compartimentos encontrava-se no intervalo de conforto térmico (20°C a 25°C) [9], sendo estas condições asseguradas pelo funcionamento dos sistemas de climatização. Os valores da humidade relativa encontravam-se também dentro do intervalo regulamentar (30% a 70%). Porém nos compartimentos Zon.B(0-NE), Zon.H(0-W) e Zon.O(1-SE) os valores medidos eram muito próximos do limite mínimo, podendo provocar a secagem e irritação de olhos e das vias respiratórias.

Da informação obtida pelos inquéritos administrados aos ocupantes verificou-se que os ocupantes se encontravam satisfeitos com a temperatura interior, definindo-a como adequada, considerando a humidade relativa razoável. Na avaliação da qualidade do ar interior, destacam-se as queixas relativas à existência de odores a mofo e outros não identificáveis. Estes podem estar relacionados com os sintomas apresentados pelos ocupantes tais como irritação dos olhos, cansaço e dores de cabeça, podendo ter origem nas concentrações de poluentes registadas nas medições *in situ* (dióxido de carbono e partículas respiráveis).

A primeira medida para minimizar a concentração de dióxido de carbono é garantir uma taxa de ocupação adequada às dimensões do espaço. Porém, uma vez que se trata de um edifício com atendimento ao público não é possível definir uma taxa de ocupação. É então necessário assegurar taxas de renovação de ar adequada, que podem ser conseguidas através da ventilação natural dos espaços.

#### 3.2. Análise do desempenho da ventilação natural no edifício

Na estação de aquecimento, a direção do vento (com 2 a 4 m/s) é predominante a Noroeste e Sul no período diurno e Este no período noturno. Na estação de arrefecimento predomina o vento, com velocidades entre os 2 e 4 m/s, com direção Noroeste no período diurno e Sul no período noturno [10].

### 3.2.1. Quantificação das taxas de renovação de ar

Na Figura 2 são apresentadas as taxas de renovação de ar médias para as diferentes estratégias de ventilação e a taxa mínima exigida pela regulamentação em vigor, o Decreto-Lei 79 de 2006 (RCESE).

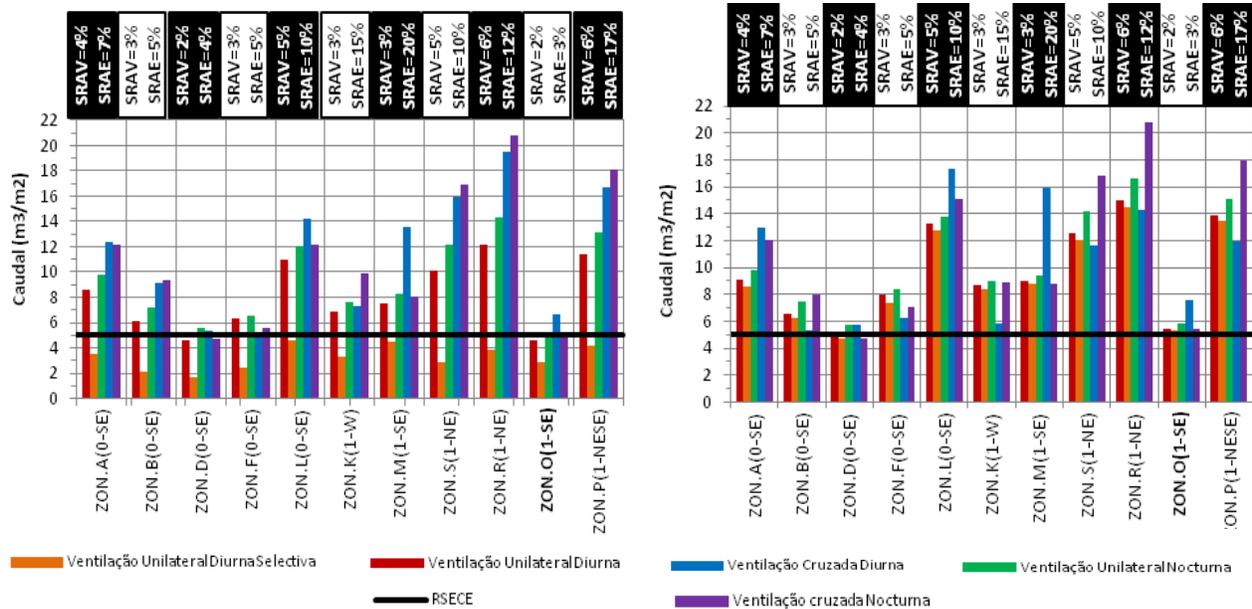


Figura 2 – Taxas de renovação de ar médias referentes às diferentes estratégias de ventilação para estação de aquecimento (direita) e estação de arrefecimento (esquerda) (quociente entre a área de envidraçados - SRAV - e a área de pavimento ou entre a área de ventilação - SRAE - e a área de pavimento) [10]

Analisando a Figura 2 verifica-se que a ação do vento constitui um fator determinante no número de renovações de ar por hora, em particular, quando são utilizadas estratégias de ventilação natural cruzada. De uma forma geral verifica-se, que as zonas orientadas a Sudeste apresentam maiores taxas de renovação de ar quando é utilizada ventilação cruzada diurna, enquanto que as zonas orientadas a Nordeste apresentam maiores taxas de renovação de ar quando é utilizada a estratégia de ventilação cruzada noturna. As restantes estratégias apresentam taxas de renovação de ar relativamente mais baixas.

Comparando a estratégia de ventilação unilateral diurna seletiva com a ventilação unilateral diurna verifica-se que para a estação de aquecimento as taxas de renovação de ar são significativamente mais baixas contrariamente ao que acontece na estação de arrefecimento em que os resultados são relativamente semelhantes. Isto deve-se ao facto da temperatura exterior ser muito baixa na estação de aquecimento levando que na estratégia de ventilação diurna seletiva as janelas sejam mantidas fechadas de forma a garantir o conforto térmico dos ocupantes. Contrariamente, na estação de arrefecimento, as condições de temperatura são favoráveis à abertura das janelas e por isso esta estratégia apresenta taxas de renovação de ar muito próximas da estratégia de ventilação unilateral diurna. Verifica-se assim que, ao limitar a abertura de janelas quando é utilizada a ventilação unilateral diurna seletiva, o conforto térmico é garantido, porém as taxas de renovação de ar obtidas podem ser inferiores ao limite mínimo regulamentado [6].

### 3.2.2. Impactes no conforto térmico dos ocupantes

A informação obtida nos inquéritos administrados aos ocupantes permitiu concluir que não existia o hábito de abrir as janelas durante o dia, correspondendo assim esta situação ao caso base definido neste estudo. Na estação de aquecimento, o caso base apresenta o menor número de graus-hora de desconforto (temperatura próximas do intervalo de conforto), enquanto que na estação de arrefecimento apresenta um número elevado de graus-hora de desconforto (Figura 3).

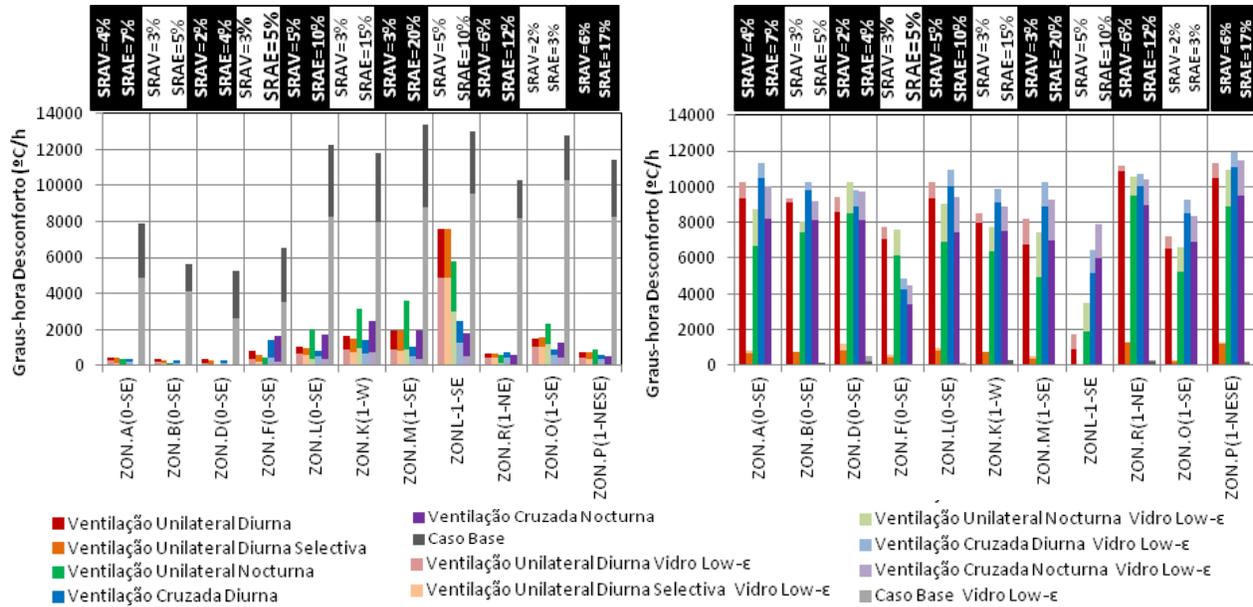


Figura 3 – Graus-hora de desconforto referentes às diferentes estratégias de ventilação para estação de aquecimento (direita) e estação de arrefecimento (esquerda) (quociente entre a área de envidraçados - SRV - e a área de pavimento ou entre a área de ventilação - SRAE - e a área de pavimento) [10]

Como seria de esperar, para a estação de aquecimento a utilização de estratégias de ventilação natural conduz a um número elevado de graus-hora de desconforto devido às baixas temperaturas verificadas no exterior. Os piores resultados são obtidos pela ventilação cruzada diurna. Na generalidade das zonas avaliadas as horas de desconforto são superiores a 80%, com temperaturas interiores muito baixas, que acompanham a evolução da temperatura exterior, em média a rondar os 14°C e os 16°C. A ventilação unilateral noturna apresenta os melhores resultados, com 70% de horas de desconforto e temperaturas ligeiramente mais elevadas (16°C a 18°C).

Na estação de arrefecimento, a adoção de estratégias de ventilação natural reduz de forma significativa o número de graus-hora de desconforto. Na generalidade das zonas avaliadas o número de graus-hora de desconforto é baixo independentemente da estratégia de ventilação natural adotada. Contudo nas zonas com maior área de envidraçados orientados a sudeste, propícios a maiores ganhos solares, apresentam um maior número de graus-hora de desconforto. Para estas zonas, a estratégia de ventilação cruzada diurna apresenta menores horas de desconforto (inferior a 38% do período de ocupação), sendo que mais de 66% dessas horas a temperatura se encontra entre os 25°C e 27°C (para edifícios com ventilação natural o limite superior da zona de conforto térmico corresponde a 27°C [11]).

A ventilação unilateral noturna apesar de garantir trocas de ar mais fresco durante o período noturno, não consegue contrariar o efeito dos ganhos solares conduzindo a uma maior frequência de horas de desconforto, superior a 67%. Contudo, para 52% dessas horas a temperatura interior encontra-se em geral abaixo da temperatura máxima do intervalo de conforto para edifícios com ventilação natural, devido ao efeito da inércia térmica do edifício [11].

Na estação de arrefecimento a utilização de sombreamento dos vãos envidraçados pode contribuir para a melhoria das condições de conforto térmico. No entanto, devido às características e localização do edifício não é possível colocar proteções solares exteriores e a adoção de proteções interiores não constitui uma barreira eficiente às trocas por condução e radiação. Assim, para reduzir os ganhos solares foi prevista a substituição do vidro existente (fator solar: 0,77; refletância: 0,07; emissividade: 0,013) por um vidro low-ε (fator solar: 0,13; refletância: 0,59; emissividade: 0,840).

Para a estação de arrefecimento, os resultados demonstram que, independentemente da estratégia de ventilação natural adotada, a colocação do vidro low-e reduz de forma significativa o número de graus-hora de desconforto (Figura 3). As diminuições mais expressivas ocorrem nas zonas com maior área de envidraçados orientados a sudeste, nomeadamente quando se associa a colocação do vidro low-ε e a aplicação de estratégias de ventilação noturna (ventilação noturna unilateral ou cruzada), atingindo reduções na ordem dos 80%. Para estas zonas, a percentagem de horas de desconforto ronda os 50% e as temperaturas interior oscilam entre os 26°C e os 27°C durante todo o período de ocupação. As estratégias de ventilação diurna conduzem a uma menor redução das horas de desconforto, visto que a abertura de janelas durante o período diurno anula o “efeito barreira” à radiação solar proporcionado pelo vidro low-ε. A ventilação unilateral diurna apresenta um maior número de graus-hora de desconforto, na ordem dos 36%, sendo que para 73% desse período as temperaturas interiores são em média de 27°C. Na estação de aquecimento, a colocação de envidraçados com proteção solar aumenta ligeiramente o número de graus-hora de desconforto. Para as estratégias de ventilação noturna verifica-se um acréscimo no número de horas de desconforto para a generalidade das zonas avaliadas entre os 10% e os 15%.

### 3.2.3. Quantificação dos consumos energéticos

Durante a estação de aquecimento manter as janelas fechadas (caso base), conduz aos consumos energéticos mais baixos (inferiores a 10 kW/m<sup>2</sup>). As estratégias de ventilação noturna também apresentam bons resultados. Com ventilação unilateral noturna os consumos são inferiores a 255 kW/m<sup>2</sup> e com ventilação cruzada noturna a 375 kW/m<sup>2</sup>. As estratégias de ventilação diurna conduzem à existência de consumos energéticos elevados (cerca de 2000 kW/m<sup>2</sup>), pois abrindo as janelas existe uma renovação do ar e aumenta a utilização de sistemas de climatização. Com a utilização do vidro low-e existe um aumento dos consumos energéticos na ordem dos 5 %, quando utilizadas estratégias de ventilação diurna e, na ordem dos 30% quando utilizadas estratégias de ventilação noturna, devido aos menores ganhos solares.

Para a estação de arrefecimento, a implementação de estratégias de ventilação natural reduz significativamente os consumos associados ao arrefecimento, de 60% a 65%, quando se utiliza ventilação unilateral diurna ou ventilação cruzada diurna, e de 77% a 80%, quando se utiliza ventilação unilateral noturna ou ventilação cruzada noturna. A utilização do vidro low-ε conduz a uma redução de 33% nos consumos energéticos associados ao arrefecimento do edifício quando comparado com o caso base. As maiores reduções são encontradas quando são combinadas as estratégias de ventilação noturna com a utilização do vidro low-ε conduzindo a uma redução dos consumos energéticos na ordem dos 95%. Para as estratégias de ventilação diurna, a redução nos consumos energéticos é de cerca de 77%.

As estratégias de ventilação diurna apresentam consumos energéticos anuais mais elevados que as restantes estratégias de ventilação natural. As estratégias de ventilação noturna e caso base apresentam consumos energéticos semelhantes. Contudo, enquanto grande parte dos consumos energéticos anuais para as estratégias de ventilação noturna está associada ao aquecimento (cerca de 80%), para o caso base os maiores consumos energéticos estão associados ao arrefecimento (cerca de 97%).

## 4. CONCLUSÃO

Perante a atual crise económica as questões associadas à eficiência energética e conforto térmico dos ocupantes têm prevalecido perante outras tão ou mais importantes como a qualidade do ar interior.

A excessiva concentração de dióxido de carbono associada à sobreocupação e falta de ventilação dos espaços constitui o principal problema de salubridade do ar em ambientes interiores de edifícios de serviços. No edifício avaliado os ocupantes apresentaram algum desconforto (irritação dos olhos, cansaço e dores de cabeça) com a qualidade do ar que pode estar associado à concentração excessiva deste poluente e pode conduzir à diminuição da produtividade e a problemas de saúde. O controlo deste

poluente e de outros existentes no ambiente interior deve ser feito com o aumento das taxas de renovação de ar, podendo, em reabilitação, recorrer-se à abertura adequada das janelas exteriores existentes.

O estudo das características do edifício, do padrão de ocupação e das condições climáticas do local de implantação são fatores essenciais na modelação dos mecanismos e processos de ventilação natural.

Tendo em conta a ocupação diurna em edifícios de serviço, a utilização de estratégias de ventilação noturna apresenta-se como a mais eficaz, garantindo taxas de renovação de ar necessárias à qualidade do ar interior, evitando os problemas associados ao ruído no exterior e à sensação “corrente de ar”. Tanto durante a estação de aquecimento como de arrefecimento as estratégias de ventilação noturna apresentam melhor desempenho do que as estratégias de ventilação diurna, proporcionando temperaturas próximas do intervalo de conforto térmico e consumos energéticos mais baixos.

## 5. BIBLIOGRAFIA

- [1] Mendell, M. Nonspecific symptoms in office workers - a review and summary of the epidemiologic literature. *Indoor Air-International Journal of Indoor Air Quality and Climate*, 1994.
- [2] Menzies, D., Bourbeau, J., Building-related illnesses. *New England Journal of Medicine*, 1997.
- [3] Seppanen, O., FISK, W. J., Some quantitative relations between indoor environmental quality and work performance or health. *Proceedings of the Proceedings of 9<sup>th</sup> International conference on Indoor Air Quality and Climate*, Beijing, 2005.
- [4] Wargocki, P., Wyon D., The effects of moderately raised classroom temperatures and classroom ventilation rate on the performance of schoolwork by children, 2007.
- [5] Wargocki, P., Wyon D., The effects of outdoor air supply rate and supply air filter condition in classrooms on the performance of schoolwork by children 2007.
- [6] Decreto-Lei 79/2006, Regulamento dos Sistemas Energéticos de Climatização em Edifícios, Portugal, 2006.
- [7] Nota técnica NT-SCE-02. Metodologia para auditorias periódicas de QAI em edifícios de serviços existentes no âmbito do RSECE, Portugal, 2009.
- [8] Crawley DB. Contrasting the Capabilities of Building Energy Performance Simulation Programs, Washington, DC, U S Department of Energy, 2005.
- [9] Decreto-Lei 80/2006, Regulamento das Características do Comportamento Térmico dos Edifícios, Portugal, 2006.
- [10] Amorim, D. Otimização das condições de ventilação natural em edifícios de serviço para assegurar a qualidade do ar interior sem consumos excessivos de energia, Universidade do Minho, Portugal, Setembro 2012.
- [11] Lambert, J. Natural Ventilation – capabilities and limitations (comfort and energy efficiency in domestic dwellings), ATA Melbourne Branch presentation, April 2008.