

**Nº 174901**

**Breve abordagem dos fatores de atenuação de intrusão de vapores**

Marcela Maciel de Araújo  
Claudia Zveibel Toporovski Rebelo  
Tatiane Nogueira Aikawa  
Paloma Capistrano Pinheiro

*Trabalho apresentado no CONGRESSO INTERNACIONAL DE  
MEIO AMBIENTE SUBTERRÂNEO - CIMAS,  
5., 2017, São Paulo-SP. **Anais...***

A série “Comunicação Técnica” compreende trabalhos elaborados por técnicos do IPT, apresentados em eventos, publicados em revistas especializadas ou quando seu conteúdo apresentar relevância pública.

# BREVE ABORDAGEM DOS FATORES DE ATENUAÇÃO DE INTRUSÃO DE VAPORES

Marcela Maciel de Araújo<sup>1</sup>, Claudia Zveibel Toporovski Rebelo<sup>1</sup>; Tatiane Nogueira Aikawa<sup>1</sup>, Paloma Capistrano Pinheiro<sup>1</sup>

## RESUMO

Muitos parâmetros utilizados nos modelos de intrusão de vapores provêm das características do solo e das edificações que são difíceis de caracterizar, além disso, a maioria desses modelos considera a propagação forçada do vapor para o interior das edificações. Assim sendo, os resultados obtidos nos modelos usuais para obtenção do fator de atenuação pode muitas vezes não representar a real situação deste risco. Nesse contexto, realizou uma pesquisa bibliográfica visando a identificação e seleção dos métodos mais adequados a serem utilizados. O método que considera o fluxo ascendente do metano, além dos resultados de subslab se mostrou mais adequado.

Palavras-chave: intrusão de vapores, fator de atenuação, modelos numéricos, parâmetros.

## ABSTRACT

Many parameters used in the models of vapor intrusion come from the characteristics of the soil and the buildings that are difficult to characterize, in addition, most of these models consider the forced propagation of the steam to the interior of the buildings. Therefore, the results obtained in the usual models to obtain the attenuation factor can often not represent the real situation of this risk. In this context, he carried out a bibliographical research aiming at the identification and selection of the most appropriate methods to be used. The method that considers the upward flow of methane in addition to the results of subslab has proved more appropriate.

Key-words: vapor intrusion, attenuation factor, numerical models, parameters.

<sup>1</sup> Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo, R. Prof. Almeida Prado, 532, SP. F. (11) 3767-4649. E-mail: [marcelam@ipt.br](mailto:marcelam@ipt.br) / [claudiaz@ipt.br](mailto:claudiaz@ipt.br) / [tatianena@ipt.br](mailto:tatianena@ipt.br) / [cpinheiro@ipt.br](mailto:cpinheiro@ipt.br)

## 1 - INTRODUÇÃO

Os riscos de intrusão de vapores, que é um processo pelo qual os compostos orgânicos voláteis, liberados do solo e da água subterrânea, migram para a superfície de um ambiente fechado de uma edificação, têm sido evidenciados por órgãos estaduais e federais de diversas partes do mundo, o que tem levado ao desenvolvimento de documentos e ferramentas de orientação para a avaliação e o gerenciamento desses riscos [1-4].

A maioria das ferramentas para avaliação utilizadas se fundamentam no modelo de Johnson e Ettlinger (J-E), que originalmente foi desenvolvido para a intrusão de radônio para representar o fluxo difusivo e advectivo a partir de fonte subsuperficial para o ar interior de ambientes fechados. Os resultados deste modelo fornecem um fator de atenuação, o qual permite obter resultados para avaliação da exposição a estas concentrações em termos de risco à saúde humana, que possibilita o gerenciamento destes riscos [5].

No entanto, o uso de modelos de intrusão de vapores requer ainda muitos parâmetros que envolvem as características do solo e construção e operação do prédio, que às vezes são difíceis de caracterizar [6]. Além disso, existem algumas abordagens de modelagem de restrições físicas inerentes que podem ou não refletir a situação real, como a imposição de uma forma particular de conservação de massa inerente na maioria das ferramentas de triagem unidimensional, incluindo a abordagem J-E. A consequência disso pode não ser necessariamente realista fisicamente, como o conceito de que todo contaminante subterrâneo é forçado a fluir através de uma estrutura [7].

Neste trabalho, foi realizada uma pesquisa bibliográfica sobre o tema buscando facilitar a identificação e seleção dos métodos e técnicas utilizados, analisando e discutindo as várias contribuições científicas consultadas.

## 2 - ATENUAÇÃO DE VAPORES E DADOS UTILIZADOS NOS MODELOS

O fator de atenuação de vapor é utilizado como resultado da aplicação de diversos modelos matemáticos desenvolvidos para a intrusão de vapores. Geralmente, estes fatores de atenuação são gerados por meio de modelos que consideram somente a profundidade da fonte de vapores e as características geotécnicas específicas das áreas avaliadas. Um ambiente com melhor qualidade do ar precisaria ter um baixo valor de  $\alpha$ ,

indicando maior atenuação entre a fonte e o ar nos ambientes internos. Na avaliação em termos de riscos à saúde humana, associados à exposição de vapor perigoso, o fator de atenuação é utilizado para estimativas das concentrações de vapores esperadas para o ar interno.

A atenuação de vapor refere-se à redução na concentração de substâncias voláteis da subsuperfície (como resultado de difusão, advecção, sorção, reações de transformação e outros processos no solo), juntamente com a diluição que pode ocorrer quando os vapores entram no edifício e misturam-se com o ar interior. O fator de atenuação, resultados dos modelos matemáticos para intrusão de vapores, considera a agregação destes mecanismos físicos e químicos que é empiricamente quantificada [8].

Assim sendo, o fator de atenuação de vapor é definido como a relação entre a concentração de ar interior e a concentração subterrânea, que é usado como medida da diminuição da concentração que ocorre durante a migração de vapor e pode variar com espaço e tempo.

No entanto, a Agência Ambiental dos Estados Unidos (USEPA) advertiu que para o caso de fluxo advectivo ascendente de metano do solo, esses critérios podem não ser conservadores o suficiente. Para o caso de intrusão de metano, o fator de atenuação é mais influenciado pela profundidade da fonte, seguido da pressão do vapor da fonte (quando decorrente do processo de metagênese), da concentração de vapor da fonte de metano e do tamanho da construção [4].

Fatores de atenuação específicos podem ser estimados por meio das concentrações de substâncias amostradas no *sub-slab*, mas procedimentos específicos devem ser seguidos para que a amostragem não seja influenciada pelo ar interior, por exemplo [7].

O banco de dados da USEPA, utilizado para determinar o fator de atenuação de vapor, inclui informações de 43 sites e 21 tipos de produtos químicos, tais como produtos químicos clorados e BTEX, estando o primeiro em foco [7].

### **3 - CONCLUSÕES**

Verificou-se que para a obtenção do fator de atenuação de vapor, utilizado para a avaliação de risco à saúde humana devido à intrusão, são utilizados diversos fatores das características da edificação e do solo, por exemplo. No entanto, muitos desses parâmetros podem não representar a real situação do risco de intrusão de vapores por serem utilizados em modelos extremamente conservadores e que muitas vezes não

permitem a introdução de novos parâmetros, como as concentrações de substâncias amostradas no *sub-slab*. Isso resulta em decisões para que seja realizada uma investigação detalhada de intrusão de vapor com maior frequência do que normalmente ocorre.

#### 4 - REFERÊNCIAS

- [1] AMERICAN PETROLEUM INSTITUTE - AMERICAN PETROLEUM INSTITUTE. Assessing the Significance of Subsurface Contaminant Vapor Migration to Enclosed Spaces, Site-Specific Alternatives to Generic Estimates. Washington D.C: Health And Environmental Sciences Department, 1998. 4674 v.
- [2] ITRC - THE INTERSTATE TECHNOLOGY & REGULATORY COUNCIL. Vapor Intrusion Pathway: A Practical Guideline. Washington D.C: The Interstate Technology & Regulatory Council, 2007. 172 p.
- [3] UNITED STATES ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY. Draft Guidance for Evaluating the Vapor Intrusion to Indoor Air Pathway from Groundwater and Soils. United States Of America: United States Environmental Protection Agency, 2002. 53 p.
- [4] UNITED STATES ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY. Oswer Technical Guide for Assessing and Mitigating the Vapor Intrusion Pathway from Subsurface Vapor Sources to Indoor Air. United States Of America: United States Environmental Protection Agency, 2015. 267 p.
- [5] JOHNSON, P. C.; ETTINGER, R. A.. Heuristic Model for Predicting the Intrusion Rate of Contaminant Vapors into Buildings. Environmental Science & Technology, Houston, v. 25, n. 8, p.1445-1452, 1991.
- [6] JOHNSON, J.E.; SUN, Q.; MAC DONALD GIBSON, J. Updating exposure models of indoor air pollution due to vapor intrusion: Bayesian calibration of the Johnson–Ettinger model, Environ. Sci. Technol. 48 (2014) 2130–2138.
- [7] YAO, Y.; WU, Y.; SUUBERG, E. M.; PROVOOST, J.; SHEN, R.; MA, J.; LIU, J. Vapor intrusion attenuation factors relative to subslab and source, reconsidered in light of background data. Journal of Harzardous Materials (2015) 553–561.
- [8] UNITED STATES ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY. EPA's Vapor Intrusion Database: Evaluation and Characterization of Attenuation Factors for Chlorinated Volatile Organic Compounds and Residential Buildings. United States Of America: United States Environmental Protection Agency, 2012. 188 p.