



# Desenvolvimento e Proposta de Ferramenta Computacional para Avaliações de Risco à Saúde Humana em Áreas Contaminadas

Felipe Leite Nisiyama

Mestrando do Programa de Pós-Graduação em Geotecnia, Universidade de Brasília, Brasília, Distrito Federal, Brasil, felipenisiyama@gmail.com

André Luís Brasil Cavalcante

Professor, Universidade de Brasília, Brasília, Distrito Federal, Brasil, albrasilc@gmail.com

Luciano Soares da Cunha

Professor, Universidade de Brasília, Brasília, Distrito Federal, Brasil, soares.cunha.l@gmail.com

**RESUMO:** O risco à saúde humana é um aspecto central no gerenciamento de áreas contaminadas, uma vez que a partir do seu reconhecimento e quantificação é possível planejar e elaborar ações de remediação voltadas para proteger os indivíduos presentes nessas áreas. Dessa forma, o presente trabalho tem como principal objetivo apresentar o desenvolvimento e a proposta de uma ferramenta computacional que auxilie a realização de avaliações de risco em áreas contaminadas. A ferramenta possui quatro módulos principais implementados em interfaces gráfica, cujas funcionalidades permitem conduzir avaliações de risco à saúde humana – conforme a metodologia proposta pela USEPA (1989) – mediante a entrada de dados acerca da contaminação e do uso e ocupação das áreas onde existem indivíduos possivelmente expostos.

**PALAVRAS-CHAVE:** Ferramenta Computacional, Risco, Saúde, Contaminação

## 1 INTRODUÇÃO

No gerenciamento de áreas contaminadas, a avaliação dos riscos à saúde humana nestas é uma questão preponderante. Em determinado meio a presença de espécies químicas em níveis de concentração mais elevados que aqueles que restringem a sua utilização – definida com base na avaliação de risco à saúde humana e aos bens a proteger – caracteriza o conceito de contaminação, segundo a Resolução Conama nº 420/2009 (CONAMA, 2009). Atualmente, a caracterização dos riscos à saúde humana – por meio de abordagens quantitativas ou qualitativas – devido a exposições ambientais pode ser realizada com base em metodologias variadas. Tal caracterização fornece informações de grande relevância para subsidiar o processo de tomada de decisão quanto a medidas de gerenciamento ou processos de remediação que

permitam garantir níveis aceitáveis de risco (IPT, 2014).

No âmbito nacional, a temática em questão ainda se encontra em um nível de discussão incipiente, tendo sido objeto de normatização apenas em 2013, com a NBR 16209:2013 (ABNT, 2013), cujo arcabouço metodológico foi amplamente baseado na metodologia proposta pela Agência de Proteção Ambiental dos Estados Unidos (USEPA) (USEPA, 1989). Pode-se registrar avanços recentes como a proposição, pela Companhia Ambiental do Estado de São Paulo (CETESB), de planilhas de cálculo para a avaliação de risco à saúde humana também com base na metodologia da USEPA (CETESB, 2018). A metodologia da USEPA, denominada de RAGS (*“Risk Assessment Guidance for Superfund”*), foi proposta com o intuito de subsidiar o programa de financiamento da

remediação de áreas contaminadas de interesse do território americano. A metodologia RAGS vem sendo aplicada em âmbito internacional para avaliar os riscos à saúde humana em áreas contaminadas por distintas fontes e em meios afetados diversos (Xu et al. 2018, Petrovic et al. 2018).

Tendo em vista o exposto, nota-se que existe uma tendência global no sentido da aplicação de metodologias de avaliação de risco à saúde humana com abordagens quantitativas, sendo a metodologia proposta por USEPA (1989) reconhecidamente capaz de realizar isto. Assim, o presente trabalho tem como principal intuito apresentar o desenvolvimento e a proposta de uma ferramenta computacional que dê suporte a realização de avaliações de risco à saúde humana em áreas contaminadas, segundo a metodologia proposta em USEPA (1989).

## 2 AVALIAÇÃO DE RISCO À SAÚDE HUMANA SEGUNDO A METODOLOGIA USEPA (1989) - RAGS (“*Risk Assessment Guidance for Superfund*”)

Na avaliação de risco à saúde humana, segundo o RAGS, podem ser identificadas quatro etapas principais: a) coleta de dados e avaliação; b) avaliação da exposição; c) avaliação da toxicidade e d) caracterização dos riscos. Salienta-se que existem outras propostas metodológicas que podem ser aplicadas com o mesmo fim. Com a realização dessas etapas, o RAGS fornece como principais resultados indicadores quantitativos de risco para cada substância química, derivados a partir de modelos estatísticos e biológicos que utilizam dados oriundos de investigações epidemiológicas e de toxicidade animal (USEPA, 1989). Os subitens a seguir fornecem uma breve descrição acerca das etapas contempladas pela metodologia USEPA (1989), em termos das formulações e princípios adotados.

### 2.1 Coleta e Avaliação de Dados

A presente etapa tem como principal intuito obter e analisar dados e identificar as substâncias de interesse para a área em avaliação. Os dados

a serem obtidos fazem referência àqueles que serão utilizados na avaliação de risco em si e em etapas posteriores, como na proposição de ações de remediação. Por meio da avaliação desses dados, são selecionadas substâncias que, no contexto de ocorrência na área, possam levar a ocorrência de efeitos adversos à saúde humana e, por sua vez, para as quais a avaliação de risco será conduzida.

De forma geral, nesta etapa demandam-se dados tais como: a) as identidades dos contaminantes; b) os valores de referência (“*background*”); c) as concentrações nos meios de interesse; d) as características das fontes; e) as características físicas do ambiente que afetam o transporte, destino e persistência do contaminante. Com isso, identificam-se, de forma preliminar, os meios e as regiões destes que suscitam preocupação, bem como os tipos de contaminantes esperados e os caminhos potenciais destes no ambiente. A obtenção dos dados é realizada tendo como diretrizes níveis qualitativos e quantitativos de qualidade e, em uma primeira etapa, compilam-se e analisam-se os dados existentes. Com isso, pode-se identificar as principais lacunas de informações e, assim, elaborar um Plano de Amostragem e Análise.

A avaliação dos dados permeia o processo de coleta, permitindo aferir a sua qualidade e representatividade. Tal avaliação é determinante para a seleção dos dados que podem ser utilizados em etapas posteriores da avaliação de riscos que, preliminarmente, já fornecem indícios de concentrações em níveis de alteração que indicam possíveis riscos à saúde humana.

Por fim, diante do grande volume de informações que é acumulado diante desta etapa, pode-se optar – em uma última avaliação – por não considerar substâncias que oferecem riscos negligenciáveis à saúde humana. Porém, destaca-se que o tempo para atestar isso pode superar aquele necessário para simplesmente conduzir as demais etapas da avaliação de riscos para tais substâncias.

### 2.2 Avaliação da Exposição

Define-se a exposição como o contato entre um organismo e um agente físico ou químico. A magnitude dessa exposição é mensurada por meio da medição ou estimativa da quantidade dos agentes disponíveis nas possíveis fronteiras de troca, tais como pele, pulmões, trato gastrointestinal. Portanto, esta etapa visa determinar ou estimar a magnitude, frequência, duração e via de exposição com as quais indivíduos estão expostos a determinadas substâncias químicas.

Em um primeiro momento, é necessário caracterizar os cenários de exposição, com enfoque nas características do meio físico da área em avaliação e nas populações humanas potencialmente expostas presentes nesta. Com relação ao meio físico, são salientados aspectos gerais, como aqueles relacionados aos contextos pedológico, hidrogeológico, biótico e hidrográficos. No que tange à caracterização das populações possivelmente expostas, destacam-se os aspectos que direta ou indiretamente afetam a forma, intensidade, frequência e duração com que tais populações ficam expostas às substâncias presentes nos diversos meios. De forma geral, esses aspectos abrangem principalmente: a) a localização desta população; b) a presença de subpopulações sensíveis (crianças, gestantes, idosos) c) os tipos de uso e ocupação que são dados as regiões nas quais tais populações estão presentes e, conseqüentemente, os padrões de atividades humanas relativos a estes.

Tanto a caracterização do meio físico quanto das populações permitem definir e caracterizar os caminhos de exposição. A definição destes é garantida pela existência de uma fonte de contaminação, um meio pelo qual esta se propaga, um ponto no qual os indivíduos podem entrar em contato com ela e, por fim, uma via na qual ingressam no organismo de indivíduos. Assim, o objetivo primordial da etapa de avaliação da exposição é quantificar a exposição por meio dos diversos caminhos de exposição identificados. Para os caminhos de exposição a substâncias presentes em águas superficiais/subterrâneas ou solos, tal quantificação é realizada – para ingestão e contato dermal, respectivamente – de acordo

com as seguintes equações:

$$I = \frac{C \cdot IR \cdot EF \cdot ED}{BW \cdot AT} \quad (1)$$

$$DAD = \frac{DA_{evento} \cdot EV \cdot EF \cdot ED \cdot SA}{BW \cdot AT} \quad (2)$$

Em que  $I$  e  $DAD$  são as doses ingerida e absorvida, respectivamente, pela água ou solo, ambas em mg/kg/dia. Em (1) e (2), os parâmetros  $EF$ ,  $ED$ ,  $BW$  e  $AT$  são a frequência de exposição, a duração desta, a massa corporal e o tempo médio, dados em dias/ano, anos, kg e dias, respectivamente. Em (1),  $C$  e  $IR$  são as concentrações de exposição no meio e a taxa de ingestão deste, dadas, respectivamente, por mg/l e l/dia, para águas, ou mg/kg e kg/dia, para solos. Em (2)  $DA_{evento}$ ,  $EV$  e  $SA$  são a dose absorvida por evento de exposição, a frequência do evento e a área superficial de exposição pela pele, em mg/cm<sup>2</sup>/evento, eventos/dia e cm<sup>2</sup>, respectivamente. No caso, o termo referente a  $DA_{evento}$ , é calculado por formulações que englobam essencialmente: a) a concentração da substância no meio (água ou solo); b) as características da interação entre esse meio e a pele. Maiores detalhes acerca das formulações e parâmetros utilizados para calcular  $DA_{evento}$  são fornecidos em USEPA (2004).

Constatando-se que os parâmetros supracitados devem ser representativos de populações, cabe salientar que comumente adotam-se valores com base em distribuições estatísticas destes e que, assim, resultem em valores de  $I$  ou  $DAD$ , suficientemente conservadores.

### 2.3. Avaliação da toxicidade

A etapa em questão tem por objetivo ponderar as evidências existentes acerca do potencial dos contaminantes em causar efeitos adversos à saúde humana e determinar a relação existente entre o acréscimo da possibilidade de ocorrência ou severidade desses efeitos em virtude do nível de exposição a que um indivíduo está sujeito. As principais fontes de dados para conduzir tais avaliações são estudos clínicos e experimentos realizados com animais.

Uma distinção essencial é realizada quanto ao tipo de efeito adverso – cancerígeno e não-cancerígeno – relacionado a certa substância. Quanto a efeitos não-cancerígenos, a proposição de um valor de toxicidade se baseia no fato de que existe um intervalo de dose o qual pode ser tolerado pelo organismo de indivíduos. Neste caso, propõe-se um valor de dose que se baseie em um limite superior desse intervalo e que incorpore as incertezas decorrentes da utilização desse valor para representar certa população.

O valor em questão é denominado de dose de referência  $RfD$ , sendo calculado por:

$$RfD = \frac{NOAEL}{UF_P \cdot UF_E \cdot UF_D \cdot MF} \quad (3)$$

$NOAEL$  corresponde ao maior valor da dose de uma substância com a qual não se observa a ocorrência do efeito tóxico crítico, dado em mg/kg/dia.  $UF_P$ ,  $UF_E$ ,  $UF_D$  são fatores de incerteza que levam em consideração, respectivamente, o fato de que: a) podem existir indivíduos mais sensíveis que outros em uma população; b) os dados a partir dos quais  $NOAEL$  foi derivado foram obtidos de experimentos com populações não humanas; c) as condições de exposição das populações avaliadas são distintas daquelas a partir das quais  $NOAEL$  foi derivado. Por fim,  $MF$  é um fator de modificação, que visa incorporar quaisquer outras incertezas nos estudos e experimentos utilizados como fonte de dados.

De modo distinto, no que concerne as substâncias que podem induzir efeitos cancerígenos, a USEPA (1989) possui o entendimento que a abordagem assumindo doses limiares não é aplicável. Portanto, não existem doses destas que não representem uma probabilidade finita de induzir uma resposta carcinogênica. Sendo assim, havendo evidências do potencial cancerígeno de certa substância, o valor de toxicidade para tais efeitos faz referência a um fator de inclinação ( $SF$ ), usualmente calculado por:

$$SF = \frac{0,1}{LED_{10}} \quad (4)$$

Em que  $LED_{10}$  é o valor referente ao limite inferior – com 95% de confiança – da dose referente a um acréscimo de 10% no nível de resposta cancerígena de uma população, em mg/kg/dia. O valor de  $SF$ , tal como apresentado em (4), refere-se ao coeficiente angular da extrapolação da curva de dose-resposta para a região desta referente a baixas doses.

## 2.4 Caracterização dos Riscos

A caracterização dos riscos envolve a obtenção de indicadores quantitativos de risco para as substâncias e caminhos de exposição em avaliação. Em se tratando de efeitos não-cancerígenos o indicador é denominado de quociente de risco ( $QR$ ), sendo obtido conforme:

$$QR_{i,j} = \frac{Ing_{i,j}}{RfD_{i,j}} \quad (5)$$

Nesse caso,  $Ing_{i,j}$  é a dose que ingressa o organismo de um indivíduo ( $I$  ou  $DAD$ ) e  $RfD_{i,j}$  a dose de referência, em que  $i$  designa a substância e  $j$  o caminho de exposição que a contempla. Excedendo a unidade, o valor de  $QR_{i,j}$  indica a possibilidade de ocorrência de efeitos adversos não-cancerígenos, ou seja, tal indicador não representa uma probabilidade, mas é um indicador dela. Por outro lado, em se tratando de efeitos cancerígenos, calcula-se efetivamente a probabilidade de um indivíduo desenvolver câncer  $RC$  em virtude da sua exposição, obtida por:

$$RC_{i,j} = Ing_{i,j} \cdot SF_{i,j} \quad (6)$$

Em que  $Ing_{i,j}$  possui o mesmo significado e unidade que em (5) e  $SF_{i,j}$  é o fator de inclinação para a substância  $i$  e caminho de exposição  $j$ . O valor de  $RC_{i,j}$  descreve o incremento de probabilidade de um indivíduo desenvolver câncer devido à exposição referente a  $Ing_{i,j}$ . Os valores de  $QR_{i,j}$  ou  $RC_{i,j}$  podem ser convenientemente combinados para as diferentes substâncias  $i$  ou caminhos de exposição  $j$ , desde que exista a possibilidade da ocorrência simultânea de exposição pelos diferentes caminhos  $j$  e que seja plausível a consideração conjunta das substâncias  $i$ . No caso, as premissas

adotadas para considerar a possibilidade de tais combinações são descritas em USEPA (1989).

### 3 MATERIAIS E MÉTODOS

#### 3.1 Desenvolvimento Conceitual da Ferramenta

Inicialmente, foi proposto o desenvolvimento conceitual da ferramenta em módulos que representassem as principais etapas metodológicas propostas por USEPA (1989). Com isso, identificaram-se as principais atribuições dos usuários desta, em termos de dados que necessitam fornecer e decisões devem tomar, ao passo que foram definidas as principais funcionalidades que a ferramenta deveria possuir para que os objetivos das etapas metodológicas propostas pela USEPA (1989) fossem contemplados. Tal procedimento foi realizado para cada um dos módulos da ferramenta, e apresenta-se detalhado em Nisiyama (2019).

#### 3.2 Implementação da Ferramenta em Interface Gráfica

A implementação em interface gráfica foi realizada com o intuito de estabelecer os vínculos entre os usuários e as funcionalidades desta. Nesse sentido, prezou-se pela utilização de bibliotecas de extensões de acesso livre e formatos de arquivos de entrada e saída que possuíssem ampla popularidade. Utilizou-se a linguagem Visual Basic .NET para tal implementação, em que cada módulo da ferramenta é uma classe do tipo Formulário Windows (“Windows Form”). Ao todo foram implementados quatro módulos principais – que referem-se as etapas principais do RAGS – e 19 módulos vinculados a estes, desempenhando funcionalidades específicas. Os arquivos de entrada da ferramenta contemplam formatos do tipo (.asc) e (.shp). Com o formato (.asc) os dados referentes à espacialização das concentrações de substâncias em um meio são representados. O formato (.shp) representa os polígonos que delimitam possíveis zonas de exposição e os seus atributos. Os principais programas voltados para Sistemas de Informações Geográficas (SIG) possuem a capacidade de exportar arquivos com os

formatos supracitados. Para a manipulação interna desses arquivos pela ferramenta proposta, foi utilizada a Interface de Programação de Aplicações (API) denominada de MapWinGIS, com a qual é possível utilizar recursos e funcionalidades de sistemas de informações geográficas para formulários do Windows. O MapWinGIS é atualmente hospedado na plataforma GitHub, na qual encontram-se todas as versões da API, bem como documentações e fóruns de discussões (Meems, 2019).

Por fim, os principais dados de saída da ferramenta contemplam: a) gráficos e tabelas apresentados na própria interface gráfica desta; b) relatório – em formato (.docx) – contendo um resumo dos cálculos realizados. No caso, b) é gerado de forma automatizada pela ferramenta para o Módulo de Avaliação da Exposição, que concentra a maior parte dos cálculos realizados pela ferramenta.

### 4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

#### 4.1 Módulo Inicial

O Módulo Inicial recebe a entrada dos principais dados oriundos da etapa metodológica apresentada na seção 2.1 deste trabalho. Tais dados contemplam arquivos (.asc) contendo cenários de contaminação de um meio a uma substância e arquivos (.shp) contendo os cenários de uso e ocupação das possíveis zonas de exposição. Neste artigo, o foco será dado aos demais módulos da ferramenta.

#### 4.2 Módulo de Avaliação da Exposição

O módulo em questão é apresentado na Figura 1. Em (a) é possível selecionar um dos cenários de uso e ocupação, bem como o cenário de contaminação relativo à uma substância e meio. As zonas de possível exposição são mostradas em (b). Uma vez selecionada uma zona, apresenta-se a distribuição das concentrações da substância nesta por um mapa (c) e de forma gráfica (d). Em (d) é apresentada a curva de frequência de excedência das concentrações presentes na zona selecionada, e os valores de mediana, percentil 95 e máximo derivados a

partir dela. Em (b), para cada uma das zonas é possível inicializar módulos auxiliares nos quais são introduzidas as variáveis de exposição e quantificadas as exposições – Eq. (1) ou (2) – de acordo a via de ingresso selecionada. Os valores obtidos são indicados nas duas últimas colunas em verde. Por (e), a quantificação em questão é

realizada para substâncias que tem potencial de ocasionar efeitos cancerígenos e/ou não cancerígenos. Por fim, pode-se gerar o relatório de cálculo referente às quantificações realizadas ou dar continuidade à avaliação – (f) – inicializando-se o Módulo de Avaliação da Toxicidade.

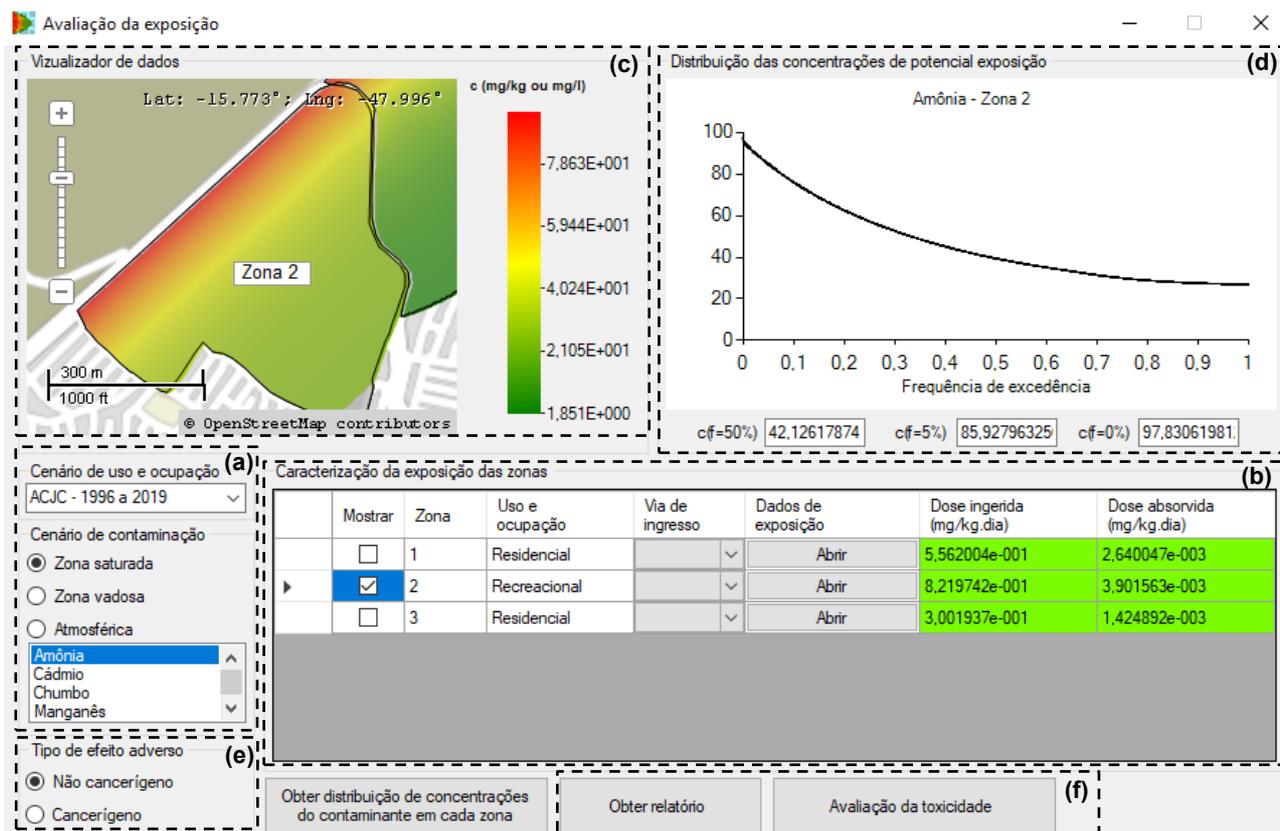


Figura 1. Módulo de Avaliação da Exposição

### 4.3 Módulo de Avaliação da Toxicidade

No módulo em questão (Figura 2) são apresentados – por meio da árvore de nós (a) – todos os caminhos de exposição para os quais as exposições foram quantificadas no módulo anterior. Para cada um desses caminhos, em um último nível, são apresentados os valores quantificados de doses ingeridas (*I*) ou absorvidas (*DAD*), e um campo para a entrada de dados de toxicidade. No caso específico – (a.1) – tal valor de toxicidade é representado por *RfD*, uma vez que estão sendo considerados efeitos não-cancerígenos. A entrada de valores de toxicidade pode-se dar manualmente ou com base no banco de dados de valores de toxicidade propostos em (b). O banco de dados em questão faz referência ao Sistema Integrado de

Informações de Risco (IRIS) (USEPA, 2019), o qual é utilizado pela USEPA como principal fonte de informações de toxicidade de substâncias. Pela seleção de caminhos de exposição que contemplam contato dermal, é necessário ainda a determinação de parâmetros que extrapolam os valores de *RfD* – comumente derivados para ingestão – para doses absorvidas. Nesse caso, um módulo auxiliar automaticamente se inicia com tais parâmetros. Por fim, o mesmo poderia ser realizado caso a substância apresentasse evidências de potencial cancerígeno, porém, em (b), estariam listados valores de *SF*. Uma vez determinados os valores de toxicidade para cada um dos caminhos apresentados em (a), o Módulo de Caracterização dos Riscos pode ser inicializado por (c)

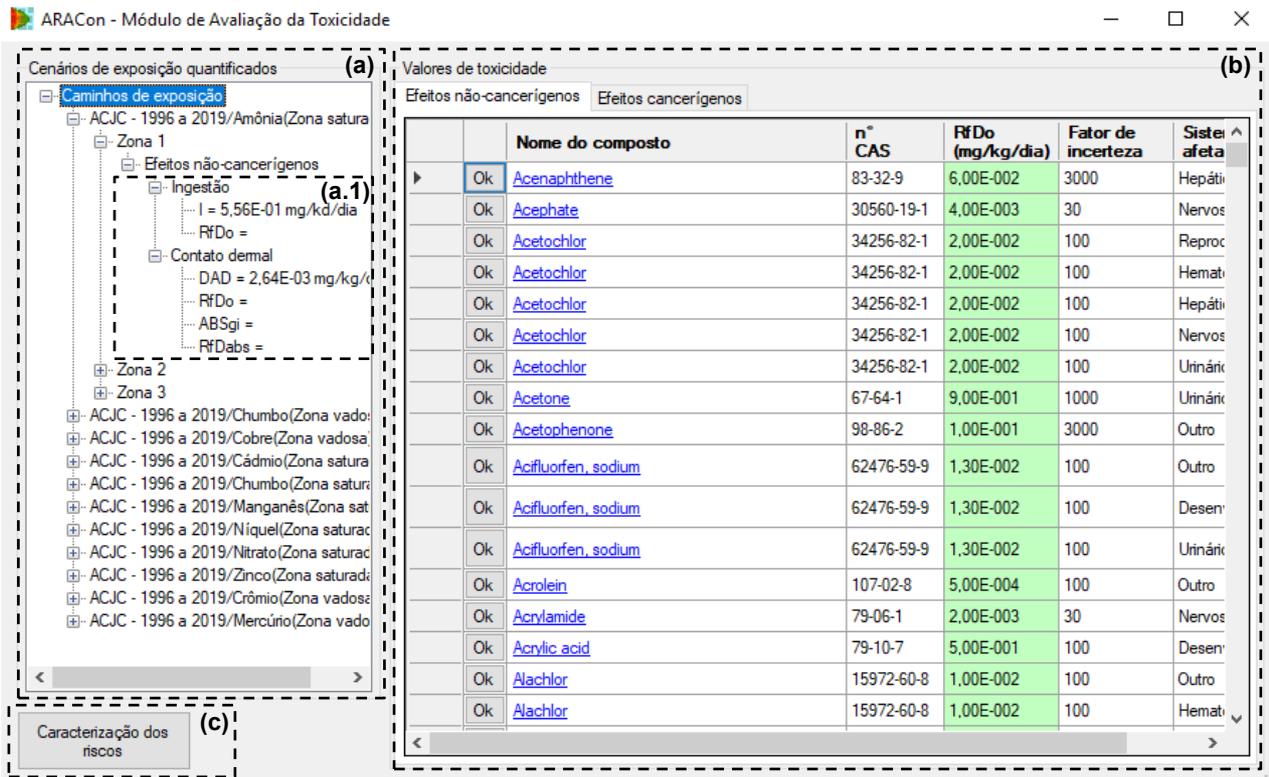


Figura 2. Módulo de Avaliação da Toxicidade

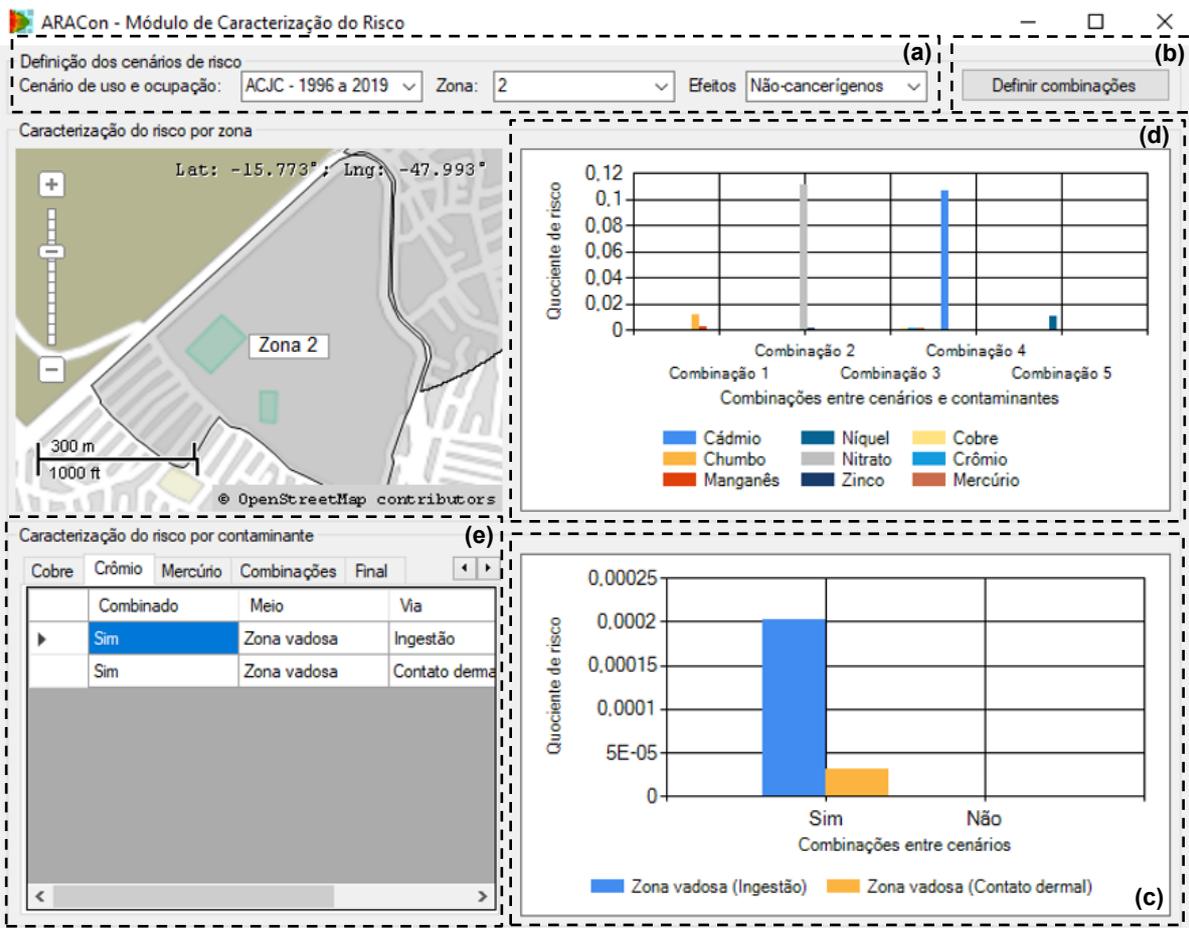


Figura 3. Módulo de Caracterização dos Risco

#### 4.4 Módulo de Caracterização dos Riscos

Para cada um dos caminhos de exposição para os quais os valores de toxicidade foram determinados no módulo anterior, a ferramenta obtém internamente os valores de indicadores quantitativos de risco – conforme (4) e (5). O Módulo de Caracterização dos Riscos é apresentado na **Erro! Fonte de referência não encontrada.** Definindo, por (a), o cenário para o qual o risco será caracterizado, é possível inicializar um módulo auxiliar, por (b), no qual são definidas as maneiras com as quais os indicadores são combinados – para uma mesma substância – entre diferentes cenários de exposição e/ou entre diferentes substâncias. Assim, os resultados são apresentados de forma gráfica para as combinações, por (c), entre os cenários de exposição e, em (d), adicionalmente, entre as substâncias. Os valores mostrados de forma gráfica estão presentes em tabelas apresentadas em (e). Conforme os campos mostrados em (a), tais resultados são referentes a uma zona e certo tipo de efeito específicos e, portanto, resultados equivalentes poderiam ser obtidos para as demais zonas de exposição existentes e efeitos cancerígenos.

#### 5. CONCLUSÕES

Os riscos à saúde humana em áreas contaminadas são fatores que influenciam no processo decisório acerca da escolha por técnicas mais adequadas para a remediação destas. Na busca por racionalizar a avaliação desses riscos, foram apresentados neste trabalho o desenvolvimento e a proposta de uma ferramenta computacional cujos módulos possuem funcionalidades que dão suporte a aplicação da metodologia RAGS. Tais funcionalidades foram detalhadas a medida em que os resultados da implementação gráfica da ferramenta foram descritos, evidenciando que a presente ferramenta pode ser utilizada de forma simples e ágil para a realização de avaliações quantitativas dos riscos à saúde humana.

#### AGRADECIMENTOS

Agradecemos a Universidade de Brasília e a CAPES, pelo apoio financeiro durante a

realização desta pesquisa. Ainda, agradecemos a CEB Geração e CEB Lajeado pela parceria e financiamento do projeto intitulado RAEESA.

#### REFERÊNCIAS

- Associação Brasileira de Normas Técnicas – ABNT (2013). NBR 16209: Avaliação de risco a saúde humana para fins de gerenciamento de áreas contaminadas. ABNT, Rio de Janeiro. 40 p.
- CONAMA (2009). Resolução Conama nº 420, de 28 de dezembro de 2009. Diário Oficial da União, Brasília, DF, 30 dez. 2009.
- Megharaj, M., Ramakrishnan, B., Venkateswarlu, K., Sethunathan, N., & Naidu, R. (2011). Bioremediation approaches for organic pollutants: a critical perspective. *Environment International*, 37(8): 1362–1375.
- Agência de Proteção Ambiental dos Estados Unidos – USEPA. (1989). Risk Assessment Guidance for Superfund Volume 1: Human Health Evaluation Manual (Part A). EPA/540/1-89/002. USEPA, USA, 291 p.
- Instituto de Pesquisas Tecnológicas – IPT (2014). Guia de elaboração de planos de intervenção para o Gerenciamento de Áreas Contaminadas. S. L. Moraes, C. E. Teixeira, A. M. S. Maximiano (orgs). IPT, São Paulo, 395 p.
- Companhia Ambiental do Estado de São Paulo – CETESB. (2018). Planilhas para Avaliação de Risco em Áreas Contaminadas sob Investigação. São Paulo.
- Xu, Y., Xue, X., Dong, L., Nai, C., Liu, Y., & Huang, Q. (2018). Long-term dynamics of leachate production, leakage from hazardous waste landfill sites and the impact on groundwater quality and human health. *Waste Management*, 82: 156-166
- Petrovic, M., Sremacki, M., Radonic, J., Mihajlovic, I., Obrovski, B. & Miloradov, M.V. (2018). Health risk assessment of PAHs, PCBs and OCPs in atmospheric air of municipal solid waste landfill in Novi Sad, Serbia. *Science of the Total Environment*, 644: 1201-1206
- United States Environmental Protection Agency – USEPA (2004). Risk Assessment Guidance for Superfund Volume 1: Human Health Evaluation Manual (Part E, Supplemental Guidance for Dermal Risk Assessment). EPA/540/1-89/002. USEPA, USA, 156 p.
- Meems, P. (2019). MapWindow/MapWinGIS. Disponível em: <https://github.com/MapWindow/MapWinGIS>.
- Nisiyama, F.L (2019). Ferramenta Computacional para Avaliação de Risco à Saúde Humana em Áreas Contaminadas – Caso de Estudo: Aterro Controlado do Jôquei Clube de Brasília. Dissertação de Mestrado, Publicação G.DM – 328/2019, Departamento de Engenharia Civil e Ambiental, Universidade de Brasília, Brasília, DF, 202 p.
- United States Environmental Protection Agency – USEPA (2019). Integrated Risk Information System (IRIS) Assessments.