

SERÁ QUE O AR QUE RESPIRAMOS ENQUANTO DORMIMOS CONDICIONA A QUALIDADE DO NOSSO SONO?

Nuno CANHA^{1,2}, Joana Lage¹, Joana Belo^{3,4}, Mariana Picado³, Tiago Faria^{1,5}, Miguel Meira Cruz^{6,7}, Paula Macedo³, Sandra Cabo Verde¹, Carla Viegas^{5,8}, Célia Alves², Susana Marta Almeida¹

¹ Centro de Ciências e Tecnologias Nucleares, Instituto Superior Técnico, Universidade de Lisboa, Lisboa, Portugal

² Centro de Estudos do Ambiente e do Mar (CESAM), Departamento de Ambiente, Universidade de Aveiro, Aveiro, Portugal

³ ESTeSL - Escola Superior de Tecnologia da Saúde de Lisboa, Instituto Politécnico de Lisboa, Lisboa, Portugal

⁴ CIST- Centro de Investigação em Saúde e Tecnologia, ESTeSL - Escola Superior de Tecnologia da Saúde de Lisboa, Instituto Politécnico de Lisboa, Lisboa, Portugal

⁵ GIAS, ESTeSL - Escola Superior de Tecnologia da Saúde de Lisboa, Instituto Politécnico de Lisboa, Lisboa, Portugal

⁶ Associação Portuguesa de Cronobiologia e Medicina do Sono, Lisboa, Portugal

⁷ Unidade do Sono – Laboratório de Função Autonómica, Centro Cardiovascular da Universidade de Lisboa, Lisboa, Portugal

⁸ Centro de Investigação em Saúde Pública, Escola Nacional de Saúde Pública, Universidade NOVA de Lisboa

nunocanha@ctn.tecnico.ulisboa.pt,

joanalage@ctn.tecnico.ulisboa.pt,

ibelo@estesl.ipl.pt,

tiagofaria@ctn.tecnico.ulisboa.pt,

mmc@greatemedicalsolutions.pt,

carla.viegas@estesl.ipl.pt,

celia.alves@ua.pt, smarta@ctn.tecnico.ulisboa.pt

Resumo

Este estudo avaliou a qualidade do ar interior durante o sono de 9 casais voluntários da zona da grande Lisboa (Portugal), numa abordagem de multi-poluentes. Em simultâneo, o sono foi avaliado através da realização de um estudo poligráfico. Valores médios de CO₂ e COVs acima dos estabelecidos pela legislação Portuguesa foram encontrados, sendo que ainda se verificaram excedências pontuais para outros parâmetros, como PM_{2.5}, bactérias e fungos. A avaliação de potenciais associações entre a qualidade do ar que se respira enquanto se dorme e os parâmetros do sono revelou associações fracas entre parâmetros da qualidade do ar e indicadores cardiovasculares e respiratórios da resposta autónoma durante o sono e a estrutura do sono, que podem ter influência na qualidade do mesmo.

Introdução

Os seres humanos passam cerca de um terço da sua vida a dormir e é de reconhecimento geral que o sono tem um papel fundamental no bem estar, saúde e desempenho físico e cognitivo das populações. O sono melhora a memória¹ e a regulação metabólica, para além de ter uma função recuperadora física e psicológica,² fundamentais para a manutenção das funções orgânicas essenciais.^{3,4} Um sono adequado é também necessário para otimizar a produtividade geral durante o dia e manter o estado de alerta.^{5,6}

O sono pode ser afetado por muitos fatores, tais como o comportamento, a saúde, os estados emocionais e as condições ambientais,⁷ como os níveis de ruído⁸ e temperatura.⁹ No entanto, apesar de nas últimas décadas a consciencialização do impacto da qualidade do ar interior (QAI) na saúde dos ocupantes de edifícios ter aumentado, a investigação da exposição humana a poluentes tem sido focada principalmente em microambientes onde as pessoas desempenham as suas atividades durante o período diurno (escritórios,¹⁰ residências, escolas,¹¹ ginásios¹² e outros¹³). Nesse sentido, ambos os tópicos de investigação (o sono e a QAI) têm sido estudados separadamente e nunca explorados em conjunto para, por exemplo, avaliar o impacto da qualidade do ar enquanto dormimos na qualidade do sono.¹⁴

Com o presente estudo pretende-se caracterizar a QAI durante o sono (numa abordagem de multi-poluentes/parâmetros) e, em simultâneo, o sono (perceção, estrutura do sono e eventos relacionados) para avaliar a existência de associações entre ambos.

Metodologia

Local de Estudo | População de estudo

Nove casais de voluntários participaram numa avaliação da QAI e da monitorização do sono, na área urbana de Lisboa, Portugal. A seleção dos casais baseou-se em diversos critérios de inclusão, como idades compreendidas entre os 25 e 40 anos de idade, indivíduos saudáveis, não fumadores, sem problemas de sono e sem co-habitação com crianças de idades inferiores a 5 anos de idade. A seleção dos critérios teve como fundamento eliminar potenciais variáveis que pudessem interferir na estrutura do sono.

Esquema da Amostragem

O estudo com cada casal de voluntários realizou-se em duas semanas consecutivas, sendo que a avaliação da QAI foi realizada na primeira semana (durante 3 noites consecutivas durante os dias de trabalho, habitualmente nas noites de terça, quarta e

quinta-feiras) e a avaliação do sono foi realizada na segunda semana (durante duas noites, normalmente nas noites de segunda e terça-feiras). O estudo decorreu durante o período frio, em concreto, desde dezembro de 2016 a abril de 2017.

Avaliação da QAI

A monitorização da QAI avaliou parâmetros físicos (temperatura – T - e humidade relativa - HR), químicos (dióxido de carbono - CO₂, monóxido de carbono - CO, compostos orgânicos voláteis totais – COVs, matéria particulada – PM₁₀, PM_{2.5} e PM₁) e microbiológicos (fungos e bactérias).

Os parâmetros físicos e químicos foram monitorizados através de instrumentos com medição em tempo real, em concreto:

- GrayWolf (sonda IQ-610, WolfSense Solutions, USA) para monitorizar CO₂ (gama de medição: 0 a 5000 ppm, precisão: \pm (3% da leitura + 50 ppm)), COVs (gama de medição: 5 a 20000 ppb, resolução de 1 ppb), CO (gama de medição: 0 a 500 ppm, precisão: \pm 2 ppm < 50 ppm, \pm 3% da leitura > 50 ppm), T (gama de medição: -25°C a 70°C, precisão: \pm 0,3°C) e HR (gama de medição: 0 a 100%, precisão: \pm 2 % < 80 %, \pm 3 % > 80%);
- DustTrak (modelo 8530, TSI, USA) para monitorizar PM₁₀, PM_{2.5} e PM₁ (gama de medição: 0,001 to 400 mg m⁻³, resolução de \pm 0.1% para leituras de 0,001 mg m⁻³).

Para minimizar o ruído de funcionamento do DustTrak e a sua interferência no sono dos voluntários, o equipamento foi colocado numa caixa de madeira insonorizada para o efeito. Os equipamentos foram colocados a amostrar a um metro de altura, a cerca de um metro da cama e a monitorização foi realizada com uma frequência de um minuto, durante todo o período de sono dos ocupantes. A Figura 1 apresenta o aparato experimental utilizado durante a monitorização da QAI.



Figura 1. Aparato experimental para a monitorização da QAI durante o sono na casa dos voluntários.

Em relação à avaliação de bactérias e fungos, as amostragens foram realizadas nos quartos antes e depois do período de sono, ou seja, antes de os voluntários se deitarem e depois de os voluntários se levantarem (num período máximo 30 minutos após). Em cada um dos momentos, um total de 4 amostras de ar por organismo foi recolhido, sendo que 3 amostras foram recolhidas no quarto (em 3 lugares distintos, a cerca de 0,80 m de altura) e 1 amostra recolhida no exterior. As amostras de ar foram obtidas com um amostrador de ar para microrganismos (MAS-100, Merck Millipore, Alemanha) que recolhe, por impacto, 0,250 m³ de ar em cada placa de petri, com um fluxo de 6 m³ h⁻¹. Dois tipos de meios de cultura foram utilizados, de modo a fornecer aos microrganismos os nutrientes mais adequados para o seu crescimento: Malt Extract Agar, suplementado com 0,1 kg m⁻³ de cloranfenicol, utilizado para os fungos, e Agar Triptona de Soja, utilizado para as bactérias. A metodologia aplicada foi a descrita por Ramos et al.¹⁵

Avaliação do Sono

Os estudos do sono foram realizados com recurso a uma polissonografia (PSG) de nível II, nos participantes do sexo masculino (SOMNOscreen™ plus). Os exames foram realizados na casa dos voluntários durante 2 noites. No entanto apenas os resultados da PSG da segunda noite foram utilizados para minimizar o efeito da primeira noite. As variáveis em estudo foram: latências do sono, eficiências do sono, percentagem de cada fase do sono, eventos respiratórios, frequência respiratória, frequência cardíaca, tempo de trânsito de pulso, entre outros. A Figura 2 apresenta a preparação de um voluntário para o teste da PSG.



Figura 2. Preparação de voluntário para o teste da PSG para avaliar os parâmetros do sono.

Tratamento estatístico

A avaliação das associações entre os parâmetros da QAI e os do sono foi realizada através de correlações de Pearson (para dados paramétricos) e de Spearman (para dados não paramétricos).

Resultados e Discussão

Os parâmetros relacionados com a estrutura do sono e eventos relacionados foram quantificados por actigrafia e polissonografia e os fatores ambientais monitorizados permitiram avaliar os níveis de exposição dos ocupantes enquanto dormiam. Por exemplo, concentrações acima dos valores-limite estabelecidos pela legislação portuguesa foram encontradas em alguns casos para CO₂, COVs e PM2.5.

A Tabela 1 apresenta os valores médios de vários parâmetros da QAI durante o período de sono, sendo que apenas COVs e CO₂ apresentaram valores médios acima dos limites estabelecidos pela legislação portuguesa, através da Portaria nº.353-A/2013¹⁶.

Tabela 1. Valores médios dos parâmetros da QAI e de conforto avaliados durante o período de sono para os 9 casais. * - valor limite estabelecido pela Portaria nº.353-A/2013.¹⁶

Casal	T (°C)	HR (%)	COVs (ppb)	CO ₂ (ppm)	CO (ppm)
C1	15,3	71,4	1641	3660	2,6
C2	17,6	68,5	1167	2003	1,5

C3	15,9	47,6	730	1024	1,8
C4	16,9	66,5	1006	1430	0,4
C5	24,8	53,4	480	2425	1,0
C6	18,4	47,3	612	651	0,1
C7	20,2	53,0	613	1150	0,4
C8	21,1	56,1	752	1987	1,1
C9	19,2	51,0	463	1923	0,7
Média	18,8	57,2	829	1806	1,1
VL*			262	1250	8,7

A Figura 3 apresenta as concentrações médias de matéria particulada durante o período de sono para os 9 casais em estudo. Em termos médios, as concentrações, tanto de PM2.5 como de PM10, não excederam os valores limites estabelecidos pela Portaria nº.353-A/2013¹⁶, sendo que PM2.5 apresentou uma média de 20.5 $\mu\text{g m}^{-3}$ e PM10 apresentou uma média de 22.7 $\mu\text{g m}^{-3}$. Em média, o rácio entre PM2.5/PM10 foi de cerca de 0,90. Nos quartos de dois casais (C1 e C9) obtiveram-se concentrações médias de PM2.5 acima do valor limite de 25 $\mu\text{g m}^{-3}$.

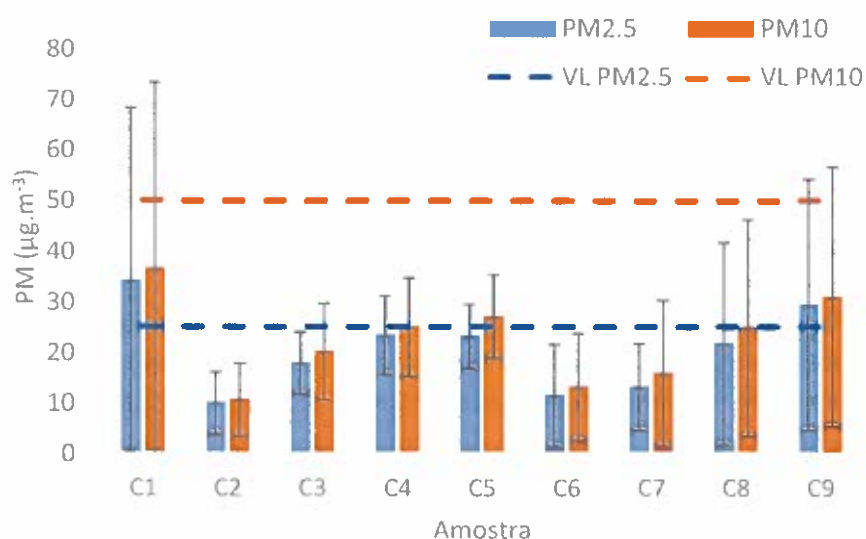


Figura 3. Concentrações de matéria particulada (PM2.5 e PM10) durante o sono dos nove casais de voluntários. O tracejado representa os valores limites estabelecidos pela Portaria nº.353-A/2013¹⁶ referente a cada uma das frações: PM2.5 (azul) e PM10 (laranja).

Ao longo do período de sono, os níveis de matéria particulada podem variar bastante, como é possível verificar pela Figura 4, que apresenta o caso específico do casal 3 (C3) durante a segunda noite de monitorização. Em geral, existe um incremento das concentrações de matéria particulada quando os voluntários se vão deitar e, ao longo da noite, observa-se o decaimento da matéria particulada no ar. Os incrementos das concentrações da matéria particulada estão associados aos movimentos dos

voluntários, principalmente ao deitar e levantar da cama. Ao longo da noite, é possível observar pequenos incrementos que se devem aos movimentos dos voluntários na cama.

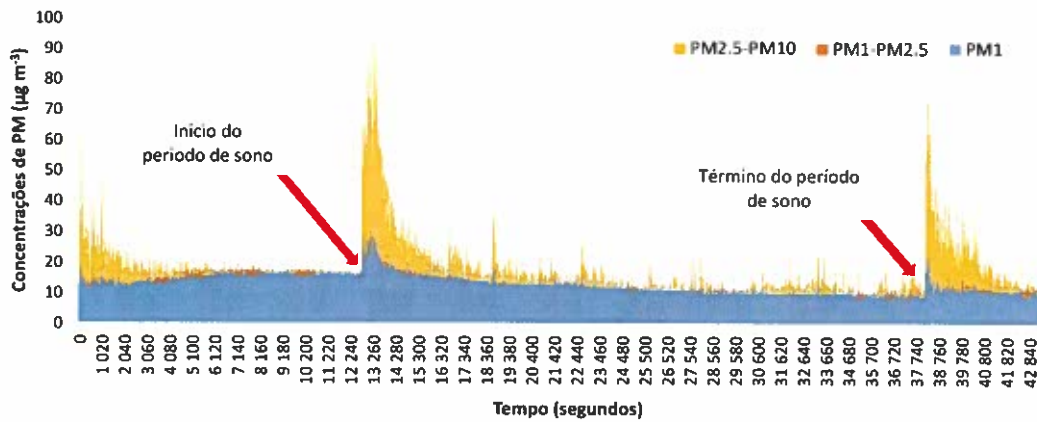


Figura 4. Exemplo da variabilidade das concentrações de matéria particulada ao longo da noite, referente à segunda noite de monitorização do Casal 3. As Figuras 5 e 6 apresentam as concentrações de fungos e bactérias, respetivamente, antes dos voluntários irem para a cama e depois dos voluntários se levantarem de manhã.

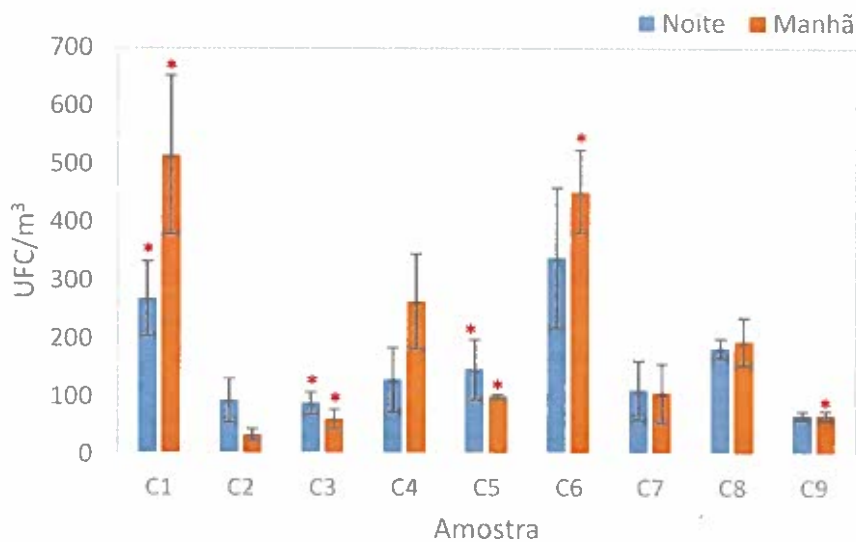


Figura 5. Concentrações de fungos no ar dos quartos monitorizados, antes e depois da noite de sono dos voluntários. * refere-se às situações de excedência do valor limite recomendado (Interior > Exterior), conforme definido pela Portaria nº.353-A/2013¹⁶.

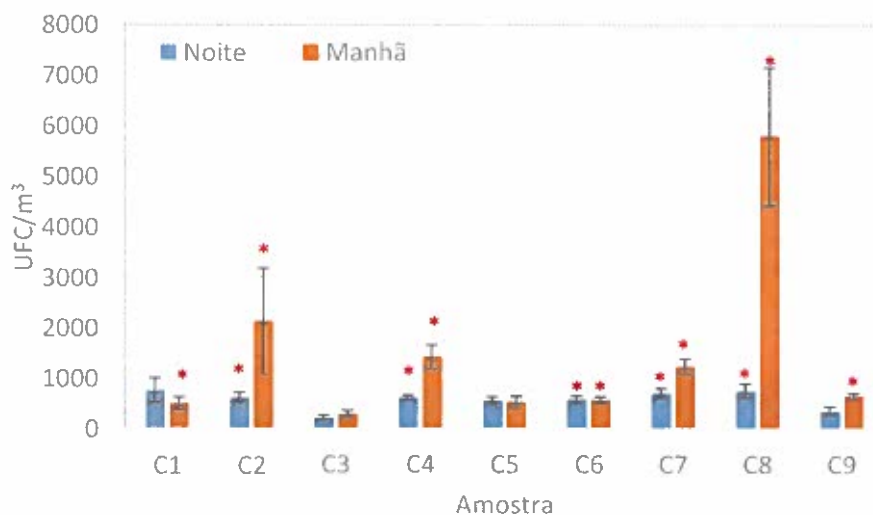


Figura 6. Concentrações de bactérias no ar dos quartos monitorizados, antes e depois da noite de sono dos voluntários. * refere-se às situações de excedência do valor limite recomendado (Exterior + 350 CFU/m³), conforme definido pela Portaria nº.353-A/2013¹⁶.

A monitorização dos parâmetros microbiológicos indicou, de uma forma geral, um aumento da concentração de bactérias e fungos no ar interior durante o sono. Em média, a concentração de fungos foi de 158 ± 91 UFC/m³ antes de deitar e de 199 ± 178 UFC/m³. Em relação às bactérias, a concentração média antes de deitar foi de 571 ± 181 UFC/m³ e de 1458 ± 1732 UFC/m³ ao acordar, cerca do triplo em relação ao início da noite.

Em termos de excedências, a nível de fungos (quando a concentração no ar interior é superior à do ar exterior), registou-se 3 excedências à noite e 5 no período da manhã. Em apenas 4 casos, não se verificou qualquer tipo de excedência.

A nível de bactérias (cuja excedência é verificada quando a concentração no interior é superior à do exterior com a adição de 350 UFC/m³), registaram-se 5 excedências no período da noite e 7 excedências no período da manhã. Em apenas dois casos, não se verificou nenhuma excedência (C3 e C5).

Apesar de não ser o alvo deste artigo, a caracterização das espécies de bactérias e fungos recolhidos durante este estudo será publicada oportunamente.

Os resultados da avaliação do sono serão divulgados posteriormente, mas, com base nos resultados dos testes de correlação, foi possível encontrar associações entre a QAI e alguns parâmetros do sono dos indivíduos do sexo masculino, nomeadamente:

- i) O desvio padrão ao valor médio da frequência cardíaca aumentou nos participantes que estavam expostos a níveis mais elevados de PM10 ($r_s = 0,583$; $p = 0,099$) e PM2.5 ($r_s = 0,600$; $p = 0,088$).
- ii) Durante o sono REM, o índice de aceleração e desaceleração da frequência cardíaca aumentou com concentrações mais elevadas de CO ($r_s = 0,643$; $p = 0,085$ e $r_s = 0,627$; $p = 0,096$).
- iii) Durante o sono NREM, um decréscimo no tempo de trânsito de pulso estava relacionado com concentrações mais elevadas de CO₂ ($r_s = -0,650$; $p = 0,058$).
- iv) A frequência respiratória dos voluntários foi menor nos sujeitos que estavam expostos a níveis de humidade relativa superiores, em ambos os tipos de sono, tanto NREM como REM ($r_s = -0,678$; $p < 0,05$ e $r_s = -0,816$; $p < 0,05$).
- v) Em contrapartida, durante o sono REM, a frequência respiratória dos voluntários aumentou com o aumento da temperatura ($r_s = 0,680$; $p = 0,093$).

Apesar de muitas das associações encontradas não serem significativas, tal facto dever-se-á ao pequeno número da amostra ($n=9$), sendo que, de futuro, pretende-se aumentar o n da amostra para confirmar todas estas associações.

Conclusão

Este estudo mostrou que a QAI enquanto dormimos nem sempre está conforme a legislação portuguesa, sendo que, em média, os valores de CO₂ e COVs estão acima dos valores limite estabelecidos. Além destes parâmetros, em casos pontuais, verificou-se, igualmente, níveis de PM2.5, bactérias e fungos também acima dos valores limite.

O estudo da QAI em simultâneo com a avaliação do sono permitiu encontrar associações fracas entre alguns parâmetros da QAI (T, HR, PM, CO e CO₂) e alterações nos parâmetros da função cardiovascular e respiratória. Os resultados encontrados podem indicar a existência de uma eventual relação entre a exposição a contaminantes do ar interior e a função autonómica. De futuro, pretende-se aumentar o número de membros da população de estudo para confirmar estes resultados preliminares que comprovam a hipótese da interferência da qualidade do ar durante o período em que dormimos na própria qualidade do sono.

Agradecimentos

N. Canha agradece à Fundação para a Ciência e Tecnologia (FCT) pela bolsa de Pós-Doutoramento com a referência SFRH/BPD/102944/2014. O apoio da FCT é ainda reconhecido pelos autores do C²TN/IST (através do programa estratégico

UID/Multi/04349/2013) e do CESAM (através do programa estratégico UID/AMB/50017/2013). Os autores agradecem o apoio do Instituto Politécnico de Lisboa através do financiamento do Projecto E2Sleep - 711030-IPL/2017/E2SLEEP/ESTeSL. Os autores agradecem ainda o apoio dado pelo Grupo de Investigação em Ambiente e Saúde (GIAS) da Escola Superior de Tecnologia da Saúde de Lisboa/Instituto Politécnico de Lisboa e pela Associação Portuguesa de Cronobiologia e Medicina do Sono. Os autores agradecem à empresa Pulmocor pelo empréstimo do polígrafo do sono de nível II que permitiu a recolha de dados para o presente projeto. Este estudo foi apoiado pelo projeto LIFE Index-Air (LIFE15 ENV/PT/000674) financiado pelo Programa LIFE da União Europeia. Por último, os autores agradecem a todos os voluntários pela disponibilidade em participar no presente estudo.

Referências

1. Rasch, J. Born, "About Sleep's Role in Memory", *Physiol. Rev.*, 93(2) 681–766 (2013).
2. E. Thun, B. Bjorvatn, E. Flo, A. Harris, S. Pallesen, "Sleep, circadian rhythms, and athletic performance", *Sleep Med. Rev.*, 23 1-9 (2015).
3. V. Bach, F. Telliez, J.P. Libert, "The interaction between sleep and thermoregulation in adults and neonates", *Sleep Med Rev.*, 6(6) 481-92 (2002).
4. R.J. Berger, N.H. Phillips NH, "Energy conservation and sleep", *Behav. Brain Res.*, 69(1-2) 65-73 (1995).
5. R. Catarino, J. Spratley, I. Catarino, N. Lunet, M. Pais-Clemente, M., "Sleepiness and sleep-disordered breathing in truck drivers - Risk analysis of road accidents", *Sleep Breath*, 18 59–68 (2014).
6. C. Reis, C. Mestre, H. Canhão, D. Gradwell, T. Paiva, "Sleep complaints and fatigue of airline pilots", *Sleep Science*, 9 73-77 (2016).
7. L. Pan, Z. Lian, L. Lan, "Investigation of sleep quality under different temperatures based on subjective and physiological measurements", *HVAC&R Res.*, 18 1030–1043 (2012).
8. D. Halperin, "Environmental noise and sleep disturbances: A threat to health?", *Sleep Science*, 7 209-212 (2014).
9. K. Okamoto-Mizuno, K. Mizuno, "Effects of thermal environment on sleep and circadian rhythm", *J. Physiol. Anthropol.*, 31 14 (2012).
10. C. Mandin, M. Trantallidi, A. Cattaneo, N. Canha, V.G. Mihucz, T. Szigeti, R. Mabilia, E. Perreca, A. Spinazzè, S. Fossati, Y. Kluzenaar, E. Cornelissen, I. Sakellaris, D. Saraga, O. Hänninen, E.O. Fernandes, G. Ventura, P. Wolkoff, P. Carrer, J. Bartzis, "Assessment of indoor air quality in office buildings across Europe - The OFFICAIR study", *Sci. Total Environ.*, 579 169-178 (2017).
11. N. Canha, C. Mandin, O. Ramalho, G. Wyart, J. Ribéron, C. Dassonville, O. Hänninen, S.M. Almeida, M. Derbez, "Assessment of ventilation and indoor air pollutants in nursery and elementary schools in France", *Indoor Air*, 26 350-365 (2016).
12. C. Ramos, H.T. Wolterbeek, S.M. Almeida, "Exposure to indoor air pollutants during physical activity in fitness centers", *Build. Environ.*, 82 349-360 (2014).
13. M. Almeida-Silva, H.T. Wolterbeek, S.M. Almeida, "Elderly exposure to indoor air pollutants", *Atmos. Environ.*, 85 54-63 (2014).
14. N. Canha, J. Lage, S. Candeias, C. Alves, S.M. Almeida, "Indoor air quality during sleep under different ventilation patterns", *Atmos. Pollut. Res.*, 8 1132-1142 (2017).

15. C. Ramos, C. Viegas, S. Cabo Verde, H.T. Wolterbeek, S.M. Almeida, "Characterizing the fungal and bacterial microflora and concentrations in fitness centres", *Indoor Built Environ.*, 25(6) 872-882 (2016).
16. Portaria nº 353-A/2013. 2013. Ministério do Ambiente, Ordenamento do Território e Energia, da Saúde e da Solidariedade, Emprego e Segurança Social (Portugal).