

## DESENVOLVIMENTO DO SOFTWARE “AVALIAÇÃO DE RISCO À SAÚDE HUMANA”: ETAPA 2

RODRIGO MENDES LIMA<sup>1</sup>; TIRZAH MOREIRA SIQUEIRA<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Universidade Federal de Pelotas – gido46rl@gmail.com

<sup>2</sup>Universidade Federal de Pelotas – tirzahsiqueira@hotmail.com

### 1. INTRODUÇÃO

O projeto de pesquisa Estudos Aplicados em Ciências Ambientais está desenvolvendo um software para realizar a Avaliação de Risco à Saúde Humana. Segundo o Conselho Nacional de Pesquisas dos Estados Unidos (NRC, 2007), a Avaliação de Risco à Saúde Humana é definida como a caracterização qualitativa ou quantitativa dos potenciais efeitos adversos à saúde humana de determinadas substâncias sobre indivíduos ou populações que podem estar sobre a fonte de contaminação ou fora dela. Utiliza-se de modelos matemáticos para quantificar os riscos gerados.

O software está sendo desenvolvido com o intuito de oferecer apoio à disciplina de Graduação de Introdução à Avaliação de Risco à Saúde Humana, no curso de Engenharia Ambiental e Sanitária da UFPel, caracterizado como um software de acesso livre.

Este software foi planejado para ser desenvolvido em três etapas. A primeira, já concluída, se refere à consideração dos potenciais receptores sobre a fonte de contaminação. A segunda etapa é referente a potenciais receptores fora da fonte de contaminação. O objetivo desse trabalho é mostrar o desenvolvimento da segunda etapa, realizada entre as datas 01 de agosto de 2021 a 31 de julho de 2022. A segunda etapa do projeto teve como objetivo desenvolver os algoritmos necessários para realizar os cálculos da Avaliação de Risco à Saúde Humana para receptores fora da fonte de contaminação, além de implementar a interface gráfica para seleção de dados para os cálculos e para a visualização das respostas.

### 2. METODOLOGIA

#### 2.1 Plataforma

O software está sendo desenvolvido em Python, que é uma linguagem de programação dinâmica e orientada a objetos, podendo ser integrada com outras linguagens e ferramentas (COELHO, 2007). O programa pode ser executado nos sistemas operacionais Windows 8, 10 e 11.

A primeira parte já concluída contém o layout do programa, banco de dados com informações dos contaminantes e dos parâmetros necessários para os cálculos, e os cálculos referente a primeira e segunda etapa.

#### 2.2 Cálculos

Os cálculos da segunda etapa de Risco de Câncer (RC), Quociente de Perigo (HQ), a Máxima Concentração Aceitável (SSTL) e o Fator de Remediação (FR), todos considerando o potencial receptor fora da fonte de contaminação, utilizam os fatores de atenuação: Fator de Atenuação por Diluição Lateral da Água Subterrânea (DAF), Fator de Atenuação por Dispersão Lateral do Ar (ADF). Tais fatores são necessários para determinar o máximo risco aceitável para um receptor fora da

fonte, considerando a concentração atenuada de um contaminante ao atingir um ponto de exposição fora da fonte de contaminação.

$$SSTL = RBSL \cdot FT$$

O SSTL depende da máxima concentração dentro da fonte (RBSL), este valor é calculado no nível 1 do software, e do fator de atenuação (FT), que dependendo do cenário de exposição, pode ser o valor do DAF ou do ADF.

### **2.2.1 Fator de Atenuação por Diluição Lateral da Água Subterrânea (DAF)**

O Fator de Atenuação por Diluição Lateral da Água Subterrânea (DAF) é uma atenuação decorrente do transporte e da degradação de contaminantes na água subterrânea (TAKEUCHI, 2008). O modelo de Domenico permite calcular a concentração fora da fonte, tanto para regime permanente quanto para regime transiente (MELO, 2010).

### **2.2.2 Fator de Atenuação por Dispersão Lateral do Ar (ADF)**

O Fator de Atenuação por Dispersão Lateral do Ar (ADF) é uma atenuação decorrente do transporte do contaminantes pelo ar (TAKEUCHI, 2008). O modelo de dispersão 3D Gaussiano permite calcular a concentração fora da fonte para regime permanente (TAKEUCHI, 2008).

## **2.3 Processo de desenvolvimento**

Foi adicionado ao banco de dados as tabelas de parâmetros de exposição dos receptores e a de parâmetros físicos do(s) meio(s) contaminado(s) para receptores fora da fonte.

Desenvolveu-se janelas para escolher os contaminantes que serão analisados, para visualizar os valores dos fatores de atenuação, para gerar gráfico da liberação do contaminante em função do tempo de liberação, e janelas de respostas dos cálculos de RC, HQ e SSTL e FR.

Após a produção do layout, foram inseridas no programa as fórmulas matemáticas para realização dos cálculos.

## **2.3 Testagem dos cálculos**

Para averiguar se os cálculos foram inseridos corretamente no programa, elaborou-se planilhas do Excel com cada etapa dos cálculos. Além disso, para as vias de exposição possíveis, os resultados também foram validados com as planilhas da CETESB (2021) para Avaliação de Risco à Saúde Humana.

# **3. RESULTADOS E DISCUSSÃO**

## **3.1 Interface gráfica**

Foi produzida a interface gráfica para que o usuário insira os dados de entrada (Figura 1) relacionado ao nível 2 da metodologia de ARSH. Esses dados são os cenários de exposição à contaminação, os contaminantes de interesse, os tipos de receptores que serão analisados e os parâmetros de exposição dos receptores e os parâmetros físicos do(s) meio(s) contaminado(s). O software também já conta com a interface gráfica dos dados de saída, sendo eles: RC, HQ, SSTL e FR. É possível gerar o gráfico da concentração do contaminante fora da fonte após sua liberação, com o uso do modelo de Domenico transiente, conforme a figura 2.

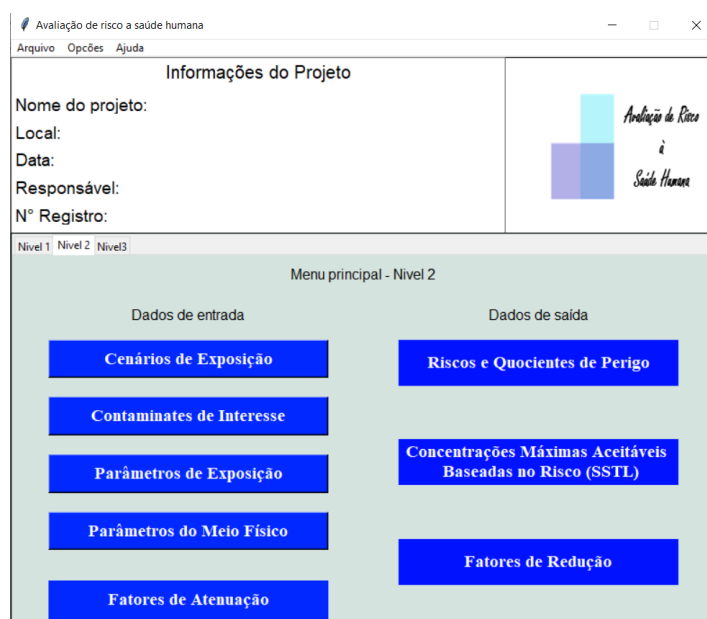


Figura 1: Menu Principal

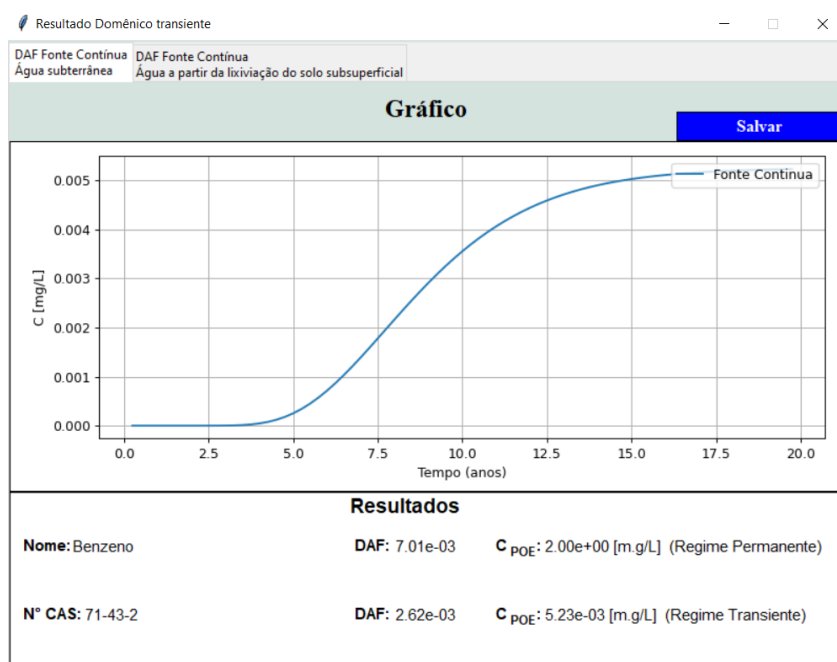


Figura 2: Gráfico de exemplo da concentração do contaminante fora da fonte, após tempo de liberação.

### 3.2 Validação dos resultados

Como é fundamental a exatidão dos cálculos, o processo de validação dos resultados, gerado pelo programa, é imprescindível, pois ele que permite garantir veracidade das informações geradas.

Após a realização de diversos testes e comparação dos resultados do programa com as planilhas desenvolvidas para testagem e também comparação com os mesmos cenários de exposição contidos nas planilhas da CETESB, foi possível validar todos os cálculos inseridos no programa e reproduzir exatamente os valores gerados nas planilhas.

Concentrações Máximas Aceitáveis Baseadas no Risco - Solo superficial

Residencial Residencial  
Rural Criança Urbano Criança

Concentrações Máximas Aceitáveis Baseadas no Risco (SSTL)				
			Solo superficial	
Nº CAS	Contaminante	Efeito Adverso	Inalação de vapores (mg)/(kg-solo)	Inalação de partículas (mg)/(kg-solo)
71-43-2	Benzeno	NC	2.39e+07	1.82e+13
		C	1.34e+07	1.02e+13
30560-19-1	Acefato	NC	ND	ND

**LEGENDA:** NA: Via de exposição não aplicável NC: Não carcinogênico  
 ND: Algum dado não está disponível para realizar o cálculo C: Carcinogênico

Figura 4: Janela de Resultados

#### 4. CONCLUSÕES

A segunda etapa de elaboração do software de Avaliação de Risco à Saúde Humana está concluída e validada. A inovação tecnológica ajuda a fomentar o conhecimento, agiliza os processos e fornece respostas rápidas a cerca de um problema.

A produção de um software livre para a Avaliação de Riscos à Saúde humana contribuirá para o desenvolvimento de pesquisas em diferentes tópicos de ciências ambientais, além de possibilitar seu uso para os alunos da graduação e pós-graduação, que fazem disciplinas nessa área do conhecimento.

#### 5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

CETESB. **Planilhas para Avaliação**, outubro 2021. Acessado em: 10 de julho 2021. Disponível em: <https://cetesb.sp.gov.br/areas-contaminadas/documentacao/planilhas-para-avaliacao/>

NRC. National Research Council. **Commission on Life Sciences. Board on Environmental Studies and Toxicology.** Committee to Review the OMB Risk Assessment Bulletin. Scientific Review of the Proposed Risk Assessment Bulletin from the Office of Management and Budget. Washington: National Academy Press, 2007. 286 p.

TAKEUCHI, Eri. **Aplicação da Metodologia RBCA para o Município de Porto Alegre: definição de níveis aceitáveis baseados no risco para hidrocarbonetos.** 2008.

COELHO, Flávio Codeço. **Computação Científica com Python.** Lulu. com, 2007.

MELO, Tirzah Moreira de. **Soluções analíticas para transporte de hidrocarbonetos do petróleo em água subterrânea: avaliação determinística e probabilística do risco à saúde humana.** Dissertação de Mestrado, IPH-UFRGS, Porto Alegre, 2010.