

## Método de avaliação do potencial de contaminação dos mananciais de abastecimento por agrotóxicos no município de Juiz de Fora (Minas Gerais)

Matheus Bertolino Motta<sup>1</sup><sup>\*</sup>, Luan Carlos Octaviano Ferreira Leite<sup>2</sup><sup>\*</sup>, Renata de Oliveira Pereira<sup>3</sup><sup>\*</sup>

<sup>1</sup>Engenheiro Sanitarista e Ambiental, Universidade Federal de Juiz de Fora, Brasil. (\*Autor correspondente: matheus.motta@engenharia.ufjf.br)

<sup>2</sup>Mestre em Ambiente Construído, Universidade Federal de Juiz de Fora, Brasil.

<sup>3</sup>Doutora em Engenharia Hidráulica e Saneamento, Professora da Universidade Federal de Juiz de Fora, Brasil.

*Histórico do Artigo:* Submetido em: 29/09/2021 – Revisado em: 27/12/2021 – Aceito em: 18/02/2022

### RESUMO

A agricultura é uma importante atividade econômica para o Brasil e seus impactos ambientais devem ser gerenciados adequadamente. Os agrotóxicos estão entre os principais efluentes do setor agrícola e podem afetar significativamente a qualidade da água de consumo humano. A Portaria 888 de 2021 do Ministério da Saúde, prevê o monitoramento de agrotóxicos na água conforme características das bacias hidrográficas, das culturas agrícolas e sua sazonalidade e também o comportamento destes compostos. Desta forma, o estudo buscou propor um método para identificar os principais ingredientes ativos potencialmente contaminantes dos mananciais usando como estudo de caso a cidade de Juiz de Fora – MG. O método empregado foi dividido em quatro etapas, a primeira buscou identificar as principais culturas agrícolas do município e seus ingredientes ativos com uso permitido em Minas Gerais. A segunda etapa foi uma avaliação de dinâmica ambiental dos ingredientes ativos pré-selecionados, identificando aqueles com maior risco de contaminação dos mananciais. No terceiro, realizou-se uma contextualização do uso de agrotóxicos nas bacias dos mananciais do município e a última etapa uma comparação dos ingredientes ativos prioritários com os parâmetros de qualidade da água previstos pela legislação. Um total de 42 culturas foram consideradas relevantes para o município, tendo sua produção representada, principalmente, por lavouras temporárias. Quanto aos ingredientes ativos, existem 60 com uso autorizado para as culturas agrícolas selecionadas, contudo, apenas 40 foram considerados prioritários após a avaliação da dinâmica ambiental. Destes, 15 compostos estão contemplados na Portaria nº 888 de 2021. Os resultados obtidos podem ser utilizados como subsídio para um monitoramento mais assertivo de agrotóxicos no município de Juiz de Fora.

**Palavras-Chaves:** Defensivos Agrícolas, Legislação, Qualidade da Água, Meio Ambiente.

### Method for assessment of the potential for contamination of supply sources by pesticides in the city of Juiz de Fora (Brazil)

### ABSTRACT

Agriculture is an important economic activity for Brazil and its environmental impacts must be managed; Pesticides are among the main effluents from the agricultural sector and can affect the quality of water for human consumption. Ordinance 888 of 2021 of the Ministry of Health, provides for the monitoring of pesticides in water according to characteristics of river basins, crops, and their seasonality, and also the behavior of these compounds. Thus, the study sought to propose a method to identify the main potentially contaminating active ingredients in water sources using as a case study the city of Juiz de Fora – MG. The method used was divided into four stages, the first seeks to identify the main crops in the municipality and their active ingredients with the permitted use in Minas Gerais. The second stage was an environmental dynamics assessment applied to the pre-selected active ingredients, identifying those with the greatest risk of contamination of the water sources. The third, there was a contextualization of the use of pesticides in the basins of the city's water sources and the last stage a comparison of the priority active ingredients with the water quality parameters resulting from the legislation. A total of 42 crops were considered relevant in the municipality, with their production represented mainly by temporary crops. As for active assets, there are 60 with authorized use for selected crops, however, only 40 were considered a priority after the assessment of environmental dynamics. Of these, 15 compounds are included in Ordinance No. 888 of 2021. The results obtained can be used as support for the more assertive monitoring of pesticides in the municipality of Juiz de Fora.

**Keywords:** Agricultural Chemicals, Legislation, Water Quality, Environment.

Motta, M. B., Leite, L. C. O. F., Pereira, R. O. (2022). Método de avaliação do potencial de contaminação dos mananciais de abastecimento por agrotóxicos no município de Juiz de Fora (Minas Gerais). *Revista Brasileira de Meio Ambiente*, v.10, n.2, p.41-57.



## 1. Introdução

O Brasil é um dos maiores produtores agropecuários do mundo, sendo o segundo maior exportador de produtos deste setor. Para manter esse status, o setor utiliza grande quantidade de sementes transgênicas e insumos químicos, como fertilizantes e agrotóxicos (Pignati et al., 2017). Estima-se que a pulverização de agrotóxicos no território nacional seja de aproximadamente 900 milhões de litros anuais, onde 76% desse consumo é para exportação de soja, milho e cana (Lara, 2019).

Desde o início do século XXI, o uso de agrotóxicos no Brasil tem crescido ano após ano, tendo praticamente triplicado de 2000 para 2018, como mostram dados apresentados pelo Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis – IBAMA (IBAMA, 2021). Esse aumento também está representado pelo elevado número de Ingredientes Ativos (IAs) autorizados no Brasil que, segundo dados do Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento – MAPA quintuplicou, evoluindo de 90 novos registros concedidos em 2005 para mais de 470 registros concedidos no ano de 2019 (MAPA, 2020).

O uso inadequado destas substâncias pode gerar contaminação do solo, atmosfera e recursos hídricos, além de afetar a saúde humana. Órgãos internacionais orientam que a exposição aos agrotóxicos reflete em riscos à saúde, como por exemplo problemas no sistema nervoso e câncer (Vieira et al., 2017). Diante de tais riscos, tem-se uma crescente preocupação dos profissionais de saúde pública com a contaminação dos sistemas hídricos por agrotóxicos, principalmente devido ao aumento do uso dos defensivos agrícolas nos últimos anos (Veiga et al., 2006 *apud* Portugal & Silva, 2020).

A depreciação da qualidade da água não está em consonância com a Política Nacional de Recursos Hídricos, estabelecida pela Lei nº 9.433/97. Conforme exposto no artigo 1º, a água é um bem de domínio público e sua gestão deve proporcionar o uso múltiplo, o que é prejudicado por eventuais contaminações, tanto para o seu uso presente, quanto futuro. A garantia de uma água de qualidade para as gerações futuras também é obrigação em todo Brasil (BRASIL, 1997).

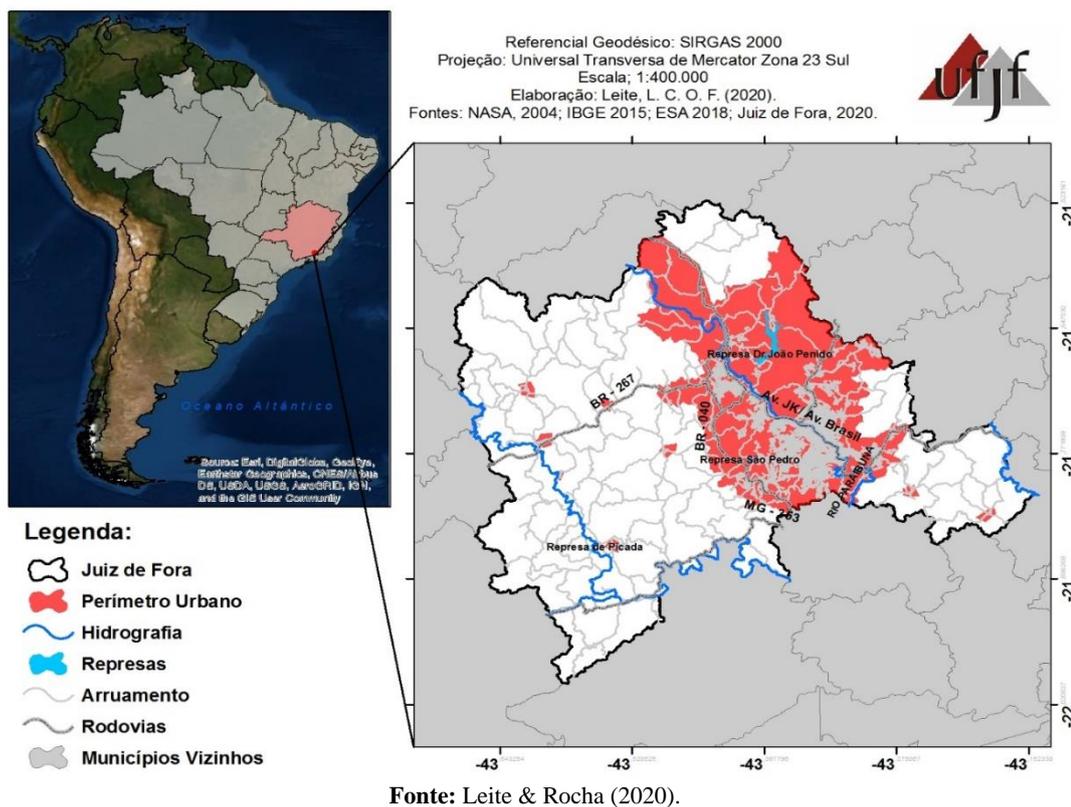
Assim, a portaria de qualidade da água para consumo humano, a Portaria nº 888 do Ministério da Saúde, de 2021 (BRASIL, 2021), no seu Art. 44 ressalta a responsabilidade de elaboração e submissão anual de coletas de agrotóxicos considerando, conforme exposto no § 4, os usos predominantes nas bacias hidrográficas dos mananciais de contribuição, bem como a sazonalidade das culturas. Cada município, portanto, pode realizar um estudo dos agrotóxicos utilizados em seu território para orientar o monitoramento de forma mais assertiva e representativa na região. Desta forma, o objetivo do presente estudo foi propor um método para identificar, conforme informações de produção agrícola, de vendas de agrotóxicos e seus parâmetros físicos e químicos, os IAs prioritários para o monitoramento nos mananciais de abastecimento utilizando o município de Juiz de Fora, Minas Gerais como estudo de caso.

## 2. Material e Métodos

### 2.1 Área de estudo

O município de Juiz de Fora (Figura 1), localizado na Zona da Mata mineira, é a quarta maior cidade do estado, com uma população estimada de 568.873 habitantes em 2019 (IBGE, 2010). Juiz de Fora apresenta uma área total de 1.433,87 km<sup>2</sup>, dividida entre a sede e 8 distritos, onde aproximadamente 681,96 km<sup>2</sup> são consideradas áreas rurais – 47 % do território (Juiz de Fora, 2020). Juiz de Fora tem seu abastecimento de água realizado em quatro estações de tratamento que utilizam quatro mananciais: o Ribeirão Espírito Santo e as represas de Chapéu D’Uvas, Doutor João Penido e São Pedro (CESAMA, 2020).

**Figura 1** - Carta de localização do município de Juiz de Fora, Estado de Minas Gerais, Brasil, América do Sul.



O Ribeirão Espírito Santo, localizado à margem direita do Paraíba, tem sua bacia limitada ao norte pela cidade de Ewbank da Câmara e a leste, oeste e sul os limites da bacia compreendidos dentro de Juiz de Fora (Faria et al., 2003). A represa de Chapéu D’Uvas, apesar de abastecer a cidade de Juiz de Fora, está completamente fora dos domínios do município, tendo sua bacia presente nas cidades de Antônio Carlos, Santos Dumont e Ewbank da Câmara (Oliveira, 2018). O represamento Doutor João Penido foi construído em 1934 (Assis et al., 2014) e está localizado em zona de alta influencia antrópica, conforme a Figura 1. Por último, a represa de São Pedro, é a que possui a menor bacia de contribuição e apresenta, ainda mais que João Penido, uma grande influência antrópica (Rocha et al., 2018).

## 2.2 Identificação dos ingredientes ativos prioritários para o monitoramento

O método proposto no presente estudo para a identificação dos IAs prioritários para o monitoramento em mananciais de abastecimento no município de Juiz de Fora, MG, foi subdividido em etapas, seguindo um fluxo contínuo de trabalho, conforme será apresentado nas seções seguintes. Na Figura 2 está representada, de forma simplificada, os procedimentos adotados.

**Figura 2** - Fluxograma dos processos metodológicos adotados no presente estudo.



**Fonte:** Autores (2021).

### 2.2.1 Fase 1 – Seleção dos ingredientes ativos para análise

Para avaliação dos IAs que, potencialmente, estão contaminando os mananciais da cidade alvo, se faz necessário um estudo que identifique os agrotóxicos que são mais prováveis de serem encontrados. Desta forma, foram levantados os IAs utilizados no município com base nas culturas e pastagem, regulamentações estaduais e histórico de vendas. A metodologia de seleção dos IAs prioritários foi dividida em três partes conforme será descrito nos próximos itens.

#### 2.2.1.1 Etapa 1 – Identificação das culturas agrícolas mais relevantes

Esta etapa teve como objetivo identificar as principais culturas agrícolas produzidas no município de Juiz de Fora. Para isso, foi utilizado o Censo Agropecuário, realizado em 2017 pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) (IBGE, 2020). Foram utilizadas quatro tabelas do Censo que trazem dados sobre o cultivo de horticultura, lavoura temporária, lavoura permanente e silvicultura. Todas as tabelas foram refinadas, no sistema do Censo, para tipologia total e unidade territorial de Juiz de Fora.

Para os dados de horticultura, lavoura temporária e lavoura permanente, que totalizam 184 possíveis culturas, as variáveis consideradas foram o número de estabelecimentos que fazem o cultivo e a quantidade produzida de cada cultura no ano de 2017, em toneladas vendidas. A silvicultura, por sua vez, apresenta unidade de medida diferente, sendo medida em área cortada – além do número de estabelecimento, tal qual as demais.

Para a identificação das culturas mais significativas no município, foi estabelecido o percentil 25 % de suas produções totais e do número de estabelecimentos que as produzem como ponto de corte. O cálculo deste percentil nos apresenta um valor a partir do qual encontram-se 75% dos dados. Considerou-se, para esta escolha, que trabalhar com 75% dos dados do município constitui representatividade e exclui as culturas com produção baixa e/ou insignificante. Desta forma, as culturas produzidas no município, de acordo com IBGE

(2020), com produção acima do percentil 25% (4,25 toneladas produzidas e 3 estabelecimentos agropecuários produtores) foram selecionadas como prioritárias para a etapa seguinte.

### 2.2.1.2 Identificação dos ingredientes ativos autorizados para as culturas em Minas Gerais

A partir da seleção das principais culturas agrícolas produzidas em Juiz de Fora, foram identificados quais IAs podem ser utilizados nestes cultivos. Para essa etapa, foi utilizada a plataforma governamental AGROFIT, pertencente ao Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA) (MAPA, 2021), onde foram gerados relatórios sobre os IAs autorizados em nível nacional para cada uma das culturas pré-estabelecidas.

Através de uma listagem dos IAs autorizados nacionalmente para as culturas pré-selecionadas foram desconsiderados aqueles que não possuem autorização de uso no estado de Minas Gerais. Para isso, foi utilizado um documento emitido pela Gerência de Defesa Sanitária Vegetal (GDV), no Setor de Agrotóxico, do Instituto Mineiro de Agropecuária (IMA) (IMA, 2020). No documento “Agrotóxicos Aptos para Comercialização no Estado de Minas Gerais”, de abril de 2020, constam todos os IAs regulamentados no estado. Sendo assim, foi realizada, cultura por cultura, uma triagem de todos os IAs autorizados para as culturas produzidas na cidade de Juiz de Fora.

### 2.2.1.3 Seleção dos ingredientes ativos mais vendidos

Nesta etapa foi traçado o perfil de vendas dos IAs pré-selecionados pela etapa 2, conforme dados de comercialização disponibilizados pelo Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis - IBAMA. Utilizando as planilhas de vendas de IAs, foram analisadas as comercializações entre os anos de 2014 e 2018 no estado de Minas Gerais. Não foi possível realizar uma análise a nível municipal pois os dados do IBAMA se limitam a escala estadual.

O perfil classificou, por ordem de média de toneladas vendida, todos os compostos comercializados em Minas Gerais no período analisado. A intenção desta etapa foi remover os IAs com menor relevância de uso e identificar os prioritários conforme a quantidade vendida. Desta maneira, foi adotado o cálculo do percentil 25 %, tal qual na etapa 1, para selecionar os IAs cujo total vendido esteja enquadrado em 75% dos dados. Caso os IAs pré-selecionados na etapa 2 não estivessem dentro dos 75% dos compostos com maior quantitativo de venda, estes também foram excluídos por entender-se que seu uso pode ser irrelevante.

## 2.3 Fase 2 – Avaliação da Dinâmica Ambiental

De posse dos IAs selecionados na fase 1, aplicou-se uma seleção com base na avaliação da dinâmica ambiental (ADA). Essa fase visou excluir compostos com baixa probabilidade de contaminação das águas utilizando a sua dinâmica ambiental. Para a avaliação foi necessária a obtenção dos seguintes parâmetros físicos e químicos: coeficiente de partição normatizado em função do conteúdo orgânico (Koc), tempo de meia-vida no solo, água e em hidrólise ( $DT_{50}$  solo,  $DT_{50}$  água e  $DT_{50}$  hidrólise), constante de Henry (Kh), Coeficiente de partição entre octanol e água (Kow) e solubilidade em água.

Os parâmetros dos IAs alvo foram obtidos em três agências internacionais: *International Union of Pure and Applied Chemistry* (IUPAC, 2020) – ou a União Internacional da Química Pura e Aplicada –, a base de dados da *National Pesticide Information Center* (NPIC, 2020) e da *Pesticide Database* (PAN, 2020).

Para a identificação dos IAs que apresentam maior potencial de contaminação da água, foram empregados cinco critérios. Tais critérios foram baseados na publicação de Bastos et al. (2020) que apresenta uma série de estudos e documentos técnicos de suporte à seleção de IAs para a revisão do Anexo XX da Portaria de Consolidação nº5 de 2017 (BRASIL, 2017), que apresentava os parâmetros de qualidade da água

de consumo humano para agrotóxicos no Brasil antes da publicação da portaria nº 888/2021 (BRASIL, 2021). Os critérios estão resumidos no Quadro 1.

**Quadro 1** - Critérios utilizados para a avaliação da dinâmica ambiental dos ingredientes ativos utilizados no município de Juiz de Fora, MG.

<b>Critério</b>	<b>Significado</b>
$K_{oc} > 500 \text{ mL/g}$ e $DT_{50} \text{ solo} \leq 10 \text{ d}$ ;	Elevado potencial de adsorção ao solo e baixo tempo de meia-vida no solo.
$K_{oc} \leq 75 \text{ mL/g}$ e $DT_{50} \text{ água} \leq 10 \text{ d}$ ou $DT_{50} \text{ hidrólise} \leq 10 \text{ d}$ ;	Baixo potencial de adsorção ao solo e baixo tempo de meia-vida na água.
$75 \text{ mL/g} > K_{oc} \leq 500 \text{ mL/g}$ e $DT_{50} \text{ água}$ e $DT_{50} \text{ solo} \leq 10 \text{ d}$ ;	Potencial intermediário de adsorção ao solo e baixo tempo de meia-vida, tanto na água como no solo.
Índice de GOSS água baixo, índice de GUS baixo e índice de GOSS associado ao sedimento baixo ou médio;	Baixo potencial de lixiviação (GUS), baixo potencial de transporte dissolvido na água (GOSS) e baixo ou médio potencial de transporte associado ao sedimento (GOSS).
$KH' > 10^{-4}$ e $KH'/K_{ow} > 10^{-9}$	Baixa probabilidade de ser encontrado em água devido à elevada volatilidade.

**Fonte** - Adaptado de Bastos et al. (2020).

Todos os IAs foram submetidos aos cinco critérios supracitados para determinar se constituem ou não um risco potencial para os mananciais. Aqueles IAs que atenderem qualquer um dos critérios foram excluídos por não apresentarem risco de contaminação. Por sua vez, os IAs que não atenderam nenhum dos critérios, foram selecionados por apresentarem um risco potencial.

#### 2.4 Fase 3: Contextualização das bacias dos mananciais de abastecimento do município

Esta fase teve como propósito fazer uma contextualização do uso dos IAs levantados na etapa anterior nas bacias hidrográficas da cidade de Juiz de Fora. Para isso, foi realizada uma revisão bibliográfica sobre os IAs pré-selecionados na etapa anterior para que, dessa maneira, fossem identificadas possíveis contaminações documentadas em seus territórios. Também foi avaliado o uso e cobertura do solo destas bacias hidrográficas, conforme a bibliografia, com o objetivo de identificar atividades em seus territórios que sugiram risco de contaminação por agrotóxicos.

#### 2.5 Fase 4: Comparação dos ingredientes ativos prioritários com os parâmetros definidos pela legislação nacional

Nesta fase, os IAs selecionados anteriormente, passaram por uma comparação com a legislação vigente, a Portaria 888/2021 do Ministério da Saúde (BRASIL, 2021). A finalidade dessa análise foi avaliar quais compostos, dentre aqueles identificados como prioritários para o município, estão contemplados nos parâmetros de qualidade estabelecidos na legislação.

### 3. Resultados e Discussão

#### 3.1 Seleção dos Ingredientes Ativos para Análise

##### 3.1.2 Culturas agrícolas mais relevantes no município de Juiz de Fora

Foram retornadas pelo IBGE um total de 198 possíveis cultivos agrícolas realizados no município de Juiz de Fora. Deste total, 60 culturas são classificadas como horticultura, 14 como silvicultura, 70 como lavouras permanentes e 54 como lavouras temporárias. Entretanto, apenas 78 culturas apresentaram dados de vendas e produção, ou seja, a produção e o número de estabelecimentos retornaram algum valor, mesmo que zero. Destas 78 culturas com dados mínimos, a horticultura contribuiu com 47, a lavoura permanente com 11 e lavoura temporária 20.

A horticultura teve uma produção anual de 2.067 toneladas vendidas enquanto as lavouras obtiveram 43.179 toneladas, onde apenas 62 toneladas representam culturas de lavoura permanente e as 43.117 toneladas restantes representam lavouras temporárias. Em relação a quantidade de estabelecimentos com produção, os hortifrutis lideraram com 1.414 unidades produtoras, seguidos pela lavoura temporária, com 932 e pela permanente com 54. A silvicultura teve apenas uma cultura, o eucalipto, com dados de área cortada, sendo o valor de 107 km<sup>2</sup>. O número de total de estabelecimento em que há produção é de 113, sendo destes 96 de eucalipto e o restante de outras espécies que não possuíram valores de área cortada.

Apesar de contribuir com apenas 20 culturas com dados de venda e produção, a lavoura temporária apresentou, por grande diferença, a maior quantidade de toneladas computadas. Culturas como o milho e cana de açúcar apresentam, juntas, uma quantidade produzida superior a todos os produtos de horticultura e lavoura permanente (86 % da produção total do município).

Com a aplicação do percentil 25 % aos valores de quantidade produzida (4,25 toneladas anuais), área cortada (0 hectares) e número de estabelecimentos (3 unidades), foram eliminadas 157 culturas que, segundo o percentil, apresentam menor relevância na produção municipal. Desta forma, restaram 41 culturas consideradas prioritárias, são elas: abóbora (moranga, jerimum), abobrinha, acelga, agrião, alface, almeirão, banana, batata-doce, berinjela, beterraba, brócolis, café, cana forrageira, cana-de-açúcar, cebolinha, chicória, chuchu, couve, couve-flor, espinafre, feijão de cor em grão, feijão fradinho em grão, feijão preto em grão, forrageiras para corte, inhame, jiló, laranja, mandioca (aipim, macaxeira), manjeriço, milho em grão, milho forrageiro, milho verde (espiga), pimentão, quiabo, rabanete, repolho, rúcula, salsa, taioba, tomate (estaqueado), vagem (feijão vagem).

A estas, se soma a única cultura pertencente a silvicultura com algum valor de área cortada computado, o eucalipto, totalizando 42 culturas selecionadas. Visto que não é possível calcular o percentil 25 % de um conjunto que apresenta apenas um dado retornado, o eucalipto foi selecionado independentemente de seu total de área cortada.

##### 3.1.2 Ingredientes ativos autorizados para as culturas em Minas Gerais

De acordo com o MAPA, por meio do sistema AGROFIT (MAPA, 2021), o Brasil possui 265 IAs autorizados para as 42 culturas supracitadas, mais a pastagem. Após a comparação dos IAs autorizados no Brasil com os autorizados em Minas Gerais houve uma redução para 156 IAs. Essa redução de mais de 100 compostos apresenta um refino muito importante para a pesquisa, uma vez que permite o foco em IAs mais relevantes a nível estadual.

Contudo, ponderações devem ser feitas. A primeira é que o sistema AGROFIT não apresentou a lista de IAs autorizados para forrageiras para corte e nem para taioba no Brasil. A segunda, diz respeito ao fato de algumas culturas apresentarem variedades diferentes sendo produzidas simultaneamente

e foram, portanto, agrupadas como uma só, sendo: cana forrageira e cana-de-açúcar (agrupadas como cana-de-açúcar), feijão de cor em grão, fradinho em grão e preto em grão (agrupados como feijão) e, por fim, milho em grão, forrageiro e verde (espiga) (agrupados como milho).

Ao restringir a análise aos IAs autorizados a nível estadual, foi possível atingir uma redução de quase 40%, o que ajuda a separar o que é mais importante para a região de estudo. O Brasil é um país muito extenso, com grandes diferenças nos cultivos realizados e no uso de agrotóxicos em cada região. Desta forma, esse tipo de triagem, mesmo que a nível estadual, ajuda na definição de prioridades para o município de Juiz de Fora. Dados de comercialização de agrotóxicos a nível municipal trariam uma precisão ainda maior para análise, contudo, é exigido das empresas titulares de registro de agrotóxicos que os relatórios semestrais tragam os valores referentes à comercialização interna apenas por Unidade da Federação segundo o art. 41 do Decreto nº 4074 de 2002 (BRASIL, 2002).

### 3.1.3 Ingredientes ativos mais vendidos

Conforme os dados de comercialização de agrotóxicos do IBAMA (2021), houve 96 IAs comercializados no estado de Minas Gerais entre os anos de 2014 e 2018, em quantidades que variaram de 0,002 toneladas/ano, caso do fosfeto de magnésio, até 12.996 toneladas anuais, como é o caso do glifosato.

A soma das médias totais vendidas de todos os IAs comercializados é de 32.344 toneladas. Se consideramos apenas os dez IAs mais vendidos em média – glifosato, mancozebe, 2,4-D, atrazina, acefato, óleo mineral, óleo vegetal, clorpirifós, imidacloprido, tiofanato-metílico – temos um total comercializado de 25.408,54 toneladas. Isso significa dizer que aproximadamente 80% de toda a comercialização destes 96 IAs está concentrada em apenas dez compostos.

O percentil 25 % para a quantidade média vendida foi de 4,2 toneladas anuais, resultando na exclusão de 24 IAs devido sua baixa comercialização e a manutenção dos 72 compostos mais vendidos. Estes 72 foram, então, comparados, cultura a cultura, com os 156 IAs passíveis de uso em Minas Gerais, obtidos na etapa anterior. Observou-se, assim, que 84 dos IAs registrados para uso no estado não foram comercializados ou apresentaram baixa comercialização conforme o percentil 25 %. Cabe destacar que o IBAMA disponibiliza apenas informações sobre IAs comercializados por 3 ou mais empresas. Assim, ainda podem haver compostos em uso no estado que não estejam contemplados nesta análise (IBAMA 2021).

Ao final da fase 1, o número de IAs a serem levados em consideração foi reduzido para 60. São estes: 2,4-D, abamectina, acefato, acetamiprido, ametrina, atrazina, azoxistrobina, bentazona, bifentrina, captana, carbendazim, cipermetrina, ciproconazol, cletodim, clomazona, clorantranilprole, cloridrato de propamocarbe, clorimurrom-etílico, clorotalonil, clorpirifós, diafentiurom, dibrometo de diquate, dicloreto de paraquate, difenoconazol, diflubenzurom, dimetoato, diurom, enxofre, etefom, fipronil, fluazinam, flutriafol, fosfeto de alumínio, glifosato, glufosinato - sal de amônio, haloxifope-p-metílico, hexazinona, hidróxido de cobre, imazetapir, imidacloprido, lambda-cialotrina, malationa, mancozebe, mesotriona, metomil, metribuzim, metsulfurom-metílico, MSMA, oxicloreto de cobre, picloram, procimidona, propargito, sulfentrazona, tebuconazol, tebutiurom, tiodicarbe, tiofanato-metílico, tiram, triclopir-butotílico e trifluralina.

### 3.2 Avaliação da dinâmica ambiental

Nesta etapa, a aplicação da análise de dinâmica ambiental conforme critérios baseados nos parâmetros físicos e químicos dos IAs resultou na eliminação de mais 20 dos 60 compostos pré-selecionados na fase anterior. Os IAs excluídos devido seu baixo risco de ocorrência em mananciais foram: 2,4-D, acetamiprido, bifentrina, captana, cipermetrina, cloridrato de propamocarbe, clorotalonil, clorpirifós, diafentiurom (eliminado por 2 critérios – critérios 1 e 4), diflubenzurom, etefom, fosfeto de alumínio, glufosinato - sal de amônio, haloxifope-p-metílico, malationa (eliminado por 2 critérios – critérios 1 e 4), mancozebe,

procimidona, tiofanato-metílico (eliminada por 2 critérios – critérios 1 e 4), tiram e trifluralina. Na Tabela 1 são apresentados os IAs excluídos conforme cada critério.

**Tabela 1** - Ingredientes ativos excluídos, critérios pelos quais foram enquadrados e número de ingredientes ativos excluídos por critério.

<b>Critério</b>	<b>IAs excluídos</b>	<b>Número de IAs excluídos</b>
1	Clorotalonil, diafentiurom, diflubenzurom, glufosinato sal de amônio, malationa, maconzebe, tiofanato-metílico e tiram.	8
2	2,4 – D e haloxifope-p-metílico.	2
3	Acetamiprido, captana e procimidona.	3
4	Bifentrina, cipermetrina, cloridrato de propamocarbe, diafentiurom, etefom, malationa e tiofanato-metílico.	7
5	Clorpirifós, fosfeto de alumínio e trifluralina.	3

Fonte – Autores (2021).

O primeiro critério foi responsável por excluir da classificação de risco aqueles IAs que, pelo elevado potencial de adsorção ao solo e baixo tempo de meia-vida no solo, ficam retidos no solo e rapidamente se degradam. Agrotóxicos que apresentam um Koc elevado tendem a ligar-se ao solo, se tornando menos móveis (Kerle, Jenkins & Vogue, 2007). Nessa situação, a percolação pelo perfil do solo ocorre lentamente, possibilitando a atuação de diferentes processos de degradação (Fuher et al., 2004). Complementarmente, um baixo DT<sub>50</sub> no solo sugere que tais compostos são de baixa persistência nesta matriz e, portanto, de rápida degradação (Rao; Hornsby, 1993).

O segundo critério tratou de excluir aqueles IAs que, embora não fiquem retidos no solo e atinjam a água, se degradariam rapidamente nesta matriz. Agrotóxicos que apresentam baixo Koc, tendem a não se ligarem fortemente ao solo, ficando, assim, suscetíveis à movimentação, podendo contaminar mananciais superficiais e subterrâneos (Ferruzzi & Gan, 2004). Entretanto, um baixo DT<sub>50</sub> na água ou hidrólise, sugere rápida degradação no meio aquoso, reduzindo, assim, seus possíveis riscos (Fuhrer et al., 2004).

O terceiro critério eliminou aqueles IAs que possuem uma moderada adsorção ao solo e tempo de meia-vida em água. Os agrotóxicos com koc intermediário tendem a se ligar, em algum grau, ao solo. Contudo, seus baixos DT<sub>50</sub> no solo e DT<sub>50</sub> na água ou hidrólise indicam uma rápida degradação em ambas as matrizes, reduzindo seus riscos de contaminação.

O quarto critério excluiu aqueles IAs com baixa suscetibilidade à lixiviação e ao escoamento superficial, por meio dos índices de GUS (Gustafson, 1989) e GOSS (Goss, 1992). Estes índices levam em conta parâmetros como a solubilidade, koc e tempo de meia-vida para prever o comportamento do agrotóxico no solo (Ferruzzi & Gan, 2004; Brandford, Jackson & Rhodes, 2018). A mobilidade de um agrotóxico diluído na água da chuva ou da irrigação é reduzida quando sua solubilidade é baixa (Fuhrer et al., 2004). Complementarmente, sua alta adsorção ao solo reduz ainda mais sua mobilidade, enquanto o baixo DT<sub>50</sub> sugere uma rápida degradação evitando, assim a contaminação dos mananciais (Kerle; Jenkins; Vogue, 2007).

O quinto critério por sua vez tratou de excluir aqueles IAs que se volatilizam. Ao apresentar um alto Kh', os agrotóxicos tendem a volatilizar mais facilmente, indo da água retida no solo para a atmosfera (Kerle; Jenkins; Vogue, 2007). Desta forma, colocam em risco a qualidade do ar e a saúde humana, principalmente dos trabalhadores rurais (Rao & Hornsby, 1993). Entretanto, quando tratamos apenas da qualidade da água, estes compostos não representam um risco significativo para mananciais superficiais e subterrâneos. O kow

também é um parâmetro determinante neste processo, visto que altos valores sugerem forte sorção aos sólidos, reduzindo a mobilidade dos compostos (Rogers, 1996; Galassi et al., 1997 apud Aquino et al., 2013). Recomenda-se para os compostos que foram excluídos verificar se há a formação de subprodutos, a toxicidade destes e a sua dinâmica ambiental de forma a avaliar a necessidade de monitoramento dos mesmos.

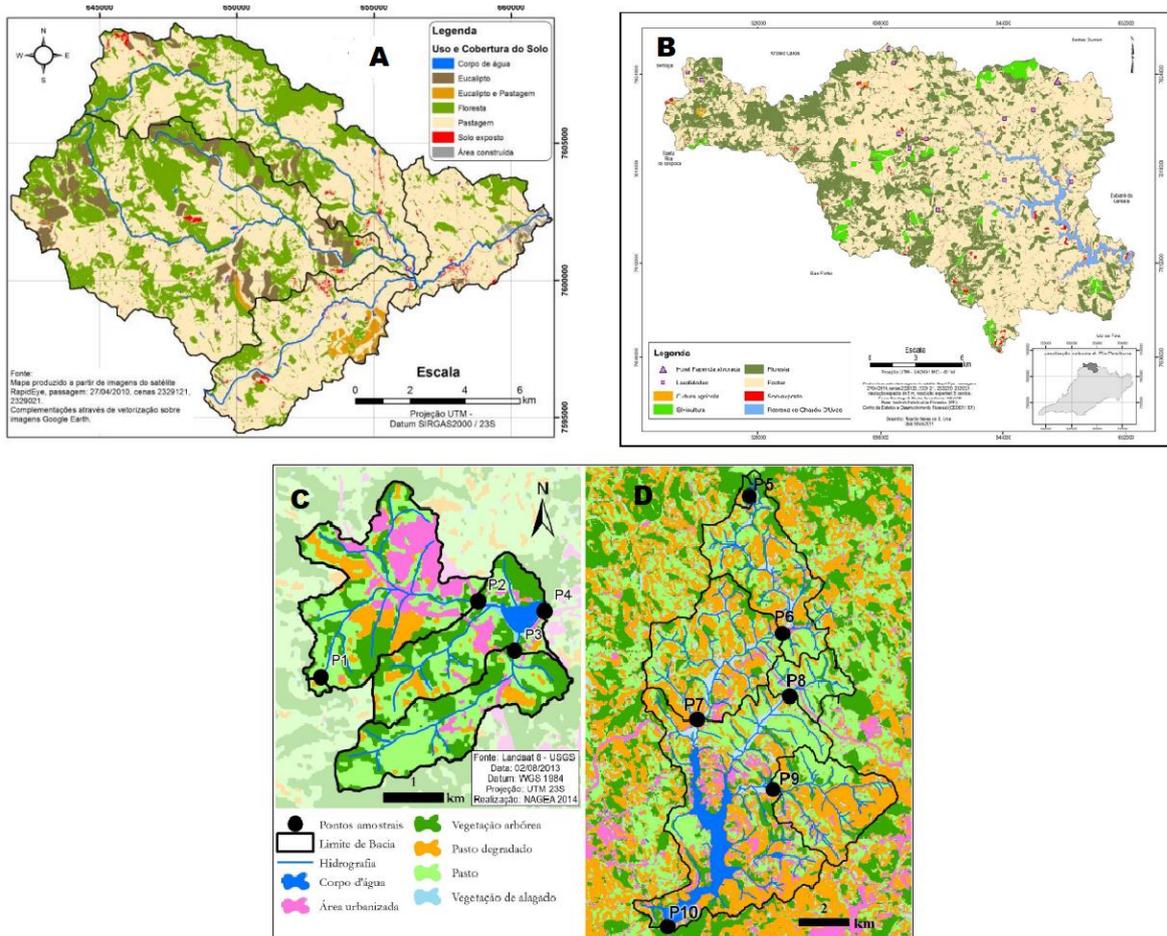
É importante destacar que nem todos os compostos puderam ser plenamente analisados por todos os critérios pelo fato de que nem todos os parâmetros físicos e químicos necessários estavam contemplados nas agências pesquisadas. Dessa maneira, quando o critério não pode ser analisado por falta de um dado, se manteve o IA, uma vez que o eliminar não seria adequado pela possibilidade de risco. Enquadram-se neste caso 11 IAs, são eles: abamectina (DT<sub>50</sub> água, kh e kow), ciproconazol (koc e DT<sub>50</sub> água), cletodim (koc), dicloreto de paraquate (DT<sub>50</sub> água), enxofre (todos os parâmetros), flutriafol (koc), hidróxido de cobre (DT<sub>50</sub> água e kh), MSMA (DT<sub>50</sub> água e kh), oxicloreto de cobre (koc, DT<sub>50</sub> água e kh), sulfentrazona (DT<sub>50</sub> água e kh), tebuconazol (DT<sub>50</sub> água) e tricoplir-butotílico (DT<sub>50</sub> água).

Desta forma, 40 IAs permaneceram como prioritários por apresentarem potencial risco de contaminação dos mananciais do município de Juiz de Fora, são eles: abamectina, acefato, ametrina, atrazina, azoxistrobina, bentazona, carbendazim, ciproconazol, cletodim, clomazona, clorantraniliprole, clorimurom-etílico, dibrometo de diquate, dicloreto de paraquate, difenoconazol, dimetoato, diurom, enxofre, fipronil, fluazinam, flutriafol, glifosato, hexazinona, hidróxido de cobre, imazetapir, imidacloprido, lambda-cialotrina, mesotriona, metomil, metribuzim, metsulfurommetílico, MSMA, oxicloreto de cobre, picloram, propargito, sulfentrazona, tebuconazol, tebutiurum, tiodicarbe e tricoplir-butotílico.

### *3.3 Contextualização das bacias dos mananciais de abastecimento do município*

Analisando o uso e cobertura do solo nas bacias hidrográficas dos mananciais de abastecimento do município de Juiz de Fora (Figura 3), é possível observar que apenas a bacia da Represa Chapéu D'uvas apresenta áreas destinadas ao cultivo agrícola e a silvicultura (Tabela 2). Se somadas, essas áreas representam 23,606 km<sup>2</sup>, ou seja, 7,55% de seu território e merecem atenção devido o possível risco de uso de agrotóxicos nestes cultivos. Entretanto, é importante destacar que a bacia da Represa Chapéu D'uvas encontra-se localizada nos municípios de Antônio Carlos, Santos Dumont e Ewbank da Câmara. Portanto, apesar de seu uso e cobertura do solo ter sido discutido no presente estudo tento em vista sua interferência na qualidade da água fornecida ao município de Juiz de Fora, os dados referentes à produção agrícola e aos IAs levantados nas etapas anteriores não se aplicam à bacia de Chapéu D'uvas, pois se restringem à realidade de Juiz de Fora. Desta forma, deve-se realizar um estudo específico para os municípios supramencionados de forma a verificar quais agrotóxicos seriam identificados como perigo para a ETA que este manancial abastece. Assim, chama-se a atenção para mananciais cuja bacias hidrográficas se encontram em mais de um município, para que a metodologia seja aplicada de forma adequada.

**Figura 3** - Cartas de uso e cobertura do solo das bacias hidrográficas (A) do Ribeirão Espírito Santo, (B) e das represas Chapéu D'uvas, (C) São Pedro e (D) Dr. João Penido.



Fonte – adaptado de Machado (2012), Pinto et al. (2014) e Rocha et al. (2018).

Áreas ocupadas por pastagem estão presentes em todas as bacias (Figura 3). Essas representam, em ordem decrescente, 64,8 % do território da bacia da Represa Dr. João Penido; 50,8 % da bacia da Represa Chapéu D’uvas; 41 % da bacia da Represa São Pedro e 39,4 % da bacia do Ribeirão Espírito Santo. Quando não manejadas de maneira adequada, as pastagens podem contribuir de forma difusa para a contaminação da água de mananciais próximos. O período chuvoso, geralmente, apresenta um elevado uso de agrotóxicos (Leite et al., 2021). Segundo Kenny et al. (2019), em áreas de pastagem a chuva pode transportar sedimentos do solo para os corpos hídricos, aumentando sua turbidez e temperatura, e reduzindo a entrada de luz solar. O processo de escoamento também pode levar nutrientes e patógenos oriundos do esterco animal, que podem promover eutrofização. Existe, ainda, o risco de uso de agrotóxicos em pastagens ativas. No município de Juiz de Fora, pelo menos 6 IAs podem ser utilizados, nestas áreas, são eles: fipronil, fluazinam, glifosato, metsulfurometílico, picloram e tebutiuram.

Em relação à urbanização, as bacias das represas São Pedro e Dr. João Penido são as principais com, respectivamente, 14,2 % e 6,58 % de seus territórios representados por áreas edificadas. Tanto na bacia da Represa Chapéu D’uvas quanto na bacia do Ribeirão Espírito Santo, estas áreas representam menos de 1 % da área total. A urbanização pode representar um risco para a qualidade da água. Áreas urbanas afetam de diversas

formas o ciclo hidrológico, entre elas, pela redução da cobertura florestal e aumento das áreas impermeabilizadas, elevando o escoamento superficial, ou pelo aumento da carga de efluentes lançados que prejudica a qualidade da água (Sheldon et al., 2019; Benini & Mediondo, 2015). Temos ainda, mesmo que menos significativo, o uso urbano de agrotóxicos (Nowell et al., 2021). Nestas áreas, os compostos são utilizados, principalmente, para a capina química no controle de plantas daninhas, especialmente em praças, jardins públicos, canteiros, ruas e calçadas e podem representar um risco para os mananciais (ANVISA, 2010).

A bacia do Ribeirão Espírito Santo se destaca por apresentar 59,04 % de seu território coberto por matas. As bacias da Represa Chapéu D’úvas e da Represa São Pedro apresentam 31,02 % e 31,01 % de seus territórios cobertos por mata. A bacia da Represa Dr. João Penido, por sua vez, tem 24,78 % de seu território representado por matas. De um modo geral, as bacias dos mananciais apresentam uma significativa cobertura florestal. Este é um fato positivo ao se considerar que a cobertura florestal possui importantes funções eco-hidrológicas como a recarga de aquíferos, minimização do escoamento superficial e de processos erosivos e proteção contra a contaminação em áreas ripárias, contribuindo para a manutenção de suas características físicas e químicas (Tambosi et al., 2015).

**Tabela 2** - Classes de uso e cobertura do solo presentes nas bacias hidrográficas dos mananciais de abastecimento do município de Juiz de Fora, MG, suas respectivas extensões (km<sup>2</sup>) e a porcentagem que representam da área total das bacias.

Classe de Uso e cobertura do solo	Bacia do Ribeirão Espírito Santo (2016) (km <sup>2</sup> )		Bacia da Represa São Pedro (2013) (km <sup>2</sup> )		Bacia da Represa Chapéu D’úvas (2018) (km <sup>2</sup> )		Bacia da Represa João Penido (2013) (km <sup>2</sup> )	
	km <sup>2</sup>	%	km <sup>2</sup>	%	km <sup>2</sup>	%	km <sup>2</sup>	%
Água	0,04	0,02	0,240	1,87	9,765	3,12	2,47	3,55
Área Urbana	1,48	0,97	1,820	14,21	0,264	0,08	4,57	6,57
Cultivos Agrícolas	-	-	-	-	2,430	0,77	-	-
Macega	-	-	-	-	15,988	5,10	-	-
Mata	86,12	56,8	3,850	30,07	97,053	31,01	17,22	24,78
Pastagem	63,53	41,9	5,300	41,4	159,142	50,86	-	-
Processo Erosivo	-	-	1,360	10,6	-	-	-	-
Silvicultura	-	-	-	-	21,176	6,76	-	-
Solo Exposto	0,35	0,23	-	-	5,057	1,61	-	-
Solo Exposto e pastagem	-	-	-	-	-	-	45,09	64,89
Sombras	-	-	-	-	-	-	0,13	0,18
Mata galeria	-	-	0,230	1,79	-	-	-	-
Áreas úmidas	-	-	-	-	2,013	0,64	-	-
<b>Total</b>	<b>151,52</b>	<b>100</b>	<b>12,8</b>	<b>100</b>	<b>312,887</b>	<b>100</b>	<b>69,48</b>	<b>100</b>

Fonte – Adaptado dos trabalhos de Freitas (2015), Silva et al. (2017), Oliveira (2018) e Assis et al. (2014).

A represa João Penido é o único dos quatro mananciais estudados a possuir alguma avaliação sobre contaminação por agrotóxicos. No estudo de Bucci et al. (2015) foram analisados todos os IAs presentes nas Portarias MS/GM 518/2004 (BRASIL, 2004) e 2.914/2011 (BRASIL, 2011). Todos os IAs ficaram abaixo do limite de quantificação, estando assim em conformidade com a legislação vigente no momento do estudo, ou seja, a Portaria 2.914/2011 do Ministério da Saúde (Bucci et al., 2015).

Outro ponto que mostra a baixa quantidade de informações acerca deste tema na cidade de Juiz de Fora se dá pela análise dos dados fornecidos pelo Sistema de Informações Sobre Qualidade da Água de Consumo Humano - SISAGUA. Em relação às Amostras de Vigilância para as análises realizadas de 2014 a 2020, a cidade de Juiz de Fora apresenta apenas 3 dados retornados no sistema, onde nenhum deles se enquadra na categoria de agrotóxicos. Da mesma forma, ao verificar as Amostras para Controle, não foi identificado nenhum dado referente a agrotóxicos (BRASIL, 2020). Essa baixa disponibilidade de dados reflete uma realidade nacional. Conforme dados disponibilizados pelo Portal Brasileiro de Dados Abertos, o número de municípios brasileiros com dados de monitoramento para agrotóxicos na água de consumo humano disponibilizados no SISAGUA no ano de 2019 não chegou a 12 % dos municípios brasileiros (BRASIL, 2020).

### 3.4 Comparação dos ingredientes ativos prioritários com os parâmetros definidos pela legislação nacional

Dos 40 IAs citados como prioritários para o monitoramento nos mananciais do município de Juiz de Fora, apenas 5 estavam contemplados na Portaria de Consolidação N° 5, do Ministério da Saúde, em seu anexo XX (BRASIL, 2017). São eles: atrazina, carbendazim, diurom, glifosato e tebuconazol. Na recém publicada Portaria 888/2021, entretanto, este número aumenta para 15 (BRASIL, 2021). Os acréscimos aos 5 anteriores são: acefato, ametrina, ciproconazol, dimetoato, fipronil, flutriafol, metribuzim, picloram, propargito e tiodicarbe.

É preocupante o fato de apenas 15 dos 40 compostos prioritários estarem na recém aprovada atualização da legislação de potabilidade brasileira – Portaria GM/MS N° 888, de 4 de maio de 2021. Todavia, a Portaria apresenta em seu escopo a necessidade de que cada região elabore um material que consagre quais os IAs mais prováveis. A partir de então, este documento deve ser seguido e direcionado para a realidade individual, criando um plano de monitoramento mais preciso e, dessa forma, garantindo uma melhor qualidade da água de consumo humano.

É justamente no sentido de nortear a elaboração de um plano de monitoramento de agrotóxicos na água de consumo humano do município de Juiz de Fora, conforme preconizado na Portaria 888/2021 (BRASIL, 2021), que o presente estudo se insere. O método proposto mostrou potencial para a identificação dos agrotóxicos prioritários para o monitoramento, permitindo uma redução de aproximadamente 83% no número de IAs a serem analisados se comparado aos 265 iniciais. Através da identificação dos IAs com maior risco de contaminação hídrica no território do município, é possível direcionar adequadamente os recursos necessários para monitoramento, evitando desperdício. É importante destacar que o uso do método não dispensa análises mais detalhadas. Pelo contrário, se aliado a outras ferramentas de análise, visitas *in loco* e levantamentos de informações complementares sobre a região, pode ser de grande utilidade para garantir a qualidade da água fornecida à população.

## 4. Conclusão

O método proposto, aplicado ao município de Juiz de Fora, indicou a relevância de 41 culturas de lavouras e hortifrutí, 1 de silvicultura – totalizando 42 –, além das pastagens. Para essas culturas, foram elencados como prioritários para a cidade alvo 40 IAs. Estes são: abamectina, acefato, ametrina, atrazina, azoxistrobina, bentazona, carbendazim, ciproconazol, cletodim, clomazona, clorantranilprole, clorimurrom-

etílico, dibrometo de diquate, dicloreto de paraquate, difenoconazol, dimetoato, diurom, enxofre, fipronil, fluazinam, flutriafol, glifosato, hexazinona, hidróxido de cobre, imazetapir, imidacloprido, lambdacialotrina, mesotriona, metomil, metribuzim, metsulfurom-metílico, MSMA, oxicloreto de cobre, picloram, propargito, sulfentrazona, tebuconazol, tebutiurom, tiodicarbe e tricoplrbutotílico.

O grande número de IAs indicados como prioritários que não estão inclusos nos parâmetros de qualidade da Portaria nº 888/2021 do Ministério da Saúde sugere a necessidade de um plano de monitoramento de agrotóxicos que seja específico para a realidade do município de Juiz de Fora. Neste sentido, o presente estudo pode ser considerado um passo em direção a um documento norteador para o município, fornecendo resultados que devem ser incorporados nas tomadas de decisões do poder público em relação à contaminação da água de consumo humano por agrotóxicos.

Recomenda-se a análise dos agrotóxicos prioritários para o manancial de Chapéu D'Uvas já que ele está inserido fora do município de Juiz de Fora, mas abastece uma ETA de Juiz de Fora, por possui a presença de silvicultura e agricultura em seu território. Também se recomenda uma avaliação dos subprodutos que podem ser formados dos IAs que foram excluídos pelos critérios de dinâmica ambiental.

## 5. Referências

- ANVISA – Agência Nacional de Vigilância Sanitária (2010). **Nota sobre o uso de agrotóxicos em área urbana**. Brasília, DF. Disponível em: <(Microsoft Word - Nota para o Site Sobre Capina Qu\355mica em \301rea Urbana Revista.doc) (www.gov.br)>. Acesso em: 24/09/2021.
- Aquino, S. F.; Brandt, E. M. F.; Chernicharo, C. A. L. (2013). Remoção de fármacos e desreguladores endócrinos em estações de tratamento de esgoto: revisão da literatura. **Engenharia Sanitária e Ambiental**, 18 (3),187-204.
- Assis, D. C.; Pimentel, F. O.; Oliveira; D. E. (2014, agosto). Análise da paisagem na Sub-bacia Dr. João Penido em Juiz de Fora, através de imagens Landsat. **Anais do Congresso Brasileiro de Geógrafos**, Vitória, ES, Brasil, 7.
- Bastos, R. K. X.; Aquino, S. F.; Pereira, R. O.; Brandt, E. M. F.; Vekic, A. M.; Viana, D. B.; Magalhães, T. B.; Cavendish, T. A. **Revisão do Anexo XX da Portaria de Consolidação Nº 5 de 28 de setembro de 2017 do Ministério da Saúde (Antiga Portaria MS Nº 2914 / 2011)**. Ministério da Saúde, 2019.
- Benini, R. M.; Mediondo, E. M. (2015). Urbanização de impactos no ciclo hidrológico da bacia do Mineirinho. **Floresta e Ambiente**. 22(2), 211-222.
- Brandford, P. R., Jackson, M.; Rhodes, J. **Identification of Pesticides with a Low Risk of Leaching to Groundwater**. Knaresborough: Agência Dinamarquesa de Proteção Ambiental, 2018.
- BRASIL. **Lei no 7.802, de 11 de julho de 1989, que dispõe sobre a pesquisa, a experimentação, a produção, a embalagem e rotulagem, o transporte, o armazenamento, a comercialização, a propaganda comercial, a utilização, a importação, a exportação, o destino final dos resíduos e embalagens, o registro, a classificação, o controle, a inspeção e a fiscalização de agrotóxicos, seus componentes e afins, e dá outras providências**. Diário Oficial da República Federativa do Brasil. Disponível em: < [http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/leis/17802.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/17802.htm) >. Acesso em: março/2021. 2002.
- BRASIL. **Lei Nº 9.433, de 08 de janeiro de 1997 que institui a Política Nacional de Recursos Hídricos, cria o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos, regulamenta o inciso XIX do art. 21 da Constituição Federal, e altera o art. 1º da Lei nº 8.001, de 13 de março de 1990, que modificou a Lei nº 7.990, de 28 de dezembro de 1989**. Diário Oficial da República Federativa do

Brasil. Disponível em: < [http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/leis/19433.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/19433.htm) >. Acesso em: março/2021. 1997.

BRASIL. **Portaria de Consolidação nº 5, de 28 de setembro de 2017 que dispõe sobre a consolidação das normas sobre as ações e os serviços de saúde do Sistema Único de Saúde.** Diário Oficial da República Federativa do Brasil. Disponível em: < <https://portalarquivos2.saude.gov.br/images/pdf/2018/março/29/PRC-5-Portaria-de-Consolida----o-n--5--de-28-de-setembro-de-2017.pdf> >. Acesso em: janeiro/2021. 2017.

BRASIL. **Portaria GM/MS Nº 888 que altera o Anexo XX da Portaria de Consolidação GM/MS nº 5, de 28 de setembro de 2017, para dispor sobre os procedimentos de controle e de vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade.** Diário Oficial da República Federativa do Brasil. Acesso em: julho/2021. 2021.

BRASIL. **SISAGUA - Amostras de Vigilância.** Programa Nacional de Vigilância em Qualidade da Água de Consumo Humano. Disponível em: <<http://www.gov.br/dataset/sisagua-amostras-de-vigilancia-demais-parametros>>. Acesso em: 30/06/20.

Bucci, M. M. H. S. **Estudo da qualidade da água na represa Dr. João Penido: metais, agrotóxicos, índices de qualidade da água e de estado trófico (Juiz de Fora, MG).** Tese de Doutorado. Universidade Federal de Juiz de Fora, Juiz de Fora, MG, Brasil.

CESAMA – Companhia de Saneamento Municipal (2020). **Mananciais.** Disponível em: < <http://www.cesama.com.br/mananciais/> >. Acesso em: 07/08/20.

Faria, A. L. L.; Silva, J. X.; Goes, M. H. B. (2003). Análise Ambiental por Geoprocessamento em Áreas com Susceptibilidade à Erosão do Solo na Bacia Hidrográfica do Ribeirão Espírito Santo, Juiz de Fora (MG). **Caminhos de Geografia**, 4 (9), p. 50-65.

Ferruzzi, G.; Gan, J. (2004). **Pesticide Selection to Reduce Impacts on Water Quality.** Universidade da Califórnia, Divisão de Agricultura e Recursos Naturais. Disponível em: <<https://anrcatalog.ucanr.edu/pdf/8119.pdf>>. Acesso em: 30/06/20.

Fuher, G. J.; Morace, J. L.; Johnson, H. M.; Rinella, J. F.; Ebbert, J. C.; Embery, S. S.; Waite, I. R.; Carpenter, K. K.; Wise, D. R.; Hughes, C. A. (2004). **Water Quality in the Yakima River Basin, Washington, 1999-2000.** Virgínia, VA: Pesquisa Geológica dos Estados Unidos.

Goss, D. W (1992). Screening Procedure for Soils and Pesticides for Potential Water Quality Impacts. **Weed Technology**, 6, p. 701-708.

Gustafson, D. I. (1989). Groundwater ubiquity score: a simple method for assessing pesticide leachability. **Environmental Toxicology And Chemistry**, 8 (4), p. 339-357.

IBAMA – Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis (2021). **Relatórios de comercialização de agrotóxicos.** Disponível em: < [http://www.ibama.gov.br/index.php?option=com\\_content&view=article&id=594](http://www.ibama.gov.br/index.php?option=com_content&view=article&id=594) >. Acesso em 15/07/21.

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. (2010). **Censo 2010.** Disponível em: < <https://www.ibge.gov.br/cidades-e-estados/mg/juiz-de-fora.html> >. Acesso em: 20/07/20.

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. (2020). **Censo Agropecuário 2017.** Disponível em: < <https://sidra.ibge.gov.br/pesquisa/censo-agropecuario/censo-agropecuario-2017> >. Acesso em: 20/07/20.

- IMA – Instituto Mineiro de Agropecuária (2020). **Agrotóxicos Aptos para Comercialização no Estado de Minas Gerais**. Belo Horizonte: Minas Gerais. Disponível em: < <http://ima.mg.gov.br/sanidade-vegetal/agrotoxicos> >. Acesso em: 15/09/20.
- IUPAC – União Internacional da Química Pura e Aplicada (2020). **General chemical properties related to environmental fate**. Disponível em: < [http://sitem.herts.ac.uk/aeru/iupac/docs/2\\_3.pdf](http://sitem.herts.ac.uk/aeru/iupac/docs/2_3.pdf) >. 2020b Acesso em: 06/08/20.
- Juiz de Fora (2020). **Sistema Municipal de Planejamento do Território**. Disponível em: < <https://www.pjf.mg.gov.br/desenvolvimentodoterritorio/dados/index.php> >. Acesso em: 10/06/20.
- Kenny, L. B.; Westendorf, M.; Williams, C. A. (2019). **Managing Manure, Erosion, and Water Quality in and Around Horse Pastures**. In: Horse Pasture Management. Sharpe, P. Elsevier. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-812919-7.00014-7>
- Kerle, E. A.; Jenkins, J. J.; Vogue, P. A. (2007). **Understanding Pesticide Persistence and Mobility for Groundwater and Surface Water Protection**. Universidade do Estado de Oregon. Disponível em: <<https://www.google.com/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=&ved=2ahUKEwid7pejYTrAhVzHbkGHWO8ArkQFjABegQIBBAB&url=https%3A%2F%2Ffir.library.oregonstate.edu%2Fdownloads%2F8s45q9127&usq=AOvVaw1G9TOvpkbzqwY3jG2z0H0U>> Acesso em: 30/06/20.
- Lara, S. S.; Pignati, W. A.; Pignatti, M. G.; Leão, L. H. Da C.; Machado, J. M. H (2019). A Agricultura do Agronegócio e sua Relação com a Intoxicação Aguda por Agrotóxicos no Brasil. **Revista Brasileira de Geografia Médica e da Saúde**, 15 (32), p. 1-19.
- Leite, L. C. O. F.; Rocha, C. H. B. (2018). Monitoramento da alteração da paisagem florestal entre 2004 e 2018 no município de Juiz de Fora, MG – Brasil. **Geofronter**, 6, 01-20.
- Leite, L. C. O. F.; PEREIRA, R. de O.; SILVA, J. B, G. (2021). Identificação de agrotóxicos prioritários e épocas ideais para seu monitoramento na água: um estudo de caso no Espírito Santo. **Holos**. 37(2), 1-21.
- Machado, P. J. D. O. (2012). **Diagnóstico ambiental e ordenamento territorial–instrumentos para a gestão da Bacia de Contribuição da Represa de Chapéu D’Uvas/MG**. Tese de doutorado, Universidade Federal Fluminense, Niterói, RJ, Brasil.
- MAPA – Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento (2021). **Sistema AGROFIT**. Disponível em: < [http://agrofit.agricultura.gov.br/agrofit\\_cons/principal\\_agrofit\\_cons](http://agrofit.agricultura.gov.br/agrofit_cons/principal_agrofit_cons) > Acesso: 15/01/21.
- MAPA - Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (2020). **Portal de Dados Abertos Sobre Agrotóxicos**. Disponível em: <<https://dados.contraosagrototoxicos.org/organization/mapa>>. Acesso em: 30/06/20.
- Moraes, R. F. (2019). **Agrotóxicos no Brasil: Padrões de uso, política da regulação e prevenção da captura regulatória**. Textos para Discussão, Brasília: Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada.
- Nowell, L. H.; Moran, P; M.; Bexfield, L. M.; Mahler, B. J.; Metre, P. C.; Bradley, P. M.; Schimidt, T. S.; Button, D. T.; Qi, S. L. (2021). Is there an urban pesticide signature? Urban streams in five U.S. regions share common dissolved-phase pesticides but differ in predicted aquatic toxicity. **Science of Total Environment**, 793, 148453. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2021.148453>
- NPIC -National Pesticide Information Center (2020). **Pesticide Products**. Disponível em: < <http://npic.orst.edu/> >. Acesso em: 15/07/20.
- Oliveira, M. (2018). **Limnologia da Paisagem com uso de Regressão Geograficamente Ponderada: estudo**

**da qualidade da água na represa de Chapéu D’Uvas, MG.** Tese de Doutorado, Universidade Federal de Juiz de Fora, Juiz de Fora, MG, Brasil.

- PAN – **Pesticide Database (2020)**. Disponível em: < <http://www.pesticideinfo.org/> >. Acesso em: 10/07/20.
- Pignati, W. A.; Lima, F. A. N. S.; Lara, S. S.; Correa, M. L. M.; Barbosa, J. R.; Leão, L. H. C.; Pignatti, M. G. (2017). Distribuição espacial do uso de agrotóxicos no Brasil: uma ferramenta para a vigilância em saúde. **Ciência & Saúde Coletiva**, 22 (10), p. 3281-3293.
- Pinto, V. G.; Lima, R. N. S.; Ribeiro, C. B. M.; Machado, P. J. O. (2014). Diagnóstico físico-ambiental como subsídio a identificação de áreas vulneráveis à erosão na bacia hidrográfica do Ribeirão do Espírito Santo, Juiz de Fora (MG), Brasil. **Ambiente & Água**, 9 (4), 632-646. <http://dx.doi.org/10.4136/1980-993x>.
- Portugal, T. R.; Silva, L. M. C. (2020). Análise do aumento dos registros de agrotóxicos e afins e as consequências para os recursos hídricos. **Brazilian Journal of Animal and Environmental Research**, 3 (3), p. 1183-1196. <http://dx.doi.org/10.34188/bjaerv3n3-037>.
- Rao, P. S. C.; Hornsby, A. G. (1993). **Behavior of Pesticides in Soils and Water**. Instituto de Ciências Agrárias e Alimentares, Universidade da Florida. Disponível em: <[https://www.fws.gov/panamacity/resources/Envirothon%20Study%20Guides/2017/Pesticides%201\\_Behavior%20of%20Pesticides%20in%20Soils%20and%20Water.pdf](https://www.fws.gov/panamacity/resources/Envirothon%20Study%20Guides/2017/Pesticides%201_Behavior%20of%20Pesticides%20in%20Soils%20and%20Water.pdf)>. Acesso em: 30/06/20.
- Rocha, C. H. B.; Casquin, A. P.; Silva, T. M.; Freitas, F. A.; Pereira, A. M.; Paula, I. F. M.; Neto, J. O. (2018). Dinâmica de parâmetros limnológicos e uso e cobertura da terra nas bacias hidrográficas das represas Dr. João Penido e São Pedro, Juiz de Fora (MG). **Principia: Caminhos da Iniciação Científica**, 18 (1), p. 11-21. <http://dx.doi.org/10.34019/2179-3700.2018.v18.29780>.
- Rogers, H. R. (1996). Sources, behavior and fate of organic contaminants during sewage treatment and in sewage sludges. **The Science of the Total Environment**, 185 (1-3), 3-26.
- Sheldon, F.; Leigh, C.; Neilan, W.; Newham, M.; Polson, C.; Hadwen, W. (2019). **Urbanization: hidrology, water quality, and influences on ecosystem health**. In: Approaches to Water Sensitive Urban Design. Sharma, A. K.; Gardner, T.; Begbie, D. Elsevier. <https://doi.org/10.1016/C2016-0-03594-5>
- Soares, A. F. S. (2011). **Uso de Agrotóxicos, Contaminação de Mananciais e Análise da Legislação Pertinente: Um Estudo na Região de Manhuaçu – MG**. Tese de Doutorado. Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, MG, Brasil.
- Tambosi, L. R.; Vidal, M. M., Ferraz, S. F. B.; Metzger, J. P. (2015). Funções eco-hidrológicas das florestas nativas e o Código Florestal. **Estudos Avançados**, 29 (84), 151-162.
- Vieira, M. G.; Steinke, G.; Arias, J. L. O.; Primel, E. G.; Cabrera, L. C. C. (2017). Evaluation of Pesticide Contamination in the Water Sources of Southwest Parana Cities. **Revista Virtual de Química**, 9 (5), p. 1800-1812. <http://dx.doi.org/10.21577/1984-6835.20170105>.