

Formaldeído em habitações domésticas: contaminação ambiental e potenciais fontes

Susana Viegas^{1,2}, João Prista²

1. Área Científica de Saúde Ambiental, Escola Superior de Tecnologia da Saúde de Lisboa, Instituto Politécnico de Lisboa. susana.viegas@estesi.ipl.pt

2. Centro de Investigação e Estudos em Saúde Pública, Escola Nacional de Saúde Pública, Universidade Nova de Lisboa. jprista@ensp.unl.pt

RESUMO: Do ponto de vista das preocupações de saúde, os níveis de contaminação do ar interior assumem actualmente uma elevada importância quando se tem em consideração que as pessoas passam a maior parte do seu tempo no interior de edifícios. Neste contexto, o formaldeído é um dos poluentes mais preocupantes e, inclusivamente, os resultados de concentração obtidos em habitações do espaço Europeu foram considerados preocupantes devido ao facto de estarem relacionados com efeitos negativos para a saúde. O estudo exploratório desenvolvido pretendeu disponibilizar informação acerca das concentrações de formaldeído existentes em habitações domésticas portuguesas. Estudou-se a presença de formaldeído em habitações novas e habitações domésticas com ocupação, abrangendo 6 unidades de cada um dos tipos considerados. Para a avaliação ambiental foi utilizado um equipamento de leitura directa que deteta as concentrações de formaldeído por fotoionização com uma lâmpada de 11,7 eV. A temperatura ambiente e a humidade relativa foram igualmente medidas, de acordo com o estipulado na Norma Internacional ISO 7726:1998. No caso das habitações novas foram registados valores de concentração superiores a 0,08 ppm em 3 das unidades estudadas. Por outro lado, em 4 das habitações com ocupação foram obtidos valores superiores a 0,08 ppm. O desenvolvimento deste estudo permitiu reconhecer algumas das possíveis fontes emissoras e os factores que influenciam as concentrações de formaldeído nas habitações em Portugal.

Palavras-chave: formaldeído, habitações domésticas, qualidade do ar interior, fontes emissoras

Formaldehyde in dwellings: environmental contamination and some emission sources

ABSTRACT: Nowadays, indoor air contamination is considering an important health issue considering that people spend most of their time indoors. In this context, formaldehyde is a pollutant of major concern and, recently, concentration results obtained in European dwellings reveal high concentrations and values related with negative health effects in occupants. The present exploratory study sought to provide information about formaldehyde concentrations in Portuguese dwellings. It was studied formaldehyde presence in new dwellings and dwellings with occupation and included 6 units of each setting. For concentrations measure, it was used a direct-reading equipment that detects formaldehyde concentration by photoionization. Temperature and relative humidity were also measured in accordance with International Standard ISO 7726:1998. In the case of new dwellings, in 3 units concentration values were higher than 0.08 ppm. In addition, in 4 units of the 6 dwellings with occupation, concentrations higher than this reference value were obtained. The development of this study permitted to recognize some of the possible indoors emissions sources and to define several of the preventive measures that can be applied.

Keywords: formaldehyde, dwellings, indoor air quality, emission sources

Introdução

Os níveis de concentração de aldeídos, entre os quais o formaldeído, são na maioria das vezes superiores em ambientes interiores (duas a cinco, ocasionalmente cem vezes) quando comparados com ambientes exteriores¹⁻³. É uma situação com génese nas alterações introduzidas na construção dos edifícios, com o objetivo de promoverem o seu isolamento e estanqueidade e, conseqüentemente, minimizar os consumos energéticos⁴. Este facto terá, inclusive, contribuído para que a *Environmental Protection Agency* (EPA), dos Estados Unidos, tenha vindo a classificar os problemas de qualidade do ar interior (QAI) entre os principais riscos para a saúde pública e, já desde 1988, considerar o formaldeído como um dos principais poluentes do ar interior⁴⁻⁵. Acresce, ainda, que apesar de se tratar do agente químico mais conhecido e estudado como contaminante de ambientes interiores, nestes continua a ser frequente a sua presença, existindo vários relatos de concentrações elevadas – muitas vezes com valores superiores ao previsto como limite para a exposição ocupacional – em estudos desenvolvidos recentemente em toda a Europa⁶⁻⁷.

Resultados recentemente obtidos pelo projeto BUMA (*Prioritization of BUilding MAterials as indoor pollution sources*), desenvolvido no espaço Europeu por Bartzis, Canna-Michaelidou e Kotzias⁸, com o objectivo de estabelecer uma base de dados referentes aos principais poluentes emitidos pelos materiais de construção com potencial para influenciar a QAI, evidenciam o formaldeído como um dos poluentes mais preocupantes, pelo facto de as concentrações verificadas em habitações terem sido elevadas e, frequentemente, ultrapassarem os valores limite.

Apresentando como efeito para a saúde mais facilmente detetável a ação irritante sobre os olhos e aparelho respiratório superior, quando ocorre a exposição aos seus vapores, o formaldeído é classificado como cancerígeno pela *International Agency of Research on Cancer* (IARC) desde 2006⁹.

Associado à exposição, os sintomas mais comuns incluem irritação do nariz e garganta e o aumento do lacrimejar, podendo tal verificar-se a concentrações entre 0,4 e 3 ppm¹⁰. Indivíduos sensíveis poderão, contudo, detetar o odor a formaldeído e poderão apresentar irritação dos olhos e nariz a concentrações inferiores a 0,08 ppm⁶.

Embora em ambientes interiores as concentrações ambientais de formaldeído se situem normalmente em níveis inferiores aos registados nos locais de trabalho, onde é utilizado como matéria-prima, estas devem ser tidas em conta, dado que é considerado como um dos principais poluentes na origem da Síndrome do Edifício Doente¹¹.

São diversas as fontes internas de contaminação do ar interior por formaldeído. Os produtos derivados da madeira (devido à aplicação de diversos tipos de resinas durante o seu processamento), as espumas de isolamento, os vapores emitidos de vernizes, tintas e pavimentos e, igualmente, das carpetes e alcatifas (por virtude dos vários tratamentos

de impregnação com resinas produzidas à base de formaldeído) são considerados as mais importantes fontes emisoras. O consumo de tabaco e os processos de confeção de produtos alimentares originam, por seu turno, a emissão de vapores de formaldeído¹²⁻²⁰.

Outras fontes emisoras têm ainda que ser consideradas. Por exemplo, um estudo recentemente desenvolvido evidenciou a responsabilidade de alguns equipamentos elétricos, detetando níveis de concentração de 0,055 ppm de formaldeído atribuíveis à presença de ecrãs televisivos de plasma, quando os referenciais americanos estabelecem o valor de 0,033 ppm como limite máximo de emissão para este tipo de equipamento²¹. São dados preocupantes considerando que existe um aumento significativo do número destes equipamentos numa habitação.

Igualmente, os produtos de limpeza e ambientadores têm sido apontados como potenciais fontes de formaldeído em ambientes interiores²²⁻²³.

Diversas referências situam as concentrações de formaldeído no ar interior em habitações domésticas na ordem dos 0,02 a 0,06 mg/m³ (0,024 ppm a 0,073 ppm), enquanto níveis superiores a 0,5 mg/m³ (0,61 ppm) podem ser encontrados em habitações recém mobiladas^{9,16}.

Em estudos realizados nos EUA em habitações móveis (autocaravanas) foram obtidas concentrações deste agente químico de 0,012 até 5,15 mg/m³ (0,01 até 4,2 ppm). Por outro lado, também nos EUA, mas em estudos realizados em casas convencionais, foram encontradas concentrações de formaldeído entre 0,024 e 0,49 mg/m³ (0,02 e 0,4 ppm), possivelmente associadas com emissões a partir de elementos comumente encontrados em habitações (móveis em madeira, tecidos como carpetes e cortinas, consumo de tabaco, entre outros) (*cf.* Quadro 1)¹⁰.

Quadro 1: Concentração de formaldeído em ambientes interiores (EUA)

Concentração de formaldeído (ppm)	Descrição
ND a 0,22	Edifício onde não é permitido fumar
ND a 0,6	Edifício onde é permitido fumar
0,48 a 5,31	Ar interior durante a confeção de alimentos
0,08	Habitações móveis (autocaravanas) no Inverno
0,09	Habitações móveis (autocaravanas) no Verão

ND – Não detetável

Fonte: Agency for Toxic Substances and Disease Registry¹⁰.

As concentrações de formaldeído em ambientes interiores são fortemente influenciadas pelas características das habitações (ventilação, revestimento, acabamento, decoração), a estação do ano (considerando que o aumento da temperatura e a humidade promovem a volatilização

do formaldeído) e, ainda, as fontes de ar exterior, pois se o ambiente exterior estiver contaminado com o poluente, o seu transporte para o ar interior poderá ser realizado através de janelas ou sistemas de ventilação mecânica^{15,24-26}.

Um estudo realizado recentemente no Japão²⁷ detetou valores de concentração de formaldeído elevados em várias habitações (0,29 ppm), o que, tendo em conta o valor limite recomendado pela Organização Mundial de Saúde (OMS) de 0,1 mg/m³ (0,08 ppm) para 30 minutos de exposição⁶, reforça o sentido de que a qualidade do ar interior das habitações deve ser alvo de atenções. Neste caso, é importante considerar o facto de o Japão apresentar um clima caracterizado por temperatura e humidade elevadas, aspetos conhecidos como promotores da volatilização do formaldeído²⁵.

Também em edifícios de escritório têm sido detetadas concentrações elevadas de formaldeído, designadamente 0,89 ppm em edifícios no Japão e 2,1 ppm em edifícios na Austrália^{25,28}.

São valores que excedem largamente as recomendações emanadas pela OMS⁶ que, desde 1999, considera que concentrações de formaldeído superiores a 0,08 ppm são preocupantes e justificam a adoção de medidas corretivas.

Em Portugal existe, desde 2006, legislação que define as concentrações máximas de referência para o formaldeído (e outros poluentes) no ar interior para algumas áreas de atividade, designadamente escritórios, hospitais e escolas, estabelecendo o valor de 0,08 ppm (0,1 mg/m³) com base no indicado pela OMS. Note-se que, nesta legislação (Decreto-Lei n.º 79/2006), não é expressa a qualidade de habitação doméstica, pelo que os limites a aplicar neste caso são efetuados por analogia (limites mencionados no anexo VII do referido documento legal)²⁹. Este facto talvez explique os escassos dados disponíveis referentes às concentrações habituais de formaldeído no ar interior de habitações domésticas em Portugal.

Face ao exposto, considerou-se oportuno desenvolver um estudo que permitisse conhecer as concentrações de formaldeído presentes no ar interior de habitações novas, sem ocupação, e de habitações com ocupação. Perspetivou-se, ainda, a obtenção de informações que permitissem conhecer as fontes emissoras e atividades que potenciam a contaminação do ar interior por este agente químico.

Metodologia

O presente estudo, de natureza exploratória, foi concretizado em habitações domésticas novas (sem ocupação e com tempo de construção inferior a 3 meses) e, ainda, em habitações domésticas com ocupação, abrangendo 6 unidades de cada um dos tipos considerados.

Para a avaliação ambiental das concentrações de formaldeído foi utilizado um equipamento de leitura direta que deteta as concentrações de formaldeído por fotoionização

(PID – *Photo Ionisation Detection*), com uma lâmpada de 11,7 eV. A medição foi realizada em cada unidade nos quartos, sala e cozinha, de modo contínuo (cerca de 30 minutos), tendo sido considerado o valor de concentração mais elevado obtido durante a medição.

A temperatura ambiente e a humidade relativa foram igualmente medidas em cada unidade através do equipamento Babouc, da LSI Systems, e de acordo com o estipulado na Norma Internacional ISO 7726:1998³⁰.

Todas as determinações foram realizadas com as janelas fechadas por se considerar ser a situação mais frequente nas habitações estudadas. As medições foram efectuadas durante o dia e, no caso das habitações em uso, com a ocupação normal e durante o decorrer das atividades usuais.

Adicionalmente foi efetuada uma caracterização do local onde se obteve o valor de concentração mais elevado, de modo a obter dados que permitissem identificar a(s) fonte(s) emissora(s).

No que concerne à análise estatística dos dados, avaliou-se previamente a Normalidade das distribuições das amostras através do teste de ajustamento de Kolmogorov-Smirnov. Através de uma análise de correlação (teste de Pearson), foi avaliada a influência dos parâmetros ambientais medidos (temperatura ambiente e humidade relativa) nas concentrações de formaldeído registadas nas habitações novas e com ocupação. Para estas apreciações considerou-se um nível de significância de 5% ($p \leq 0,05$).

Os dados foram analisados através do programa SPSS®, versão 17.0 para Windows da Microsoft International.

Resultados

O conjunto de resultados relativos às avaliações e observações efectuadas nas habitações por estrear é apresentado no Quadro 2 e o correspondente às habitações com ocupação no Quadro 3.

No caso das habitações novas (por habitar) foram registados valores de concentração superiores a 0,08 ppm em três das unidades estudadas. O valor de concentração mais elevado foi registado na habitação na qual se verificou a maior área interior com acabamento (revestimento) em madeira, não só pelo pavimento (com exceção da cozinha e instalação sanitária) mas ainda nas portas e molduras das janelas.

No que concerne às habitações com ocupação, em quatro das unidades estudadas foram obtidos valores de concentração superiores ao valor de referência na legislação em vigor (0,08 ppm).

Em qualquer dos dois grupos de casos (habitações novas e com ocupação) não se verificaram associações estatisticamente significativas entre os valores registados para os dois parâmetros ambientais estudados (temperatura ambiente e humidade relativa) e as concentrações de formaldeído obtidas ($p > 0,05$).

Quadro 2: Concentrações de formaldeído em habitações novas

Hab.	Concent. FA Valor mais elevado (ppm)	Intervalo de valores (ppm)	Temp. (°C)	Hr (%)	Observações
A	1,61	0,00 – 1,61	25	55	Maior concentração obtida no quarto. Habitação com várias superfícies em madeira (pavimento, portas, armários, molduras das janelas)
B	0,002	0,00 – 0,002	19,6	67	Maior concentração obtida no quarto.
C	0	0	19	58,6	
D	0,005	0,00 – 0,005	19,6	62	Maior concentração obtida no quarto.
E	0,50	0,00 – 0,50	22	52	Maior concentração obtida no quarto. Local da habitação com maior quantidade de acabamentos em madeira.
F	0,71	0,00 – 0,71	20	30	Maior concentração obtida no quarto. Local da habitação com maior quantidade de acabamentos em madeira.

Quadro 3: Concentrações de formaldeído em habitações com ocupação

Hab.	Concent. FA Valor mais elevado (ppm)	Intervalo de valores (ppm)	Temp. (°C)	Hr (%)	Observações
G	0,14	0,00 – 0,14	23,40	64,5	Maior concentração obtida na cozinha durante a confeção de alimentos.
H	0,69	0,00 – 0,69	22,40	64,4	Valor mais elevado obtido no quarto pintado recentemente.
I	0	0	19,71	43,0	
J	0	0	20,12	32,7	
L	1,20	0,00 – 1,20	26,6	52,3	Valor mais elevado obtido no quarto com pavimento em madeira e durante exposição solar.
M	1,34	0,57 – 1,34	22,4	56	Valor mais elevado obtido no quarto com pavimento em madeira e durante exposição solar.

Discussão

No que concerne aos resultados obtidos, sete das doze habitações estudadas (58,3%) apresentaram valores de concentração superiores à concentração máxima de referência para o formaldeído prevista no Decreto-Lei nº 79/2006. Importa, assim, reflectir sobre estes dados e nas eventuais causas.

O contributo de múltiplas variáveis para a presença de formaldeído no ar interior das habitações vem sendo referido por diversos autores, nomeadamente no que respeita à idade e padrões de utilização das habitações, materiais utilizados no revestimento das superfícies, temperatura ambiente e, ainda, a humidade relativa^{28,31-33}.

A importância dos materiais decorativos, em particular, tem vindo a ser evidenciada em vários estudos^{14,32-35}.

O presente estudo evidencia a influência da utilização da madeira como material de revestimento das superfícies interiores, como demonstram os resultados obtidos nas

habitações novas (em particular, a habitação A) e nas habitações com ocupação (em particular, as habitações L e M). É uma situação que está em consonância com as verificações de Park e Ikeda¹⁷, num estudo desenvolvido em habitações com mais de 3 anos, que assinalam que materiais decorativos fabricados com madeira e seus derivados contribuem para o aumento da concentração de formaldeído nos ambientes interiores. Esta constatação concorda, igualmente, com um relatório recentemente publicado e que reúne as principais conclusões das investigações realizadas na Europa, no qual o mobiliário e os materiais construtivos são referidos como as principais fontes emissoras de formaldeído⁷.

Nos Estados Unidos e com o intuito de limitar a contaminação proveniente dos acabamentos de madeira utilizados no interior das habitações, o Departamento de Habitação e Desenvolvimento Urbano definiu valores limite de emissão para o formaldeído para produtos de madeira, os quais não podem, assim, ultrapassar 300 ppb¹⁰.

Diversos estudos relacionam o aumento da volatilização do formaldeído com o aumento da temperatura ambiente^{24,36-38}. O presente estudo não evidencia existir uma correlação estatisticamente significativa ($p > 0,05$) entre os valores de temperatura ambiente e as concentrações de formaldeído. Situação que talvez se deva ao facto de existirem outras variáveis a influenciar a emissão de formaldeído. Contudo, pode fazer-se notar o facto de os valores de concentração mais elevados nas habitações novas corresponderem aos valores de temperatura mais elevados e, nas habitações com ocupação, corresponderem às que apresentavam exposição directa à radiação solar no momento de realização das medições.

Ainda sobre este assunto, pode referir-se o facto de existirem estudos que descrevem diferenças significativas na concentração de formaldeído ao longo do dia e entre estações do ano na mesma habitação, demonstrando uma relação directa com o aumento da temperatura^{2,26}. É uma situação que poderá contribuir para explicar os resultados obtidos nas habitações L e M que, eventualmente, terão sido influenciados pela incidência da radiação solar no momento em que se realizaram as medições.

Na habitação G, o valor de concentração mais elevado foi registado durante a confeção de alimentos, atividade referida como sendo responsável por aumentados níveis de emissão de formaldeído, embora dependente do tipo de produto alimentar, processo de confeção envolvido e, ainda, dos dispositivos de ventilação mecanizada disponíveis^{6,15,39-40}.

As tintas têm sido identificadas igualmente como potenciais fontes emissoras de formaldeído, mesmo as designadas tintas aquosas, indicadas para o revestimento de paredes interiores^{15,41-42}. Esta situação deve-se à comum adição de bactericidas contendo formaldeído na sua composição. O estudo de Gilbert¹⁵ refere que a emissão de formaldeído resultante da aplicação das tintas ocorre em três fases distintas: uma primeira fase, logo após a aplicação, de intensa emissão com um rápido decréscimo; uma segunda fase com um decaimento rápido na emissão e, por fim, uma terceira fase que se caracteriza por um decaimento lento na emissão que poderá ocorrer até 300 horas após a aplicação. É uma possível explicação para os resultados obtidos na habitação H, mas que não foi possível confirmar. Refira-se, a este propósito, que a substituição dos bactericidas poderá contribuir em 55% para o decréscimo total dos poluentes emitidos devido a aplicação de tintas, entre os quais, o formaldeído^{15,42}.

Importa realçar, ainda, o eventual impacto que a ventilação natural (abertura de janelas) poderá apresentar na mitigação de todas as situações de contaminação descritas. Caso o ambiente exterior não seja uma fonte poluente, a ventilação poderá contribuir não só para a redução e eliminação dos poluentes mas, igualmente, para evitar eventuais reações entre os poluentes presentes nos ambientes interiores⁴²⁻⁴³. No caso do formaldeído, este aspeto é de particular relevância dado a sua presença poder resultar quer da emissão directa de diversas fontes emissoras exis-

tentes no interior, algumas delas já mencionadas, quer da reação entre outros poluentes presentes, mais concretamente sendo produto, por exemplo, da reação entre o ozono e outros poluentes, como os terpenos, os limonenos, os alcanos, emitidos também por artigos de decoração e revestimento, como a mobília, os tecidos e as tintas⁴⁴⁻⁴⁶.

As propriedades cancerígenas do formaldeído tornam mais assertiva a indicação de adoção de uma orientação do tipo ALARA (*as low as reasonable achievable*) com o objetivo de limitar ao mínimo (se não for possível eliminar) os riscos para a saúde associados com a exposição a este agente químico^{7,9}. Além desta recomendação, outras têm sido propostas pela OMS com o objetivo de eliminar a presença de formaldeído no ar interior, designadamente evitar a utilização de produtos e materiais com formaldeído na sua composição, promover a classificação dos materiais de construção e acabamento no que concerne aos seus teores em formaldeído e à probabilidade de emissão durante a utilização (medida já implementada em alguns países do espaço Europeu) e, ainda, promover a sensibilização e informação acerca das possíveis fontes emissoras e riscos para a saúde decorrentes da presença de formaldeído no ar interior⁶.

Conclusões

O desenvolvimento deste estudo permitiu reconhecer, de forma sucinta, algumas das possíveis fontes emissoras e os fatores que influenciam as concentrações de formaldeído em habitações em Portugal. Considera-se que a informação obtida contribui para evidenciar a necessidade de serem desenvolvidos estudos de maior dimensão e para a importância de se identificarem medidas prioritárias a desenvolver para evitar a presença de formaldeído nestes ambientes.

Referências Bibliográficas

1. Committee on Aldehyde, National Research Council. Commercial production, properties and uses of aldehydes. In Committee on Aldehyde, National Research Council, editor. Formaldehyde and other aldehydes. Washington, DC: National Academy Press; 1981. p. 20-35.
2. Schlink U, Rehwagen M, Damm M, Richter M, Borte M, Herbath O. Seasonal cycle of indoor-VOCs: comparison of apartments and cities. Atmos Environ. 2004;38(8):1181-90.
3. Sacco P, Quaglio F, Cottica D. Risk assessment and clinical effects of aldehydes exposure in dwellings. Ital J Occup Environ Hyg. 2010;1(1):29-32.
4. Bernstein JA, Alexis N, Bacchus H, Bernstein IL, Fritz P, Horner E, et al. The health effects of nonindustrial indoor air pollution. J Allergy Clin Immunol. 2008;121(3):585-91.
5. Gomes J. Poluição atmosférica. Porto: Publindústria; 2001. Portuguese
6. World Health Organization. Air quality guidelines for Europe. Copenhagen: WHO Regional Office for Europe; 2000.

7. Jantunen M, Asikainen A, Hänninen O. Indoor air pollution exposure: EnVIE Co-ordination action on indoor air quality and health effects [Internet]. Helsinki: KTL; 2008 [cited 2010 Jul 12]. Available from: <http://paginas.fe.up.pt/~envie/documents/finalreports/Final%20Reports%20Publishable/EnVIE%20WP2%20Final%20Report.pdf>
8. Bartzis JG, Canna-Michaelidou SC, Kotzias D. BUMA (Prioritization of building materials as indoor pollution sources) – Project: Major key activities and project results. In Healthy Buildings – 9th International conference & exhibition, Syracuse, NY, September 13-17, 2009. Paper ID: 585.
9. International Agency for Research on Cancer. Formaldehyde, 2-Butoxyethanol and 1-tert-Butoxypropan-2-ol. Lyon: IARC; 2006.
10. Agency for Toxic Substances and Disease Registry. Formaldehyde sampling of FEMA temporary-housing trailers. Atlanta: ATSDR; 2007.
11. Oliver LC, Shackleton BW. The indoor air we breathe. *Public Health Rep.* 1998;113(5):398-409.
12. Kelly TJ, Smith DL, Satola J. Emission rates of formaldehyde from material and consumer products found in California homes. *Environ Sci Technol.* 1999;33:81-8.
13. Chang JC, Guo Z, Fortmann R, Lao HC. Characterization and reduction of formaldehyde emissions from a low-VOC latex paint. *Indoor Air.* 2002;12(1):10-6.
14. Hodgson AT, Beal D, McIlvane JE. Sources of formaldehyde, other aldehydes and terpenes in a new manufactured house. *Indoor Air.* 2002;12(4):235-42.
15. Gilbert N. Proposed residential indoor air quality guidelines for formaldehyde. Health Canada; 2005.
16. Goyer N, Bégin D, Beaudry C, Bouchard M, Carrier G, Lavoué J, et al. Prevention guide: formaldehyde in the workplace. Québec: Institut de Recherche Robert-Sauvé en Santé et en Sécurité du Travail; 2006.
17. Park JS, Ikeda S. Variations of formaldehyde and VOC levels during 3 years in new and older homes. *Indoor Air.* 2006;16(2):129-35.
18. Neuhaus T, Reinhard O, Clausen A. Formaldehyde emissions from mineral wool in building constructions into indoor air. In *Indoor Air 2008 – Proceedings of the 17th International Conference on Indoor Air Quality and Climate, Copenhagen, Denmark, 17-22nd August 2008.* Paper ID: 1086.
19. Baumann M. Volatile organic chemical emissions from composite wood products: a review. *The Fibril Angle*; 2008. Available from: <http://www.fpl.fs.fed.us/documnts/pdf1997/bauma97a.pdf>
20. Pilidis GA, Karakitsios SP, Kassomenos PA. Measurements of benzene and formaldehyde in a medium sized urban environment: indoor/outdoor health risk implications on special populations groups. *Environ Monit Assess.* 2009; 150(4):285-94.
21. Sohn JR, Kwak HC, Kim SH. Characteristic of TVOC and HCHO emission from the electric home appliances using stainless steel test chamber system. In *Healthy Buildings, 9th International conference & exhibition, Syracuse, NY, September 13-17, 2009.* Paper ID: 567.
22. Nazaroff WW. *Indoor air chemistry: cleaning agents, ozone and toxic air contaminants.* Berkeley, CA: California Environmental Protection Agency; 2006.
23. Solal C, Rousselle C, Mandin C, Manel J, Maupetit F. VOCs and formaldehyde emissions from cleaning products and air fresheners. In *Indoor Air 2008 – Proceedings of the 17th International Conference on Indoor Air Quality and Climate, Copenhagen, Denmark, 17-22nd August 2008.* Paper ID: 183.
24. Arundel AV, Sterling EM, Biggin JH, Sterling TD. Indirect health effects of relative humidity in indoor environments. *Environ Health Perspect.* 1986;(65):351-61.
25. Wu PC, Li YY, Lee CC, Chiang CM, Su HJ. Risk assessment of formaldehyde in typical office buildings in Taiwan. *Indoor Air.* 2003;13(4):359-63.
26. Guo H, Kwok NH, Cheng HR, Lee SC, Hung WT, Li YS. Formaldehyde and volatile organic compounds in Hong Kong homes: concentrations and impact factors. *Indoor Air.* 2009;19(3):206-17.
27. Endo Y, Miyazaki T, Hikita Y, Azuma M, Ikeda H, Fukunaga K, et al. Sampling methods and residential factors affecting formaldehyde concentration in indoor air. *Tohoku J Exp Med.* 2001;195(4):227-36.
28. Dingle P, Franklin P. Formaldehyde levels and the factors affecting these levels in homes in Perth, Western Australia. *Indoor Built Environ* [Internet]. 2002 [cited 2009 Apr]; 11(2):111-6. Available from: <http://ibe.sagepub.com/cgi/content/abstract/11/2/111>
29. Decreto-Regulamentar nº 76/07, de 17 de julho de 2007. *Diário da República.* 2007;A(136):4499-543.
30. International Standard ISO 7726:1998 – Ergonomics of the thermal environment: instruments for measuring physical quantities. Geneva: Author; 1998.
31. Mentese S, Güllü G. Variations and sources of formaldehyde levels in residential indoor air in Ankara, Turkey. *Indoor Built Environ* [Internet]. 2006 [cited 2009 Apr]; 15(3):273-81. Available from: <http://ibe.sagepub.com/cgi/content/abstract/12/5/329>
32. Allou L, Marchand C, Mirabel P, Calvé S. Aldehydes and BTEX measurements and exposures in University Libraries in Strasbourg (France). *Indoor Built Environ* [Internet]. 2008 [cited 2009 Apr]; 17(2):138-45. Available from: <http://ibe.sagepub.com/cgi/content/abstract/17/2/138>
33. Saarela K, Järnström H. Indoor air quality in new residential buildings and behaviour of materials in structures. *Indoor Built Environ* [Internet]. 2003 [cited 2009 Apr]; 12(4):243-7. Available from: <http://ibe.sagepub.com/cgi/content/abstract/12/4/243>
34. Gunnarsen L, Logadóttir A, Funch LW. Formaldehyde in newly built dwellings. In *Indoor Air 2008 – Proceedings of the 17th International Conference on Indoor Air Quality and Climate, Copenhagen, Denmark, 17-22nd August 2008.* Paper ID: 1040.
35. Shinohara N, Ohnishi M, Kodama K, Yanagisawa Y. Differences between emission sources of formaldehyde in an indoor environment in wooden houses and reinforced concrete buildings. In *Indoor Air 2008 – Proceedings of the*

- 17th International Conference on Indoor Air Quality and Climate, Copenhagen, Denmark, 17-22nd August 2008. Paper ID: 193.
36. Van Netten C, Shirtliffe C, Svec J. Temperature and humidity dependence of formaldehyde release from selected building materials. *Bull Environ Contam Toxicol*. 1989;42(4): 558-65.
37. Wolkoff P. Impact of air velocity, temperature, humidity, and air on long-term VOC emissions from building products. *Atmos Environ*. 1998;32(14-15):2659-68.
38. Zhang Y, Luo X, Wang X, Qian K, Zhao R. Influence of temperature on formaldehyde emission parameters of dry building materials. *Atmos Environ*. 2007;41(5):3203-16.
39. Järnström H. Reference values for building material emissions and indoor air quality in residential buildings [Dissertation]. Helsinki: Edita Prima Oy; 2008.
40. Ho SS, Yu JZ, Chu KW, Yeung LL. Carbonyl emissions from commercial cooking sources in Hong Kong. *J Air Waste Manag Assoc*. 2006;56(8):1091-8.
41. Zhang L, Steinmaus C, Eastmond DA, Xin XK, Smith MT. Formaldehyde exposure and leukemia: a new meta-analysis and potential mechanisms. *Mutat Res*. 2009;681(2-3):150-68.
42. Environment Protection Agency. Healthy indoor painting practices. Washington, DC: Author; 2000.
43. Franchi M. Towards an health air in dwellings in Europe: the THADE report. EFA; 2004.
44. Weschler CJ, Shields H. The influence of ventilations on reactions among indoor pollutants: modelling and experimental observations. *Indoor Air*. 2000;10(2):92-100.
45. Atkinson R, Tuazon EC, Aschman SM. Products of the gas-phase reactions of O₃ with alkenes. *Environ Sci Technol*. 1995;29(7):1860-6.
46. Weschler CJ. Ozone's impact on public health: contributions from indoor exposures to ozone and products of ozone-initiated chemistry. *Environ Health Perspect*. 2006; 114(10):1489-96.

Artigo recebido em 19.01.2011 e aprovado em 08.04.2011.