

NICOLE BRASIL

Intrusão de Vapores em Ambientes Fechados: Conceitos Básicos, Avaliação e Gerenciamento de Áreas Contaminadas no Brasil

José Carlos Rocha Gouvêa Júnior

jose.gouvea@csn.com.br

Gerente de Projetos e Passivos Ambientais – CSN, Companhia Siderúrgica Nacional

Líder do Grupo de Intrusão de Vapores – NICOLE Brasil

Porto Alegre, Novembro 2015



NICOLE

Network for Industrially Contaminated Land in Europe

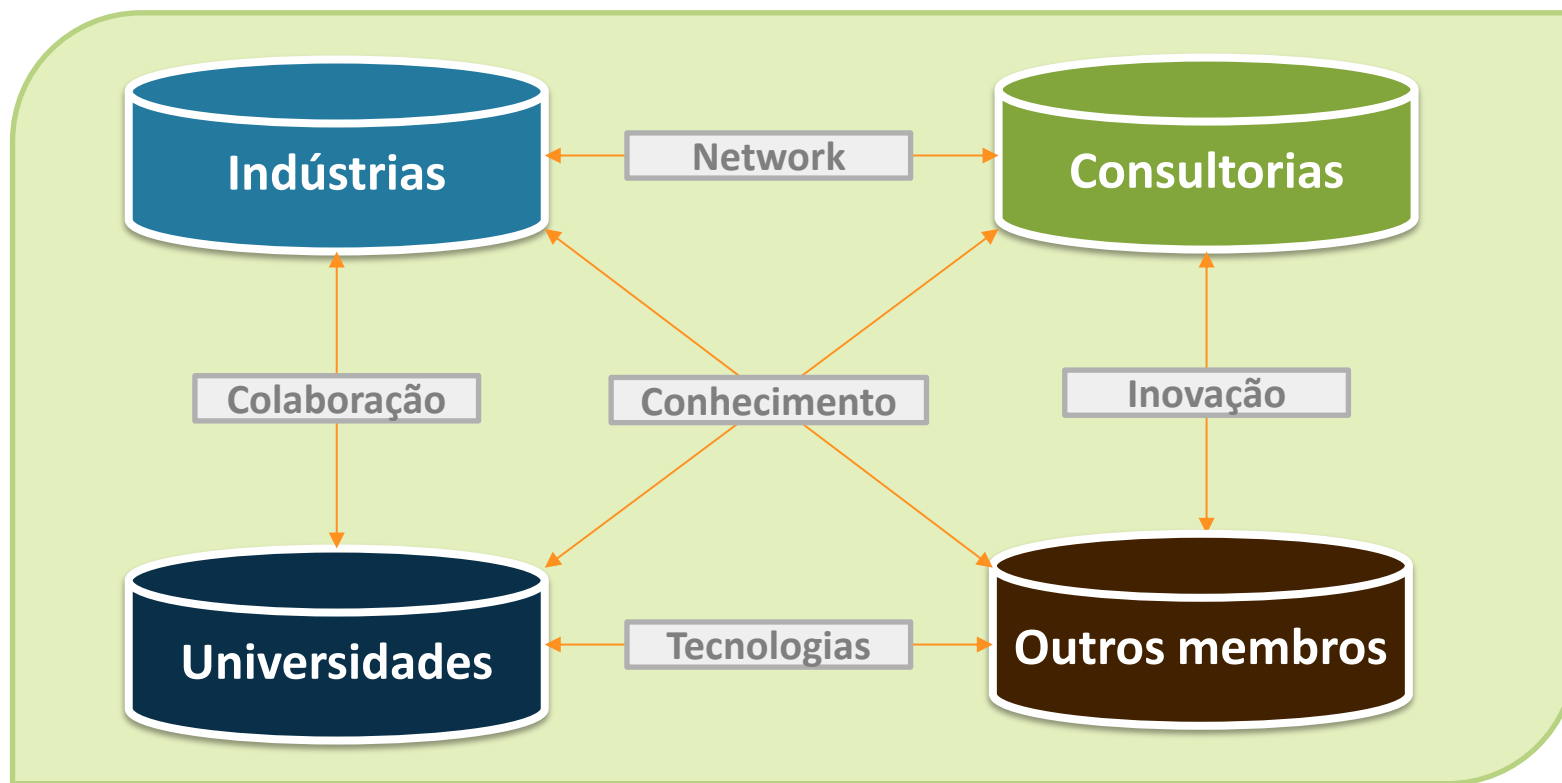
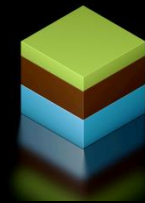


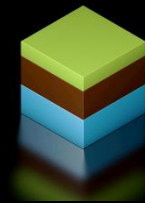
Rede e fórum para Gerenciamento de Áreas Contaminadas

Reune profissionais de gerenciamento de áreas contaminadas da Indústria, Consultorias e Universidades

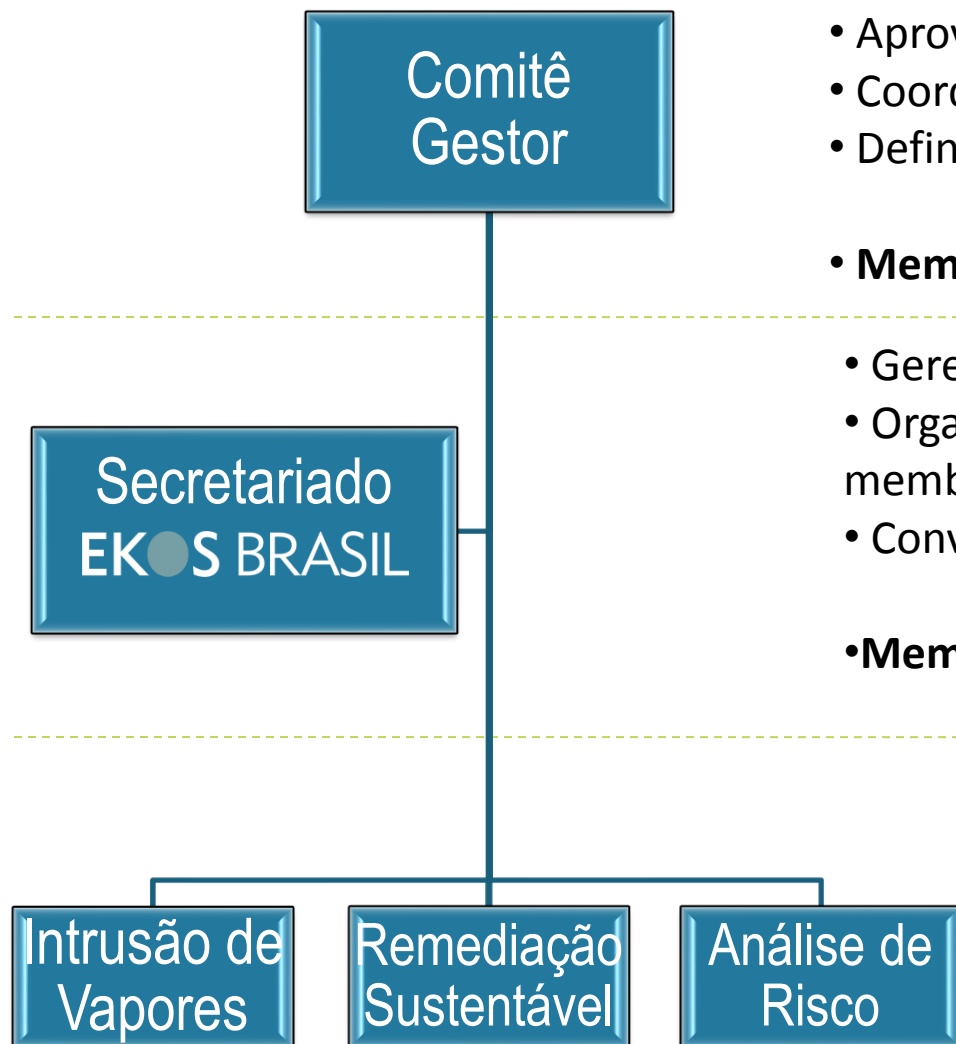
Organização líder no desenvolvimento e promoção de soluções para o gerenciamento de áreas contaminadas

Venha fazer parte dessa rede





Estrutura do Grupo



- Aprovar orçamento e Programa Anual;
- Coordenar os Grupos de Trabalho;
- Definir a estrutura da Rede após 2015;

• **Membros:** membros fundadores (indústria).

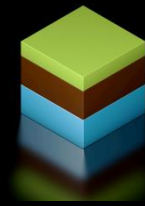
- Gerenciar recursos;
- Organizar a comunicação entre todos os membros;
- Convidar membros potenciais;

• **Membros:** Instituto Ekos.

• Participar das atividades da Rede de acordo com o Programa Anual;

• **Membros:** indústrias, consultorias e universidades.

Produtos de 2015



*“O Grupo de Intrusão de Vapores possui como meta a elaboração e publicação de um Guia para a Avaliação do Processo de Intrusão de Vapores em Áreas Contaminadas. Como metas intermediárias a publicação de um guia, está sendo elaborado um **White Paper**, cujo a intenção é a produção de um material de caráter pedagógico e orientativo, descrevendo os aspectos básicos e as tecnologias existentes relacionadas a temática de intrusão de vapores.”*

*Grupo de trabalho
Intrusão de Vapores*

Maria Lemes
Carolina Fernandes
James Henderson
Rivaldo Mello
Sander Eskes
Suzana Kraus

Anne Takamori
Márcio Alberto
José Gouvêa

Introdução



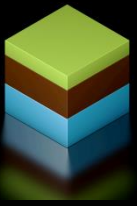
- o processo de migração de compostos químicos voláteis a partir de uma fonte subsuperficial para o interior das construções em superfície é conhecido como **intrusão de vapores**;
- os compostos voláteis presentes no solo e na água subterrânea podem emanar vapores, com potencial para migrar através do perfil de solo;
- através de descontinuidades (trincas, fraturas, tubulações) presentes nas fundações, os vapores podem atingir os ambientes internos, **alterando a qualidade do ar no local**.

Introdução

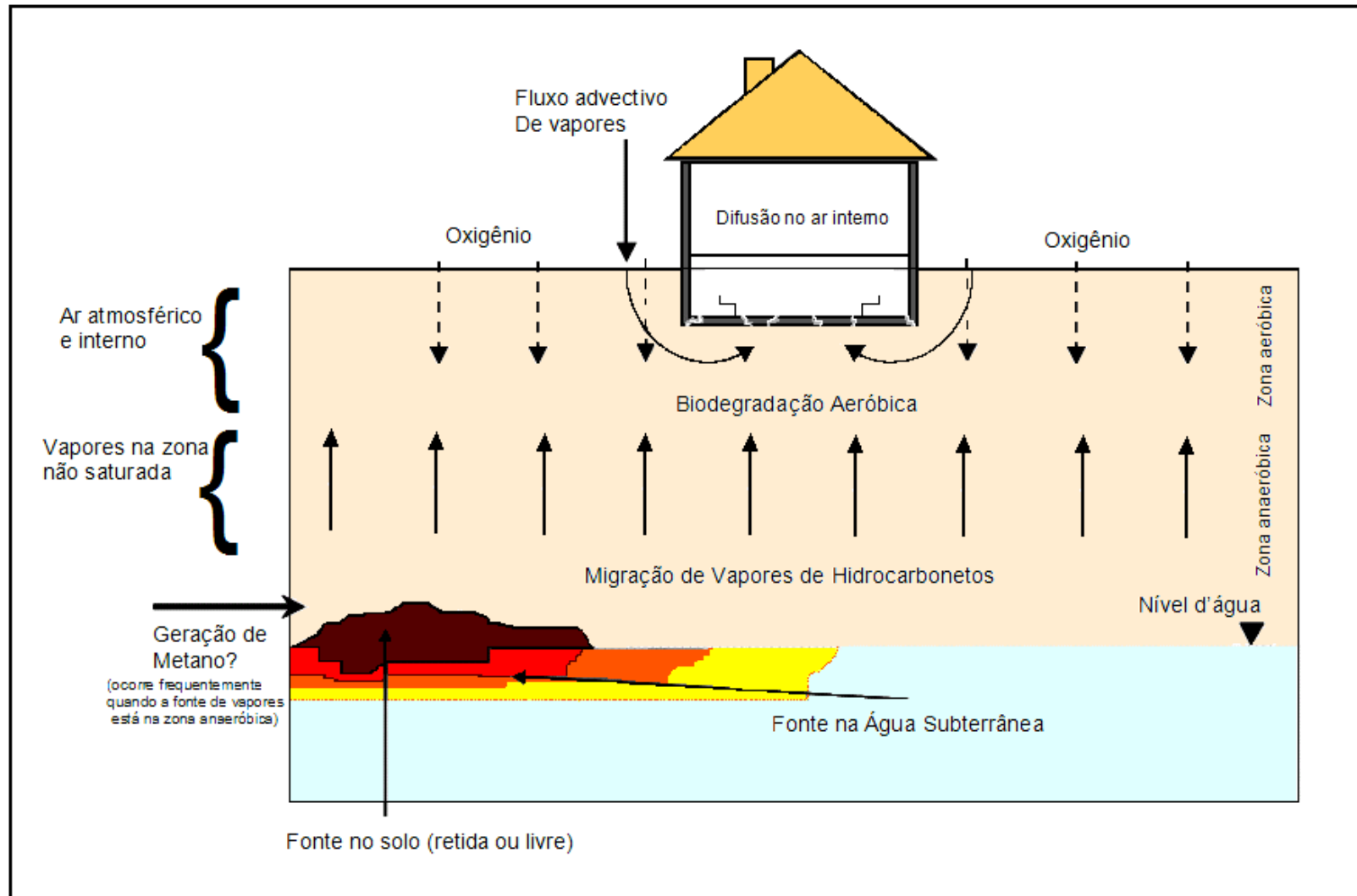


Vapores acumulados podem apresentar os seguintes riscos:

- flamabilidade ou explosão – tratamento emergencial;
- toxicidade aguda ou crônica (**tóxico ou carcinogênico**).
 - na **maior parte dos casos**, são observadas apenas **baixas concentrações**, que em um longo tempo de exposição, podem incrementar o **risco de efeitos crônicos** à saúde dos receptores que ocupam estes espaços.



Base conceitual do processo de migração de vapores e relações entre os principais parâmetros envolvidos



Principais Fontes Para Intrusão de Vapores



- disposição de resíduos;
- atividade industrial;
- postos de distribuição de combustíveis;
- locais onde produtos derivados de petróleo são armazenados, manuseados ou transportados.

Histórico



- inicialmente, o foco das pesquisas estava limitado da migração de **radônio** naturalmente presente nos solos e de gases provenientes de aterros sanitários;
- **início dos anos 90**: o processo IV atraiu o interesse das agências ambientais nos EUA durante a implementação das **RBCA** em áreas sob processo de reabilitação;

Histórico



- em 1991 foi publicado o modelo de J&E, que implementou algumas funções utilizadas nos modelos de intrusão de radônio para representar o fluxos difusivo e advectivo (de uma fonte subsuperficial de contaminação para o ar no interior dos ambientes fechados).

$$\alpha = \frac{\left[\frac{D_T^{eff} A_B}{Q_B L_T} \right] \exp\left(\frac{Q_{soil} L_{crack}}{D_{crack}^{eff} \eta A_B} \right)}{\exp\left(\frac{Q_{soil} L_{crack}}{D_{crack}^{eff} \eta A_B} \right) + \left[\frac{D_T^{eff} A_B}{Q_B L_T} \right] + \left[\frac{D_T^{eff} A_B}{Q_{soil} L_T} \right] \left(\exp\left(\frac{Q_{soil} L_{crack}}{D_{crack}^{eff} \eta A_B} \right) - 1 \right)}$$

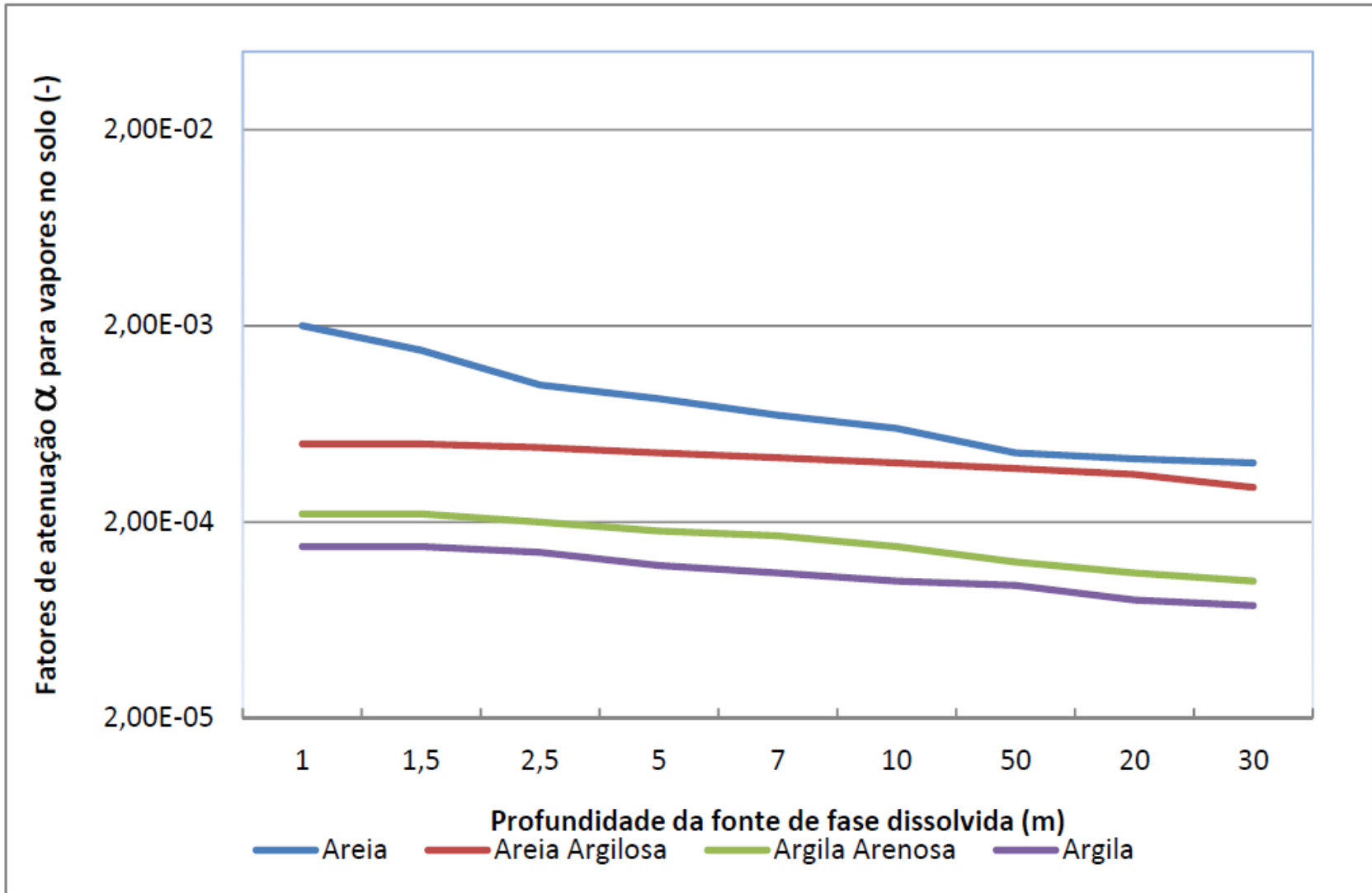
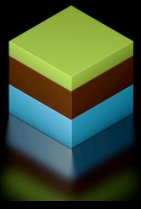
Onde $\alpha = (C_{indoor}/C_{source})$

Histórico

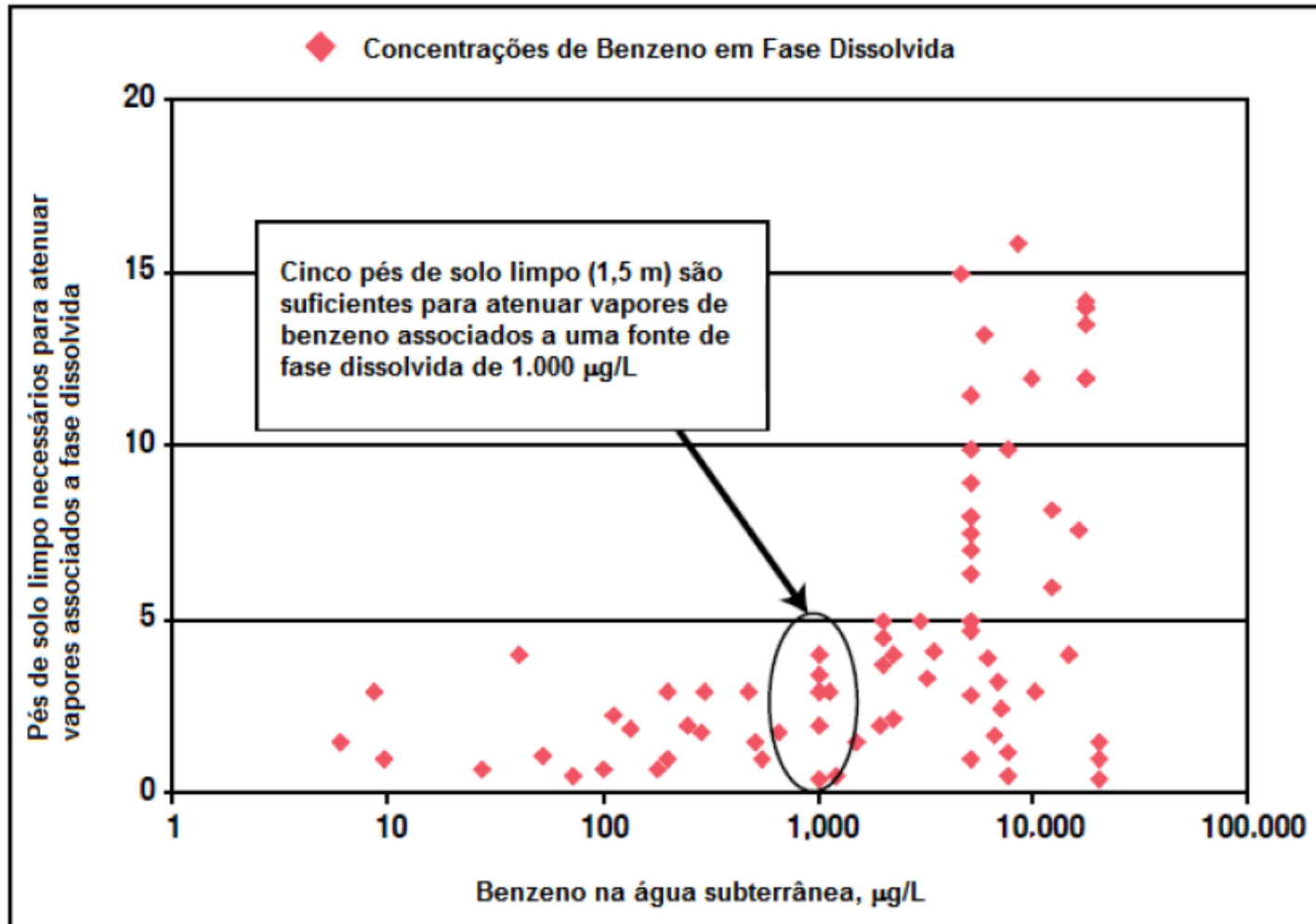


- Os resultados deste modelo fornecem um **fator de atenuação (α)**,
- α : considera a **profundidade da fonte de vapores** e as características **geotécnicas específicas** das áreas avaliadas;
- a partir da utilização dos fatores de atenuação específicos, **são estimadas as concentrações de vapores esperadas para o ar interno**;
- relação: **quanto menor o α , maior é a atenuação** esperada entre a fonte e o ar nos ambientes internos.

Meio Físico

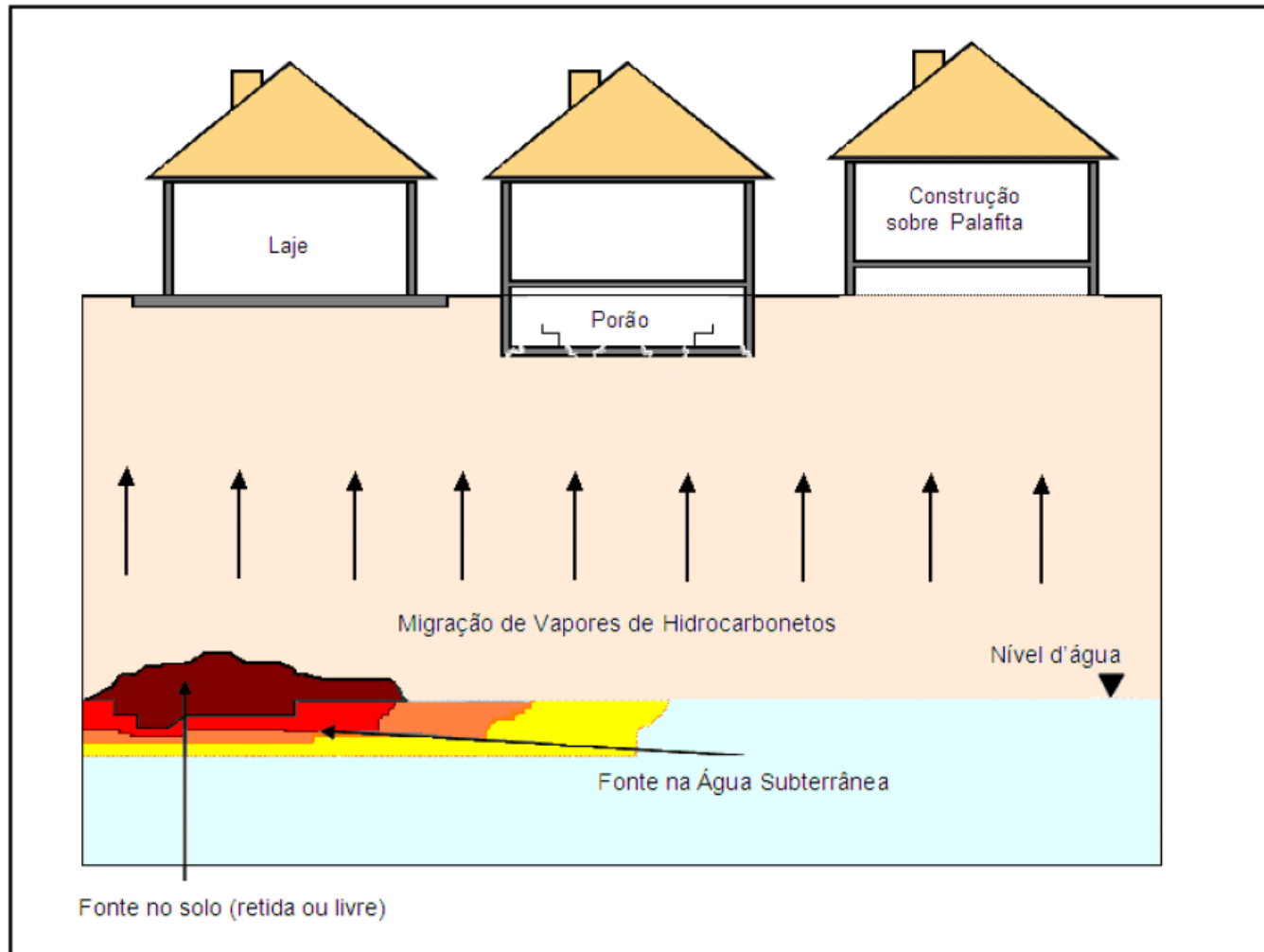
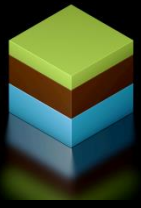


Meio Físico



Espessura de solo limpo necessária para atenuar concentrações de benzeno em fase vapor associadas a diversas faixas de concentração em fase dissolvida
Fonte: Adaptado de Davis, 2009

Características construtivas dos ambientes fechados



Fonte: Modificado de API 2005

Características construtivas dos ambientes fechados



Fonte: Hers (2010)

Concentrações de *Background*



- vivemos em uma sociedade industrial...
- dirigimos carros...
- utilizamos produtos de limpeza...
- possuímos hobbies...
- **Lembre-se:** Concentrações no ar dos ambientes fechados são uma mistura composta por diversas fontes....
- **Não fornecem dados úteis para avaliação da IV!**



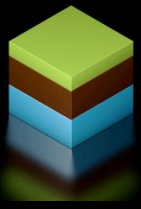
Concentrações de *Background*



Fonte	Composto			
	Benzeno	Tolueno	Etilbenzeno	Xilenos
Tintas a Base de Látex	X	X		
Carpetes	X	X		
Cola de Carpetes	X	X		
Queima de Madeira		X		X
Removedor de Tintas		X		
Produtos com Spray				X
Fitas Adesivas		X		
Fumaça de cigarro	X	X	X	X
Gasolina	X	X	X	X
Solventes		X	X	

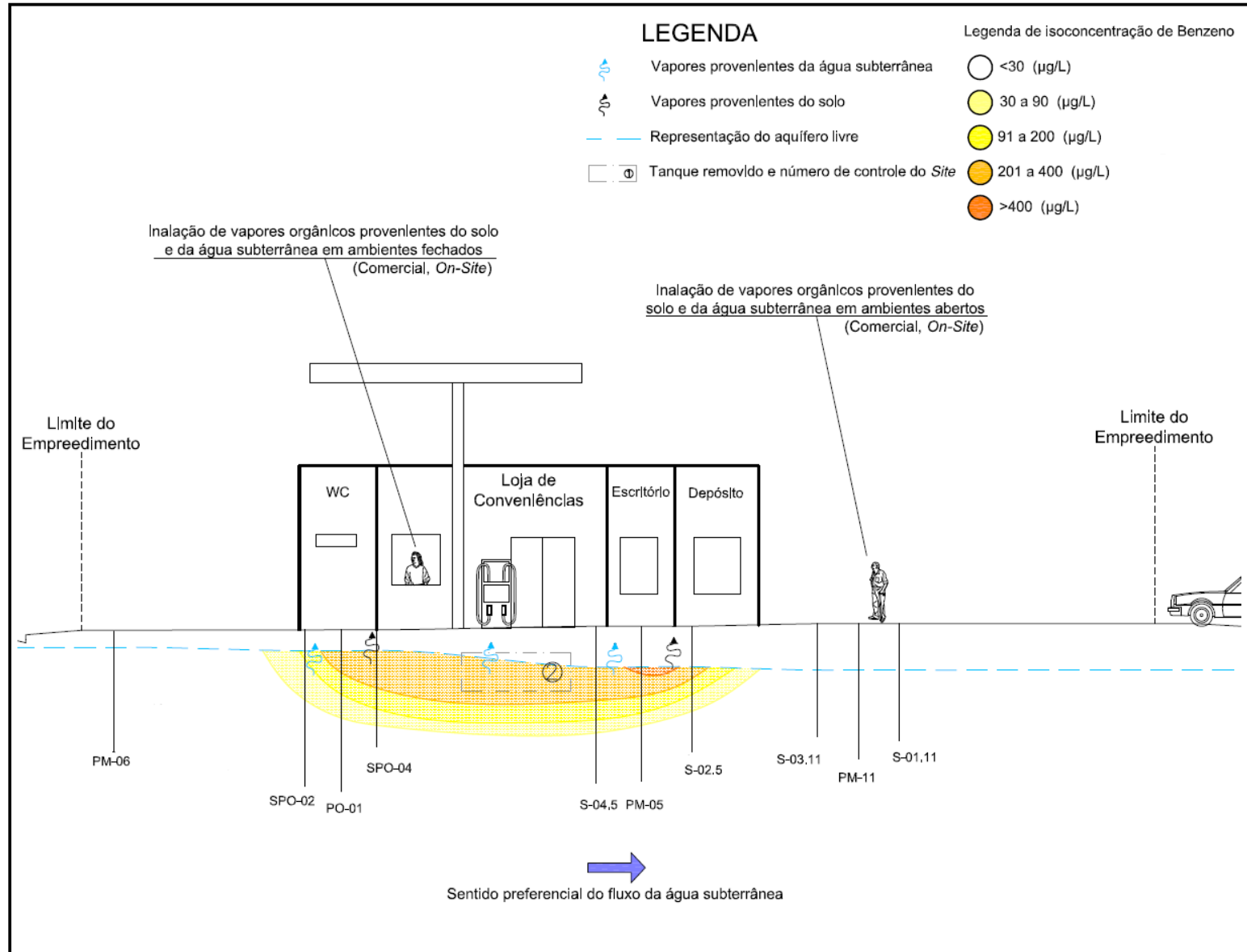
Fonte: Adaptado de Hers et al. (2001, p.180)

Investigação da ocorrência de vapores de VOC em subsuperfície

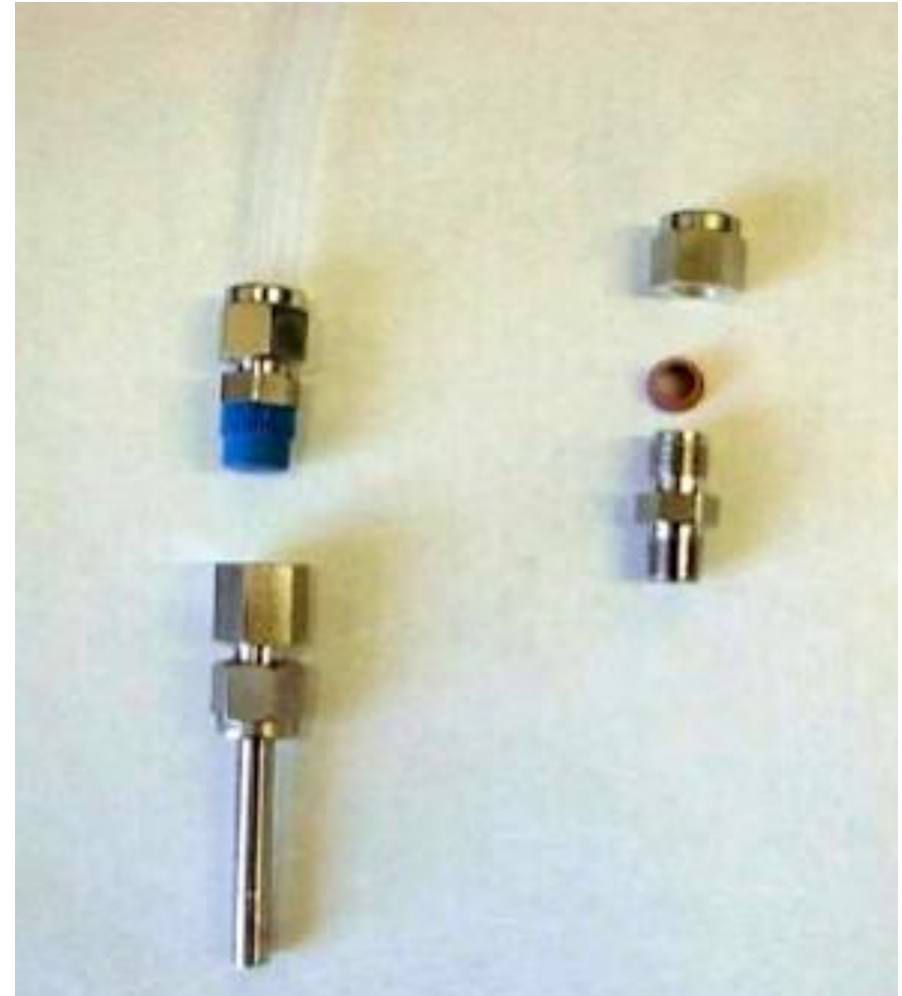
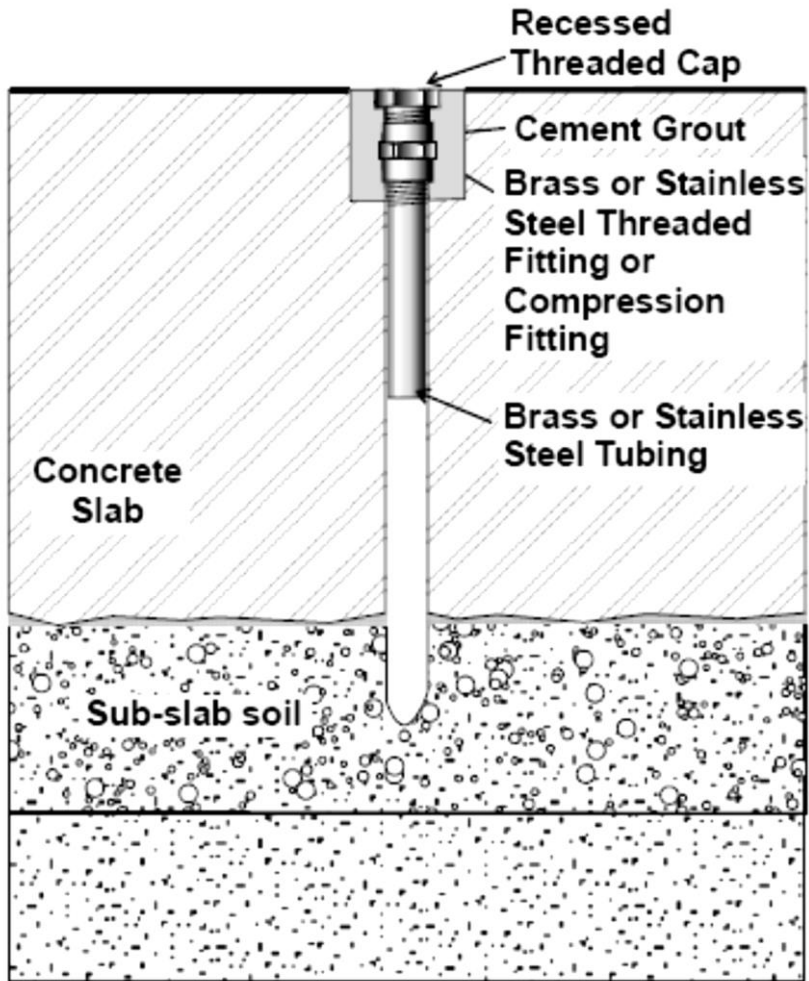


- desenvolvimento do modelo conceitual
 - apresentação tridimensional dos dados específicos disponíveis para a área em estudo:
 - fontes de contaminação;
 - mecanismos de liberação e transporte presentes;
 - possíveis rotas de migração;
 - receptores potenciais;
 - dados históricos e uso futuro.

Investigação da ocorrência de vapores de VOC em subsuperfície



Investigação da ocorrência de vapores de VOC em subsuperfície



Investigação da ocorrência de vapores de VOC em subsuperfície



Investigação da ocorrência de vapores de VOC em subsuperfície

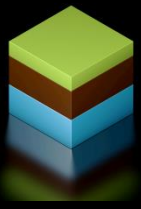


Investigação da ocorrência de vapores de VOC em subsuperfície



- **métodos analíticos:** não existem métodos específicos para determinação de concentrações de VOC em vapores do solo;
- **são utilizados métodos adaptados para amostragem do ar no interior dos ambientes fechados.**
 - definição dos CQI que precisam ser identificados/quantificados;
 - definição dos limites de detecção;
 - metodologia utilizada para a coleta das amostras;
 - certificação do laboratório;
 - prazo de validade da amostra;

Investigação da ocorrência de vapores de VOC em subsuperfície

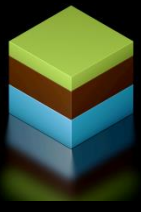


- **TO 14A** : utiliza tedlar bags e canisters para amostragem. Análise por cromatografia gasosa;

- **TO 15A** : utiliza canisters para amostragem. Análise por espectrometria de massa (GC/MS);

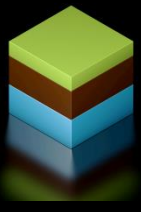
- **TO 17A** : utiliza tubitos com materiais absorventes (resinas):
 - » Amostragem ativa: desorção térmica e cromatografia gasosa;
 - » Amostragem passiva (difusiva): desorção térmica e espectrometria de massa (GC/MS).

Avaliação da Intrusão de Vapores no Brasil



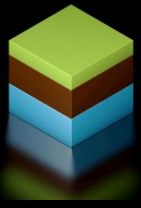
- Não existem até o momento Padrões, Guias ou Manuais específicos ou de Abrangência Nacional;
- Atualmente, os modelos são calculados a partir de concentrações determinados em amostras de **solo e/ou da água subterrânea**;
- A necessidade de intervenção é avaliada a partir de **tabelas comparativas** (concentrações em solo e água subterrânea);

Avaliação da Intrusão de Vapores no Brasil



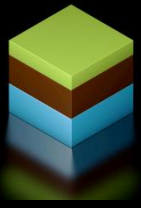
- Decisão de Diretoria Nº 263/2009 da CETESB
 - a **necessidade de intervenção** é avaliada a partir de tabelas comparativas entre as concentrações dos SQIs CMAs – POE e Padrões Legais Aplicáveis;
 - **planilhas da CETESB**: utilizam dados do meio físico genéricos para obter o fator de atenuação α do algoritmo de J&E;
 - **elaboração de mapas de risco e quadros de intervenção**;
 - mitigação de riscos associados ao uso pretendido para a área.

Modelos Matemáticos

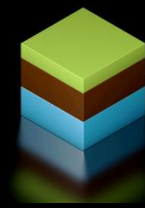


- obter **valores de referencia para concentrações de vapores** abaixo da fundação das edificações;
- base de comparação trabalhos envolvendo a amostragem de vapores do solo;
- **USEPA:**
 - 1) **Tier 1** - Avaliação Preliminar;
 - 2) **Tier 2** - Comparação das concentrações em fase dissolvida com valores de referência genéricos (ou semi específicos); e,
 - 3) **Tier 3** - Avaliação específica contemplando a investigação dos vapores no solo.

Modelos Matemáticos



- **planilhas da USEPA:** incorporação de variáveis específicas como a temperatura, fornece resultados em termos de risco a exposição aos CQI;
- As planilhas da US EPA são divididas em dois formatos:
 - **índices de risco:** a partir de concentrações pré-determinadas;
 - **valores de referência (modo reverso):** somente parâmetros do meio físico.
- As planilhas são disponibilizadas *on-line*,



Modelos Matemáticos

- **BioVapor**: incorpora os efeitos da biodegradação aeróbica na zona não saturada ao modelo de **J&E**;

Model Input Screens

Environmental Factors | Chemicals | Chemical Concentrations

Chemical Database

1. Oxygen Surface Boundary Condition

Slab or Basement Foundation (e.g., Specify Airflow)

2. Indoor Target Criteria

Do not perform backward Calculation
 Based on Indoor Risk / Hazard Target
 Specified Indoor Air Concentration Target

Note: Target indoor air concentrations can be edited on the "Chemical Database" screen

3. Exposure and Risk Factors

Target Hazard Quotient For Individual Chemicals	THQ	1,00	(-)
Target Excess Individual Lifetime Cancer Risk	TR	1,00E-05	(-)
Carcinogen Averaging Time	AT _c	68,00	yr
Non-carcinogenic Averaging Time	AT _{nc}	45,00	yr
Body Weight - Adult	BW	68,00	kg
Exposure Duration	ED	45,00	yr
Exposure Frequency	EF	270,00	days/yr
Indoor Inhalation Rate Exposure Adjustment	CF	1,00	(-)

4. Building Parameters

Indoor Mixing Height	L _{mix}	300,00	cm
Air Exchange Rate	ER	20,00	1/day
Foundation Thickness	L _{found}	15,00	cm
Foundation Area	A _f	200000,00	cm ²
Foundation Crack Fraction	η	1,00E-02	cm ² -cracks/cm ² -total
Total Porosity (Soil-filled Cracks)	θ _{total}	1,00	cm ³ -void/cm ³ -soil
Water Filled Porosity (Soil-filled Cracks)	θ _w	0,18	cm ³ -void/cm ³ -soil
Airflow Through Basement Foundation	Q _a	83,00	cm ³ -air/sec
Building Envelope Resistance	L _{mix} * ER	0,07	cm/sec

5. Vadose Zone Parameters

Soil Porosity	θ _{total}	0,46	cm ³ -void/cm ³ -soil	
Soil Water Content	θ _w	0,18	cm ³ -water/cm ³ -soil	
Soil Organic Carbon Fraction	f _{oc}	3,00E-03	cm ³ -void/cm ³ -soil	
Soil Density - Bulk	ρ _s	1,30	g-soil/cm ³ -soil	
Airflow Under Foundation	Q _a	83,00	cm ³ -air/sec	
Depth of Aerobic Zone Under Foundation	L _a	-	cm	
O ₂ Concentration Under Foundation	CO ₂ -e	-	%	
Annual Median Soil Temperature	T	24,85	°C	
Baseline Soil Oxygen	Calculated from Foc	Λ _{soil}	5,868E-08	mg-O ₂ / g-soil · sec
Respiration Rate				
Depth to Source (from bottom of foundation)	LT	450,00	cm	
Minimum O ₂ Conc. For Aerobic Biodegradation		3,00	%	

6. Commands and Options

Default Values

Residential
 Commercial / Industrial

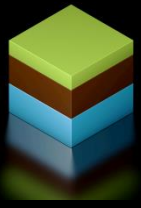
Paste

Home Print
Reset Next

Legend

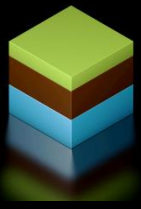
80.00 Calculated Value
80.00 User Input Value
80.00 Value Outside Normal Range

Conclusões



- a inclusão de parâmetros do meio físico contribui para **redução das incertezas** associados ao método;
- Amostragens de Vapores *sub slab* ou no perfil de solo podem fornecer um resultado mais preciso a respeito dos principais riscos envolvidos;

Conclusões



- visto que grande parte dos recursos destinados a gestão de áreas contaminadas pode ser consumida com ações voltadas a investigação e remediação, esta forma alternativa de avaliação pode ser mais sustentável do ponto de vista **técnico, econômico e ambiental**.
- Em 2016 o grupo de intrusão de vapores do NICOLE Brasil irá trabalhar na elaboração de um Guia/Manual de abrangência nacional refletindo a posição da Indústria sobre o tema.



Latin America Network for Soil and Water Management

OBRIGADO!

Quer participar do grupo?

nicolebrasil@ekosbrasil.org