

DETERMINAÇÃO DE FORMALDEÍDO NO AR EM AMBIENTES INTERNOS NÃO INDUSTRIAIS

Andréia A. de Bortolli

Cristine L. Adriano – cric_lucas@yahoo.com

Marçal Pires[#] – mpires@pucrs.br

Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul – Faculdade de Química/Laboratório de Química Ambiental

Av. Ipiranga, 6681 – Prédio 12B – 90619.900 – Porto Alegre, RS, Brasil

Resumo. *A poluição do ar, segundo OMS, está entre os dez maiores fatores de risco que promovem incapacitações, diminuindo a expectativa de vida saudável da população. Em função de suas elevadas toxicidade e concentração o formaldeído (HCHO) tem recebido atenção especial. São conhecidas inúmeras fontes emissoras desse composto (móveis em fórmica, processos de combustão, fumaça de tabaco e ar externo) que somadas a problemas de ventilação inadequada fazem com que as concentrações internas do formaldeído sejam muito maiores que as externas. A exposição a este poluente, irrita as mucosas, podendo causar alergias dermatológicas, asma e até câncer.*

Foram realizadas dez coletas em diferentes sítios na universidade, observando-se concentrações internas variando de 10 a 1200 ppb, sendo o laboratório de biologia o que apresentou o maior nível de HCHO, ultrapassando até mesmo o limite para ambientes industriais devido, provavelmente, a manipulação de formol sem ventilação adequada. Outros sítios apresentaram níveis > 100 ppb (limite recomendado para sítios não industriais) indicando provável comprometimento da qualidade do ar. O ar externo apresentou concentrações médias de 8 ppb. A relação entre as concentrações internas/externas (entre 2 – 150 vezes) mostram que as emissões internas são a principal fonte deste composto nos sítios estudados.

Palavras-chave: *Qualidade do ar interno, Formaldeído, Poluição do ar*

INTRODUÇÃO

A deterioração da qualidade do ar em ambientes internos alcançou tamanha repercussão que a Organização Mundial da Saúde (OMS) a classifica como uma síndrome e um sério problema de saúde pública. A chamada Síndrome do Prédio Doente (SBS) ocorre quando um determinado prédio apresenta a qualidade do ar respirável adversa, afetando a saúde dos seus ocupantes. Não existe uma explicação detalhada sobre os fatores do meio ambiente interno causadores dessa síndrome. Entretanto, existem algumas indicações sobre a relação entre os sintomas descritos e vários fatores relacionados ao ambiente construído (Day, 1991). Apesar da importância desse assunto, poucos estudos têm sido desenvolvidos no Brasil (Andrade et al. 1993; Miguel et al. 1995, Pires e Carvalho, 1997, 1998). Cabe salientar que recentemente o Ministério da Saúde publicou a Portaria N° 3.523 (1998) na qual determina diversas medidas a serem tomadas quanto a Qualidade do Ar de Interiores de ambientes públicos.

[#] autor correspondente

Outro aspecto importante diz respeito à deterioração da qualidade do ar externo nos grandes centros urbanos brasileiro (Cetesb, 1996; Miguel et al., 1995; Pires & Carvalho, 1998). Dentre as diversas espécies presentes na atmosfera, os compostos carbonílicos tem recebido muita atenção, em especial o formaldeído (HCHO), devido as elevadas concentrações e toxicidade observadas. Os níveis observados ultrapassam muitas vezes os limites de exposição recomendados gerando sérios riscos à saúde humana. Este composto está presente em praticamente todos os ambientes internos devidos às inúmeras fontes emissoras (móveis em fórmica, processos de combustão, fumaça de tabaco e ar externo) e sistemas de ventilação e ar condicionado inadequados.

Poluentes atmosféricos causam danos sobre diversos materiais (Baker, 1997). Esse fenômeno tem sido intensamente estudado no que se refere a ação de poluentes externos principalmente sobre prédios históricos. Recentemente observou-se que a má qualidade do ar é também prejudicial aos materiais e equipamentos presentes tanto em ambientes internos como externos.

A exposição ao HCHO, o mais estudado dos compostos carbonílicos, irrita as mucosa dos olhos, nariz e garganta podendo causar também alergias dermatológicas, asma e segundo pesquisas realizadas pela EPA, câncer. A poluição do ar influencia na qualidade de vida saudável das pessoas. Em recente relatório (“The global burden of disease”, 1996) a OMS classificou a poluição do ar entre os dez maiores fatores de risco que promovem incapacitações, temporárias ou permanentes, diminuindo a expectativa de vida saudável da população. Segundo esse relatório, a poluição do ar é responsável por cerca de 570.000 mortes/ano (1990) em todo o mundo, sendo que 60% dessa mortes ocorrem nos países subdesenvolvidos.

O presente trabalho tem por objetivo analisar compostos carbonílicos em ambientes internos não industriais, utilizando uma metodologia analítica sensível e de baixo custo.

METODOLOGIA

Para determinação da concentração de HCHO em ambientes não industriais foi utilizada uma técnica analítica simples e sensível, utilizando como reagente a pararrosanilina (PRA), previamente purificada. O ar ambiente é borbulhado de 30 minutos a 4 horas em um coletor a vazões 0,25 – 1,2 L/min, o HCHO reage com uma solução ácida de PRA (0,86 mM), ficando retido no coletor. Após a coleta adiciona-se sulfito de sódio (2,78 mM) o qual gera um produto que apresenta forte absorção no visível ($\lambda_{\text{máx}} = 580 \text{ nm}$), permitindo determinar a quantidade de HCHO coletada através de calibração externa com padrões líquidos desse composto. Para o desenvolvimento desta metodologia foram utilizado três espectrofotômetros:

- Espectrofotômetro CELM E225D, leitura direta, monofeixe, alcance amplo e contínuo, banda de $10 \text{ nm} \pm 2 \text{ nm}$.
- Espectrofotômetro Shimadzu UV-1601 PC, duplo feixe, banda estreita de 0,1 nm.
- Espectrofotômetro HP 8453, monofeixe, banda estreita de 0,5 nm.

Procedimento de coleta

A coleta é feita passando-se ar do ambiente através de dois borbulhadores conectados em série, como mostra a Fig.1. O ar é succionado através de uma bomba de vácuo com diafragma. Em cada borbulhador coloca-se a solução de trabalho de PRA e água em volumes iguais. A vazão de ar é mantida num intervalo de 0,25 a 1,25 L/min, através de um monitoramento feito com o auxílio de um bolhometro. São controlados, também, a temperatura e a umidade do ar amostrado.

Em alguns testes optou-se utilizar borbulhadores em série no intuito de determinar a eficiência da coleta.

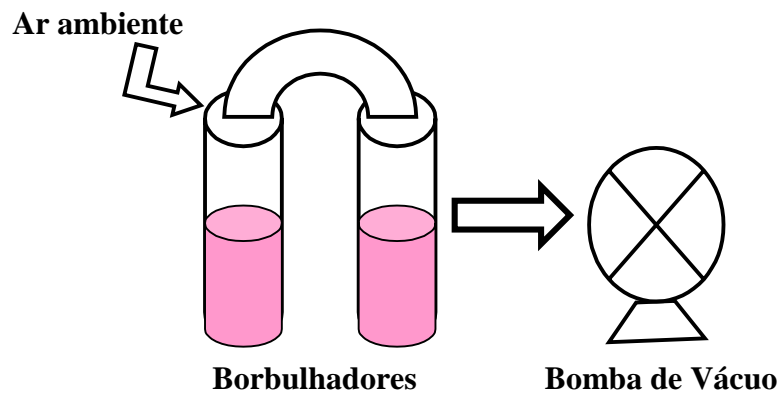


Figura 1 – Montagem em série do procedimento de coleta de HCHO.

Determinação da concentração de formaldeído no ar coletado

São pipetados 20mL da solução amostrada no borbulhador para um copo de béquer de 100mL e adiciona-se 20mL de solução de sulfito de sódio, deixando reagir por 60 minutos, que corresponde ao tempo para que a reação seja completa. A figura 2 mostra o gráfico da concentração de formaldeído pelo tempo de reação onde mostra o aumento e a estabilização da concentração ao decorrer do tempo.

A leitura espectrofotométrica é feita no comprimento de onda de 580 nm em cubeta de vidro de 1 cm. Os testes para absorvância máxima são mostrados na Fig. 3.

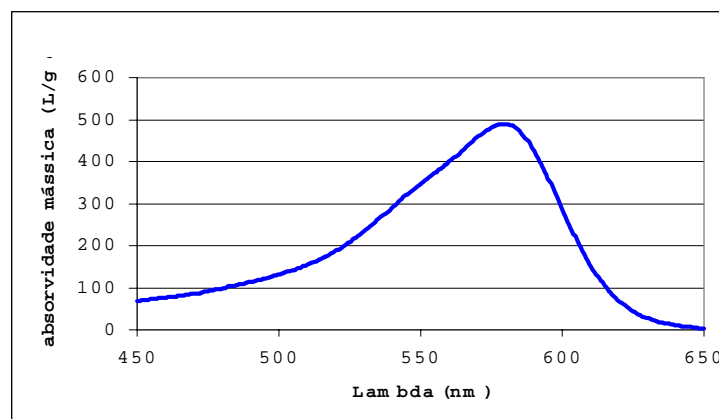


Figura 2: Espectro de absorção do padrão HCHO-PRA-sulfito expresso sob a forma de absorvidade mássica

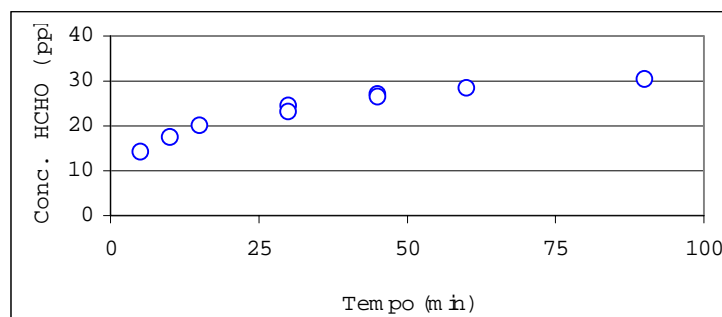


Figura 3: Concentração de HCHO medida em função do tempo de reação após adição de sulfito de sódio.

Curva de Calibração do Formaldeído

Os pontos da calibração foram feitos a partir da solução $1,24 \mu\text{g/mL}$ de formaldeído conforme a concentração estimada das amostras. A cada calibração foram feitas novas soluções de trabalho.

A figura 4 apresenta a curva de calibração realizada com duas cubetas distintas, uma com 1 cm e a outra com 10 cm de caminho óptico, compreendendo quinze pontos com concentrações que variam de 0,025 a 1,24 ppm. A cubeta de 10 cm foi utilizada a fim de baixar o limite de detecção.

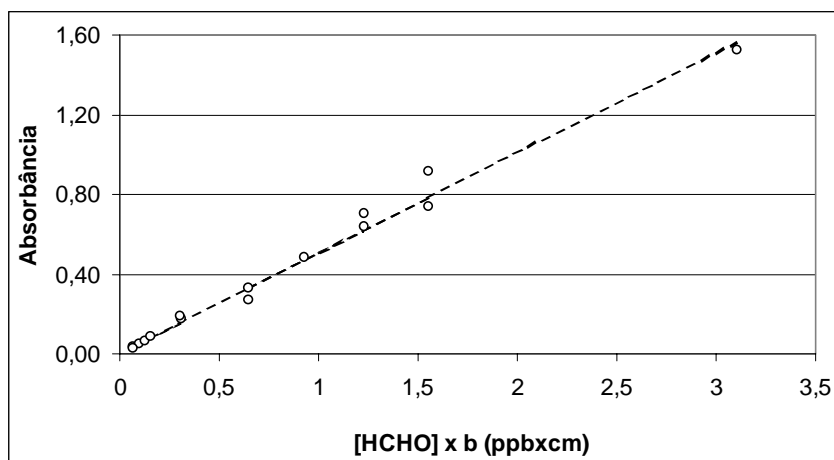


Figura 4: Curva de calibração expressa em concentração de formaldeído (ppm) multiplicada pelo caminho óptico (b) das cubetas (1 e 10 cm) versus a absorbância medida.

RESULTADOS

As coletas para análise da presença de formaldeído no ar foram realizadas em diversos sítios, em ambientes internos (indoor) e externos (outdoor) da universidade. Dentre os ambientes internos amostrados estão: bar (área de fumantes), laboratório de química, teatro, laboratório de biologia (salas 1 e 2) e área externa da universidade para medidas externas. Tab. 1.

As análises foram realizadas sob monitoramento da temperatura, umidade, tempo e vazão do fluxo de ar. Por apresentarem maior absorção em 580 nm, a maioria das amostras foram lidas nesse comprimento de onda.

A vazão do fluxo de ar foi medida com o auxílio de um bolhometro de vidro, tendo como variáveis o tempo e o volume que a bolha percorre na coluna graduada. Na maioria, o fluxo mostrou-se constante em 1L/min. O volume amostrado depende da vazão e do tempo de amostragem.

Com exceção da primeira análise, todas outras foram realizadas com os borbulhadores em série, para que pudesse ser medida a eficiência das coletas. A maioria dos sítios amostrados apresentaram uma eficiência superior a 90%. Devido a alguns problemas gerados pelo sistema, como a perda de amostra em um borbulhador ou nas conexões algumas eficiências obtiveram valores menores.

O tempo de amostragem foi determinado conforme a provável concentração de cada ambiente. Nos locais onde a concentração de formaldeído é mais acentuada, devido a fatores já conhecidos como fumaça de tabaco, carpetes e lugares com manipulação de formaldeído, o tempo era inferior a dos locais onde a probabilidade de concentração é menor.

As concentrações encontradas no laboratório de biologia são superiores, devido a grande manipulação de formaldeído, utilizado na conservação de material biológico e da falta de exaustão adequada no local. Esses valores ultrapassam aos limites de exposição para ambientes industriais. Fazendo-se uma comparação dos resultados obtidos no presente trabalho com os resultados das análises realizadas em São Paulo, observa-se que as concentrações de formaldeído, em sítios com características semelhantes, são bem próximas.

Os valores das concentração encontrados nos laboratórios de Porto Alegre apresentaram um intervalo de 8 a 27 ppb, enquanto os de São Paulo estão na mesma faixa, como observa-se na Fig. 4.

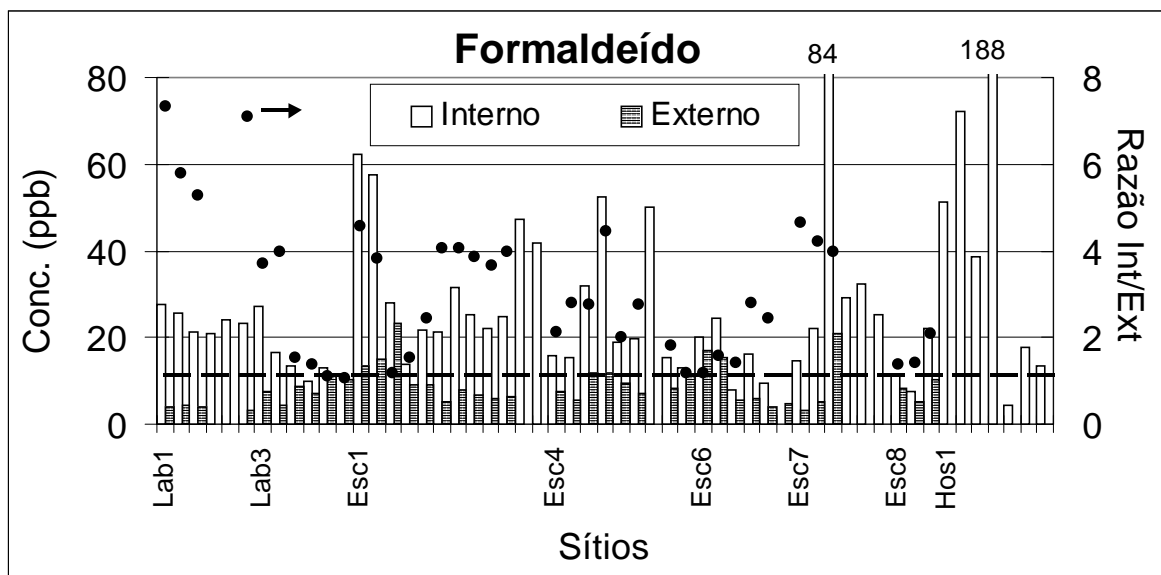


Figura 4 – Concentração e razão Interna/Externa de formaldeído em vários sítios não industriais na cidade de São Paulo (Pires & Carvalho, 1999).

Nos locais públicos, como o bar e o teatro deram concentrações de 17 e 66 ppb, em São Paulo essas concentrações não distanciam-se muito, devemos levar em consideração que o número de amostragem foi superior em São Paulo. A alta concentração encontrada no teatro nos estimula a futuras repetições de análise.

Os resultados obtidos no laboratório de biologia (salas 1e 2), como já eram esperados, foram elevados. Em comparação com dados apresentados no hospital, Fig. 4, vimos que

também foram elevados. Devido ao fato de uma maior manipulação de formaldeído, nas sala 2, os resultados foram muito maiores.

Em relação a ambientes externos, apesar de termos realizado somente uma amostragem, observa-se que a concentração de formaldeído externo é menor que o interno que é de 3 a 370 vezes maior. Isso nos mostra que fontes emissoras de formaldeído em ambientes internos afeta mais a qualidade de vida humana. Podemos observar claramente esta relação na Fig. 4 .

Os limites recomendados de exposição para ambientes não industriais é de 100 ppb (ASHRAE) e para ambientes industriais é de 1600 ppb (NR-15 Ministério do Trabalho). Com exceção da amostragem realizada na sala 2 do laboratório de biologia, todos os resultados foram inferiores aos limites de concentrações de formaldeído no ar.

Tabela 1: Resultados das coletas de formaldeído em ambientes internos e externos.

Local	Tempo coleta (min)	[HCHO] (ppb)	Eficiência (%)
Lab.química	120	8	-
Lab.química	90	22	92
Lab.química	240	11	86
Lab.química	240	12	85
Lab.química	180	27	88
Bar (área de fumantes)	120	17	67
Ar externo	240	3	63
Teatro	105	66	100
Lab. biologia (sala 1)	60	129	97
Lab. biologia (sala 2)	30	1120	92
Lab. biologia (sala 2)	30	1077	90

CONCLUSÃO

O método estudado permite determinar baixas concentrações de HCHO (< 3ppb), apresentando boa recuperação (> 92%), sensibilidade e reprodutibilidade.

As concentrações medidas de formaldeído são maiores em ambientes internos que no ar externo devido, provavelmente, à predominância das fontes emissoras internas nos locais estudados.

As concentrações interna do formaldeído foram inferiores aos limites permitidos e/ou recomendados. As únicas exceções foram o laboratório de biologia (sala 1) que ultrapassou aos limites sugeridos de concentração de formaldeído em ambientes internos não-industriais (100 ppb) e laboratório de biologia (sala 2) onde as concentrações (~1100 ppb) se aproximaram do limite de exposição ocupacional (1600 ppb). Tais resultados indicam que nesses ambientes a qualidade do ar está comprometida e que medidas devem ser tomadas para melhorá-la.

Agradecimentos

Os autores agradecem o apoio financeiro das seguintes instituições: FAPERGS, CNPq e PUCRS

REFERÊNCIAS

- Adriano, C.L.; Bortolli, A.A de; Pires, M., Análise de formaldeído no ar de ambientes internos usando pararrosanilina e detecção por espectrofotometria. IN: Anais do VII Encontro da Química da Região Sul. Tubarão. SC. 1999.
- BRASIL, Ministério da Saúde, Portaria N° 3.523 de Agosto de 1998, Brasília.
- CEPES - Petrobrás, Relatório Final do Projeto Química do Ar de Porto Alegre, Julho de 1997, Porto Alegre.
- Day, J.H., Medical and laboratory criteria for the diagnosis and differential diagnosis of building related illness (BRI)/ sick building syndrome (SBS), NATO/CCMS Pilot Study on Indoor Air Quality, 4th Plenary Meeting, Oslo, Norway, August 19-21, (1991).
- Miguel, A.H., F.R.A. Neto, J.N. Cardoso, P.C. Vasconcellos, A. Pereira e K.S.G. Marquez, Characterization of indoor air quality in the cities of São Paulo and Rio de Janeiro, Brazil, *Environ. Sci Technol.*, **29**, 338-345, (1995).
- OMS, 'The global burden of disease', Relatório OMS, Geneva, (1996).
- Otson, R e P. Felli, Volatile organic in the indoor environment: sources and occurrence, in: Gaseous Pollutants, ed. J.O. Nriagu, *Adv. Environ. Sci. Tech. Series*, Vol. 24, (1986).
- Pires, M. and L.R.F. Carvalho, "An artifact in carbonyl air sampling using C₁₈ Silica gel DNPH-coated cartridge", *Analytical Chemical Acta*, 367, 223-231, 1998.
- Pires, M. e Carvalho, L.R.F., 'Presença de compostos carbonílicos no ar em ambientes internos na cidade de São Paulo', 487-496 *Química Nova*, 1999.
- Pires, M e Carvalho, L.R.F., Presença de compostos carbonílicos em ambientes internos não industriais na cidade de São Paulo. IN: Mercofrio 1998 Congresso de Ar Condicionado, Refrigeração, Aquecimento e Ventilação do Mercosul. Porto Alegre. RS. 1998.
- Vairavamurthy, A., J.M. Roberts e L. Newman, Methods for determinations of low molecular weight carbonyl compounds in the atmosphere: a review, *Atmos. Environ.*, 26A, 1965-1993, (1992).

**ANALYSIS OF FORMALDEHYDE IN INDOOR AMBIENT AIR AT
NON-INDUSTRIAL SITES**

Andréia A. de Bortoli

Cristine L. Adriano - cric_lucas@yahoo.com

Marçal Pires[#] - mpires@pucc.br

***Abstract.** Recent WHO study pointed to the air pollution as one of the major risk factors that affect human health promoting incapacitation and decreasing life quality. Among atmospheric pollutants, formaldehyde (HCHO) has been intensively studied because its high toxicity and concentration in indoor air.*

Many indoor sources of this compound are known such as: wood furniture, carpets, combustion process and environmental tobacco smoke. In addition of this, problems related to a bad ventilation make the indoor HCHO concentration higher than outdoors. Exposure to atmospheric HCHO causes irritation of the eyes, respiratory tract, asthma and cancer.

In this work ten air samples were collected in different sites at the University. Indoor HCHO concentrations between 10 to 1200 ppb were observed, and the highest levels were measured in biology laboratories. The recommended limit of exposure was exceeded, probably due to the use of HCHO without ventilation. In others sites levels > 100 ppb (guide limit for non-industrial place) were observed indicating a bad indoor air quality. Mean concentration of 8 ppb was calculated to outdoor air, given indoor/outdoor ratios between 2 and 150, showing that indoor emissions are the principal source of HCHO in the studied sites.

Key words: Indoor air quality, Formaldehyde, Air pollution.

Abstract