

UNIVERSIDADE FEDERAL DO AMAZONAS  
CENTRO DE CIÊNCIAS AMBIENTAIS  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS DO  
AMBIENTE E  
SUSTENTABILIDADE NA AMAZÔNIA PPGCASA

AVALIAÇÃO DE RISCO AMBIENTAL E EXPOSIÇÃO  
HUMANA DO USO DE AGROTÓXICOS NA  
MESORREGIÃO SUL DO AMAZONAS

ALINE LESSA DE SOUZA

MANAUS  
2022

UNIVERSIDADE FEDERAL DO AMAZONAS  
CENTRO DE CIÊNCIAS AMBIENTAIS  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS DO  
AMBIENTE E  
SUSTENTABILIDADE NA AMAZÔNIA PPGCASA

ALINE LESSA DE SOUZA

AVALIAÇÃO DE RISCO AMBIENTAL E EXPOSIÇÃO  
HUMANA DO USO DE AGROTÓXICOS NA  
MESORREGIÃO SUL DO AMAZONAS

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciências do Ambiente e Sustentabilidade na Amazônia, como requisito parcial para a obtenção do título de doutora em Ciências do Ambiente e Sustentabilidade na Amazônia, área de concentração, área de concentração Ciências do Ambiente e Sustentabilidade.

Orientadora: Andrea Viviana Waichman

Manaus  
2022

### Ficha Catalográfica

Ficha catalográfica elaborada automaticamente de acordo com os dados fornecidos pelo(a) autor(a).

S729a	<p>Souza, Aline Lessa de Avaliação de risco ambiental e exposição humana do uso de agrotóxicos na mesorregião sul do Amazonas / Aline Lessa de Souza . 2022 85 f.: il. color; 31 cm.</p> <p>Orientadora: Andrea Viviana Waichman Tese (Doutorado em Ciências do Ambiente e Sustentabilidade na Amazônia) - Universidade Federal do Amazonas.</p> <p>1. Agrotóxico. 2. Risco. 3. Agricultor. 4. Saúde. 5. Ambiente. I. Waichman, Andrea Viviana. II. Universidade Federal do Amazonas III. Título</p>
-------	--

ALINE LESSA DE SOUZA

AVALIAÇÃO DE RISCO AMBIENTAL E EXPOSIÇÃO  
HUMANA DO USO DE AGROTÓXICOS NA  
MESORREGIÃO SUL DO AMAZONAS

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciências do Ambiente e Sustentabilidade na Amazônia, como requisito parcial para a obtenção do título de doutora em Ciências do Ambiente e Sustentabilidade na Amazônia, área de concentração, área de concentração Ciências do Ambiente e Sustentabilidade.

Aprovada em:

BANCA EXAMINADORA

---

Profa. Dra. Andrea Viviana Waichman – Presidente  
Universidade Federal do Amazonas

---

Prof. Dr. Neliton Marques da Silva – Membro  
Universidade Federal do Amazonas

---

Prof. Dr. – Marco Antônio Mendonça - Membro  
Universidade Federal do Amazonas

---

Prof. Dr. Carlos José Sousa Passos  
Universidade de Brasília – UnB

---

Prof. Dr. Marcelo Dayron Rodrigues Soares  
Universidade Federal do Amazonas

---

Profa. Dra. Paola Souto Campos  
Centro Universitário do Norte

Ao meu pai, minha mãe e  
meus irmãos pelo  
incentivo na realização  
deste trabalho!

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço primeiramente a Deus, pois nele encontrei força e luz durante esse processo.

Agradeço aos meus pais, por todo apoio e compreensão durante as longas horas dedicadas a escrita desse trabalho.

À Noemi e Nilciane, que além de irmãs são minhas melhores amigas, agradeço pelo consolo nos momentos de ansiedade e por sempre acreditar na minha capacidade de superar os momentos difíceis dessa trajetória.

A minha orientadora por todas as considerações, correções, e ajuda na escrita desse trabalho. Agradeço também a sua família e ajudantes do lar, que me receberam com tanto carinho em sua residência.

Ao meu irmão Samuel, pelos momentos de distração e alegria.

A minha amiga Juliana por me acompanhar em todos os estabelecimentos no município de Apuí e sua mãe Adriana pela hospedagem.

Aos 89 agricultores participantes da pesquisa, pelas longas horas de conversa e por compartilhar comigo todo seu conhecimento e experiência agrícola.

À professora Anete e Paola, pelo apoio durante a pesquisa de campo.

Às instituições ADAF, IDAM e ADS pelo apoio nas coletas de dados nos municípios pesquisados.

A FAPEAM pelo apoio com bolsa durante três anos de doutorado.

Às colegas de curso, principalmente a Claudiane, Artemísia e Géssica pelos momentos de alegria e cumplicidade.

## RESUMO

O uso de agrotóxicos tem se tornado cada vez mais frequente na produção agrícola brasileira, fato que tem inserido o país nas primeiras posições dos maiores consumidores de produtos químicos no mundo. Esse aumento acompanha a expansão do agronegócio em áreas de fronteira agrícola, localizadas principalmente nos estados de Maranhão, Tocantins, Piauí, Bahia, Rondônia e Amazonas. Além do desmatamento, dados do IBGE apontam aumento no consumo de agrotóxicos nesses Estados. No Amazonas, a taxa de consumo de agrotóxicos aumentou cerca de 677% entre os anos 2000 e 2018, junta-se a esses fatores o aumento no número de casos de intoxicação agrícola no estado. Diante disso, o objetivo principal da tese foi avaliar o uso de agrotóxicos no sul do Amazonas, caracterizando os riscos ambientais e à saúde humana causados por estes produtos na região. A população estudada foi a de aplicadores de agrotóxicos, residentes nos municípios de Apuí, Boca do Acre, Lábrea, Humaitá e Manicoré. Foram realizadas 89 entrevistas nos anos de 2020 e 2021. Foi realizado o teste de Spearman Rho e o teste Cochran para determinar a correlação entre o comportamento de proteção à saúde e ao ambiente com variáveis determinantes como idade, escolaridade, renda, leitura dos rótulos e assistência técnica. Para o cálculo da exposição ocupacional dos agricultores foram utilizados o algoritmo de Dosemeci et al., (2002) e o Indicador de OHRI determinado por Bergkvist (2004). A avaliação de risco ambiental foi realizada utilizando o modelo PRIMET (Pesticide Risk in the Tropics to Man, Environment and Trade) versão 3.0. Foram encontrados 22 tipos de ingredientes ativos, com uso preponderante do Glifosato, Difenconazol, Tiametoxam e Clorpirifós. Apesar de 88% dos entrevistados relatarem que os agrotóxicos causam danos à saúde, a maioria deles usam EPI de forma incompleta ou não utilizam nenhuma forma de proteção, armazenam os agrotóxicos de forma inadequada, destinam as embalagens incorretamente e não recebem orientação técnica. Grande parte dos agricultores apresentaram comportamento de risco relacionados aos cuidados com a saúde. O comportamento dos agricultores em relação à proteção à saúde está relacionado com a renda e a leitura do rótulo. O comportamento relacionado a proteção do ambiente, com a renda, gênero e assistência técnica. Os produtores do sexo masculino possuem as maiores exposições cumulativas que as do sexo feminino e os agricultores mais velhos, com idade entre 51 a 60 anos estão mais expostos cumulativamente que os mais jovens. A maioria dos agrotóxicos utilizados nos municípios pesquisados, apresentam cenários de risco nos compartimentos ambientais avaliados e metade deles não estão aprovados para uso na União Europeia por serem considerados nocivos para o ambiente e os humanos. É essencial a implementação de políticas públicas que visam a conscientização e educação dos produtores, com programas que estimulem boas práticas agrícolas para a redução da exposição e políticas agrícolas mais sustentáveis no uso de agrotóxicos na região que contribua para redução do risco a saúde e do ambiente.

**Palavras Chaves:** Agrotóxicos; Risco; Agricultor; Saúde; Ambiente.

## ABSTRACT

The use of pesticides has become increasingly frequent in Brazilian agricultural production, a fact that has placed the country in the top positions of the largest consumers of chemical products in the world. This increase follows the expansion of agribusiness in agricultural frontier areas, located mainly in the states of Maranhão, Tocantins, Piauí, Bahia, Rondônia and Amazonas. In addition to deforestation, IBGE data point to an increase in the consumption of pesticides in these states. In Amazonas, the consumption rate of pesticides increased by about 677% between 2000 and 2018, in addition to these factors the increase in the number of cases of agricultural poisoning in the state. Therefore, the main objective of the thesis was to evaluate the use of pesticides in the south of Amazonas, characterizing the environmental and human health risks caused by these products in the region. The population studied was that of pesticide applicators, residing in the municipalities of Apuí, Boca do Acre, Lábrea, Humaitá and Manicoré. 89 interviews were carried out in the years 2020 and 2021. The Spearman Rho test and the Cochran test were carried out to determine the correlation between health and environmental protection behavior with determinant variables such as age, education, income, reading labels and technical assistance. To calculate the occupational exposure of farmers, the algorithm of Dosemeci et al., (2002) and the OHRI indicator determined by Bergkvist, (2004) were used. The environmental risk assessment was performed using the PRIMET model (Pesticide Risk in the Tropics to Man, Environment and trade) version 3.0. Twenty-two types of active ingredients were found, with the predominant use of Glyphosate, Difenconazole, Thiamethoxam and Chlorpyrifos. Although 88% of respondents reported that pesticides cause damage to health, most of them use PPE incompletely or do not use any form of protection, store pesticides improperly, dispose of packaging incorrectly and do not receive technical guidance. Most of the farmers showed risk behavior related to health care. Farmers' behavior in relation to health protection is related to income and label reading. And behavior related to the environment, with income, gender and technical assistance. Male producers have higher cumulative exposures than females and older farmers aged 51 to 60 years are more cumulatively exposed than younger ones. Most pesticides used in the surveyed municipalities present risk scenarios in the evaluated environmental compartments and half of them are not approved for use in the European Union because they are considered harmful to the environment and humans. It is essential to implement public policies aimed at raising awareness and educating producers, with programs that encourage good agricultural practices to reduce exposure and more sustainable agricultural policies in the use of pesticides in the region that contribute to reducing risk to health and the environment.

**Key words:** Pesticides; Risk; Farmer; Health; Environment.

## **SUMÁRIO**

<b>INTRODUÇÃO</b> .....	10
<b>OBJETIVOS</b> .....	13
Geral.....	13
Específicos .....	13
<b>ESTRUTURA DA TESE</b> .....	14
<b>CAPÍTULO 1</b> .....	15
<b>ARTIGO 1</b> - Comportamento, Práticas E Atitudes Dos Produtores Agrícolas Em Relação Ao Uso De Agrotóxicos No Sul Do Amazonas.....	15
<b>CAPÍTULO 2</b> .....	38
<b>ARTIGO 2</b> - Exposição Ocupacional Dos Aplicadores De Agrotóxicos No Sul Do Amazonas .....	38
<b>CAPÍTULO 3</b> .....	56
<b>ARTIGO 3</b> - Avaliação Do Risco Ambiental A Partir Do Uso De Agrotóxicos No Sul Do Amazonas .....	56
<b>CONCLUSÃO</b> .....	81
<b>RECOMENDAÇÕES</b> .....	82
<b>REFERÊNCIAS</b> .....	84

## INTRODUÇÃO

Os agrotóxicos são vistos como uma ferramenta importante para aumentar a produção e atender às demandas alimentares de uma população em crescimento. No entanto, se por um lado o uso de agrotóxicos aumenta a produtividade da agricultura, por outro, a dependência de pesticidas como técnica primária de manejo de pragas pode ser ineficiente e perigosa.

Se usado incorretamente, os pesticidas podem levar a surtos secundários de pragas a partir do processo de resistência (GROSS & ROSENHEIM, 2011), destruição de espécies não-alvo (ANDREA; LUCHINI; PETTINELLI JR., 2007), contaminação do solo, da água e do ar (ARIAS-ESTÉVEZ et al., 2008; BEDOS et al., 2002). Seus resíduos podem contaminar produtos agrícolas primários e derivados (OSMAN et al., 2010) e provocar intoxicação crônica e aguda (OLIVEIRA-SILVA et al., 2001) de quem os consome. Assim, a utilização de agrotóxicos se constitui em um sério problema ambiental e de saúde pública (BOEDEKER et al., 2020).

A Organização das Nações Unidas, estima que cerca de 200 mil pessoas morrem anualmente vítimas de envenenamento agudo por agrotóxicos, basicamente trabalhadores rurais e moradores do campo (ONU, 2017). Os efeitos crônicos são destacados em diversos estudos, com a possibilidade do surgimento de câncer, doenças neurológicas, depressão, doenças respiratórias, entre outras (CALAF, 2021; DEVINE & FURLONG, 2007; KORI et al., 2020).

Apesar dos efeitos prejudiciais dos agrotóxicos seu consumo tem apresentado crescimento exponencial nos últimos anos, em especial nos países em desenvolvimento. No Brasil, houve um aumento de 20,4% dos estabelecimentos agrícolas que utilizam agrotóxicos, dados que elevou o país as primeiras posições dos maiores consumidores de produtos químicos mundiais (VASCONCELOS, 2018). Em 2017, o consumo de agrotóxicos no Brasil chegou a 540 mil toneladas, cerca de 50% a mais que em 2010 (IBGE, 2017).

Esse aumento acompanha a expansão do agronegócio em áreas de fronteira agrícola, localizadas principalmente nos estados de Maranhão, Tocantins, Piauí, Bahia, Rondônia e Amazonas. Não por acaso essas regiões apresentaram as maiores taxas de desmatamento dos últimos anos (INPE, 2019). Além do desmatamento, dados do IBGE, (2017) apontam aumento no consumo de agrotóxicos nesses Estados.

No Amazonas, entre os anos de 2009 e 2012 o uso de herbicidas, fungicidas e inseticidas, teve um aumento de 600%, 4.000% e 1.350%, respectivamente. Com um aumento na taxa de consumo de 440% em cinco anos, passando de 0,22 kg/ha em 2007 para 0,96 kg/ha em 2012 (IBGE, 2017).

Esse aumento no uso teve reflexo no número de intoxicações nas áreas agrícolas. Segundo dados do Sistema Nacional de Informações Tóxico-Farmacológicas – SINITOX, o Amazonas experimentou um crescimento de 500% entre o ano 2000 e 2013, sem contar as subnotificações, pois de acordo a Fundação de Vigilância em Saúde do Amazonas -FVS (2016), a notificação de intoxicação por agrotóxicos não faz parte das rotinas de notificações em 90% dos municípios amazonenses.

As mesorregiões norte e sul amazonenses concentram os maiores números de estabelecimentos agrícolas que utilizam agrotóxicos no estado. São estas duas mesorregiões caracterizadas como as mais produtivas do estado, sendo que a região sul se caracteriza por ser frente de expansão agrícola, coincidindo com o arco do desmatamento.

Por ser uma sub-região caracterizada pela fronteira agrícola, o sul do Amazonas vem assumindo importância em duas políticas públicas contraditórias vinculadas ao desenvolvimento do interior do estado, representada pela política agrícola voltadas a expansão do agronegócio e a política ambiental, representada pela criação de Unidades de Conservação tanto na esfera estadual quanto na federal. É importante ressaltar que, a criação das unidades de conservação visa conter as frentes de desmatamento e das queimadas para exploração de madeira e expansão da agropecuária, processos que ameaçam a biodiversidade e contribuem para o agravamento das mudanças climáticas globais.

Nesse sentido, os maiores focos das políticas de conservação no sul do Amazonas visam conter o desmatamento, e pouca atenção tem sido dada à contaminação ambiental resultante da utilização de agrotóxicos na região, que vem se expandindo nos últimos anos. Diante disso, desdobram-se as seguintes questões, as quais serão respondidas ao longo do desenvolvimento da tese: 1) Como está ocorrendo o uso de agrotóxicos no sul do Amazonas? 2) O uso desses agrotóxicos representa risco ocupacional e ambiental nessa região? 3) Quais medidas de manejo podem reorientar o uso de agrotóxicos no sul do estado?

A produção de lavouras permanentes e temporárias no sul do estado vem apresentando crescimento expressivo nos últimos anos. Dados do censo agropecuário

(2017), apontam as maiores produções nos cultivos de milho, cana-de-açúcar, arroz, melancia, banana, laranja e café. Na horticultura essa região destaca-se nas produções de batata-doce, cará, chicória, cebolinha, alface, couve, maxixe e pimenta. Humaitá vem se destacando pela reprodução de grãos ao longo da BR 319 (SEPROR, 2019).

A regulamentação e fiscalização implementada na Lei de Agrotóxicos - Lei 7.802 de 1988, tem tido pouco efeito no Amazonas, pois não há profissionais suficiente para fiscalizar seu cumprimento e monitorar o uso desses produtos no estado, resultando na perda de controle sobre essa prática (WAICHMAN, 2008). Além disso, é difícil conhecer a real dimensão, do problema do uso de agrotóxicos em todo o estado do Amazonas, dada sua dimensão sendo que os estudos realizados se concentram na região centro amazonense.

A hipótese é que i) o avanço da agricultura na região sul do Amazonas, ii) a ineficiência na implantação de políticas de assistência técnica no campo, iii) a falta de estrutura de fiscalização, iv) o processo de migração e colonização que incentivou o modelo de produção agrícola que nada tem a ver com as características ambientais locais, são fatores que podem estar levando ao uso inadequado dos agrotóxicos nessa região, promovendo risco ambiental e ocupacional.

Diante disso, esta tese tem como objetivo principal avaliar o uso de agrotóxicos no sul do Amazonas, caracterizando os riscos ambientais e à saúde humana causados por estes produtos e contribuir para o delineamento de estratégias apropriadas de diminuição desses riscos, na promoção de uma agricultura sustentável na região.

## **OBJETIVOS**

### Geral

Realizar uma avaliação do risco ambiental e da exposição ocupacional do uso de agrotóxicos na agricultura da região sul do Amazonas.

### Específicos

- I. Investigar os tipos de agrotóxicos utilizados no Sul do Estado do Amazonas;
- II. Avaliar o comportamento, as práticas e atitudes dos agricultores em relação ao armazenamento, manuseio e descarte de pesticidas que podem definir o risco de exposição ocupacional a pesticidas;
- III. Apresentar a exposição ocupacional dos agricultores no Sul do Estado;
- IV. Realizar a avaliação de risco ambiental dos agrotóxicos para água superficial, solo, água subterrânea, e para abelhas;

## **ESTRUTURA DA TESE**

A tese está estruturada em:

Introdução - Com abordagem da importância do tema pesquisado, a justificativa, a hipótese e os objetivos – geral e específico.

Capítulo 1 – Artigo 1: Comportamento, práticas e atitudes dos produtores agrícolas em relação ao uso de agrotóxicos no Sul do Amazonas. Este artigo apresenta a avaliação dos conhecimentos, práticas e atitudes dos agricultores em relação ao armazenamento, manuseio e descarte das embalagens de agrotóxicos, que define o risco de exposição ocupacional dos trabalhadores no sul do Amazonas. Estes resultados permitiram alcançar os objetivos I e II da tese.

Capítulo 2 – Artigo 2: Exposição ocupacional dos aplicadores de agrotóxicos no Sul do Amazonas. A partir do algoritmo proposto por Dosemeci et al. (2002) e o Indicador de OHRI determinado por Bergkvist (2004), foram calculadas variáveis que definem o risco ocupacional dos trabalhadores no Sul do Estado do Amazonas em relação aos agrotóxicos. Este artigo apresenta os resultados da exposição ocupacional, proposto no objetivo específico III.

Capítulo 3 – Artigo 3: Avaliação do risco ambiental a partir do uso de agrotóxicos no Sul do Amazonas. A partir do Modelo PRIMET 3.0, são apresentados cenários de risco dos agrotóxicos para água superficial, para o solo, para água subterrânea e para as abelhas. Estes resultados permitiram cumprir com o proposto no objetivo IV.

Finalmente, são apresentadas a conclusão, as limitações da pesquisa e as recomendações para estudos futuros.

## CAPÍTULO 1

### ARTIGO 1 - COMPORTAMENTO, PRÁTICAS E ATITUDES DOS PRODUTORES AGRÍCOLAS EM RELAÇÃO AO USO DE AGROTÓXICOS NO SUL DO AMAZONAS

#### RESUMO

O objetivo desse estudo foi investigar os agrotóxicos utilizados no Sul do Estado do Amazonas e avaliar o comportamento, as práticas e atitudes dos agricultores em relação ao armazenamento, manuseio e descarte das embalagens de agrotóxicos, que podem definir o risco à saúde e ao ambiente. A população estudada foi a de aplicadores de agrotóxicos, residentes nos municípios de Apuí, Boca do Acre, Lábrea, Humaitá e Manicoré (Distrito de Santo Antônio do Matupi), localizados no Sul do Estado do Amazonas. Foram realizadas 89 entrevistas nos anos de 2020 e 2021. Para a tabulação dos dados foram utilizadas planilhas do *Excel* que permitiram uma melhor mensuração e ordenação dos dados coletados. Avaliamos o comportamento de segurança dos agricultores relacionados à proteção da saúde e do ambiente. Foi realizado o teste de Spearman Rho e o teste Cochran para determinar a correlação entre o comportamento de proteção a saúde e ao ambiente com variáveis determinantes como idade, escolaridade, renda, leitura dos rótulos e assistência técnica. A atividade econômica que os agricultores desenvolvem de forma predominante é a agricultura (67%), e 30% desenvolvem a pecuária de corte e leiteira. Nas práticas agrícolas são utilizados 22 tipos de ingredientes ativos, com uso preponderante do Glifosato, Difenconazol, Tiametoxam e Clorpirifós. Apesar de 88% dos entrevistados relatarem que os agrotóxicos causam danos à saúde, a maioria deles usam EPI de forma incompleta (79%) ou não utilizam nenhuma forma de proteção, armazenam os agrotóxicos de forma inadequada, destinam as embalagens incorretamente e não recebem orientação técnica. 42% dos agricultores apresentaram comportamento de risco relacionados aos cuidados com a saúde. Boca do Acre apresenta os níveis mais críticos, 100% dos agricultores possuem comportamento inseguro ao manusearem os agrotóxicos. Em contraposição, 80% dos agricultores apresentaram comportamento potencialmente seguro para saúde no manejo dos agrotóxicos em Humaitá. No que tange ao comportamento relacionado ao ambiente, nossos achados apontam que 36% e 29% dos agricultores possuem comportamento que potencialmente promove risco ambiental e comportamento intermediário, respectivamente. Verificamos uma relação significativa entre o comportamento de proteção à saúde, a renda e a leitura do rótulo. O Comportamento relacionado à proteção do ambiente teve relação significativa com a renda, gênero e assistência técnica. Deste modo, torna-se necessário, que os tomadores de decisão tenham uma atenção mais adequada à saúde dos usuários de agrotóxicos na região, com a implementação de políticas públicas que visam a conscientização e educação dos produtores sobre os problemas causados pelos agrotóxicos na saúde e no meio ambiente.

**Palavras Chaves:** Amazônia; Agrotóxicos; Segurança; Saúde; Ambiente.

## ABSTRACT

The objective of this study was to investigate the pesticides that are used in the south of the State of Amazonas and to evaluate the behavior, practices and attitudes of farmers in relation to the storage, handling and disposal of pesticide packages, which can define the risk to health and the environment. The population studied was that of pesticide applicators, residing in the municipalities of Apuí, Boca do Acre, Lábrea, Humaitá and Manicoré, located in the south of the State of Amazonas. 89 interviews were carried out in the years 2020 and 2021. Excel spreadsheets were used to tabulate the data, which allowed for a better measurement and ordering of the data collected. We assess the safety behavior of farmers related to protecting health and the environment. The Spearman test and the Cochran test were performed to determine the correlation between health and environment protection behavior with determinant variables such as age, education, income, reading labels and technical assistance. The predominant economic activity they develop is agriculture (67%), and 30% develop livestock for beef and dairy. In agricultural practices, 22 types of active ingredients are used, with the predominant use of Glyphosate, Difenoconazole, Thiamethoxam and Chlorpyrifos. Although 88% of respondents report that pesticides cause damage to health, most of them use PPE incompletely (79%) or do not use any form of protection, store pesticides improperly, dispose of packaging incorrectly and do not receive guidance technique. 42% of farmers showed risk behavior related to health care. Boca do Acre presents the most critical levels, 100% of farmers have unsafe behavior when handling pesticides. In Humaitá, 80% of farmers showed potentially safe behavior for health in handling pesticides. Regarding the behavior related to the environment, our findings indicate that 36% and 29% of farmers have behavior that potentially promotes environmental risk and intermediate behavior, respectively. We found a significant relationship between health protection behavior and income and label reading. Environment-related behavior was significant with income, gender and technical assistance. In this way, it becomes necessary for decision makers to pay more attention to the health of pesticide users in the region, with the implementation of public policies aimed at raising awareness and education of producers about the problems caused by pesticides in health and in the environment.

**Key Words:** Amazon; Pesticides; Security; Health; Environment.

## INTRODUÇÃO

O uso de agrotóxicos tem se tornado cada vez mais frequente na produção agrícola brasileira, fato que insere o país nas primeiras posições dos maiores consumidores de produtos químicos no mundo (PANIS et al., 2022). Em 2017, os agricultores brasileiros usaram 540 mil toneladas de ingredientes ativos de agrotóxicos, cerca de 50% a mais do que em 2010 (VASCONCELOS, 2018). Além do aumento do uso, é preocupante que cerca de 50% dos agrotóxicos utilizados no Brasil, são proibidos na União Europeia - UE (BOMBARDI, 2016a). Apesar do Brasil utilizar uma elevada quantidade de ingredientes ativos proibidos na UE, uma parte desses agrotóxicos voltam a esses países através da importação de alimentos. Desta forma, o ônus do uso desses produtos na saúde humana e no meio ambiente são imensuráveis (BOMBARDI, 2016b).

Ainda com relação ao aumento do uso de agrotóxicos no Brasil, destacam-se os Estados das regiões sudeste e centro oeste, como os maiores consumidores de agroquímicos no País (MS, 2018). Entretanto, a região norte, em especial o Estado do Amazonas, apresentou um crescimento de, 677% no consumo de agrotóxicos entre os anos 2000 e 2018 (IBAMA, 2019). Junta-se a esses fatores, a evolução no número de casos de intoxicação ocasionado por esses produtos no Estado, com aumento de 500% no número de intoxicações agrícolas entre os anos 2000 e 2013, segundo dados do Sistema Nacional de Informações Tóxico Farmacológica – SINITOX (FIOCRUZ, 2017).

Os efeitos nocivos dos agrotóxicos no organismo humano podem ocorrer a partir da exposição crônica e/ou aguda. A intoxicação crônica é produto do contato com agrotóxicos em baixa quantidade, embora por um longo prazo. Os sintomas se apresentam de modo tardio, com ênfase no surgimento de distúrbios comportamentais, problemas imunológicos, neurológicos e alterações hormonais (MOURA et al., 2020). Já a intoxicação aguda decorre do contato com uma quantidade maior de agrotóxicos em um curto espaço de tempo, podendo ser leve, moderada ou grave, a depender do grau de exposição apresentado (TAVEIRA; ALBUQUERQUE, 2018).

A exposição humana aos agrotóxicos vem sendo relacionada com a percepção, conhecimento, práticas e atitudes que os agricultores possuem ao manejarem esse produto no campo. Fatores como o nível de escolaridade, leitura dos rótulos, idade e experiência de intoxicação, são determinantes no comportamento de segurança em relação ao uso de agrotóxicos por agricultores em áreas rurais (BAGHERI et al., 2019). Junta-se a esses fatores políticas de extensão e educação que contribuem positivamente, para o conhecimento e manejo dos agrotóxicos (KHAN; DAMALAS, 2015). Ainda, o uso de estratégias adequadas de proteção e diminuição da exposição e riscos como o uso de Equipamentos de Proteção Individual (EPI) está relacionado com as condições sociodemográficas e econômica (PETARLI et al., (2019).

Na Amazônia brasileira, as práticas de proteção, aplicação e descarte inadequadas foram relatadas por Waichman; Eve; Nina, (2007). Nesse mesmo estudo, os agricultores mostram-se incapazes de entender as informações descritas nos rótulos dos produtos, devido a fatores como: letras muito pequenas, complexidade na escrita, informações extensas e textos não escritos em português. Ainda para estes autores, na prática, as informações contidas nos rótulos dos produtos são de cunho técnico e difícil leitura, destinadas a profissionais com um nível de conhecimento elevado e alertam para a

importância da substituição dos rótulos existentes por versões mais compreensíveis para aprimorar a conscientização e a proteção à saúde dos agricultores (WAICHMAN; EVE; NINA, 2007). A área onde esse estudo foi realizado é a região próxima de Manaus, envolvendo principalmente o município de Manacapuru. Entretanto, a área aqui em estudo, o sul do Amazonas, apresenta uma colonização diferenciada, com processo de ocupação realizado por agricultores vindos principalmente do nordeste, sul e sudeste do país, os quais inseriram nessa região práticas agrícolas diferenciadas daquelas ocorridas na região centro amazônica (HONORATO; WIGGERS, 2013; VIEIRA GALUCH; CARDOSO, 2020). No sul do Amazonas, foi incentivada a expansão do agronegócio que pouco se adequam econômica e ambientalmente com a realidade amazônica (SILVA et al., 2021).

Essa região vem sofrendo com desmatamento para a expansão de atividades agropecuárias como a produção de grãos, sendo a pecuária a principal atividade responsável pelo aumento do desflorestamento na Amazônia (SILVA et al., 2021). Dado o avanço da agricultura e pecuária no Sul do Amazonas, o cenário indica não só um aumento dos desmatamentos, mas possíveis processos de degradação ambiental ocasionada pelo uso de agrotóxicos na região que podem estar ameaçando os ambientes aquáticos e terrestres, bem como espécies endêmicas, colocando em risco a conservação da biodiversidade amazônica (DE DEUS; BAKONYI, 2012).

Para a redução da exposição aos agrotóxicos e dos riscos à saúde dos agricultores, há necessidade de se desenhar programas de treinamento sobre o uso seguro dos agrotóxicos. Para isso é necessário compreender as atitudes, comportamentos e práticas que podem estar determinando maior risco nos diferentes grupos de agricultores, uma vez que estas podem estar associadas a características culturais de cada região.

Portanto, é necessário compreender o comportamento dos agricultores e os fatores que afetam a segurança e a exposição ao risco, para promover práticas de uso seguro de agrotóxicos e para formulação de uma política de segurança adequada para os agricultores da região. Nesse sentido, o conhecimento do comportamento dos agricultores é essencial para garantir o sucesso de qualquer programa de intervenção para a promoção de práticas agrícolas sustentáveis (OLMÉR; OLSON; BREHMER, 1998).

Diante disso, o objetivo desse estudo foi investigar os agrotóxicos utilizados no Sul do Estado do Amazonas e avaliar o comportamento, as práticas e atitudes dos agricultores

em relação ao armazenamento, manuseio e descarte das embalagens de agrotóxicos, que podem definir o risco à saúde e ao ambiente.

## **MATERIAL E MÉTODOS**

O estudo é caracterizado como descritivo, realizado nos municípios de Apuí, Boca do Acre, Lábrea, Humaitá e Manicoré (Distrito de Santo Antônio do Matupi), no Sul do Estado Amazonas. A região é caracterizada por apresentar ambientes naturais e agrícolas. Nas áreas agrícolas ocorrem lavouras temporárias e permanentes. Nas lavouras temporárias com as produções do abacaxi, arroz, cana-de-açúcar, mandioca, melancia, milho e soja. Na permanente com a predominância da produção do açaí, banana, café, laranja e maracujá (IBGE, 2017).

Inicialmente, foi realizado um levantamento dos municípios no sul do Amazonas que apresentavam as maiores produções agrícolas e os maiores números de estabelecimentos agrícolas que utilizam agrotóxicos a partir dos dados disponíveis do último censo agropecuário do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 2017). Assim, foram selecionados os municípios de Apuí, Boca do Acre, Lábrea, Humaitá e Manicoré (Santo Antônio do Matupi) para a realização do estudo

As entrevistas foram realizadas no período de julho de 2020 a agosto de 2021, em meio a pandemia de COVID-19. Assim, para a aplicação dos questionários, que foi presencial, foram seguidas as orientações fornecidas pela Organização Mundial de Saúde (OMS).

### **População Estudada**

Os sujeitos da pesquisa foram os produtores agrícolas que utilizam agrotóxicos no Sul do Amazonas. Foi utilizado o método da amostragem estratificada, com tamanho amostral de 89 indivíduos, seguindo o tamanho amostral de mínimo, com nível de confiança de 5%, segundo Krejcie e Morgan, (1970). Como critério de seleção foram escolhidos os agricultores maiores de 18 anos e responsáveis pela aplicação dos produtos nas lavouras.

Os agricultores deram seu consentimento para participar do estudo assinando o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE), após ouvir uma breve explicação do objetivo da pesquisa.

Para coleta de dados, foi aplicado o roteiro KAP (Knowledge, Attitudes and Practices) (LAUNIALA, 2009), adaptado na forma de um questionário semiestruturado, composto por questões abertas e fechadas. O instrumento abordou questões como: critério utilizado

para a escolha do agrotóxico utilizado; recomendação do produto; formas de aplicação; mistura; tempo utilizado na atividade laboral; local de preparo; limpeza do instrumento de aplicação; armazenamento e destino das embalagens vazias de agrotóxicos e estratégia de proteção individual. Também foram coletadas informações sobre o acesso à orientação técnica, leitura das bulas dos agrotóxicos e utilização de Equipamento de Proteção Individual (EPI). Foram avaliadas as atitudes em relação às roupas que eram utilizadas e práticas de higiene utilizadas logo após a aplicação dos agrotóxicos.

Além disso, foram levantadas informações socioeconômicas tais como a idade, nível educacional, tamanho da área de cultivos e culturas, treinamento recebido sobre uso de agrotóxicos, percepção de riscos, problemas de saúde e sintomas de intoxicação logo após utilizar os agrotóxicos nas lavouras. A lista de sintomas utilizada foi aquela disposta pela Agência de Vigilância Sanitária – ANVISA. Também foi indagado sobre as atitudes dos aplicadores frente a presença de alguns desses sintomas.

Todas as entrevistas foram aplicadas presencialmente, por meio de conversa com o trabalhador, de modo que fossem anotadas todas as informações que não eram abordadas nas entrevistas, visando a maior precisão das informações obtidas. Observações de campo das atividades de pulverização foram realizadas, quando possível.

A classificação dos agrotóxicos de acordo classe, ingrediente ativo, grupo químico e classificação toxicológica e ambiental foram obtidas por pesquisas nas bulas em cada um dos produtos encontrados no sul do Amazonas, bem como em pesquisas da Agência Nacional de Vigilância Sanitária - ANVISA, Instituto Brasileiro dos Recursos Naturais Renováveis – IBAMA e do Ministérios de Agricultura, Pecuária e Abastecimento - MAPA

As respostas obtidas foram tabuladas em planilha Excel visando uma melhor ordenação e mensuração dos dados, tonando-se possível uma análise mais concisa das questões apresentadas pelos entrevistados. A pesquisa obteve aprovação no Comitê de Ética em Pesquisa - CEP da Universidade Federal do Amazonas, sob o N° CAE 30668720.7.0000.5020.

### **Análise de Dados**

Foi aplicada a metodologia utilizada por Damalas; Abdollahzadeh, (2016). Foram calculadas estatísticas descritivas (frequências relativas e médias) para cada variável. A

tabulação cruzada foi utilizada para resumir as categorias mais importantes, relacionado ao comportamento de segurança em relação à saúde: uso do EPI (não usa, completo, incompleto) lavagem das roupas utilizada na aplicação (lava junto, lava separado e não lava) e banho após a pulverização (sim, não) e comportamento relacionado a proteção ao ambiente: destino das embalagens vazias (enterra, joga, coleta, queima, reutiliza, outros), limpeza da bomba (sempre lava, só se for aplicar novamente, não lava), armazenamento dos agrotóxicos (paiol, dentro de casa, plantio, embaixo da casa, outros) e frequência semanal de aplicação (1 a 2 vezes, 3 a 4 vezes, 5 a 6 vezes).

O comportamento dos agricultores relacionado à proteção da saúde e do ambiente foi determinado utilizando um indicador que varia entre 0 a 1, conforme a fórmula de Singh; Hiremath, (2010):

$$\text{Comportamento} = [\text{valor atual} - \text{valor mínimo}] / [\text{valor máximo} - \text{valor mínimo}]$$

Onde, Valor atual = subtotal da pontuação das variáveis analisadas; valor mínimo = a menor pontuação das variáveis analisadas; valor máximo = maior pontuação das variáveis analisadas.

Os valores do indicador de comportamento dos agricultores foram divididos em cinco níveis de 0,20 pontos cada, totalizando 1, seguindo o modelo de escala de cinco pontos de Ko, (2005), como indicado abaixo:

#### **O comportamento de proteção à saúde:**

- Comportamento Inseguro: 0,0-0,2;
- Comportamento Potencialmente Inseguro: 0,21-0,40;
- Comportamento Intermediário: 0,41-0,60;
- Comportamento Potencialmente Seguro: 0,61-0,80;
- Comportamento Seguro: 0,81-1,0

#### **O comportamento de proteção ao ambiente:**

- Comportamento que promove Risco Ambiental: 0,0-0,2;
- Comportamento que potencialmente Promove Risco Ambiental: 0,21-0,40;
- Comportamento Intermediário: 0,41-0,60;
- Comportamento que potencialmente é seguro para o Ambiente: 0,61-0,80;

- Comportamento seguro para o Ambiente: 0,81-1,0

Foi realizado o teste de Spearman Rho para determinar a correlação entre o comportamento de proteção da saúde e do ambiente com variáveis determinantes como idade, escolaridade e renda. No caso de variáveis binárias, foi utilizado o teste de Cochran para verificar a relação entre os níveis de proteção à saúde e ambiente com o gênero, leitura de rótulos e a assistência técnica. A análise estatística foi realizada utilizando o pacote Mystat 12 (SYSTAT Software Inc). Foi utilizado um nível de significância em  $p < 0,05$  para todos os testes estatísticos.

## RESULTADOS

### Perfil Sociodemográfico e Uso de Agrotóxicos

As características socioeconômicas dos entrevistados são mostradas na tabela 1. Observa-se que a maioria dos participantes da pesquisa foi do sexo masculino (80%) e 20% do sexo feminino. Classificados com baixa escolaridade, 75% dos agricultores não concluíram o ensino médio e apenas 3% alcançou o ensino superior. Os entrevistados são na maioria jovens com idade variando entre 31 e 50 anos. A atividade econômica predominante é a agricultura (67%), e 30% desenvolvem a pecuária de corte e leiteira.

Tabela 1 Característica Socioeconômica dos aplicadores de agrotóxicos no Sul do Amazonas

<b>CARACTERÍSTICA</b>	<b>FREQUÊNCIA (%)</b>	
<b>SEXO</b>	Masculino	71 (80)
	Feminino	18 (20)
<b>ESCOLARIDADE</b>	Não alfabetizado	13 (15)
	Ensino Fundamental	62 (70)
	Ensino Médio	11 (12)
	Ensino Superior	3 (3)
<b>IDADE</b>	18 a 30	10(15)
	31 a 50	43 (48)
	51 a 60	29 (26)
	>60	7(8)
<b>ATIVIDADE ECONÔMICA</b>	Agricultor	59 (67)
	Pecuarista	27 (30)

	Ambos	3 (3)
<b>RENDA</b>	Até 1 Salário Mínimo	43(48)
	2 a 4 Salários Mínimos	37(41)
	> 4 Salários Mínimos	9(10)

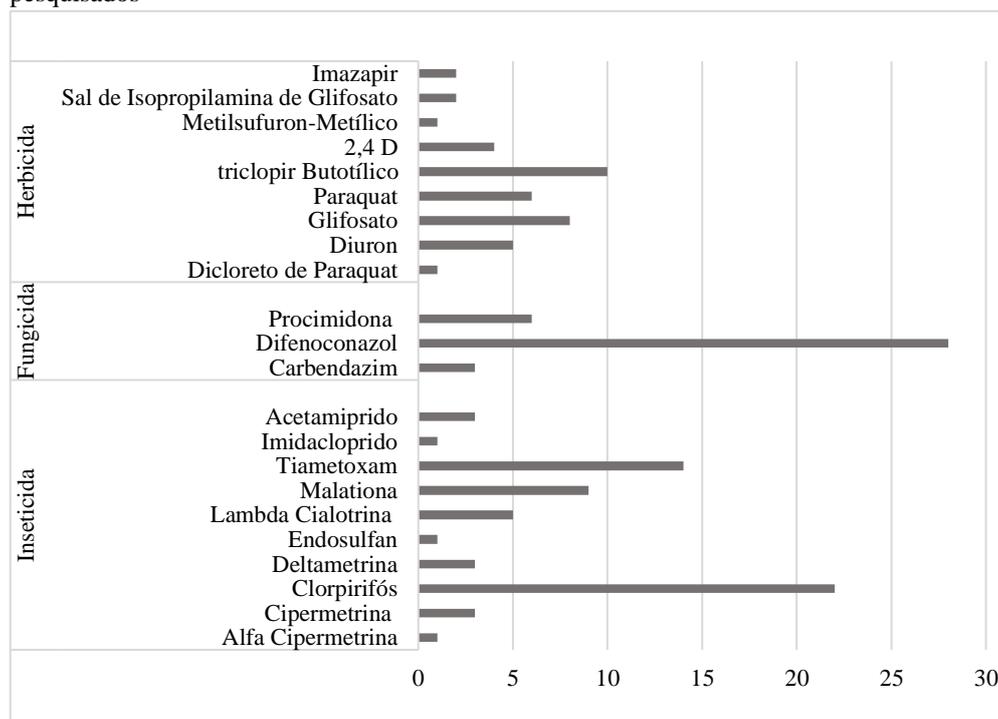
Fonte: Base de dados da pesquisa

A agricultura familiar de subsistência está voltada para a produção de alface, pimenta-de-cheiro, couve, cebolinha, coentro, pepino, mandioca, guaraná, café, banana e rúcula. A agricultura, em grande escala, está voltada principalmente para a produção de grãos nos municípios de Humaitá e Apuí, com as culturas de soja, milho, arroz, café e guaraná.

A pecuária de corte para o fornecimento da carne bovina para a região sul e centro do Estado do Amazonas, principalmente Manaus. A pecuária leiteira é desenvolvida para abastecer o setor de laticínios existentes nos municípios de Apuí e Manicoré (Santo Antônio do Matupi), na produção do queijo e manteiga. Quase metade dos agricultores (48%) possuem renda de até 1 salário mínimo. 41% vivem com 2 a 4 salários mínimos. E somente 10% possuem renda acima de 4 salários mínimos.

Foram citadas 33 formulações comerciais de agrotóxicos, com predomínio do Glifosato, Score (Difenoconazol), Engeo Pleno (Tiametoxan) e Colosso (clorpirifós) (Gráfico 1). Na região pesquisada se observou o uso de 22 tipos de ingredientes ativos, com 14% dos produtos sem cadastro autorizado para uso no Amazonas, de acordo a Agência de Defesa Agropecuária do Amazonas (ADAF), e metade (50%) dos agrotóxicos aplicados sem aprovação para serem utilizados na União Europeia (Gráfico 1).

Gráfico 1. Ingredientes ativos das formulações de agrotóxicos utilizados nos municípios pesquisados



Fonte: Dados da pesquisa.

Os agrotóxicos mais citados foram os inseticidas (45%), seguidos pelos herbicidas (41%) e os fungicidas (14%). Dentre os grupos químicos, os piretróides são os mais utilizados entre os agrotóxicos encontrados, a aplicação nas culturas é variada, ocorrendo geralmente entre 4 a 5 vezes ao mês, no período onde ocorre as maiores incidências de pragas. Quanto a classificação toxicológica, cerca de 40% dos ingredientes ativos pertence à classe I (extremamente tóxicos), 5% a classe II (altamente tóxicos) e 55% a classe III (medianamente tóxicos). As medidas de classificação ambiental avaliam os impactos negativos dos agrotóxicos no meio ambiente, e 54% dos produtos encontrados são classificados como muito perigoso ao meio ambiente (Tabela 2).

Tabela 2 Características dos agrotóxicos, práticas e atitudes dos aplicadores

CARACTERÍSTICAS	RESULTADOS (N)	(%)
CLASSE DO AGROTÓXICO	Inseticida (19)	45
	Fungicida (3)	14
	Herbicida (9)	41
GRUPO QUÍMICO	Piretróides (6)	27

	Organofosforado (2)	9
	Glicina Substituída (2)	9
	Triazol (2)	9
	Outros (10)	45
<b>CLASSIFICAÇÃO TOXICOLÓGICA</b>	Extremamente Tóxicos (9)	40
	Altamente Tóxicos (1)	5
	Medianamente Tóxicos (12)	55
<b>CLASSIFICAÇÃO AMBIENTAL</b>	Altamente Perigoso (2)	10
	Muito Perigoso (12)	54
	Perigoso (8)	36
<b>RECOMENDAÇÃO DO AGROTÓXICO</b>	Técnicos Agropecuários (4)	4
	Vendedor (47)	53
	Outro agricultor (15)	17
	Agrônomo (23)	26
<b>ORIENTAÇÃO TÉCNICA</b>	Sim (23)	26
	Não (66)	74
<b>INSTRUMENTO DE APLICAÇÃO</b>	Bomba Costal (57)	65
	Pulverizador Elétrico (19)	21
	Trator (9)	10
	Outros (4)	4
	Completo (2)	2
<b>USO DE EPI</b>	Incompleto (70)	79
	Não Usa (17)	19
<b>DESTINO DAS EMBALAGENS VAZIAS</b>	Coleta de embalagem (14)	16
	Reutiliza (16)	18
	Queima (52)	58
	Outros (7)	8

Fonte: Dados da pesquisa.

A escolha do produto a ser utilizado nas plantações, em 52% dos casos, é realizado através do efeito que os agrotóxicos possuem sobre o controle das pragas e doenças apresentadas nas culturas produzidas, consideram, na maioria das vezes (53%), a recomendação dos vendedores dos estabelecimentos de comercialização em que são adquiridos os agrotóxicos. Tais atitudes podem estar relacionadas a ausência da assistência técnica, na maioria dos estabelecimentos agrícolas (74%) (Tabela, 2). Dentre os que recebem

orientação técnica estão principalmente os produtores de grãos de soja, milho e arroz e um produtor de açaí, no município de Humaitá.

Quando avaliados o uso de Equipamento de Proteção Individual - EPI, 79% dos aplicadores utilizam EPI de forma incompleta, com o uso de botas e máscaras (Tabela 2). Dentre as principais justificativas citadas pelos agricultores está o desconforto térmico, dificuldade para adquirir o equipamento nos comércios da região ou por não acharem necessário. Somente 9% dos estabelecimentos armazenam os agrotóxicos em depósitos trancados, a maioria (91%) deixam esses produtos em locais abertos, nas áreas de plantio, debaixo da residência de moradia, ou em depósitos sem portas (Figura 1; Imagem A, B e C).

Figura 1. Identificação dos Armazenamentos dos agrotóxicos. A) Armazenamento de agrotóxicos em depósitos abertos; B) Armazenamento de agrotóxicos embaixo do assoalho da casa; C) Armazenamento de agrotóxicos na área de produção agrícola



Fonte: Acervo fotográfico da pesquisa (2020).

Cinquenta e sete aplicadores (65%) utilizam a bomba costal como instrumento de pulverização agrícola, forma de aplicação utilizada principalmente na produção de horticultura, o pulverizador elétrico é utilizado por 21% dos entrevistados, o trator (9%) é utilizado principalmente na pastagem e na produção de grãos e 4% utilizam como forma de aplicação regador de água (Tabela 2). A aplicação é realizada pela maior parte dos usuários durante o período da manhã, entre as 6 e 10h.

Quanto ao destino das embalagens vazias de agrotóxicos, 18% são reutilizadas; 58% são queimadas e 16% são devolvidas, os que realizam a devolução, adquirem os produtos do Estado de Rondônia. Dentre as formas de reutilização, essas embalagens são reaproveitadas como suporte para carregar água e armazenar óleo diesel (Figura 2; imagem A e B). As embalagens vazias de agrotóxicos, por lei, devem ser devolvidas ao estabelecimento comercial que foram adquiridas, sendo proibida sua reutilização

(AMAZONAS, 2012). Não há registro de empresas que realizam a coleta de embalagens de agrotóxicos no Sul do Amazonas.

Figura 2. Embalagens de agrotóxicos utilizadas para armazenar óleo diesel e suporte para água. A) Embalagem de agrotóxico utilizada para armazenar óleo diesel; B) Embalagem utilizada para transporte de água



Fonte: Acervo fotográfico da pesquisa (2020).

### **Avaliação do Comportamento dos agricultores em relação a proteção à saúde e ao ambiente**

Nossos resultados demonstram que (42%) dos agricultores participantes da pesquisa apresentaram comportamento de risco e 21% comportamento potencialmente de risco relacionado aos cuidados com saúde ao manejarem os agrotóxicos. Fatores encadeados pelos pelo uso incompleto dos Equipamentos de Proteção Individual -EPI, práticas inadequadas de higiene pessoal e formas de lavagem das roupas pela maioria dos agricultores (Tabela 3).

Tabela 3. Classificação geral do comportamento dos agricultores relacionados a proteção à saúde

(%)	Classificação do Comportamento
42%	Comportamento de risco
21%	Comportamento potencialmente de risco
12%	Comportamento Intermediário
19%	Comportamento potencialmente seguro
6%	Comportamento seguro

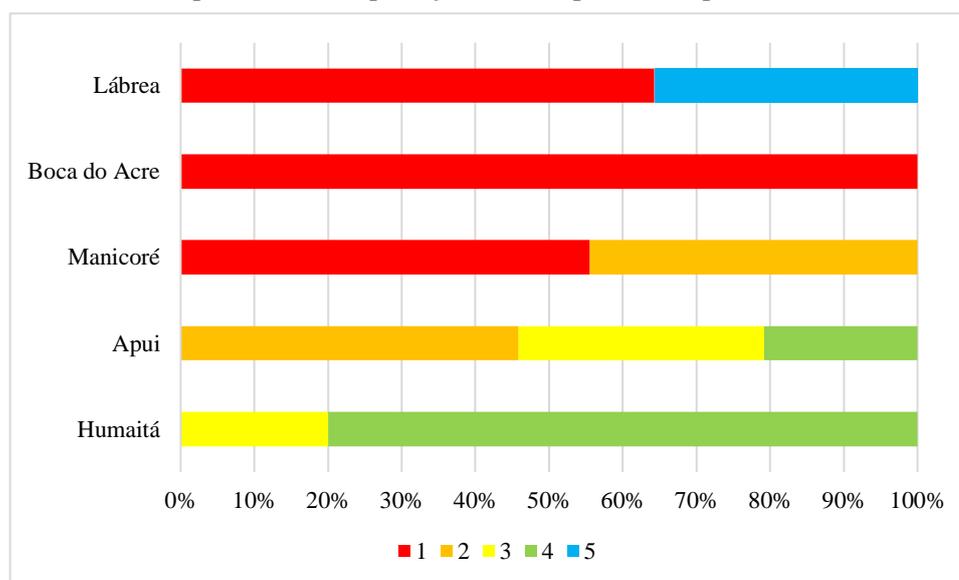
Fonte: Dados da pesquisa (2020).

Na avaliação do comportamento de proteção à saúde por município, Boca do Acre apresenta os níveis mais críticos, 100% dos agricultores possuem comportamento inseguro ao manejarem os agrotóxicos. Observamos que estes aplicadores, na maioria das

vezes não usam EPIs e quando utilizam são somente luvas, botas ou máscaras. Quanto as práticas de higiene, 67% desses agricultores não tomam banho após manejarem os agrotóxicos (Gráfico 2). Atitude que também ocorre em mais da metade (56%) dos agricultores de Manicoré (Distrito de Santo Antônio do Matupi), classificados com nível de comportamento inseguro (Gráfico 2).

Lábrea é o segundo município com a maioria (64%) dos agricultores com comportamento inseguro no manejo dos agrotóxicos. Dentre os que apresentaram comportamento seguro, são os que utilizam mais itens de EPIs, e apresentam as melhores práticas de higiene, como banho após atividade laboral e lava as roupas separada dos demais membros da família (36%) (Gráfico 2).

Gráfico 2. Comportamento de proteção à saúde por município



Legenda: 1 – Comportamento Inseguro; 2 – Comportamento Potencialmente Inseguro; 3 – Comportamento Intermediário; 4 – Comportamento Potencialmente Seguro; 5 – Comportamento Seguro.

Fonte: Dados da pesquisa (2020).

Em Humaitá, 80% dos agricultores apresentaram comportamento potencialmente seguro para saúde no manejo dos agrotóxicos, a maioria (96%) dos aplicadores utilizam maiores quantidades de item de EPI (óculos, luvas, botas e máscaras) e 4% utilizam EPI completo. Embora todos os agricultores lavam roupas juntas com os demais membros da família, 79% dos aplicadores tomam banho após o uso de agrotóxicos (Gráfico 2).

Na análise do comportamento relacionado ao ambiente, nossos achados apontam que 36% e 29% dos agricultores possuem comportamento potencialmente promove risco ambiental

e comportamento intermediário, respectivamente. 32% dos agricultores apresentaram comportamento parcialmente seguro e seguro para o meio ambiente e somente 3% foram classificados com comportamento que promove risco ambiental (Tabela 4). As variáveis avaliadas no comportamento de risco ambiental foram o destino das embalagens, frequência de aplicação, armazenamento dos produtos e limpeza do instrumento de aplicação.

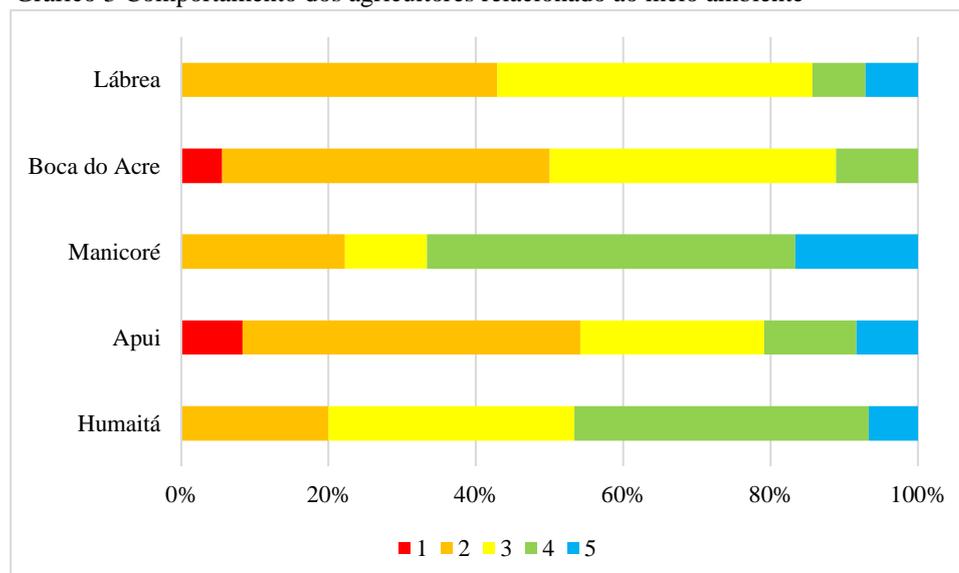
Tabela 4 Classificação geral do comportamento dos agricultores relacionados ao meio ambiente

(%)	Classificação do Comportamento
3%	Comportamento que promove risco ambiental
36%	Comportamento que potencialmente promove risco ambiental
29%	Comportamento intermediário
24%	Comportamento potencialmente seguro para o ambiente
8%	Comportamento seguro para o ambiente

Fonte: Dados da pesquisa (2020).

Comportamento que promove risco ambiental foi observada entre os agricultores de Apuí (8%) e Boca do Acre (6%), estes usuários aplicam os agrotóxicos com mais frequência e geralmente deixam os produtos na área de plantio (Gráfico 3).

Gráfico 3 Comportamento dos agricultores relacionado ao meio ambiente



Legenda: 1 – Comportamento que promove risco ambiental; 2 – Comportamento Potencialmente promove risco ambiental; 3 – Comportamento Intermediário; 4 – Comportamento Potencialmente seguro para o ambiente; 5 – Comportamento Seguro para o ambiente

Todos os municípios apresentam agricultores com comportamento potencialmente causador de risco ambiental, com as maiores percentagens em Apuí (46%), Boca do Acre (44%) e Lábrea (43) (Gráfico 3). A queima das embalagens dos agrotóxicos é realizada por grande parte (54%) desses agricultores e 65% desses agricultores armazenam os agrotóxicos nas áreas de plantio. Manicoré (Distrito de Santo Antônio do Matupi) possui a maior quantidade de agricultores com comportamento potencialmente seguro (50%), metade dos agricultores desses municípios armazenam os agrotóxicos em depósitos, diferente do que ocorre nos outros municípios pesquisados.

Verificamos uma relação significativa entre o comportamento de proteção à saúde e a renda ( $p = 0,001$ ). Entre as variáveis binárias, observamos que o comportamento de proteção a saúde é influenciado pela leitura do rótulo das embalagens de agrotóxicos ( $p = 0,01$ ) (Tabela 5).

Tabela 5 Relação entre as variáveis idade, escolaridade, renda, gênero, leitura do rótulo e assistência técnica no comportamento da proteção a saúde e ambiente

	SAÚDE	AMBIENTE
TESTE SPEARMAN RHO -	p-value	p-value
Idade	0,38	0,275
Escolaridade	0,47	0,802
Renda	<b>0,001</b>	<b>0,049</b>
TESTE COCHRAN'S LIMEAR TREND	p-value	p-value
Gênero	0,06	<b>0,024</b>
Leitura de rótulo	<b>0,01</b>	0,7
Assistência técnica	0,50	<b>0,02</b>

Significância no Nível de  $p=0,05$

O comportamento da proteção ao ambiente foi significativo quando relacionado com a renda ( $p = 0,049$ ). Entre as variáveis binárias o comportamento da proteção ao ambiente foi significativo quando relacionado com o gênero ( $p = 0,024$ ) e a assistência técnica ( $p = 0,02$ ) (Tabela 5).

## DISCUSSÃO

A população estudada foram predominantemente masculinas (80%), dados que concordam com estudos realizados por Soares; Almeida; Moro (2003); Bedor et al., (2009); Preza; Augusto (2012a); Corcino et al., (2019), onde apontam a população masculina eminentemente como a mão de obra empregada dentre os aplicadores de

agrotóxicos no meio rural. Apesar a da exposição aos agrotóxicos ser, de fato, maiormente masculina, devido à aplicação desses produtos ser realizada na maioria das vezes pelos homens, as mulheres não estão isentas dos riscos de intoxicação, pois são expostas nos diversos caminhos de contaminação domiciliar (KIRRANE et al., 2004).

Quase metade dos agricultores apresentou comportamento inseguro ao manejarem os agrotóxicos, com elevado risco a saúde, dentre os fatores mais críticos estão as práticas de lavagem das roupas e higiene pessoal após a pulverização dos agrotóxicos na lavoura, além do uso incompleto de EPIs. Nosso estudo indica que, 89% das roupas utilizadas na atividade de pulverização, são lavadas com as demais roupas dos membros da residência. Em estudos realizados por Bakhsh et al., (2016), foram observados que além da exposição dos pulverizadores, os demais membros das residências apresentaram elevados riscos à saúde, uma vez que a exposição se dava principalmente por forma indireta, quer seja na lavagem das roupas ou contato com as embalagens armazenadas dentre das residências.

As falhas no uso EPI pela maioria dos trabalhadores em nosso estudo, também foram responsáveis pela elevada percentagem de agricultores com nível de comportamento inseguro em relação à proteção a saúde, nossos achados indicaram que a maioria dos aplicadores inseridos nesse nível, não usam ou manejam os agrotóxicos somente com luvas, botas ou máscaras. Dados semelhantes foram encontrados por Damalas; Abdollahzadeh (2016), que observou comportamento inseguro à proteção a saúde entre produtores de algodão na Grécia, devido à utilização incompleta de EPIs, com chapéu e bota os mais usados entre esses produtores.

Várias pesquisas demonstram a genotoxicidade na população exposta a agrotóxicos e a importância do EPI. No Brasil central, foram observados danos ao DNA em 100 indivíduos expostos diretamente aos agrotóxicos, dentre as variáveis que mais contribuíram para aumentar o dano, foram ausência do EPI, idade, sexo e eventos de intoxicações (RAMOS et al., 2021). Outro estudo realizado na Suíça, foram observados níveis elevados de pesticidas em cabelos de 101 operadores agrícolas, a amostra demonstrou a incidência de produtos utilizados principalmente na produção de hortaliças como acetamipride, cipermetrina e a lambda-cialotrina (LEHMANN et al., 2018). Dentre as maiores queixas relatadas é o desconforto térmico e a dificuldade para locomoção. Por essas razões, é natural encontrar pulverizadores sem o uso de equipamentos de proteção, durante o manuseio e aplicação dos agrotóxicos nas produções agrícolas (COHN, 2019).

De maneira oposta, percebemos que na avaliação do comportamento por município, aqueles que possuem as maiores quantidades de agricultores com boas práticas de higiene e usam as maiores quantidades de itens de EPI, têm os melhores níveis de comportamentos classificados como potencialmente seguro e seguro relacionados a proteção da saúde.

Outra forma de exposição, está no armazenamento dos produtos, que muitas vezes são realizadas dentro das residências ou na área de plantio onde são aplicados os agrotóxicos, (LONDRES, 2011). Além da exposição, as formas de armazenamento inadequado podem comprometer os recursos naturais (ANDRADE et al., 2011). Quando avaliados o comportamento dos agricultores relacionado ao meio ambiente, observamos que 65% dos agricultores, possuem níveis de comportamento com potencial promoção de risco ambiental e comportamento intermediário, as variáveis mais críticas foram a baixa adesão de práticas adequadas no manejo dos produtos, como o armazenamento em áreas de plantio, a queima como destino das embalagens vazias, e elevada frequência de aplicação dos produtos nas plantações. Fatores que podem estar comprometendo com a contaminação do ar, solo, água e alimentos, além dos riscos de intoxicação através do contato indireto dos agrotóxicos (MILHOME et al., 2009). A queima dos recipientes é frequentemente relatada em pesquisas realizadas em países menos desenvolvidos (DALVIE, 2006; DAMALAS; TELIDIS; THANOS, 2008; NONGA et al., 2011).

Além da queima, a reutilização das embalagens vazias de agrotóxicos nas propriedades agrícolas estudadas são preocupantes. Essa prática demonstra a falta de orientação e o desconhecimento dos agricultores no manejo adequado dos recipientes vazios de agrotóxicos. O reaproveitamento das embalagens vazias representa um grave risco a saúde (IBITAYO, 2006; SINZOGAN et al., 2004). A gestão das embalagens vazias de agrotóxicos no Brasil é regulamentada pelo Decreto 4074/2002, através da Lei 7 802/1989, no qual estabelece termos e medidas a serem tomadas com as embalagens vazias e sobras de agrotóxicos em estabelecimentos agrícolas (BRASIL, 2002). Entretanto, a ineficiência da aplicação dos termos desta lei, contribui para eliminação inadequada das embalagens de agrotóxicos na região.

Quase metade (48%) dos trabalhadores possuem renda entre 1 e 4 salários-mínimos, apresentando condições mínimas de moradias e baixa escolaridade. Nosso estudo indica que o comportamento de proteção a saúde dos agricultores tem um efeito positivo significativo quando é relacionado com a renda e a leitura dos rótulos dos produtos. Esta

tendência significa que os agricultores com as maiores rendas estavam mais preocupados com a proteção da saúde, e com a leitura dos rótulos dos produtos. Uma possível explicação é que os preços dos EPIs podem limitar o acesso do equipamento pelos produtores com menor poder aquisitivo. A ausência da leitura dos rótulos tem sido demonstrado em diversos estudos, e os principais motivos destacados é o teor técnico das informações descritas nas embalagens, ocorrendo dessa maneira um empecilho à comunicação sobre o uso, os cuidados e os efeitos sobre a saúde e o ambiente (OLIVEIRA-SILVA et al., 2001). Esse problema também foi observado na mesorregião centro amazonense, os produtores relataram dificuldades como letras pequenas, instruções extensas e de difícil compreensão, e instruções não escritas em português. Fatores que levaram os aplicadores ao manuseio inadequado dos agrotóxicos, elevando a exposição ocupacional e ambiental (WAICHMAN; EVE; NINA, 2007).

Além disso, a maioria dos aplicadores de agrotóxicos (74%), relataram não possuir assistência técnica para o manejo dos produtos, um dado preocupante devido ao elevado uso de produtos extremamente tóxicos e muito perigoso para o meio ambiente, como o difenoconazol. Nossos achados também demonstram que o comportamento de proteção ao meio ambiente tem efeito positivo significativo quando relacionado com a renda, gênero e assistência técnica. Chama atenção para o fator renda, que também foi significativo na relação à proteção a saúde, isso significa dizer os agricultores com as melhores rendas além de se preocupar mais com a saúde, também se preocupam com meio ambiente. A assistência técnica é imprescindível para o acesso ao conhecimento do manejo seguro dos agrotóxicos, na qual contribui com o reconhecimento dos riscos à saúde e ambiente, ocasionados pelo uso dos compostos químicos nas áreas rurais (RISTOW et al., 2020). Estudos realizados nos Estados de Minas Gerais, Rio de Janeiro e Mato Grosso do Sul, apontaram os maiores níveis de intoxicação aos aplicadores sem o acesso à orientação técnica, uma vez que estes utilizam dosagens de aplicação aleatórias, bem como utilizam produtos que não foram formuladas para determinadas doenças ou pragas, fatores que também elevaram os riscos ambientais (PERES et al., 2005; RECENA; CALDAS, 2008; SOARES; PORTO, 2007).

Além disso, serviços de assistência técnica contribui para o manejo adequado dos agrotóxicos, com orientação das concentrações adequadas, respeito ao período de carência, e formas de aplicação, e favorece a mitigação dos níveis de exposição humana, evitando os índices de intoxicação aguda ou crônica (PREZA; AUGUSTO, 2012b).

Este estudo possui alguns pontos fortes e limitações. É o primeiro estudo que investiga o uso de agrotóxicos no sul do Amazonas, e demonstra o comportamento de segurança em relação à saúde e ambiente. O estudo baseou-se nos autorrelatos dos agricultores ao manejarem os agrotóxicos, que pode ser considerada uma limitação, assim indica estudos de percepção de risco, buscando entender como as informações de risco são interpretadas, e se os fatores sociais, culturais e econômicos moldam a percepção de risco entre os agricultores.

## CONCLUSÃO

Os dados da pesquisa demonstram o comportamento de proteção à saúde e meio ambiente dos agricultores no Sul do Amazonas. Uma elevada percentagem de agricultores não segue as recomendações necessárias para o manejo e uso adequado dos agrotóxicos na região, comportamentos que elevaram os níveis de risco a saúde e ao ambiente.

Deste modo, torna-se necessário, que os tomadores de decisão tenham uma atenção mais adequada a saúde dos usuários de agrotóxicos na região, com a implementação de políticas públicas que visam a conscientização e educação dos produtores sobre os problemas causados pelos agrotóxicos na saúde e no meio ambiente.

## REFERÊNCIAS

AMAZONAS. **Lei N°3.803 de 29/08/2012.** Disponível em: <http://www.adaf.am.gov.br/wp-content/uploads/2017/02/Lei-3803-29082012.pdf>. Acesso em: 12/08/2020.

ANDRADE, A. S.; et al. Análise De Risco De Contaminação De Águas Superficiais E Subterrâneas Por Pesticidas Em Municípios Do Alto Paranaíba-MG. **Quim. Nova**, v. 34, n. 7, p. 1129–1135, 2011.

BAGHERI, A. et al. Farmers' knowledge, attitudes, and perceptions of pesticide use in apple farms of northern Iran: impact on safety behavior. **Environmental Science and Pollution Research**, v. 26, n. 9, p. 9343–9351, 1 mar. 2019.

BAKSHSH, K. et al. Occupational hazards and health cost of women cotton pickers in Pakistani Punjab. 2016.

BEDOR, C. N. G. et al. Vulnerabilidades e situações de riscos relacionados ao uso de agrotóxicos na fruticultura irrigada. **Revista Brasileira de Epidemiologia**, v. 12, n. 1, p. 39–49, 2009.

BOMBARDI. **Geografia do Uso de Agrotóxicos no Brasil e Conexões com a União Europeia**. 1. ed. São Paulo. v. 15.

BOMBARDI. **Geografia do Uso de Agrotóxicos no Brasil e Conexões com a União Europeia**. São Paulo. v. 15.

- BRASIL. **DECRETO Nº 4.074, DE 4 DE JANEIRO DE 2002**. Disponível em: [http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/decreto/2002/d4074.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/decreto/2002/d4074.htm). Acesso em: 02/05/2020.
- COHN, B. E. Predicting Intensification on the Brazilian Agricultural Frontier: Combining Evidence from Lab-In-The-Field Experiments and Household Surveys. **Land**, p. 8–21, 2019.
- CORCINO, C. O. et al. Evaluation of the effect of pesticide use on the health of rural workers in irrigated fruit farming. **Ciencia e Saude Coletiva**, v. 24, n. 8, p. 3117–3128, 2019.
- DALVIE, A. Disposal of unwanted pesticides in Stellenbosch, South Africa. **Science of the Total Environment**, v. 361, n. 1–3, p. 8–17, 2006.
- DAMALAS, C. A.; ABDOLLAHZADEH, G. Farmers' use of personal protective equipment during handling of plant protection products: Determinants of implementation. **Science of the Total Environment**, v. 571, p. 730–736, 15 nov. 2016.
- DAMALAS, C. A.; TELIDIS, G. K.; THANOS, S. D. Assessing farmers' practices on disposal of pesticide waste after use. **Science of the Total Environment**, v. 390, n. 2–3, p. 341–345, 2008.
- FIOCRUZ. **Sistema Nacional de Informações Tóxico Farmacológica - Dados de Intoxicação**. Disponível em: <https://sinitox.icict.fiocruz.br/dados-nacionais>. Acesso em: 09/02/2021.
- HONORATO, I. B.; WIGGERS, R. De 180 a Santo Antônio do Matupi. **Ponto Urbe**, n. 13, 20 dez. 2013.
- IBAMA. **Relatório de Comercialização de Agrotóxicos**. Disponível em: <http://www.ibama.gov.br/agrotoxicos/relatorios-de-comercializacao-de-agrotoxicos>. Acesso em: 21/08/2021.
- IBGE. **CENSO AGROPECUÁRIO 2017**. Disponível em: <https://censoagro2017.ibge.gov.br/>. Acesso em: 112/09/2021.
- IBITAYO, O. O. Egyptian farmers' attitudes and behaviors regarding agricultural pesticides: Implications for pesticide risk communication. **Risk Analysis**, v. 26, n. 4, p. 989–995, 2006.
- KHAN, M.; DAMALAS, C. A. Occupational exposure to pesticides and resultant health problems among cotton farmers of Punjab, Pakistan. **International Journal of Environmental Health Research**, v. 25, n. 5, p. 508–521, 3 set. 2015.
- KIRRANE, E. F. et al. Patterns of pesticide use and their determinants among wives of farmer pesticide applicators in the agricultural health study. **Journal of Occupational and Environmental Medicine**, v. 46, n. 8, p. 856–865, 2004.
- KO, T. G. Development of a tourism sustainability assessment procedure: A conceptual approach. **Tourism Management**, v. 26, n. 3, p. 431–445, 2005.
- KREJCIE, R. V.; MORGAN, D. W. Determining Sample Size for Research Activities. **Educational and Psychological Measurement**, v. 30, n. 3, p. 607–610, set. 1970.
- LEHMANN, E. et al. Assessment of human exposure to pesticides by hair analysis: The case of vegetable-producing areas in Burkina Faso. **Environment International**, v. 111, p. 317–331, fev. 2018.

LONDRES, F. **AGROTÓXICOS NO BRASIL um guia para ação em defesa da vida**. 1 ed ed. Rio de Janeiro: 2011.

MILHOME, M. A. L.; et al. Avaliação do potencial de contaminação de águas superficiais e subterrâneas por pesticidas aplicados na agricultura do Baixo Jaguaribe, CE. **Eng. Sanit Ambiental**, v. 14, p. 363–372, 2009.

MINISTÉRIO DA SAÚDE. **Relatório Nacional de Vigilância em Saúde de Populações Expostas a Agrotóxicos**. Ministério da Saúde ed. Brasília. 2018 v. 1

MOURA, A. W. A. et al. Perfil Epidemiológico Dos Casos De Intoxicação Exógena Por Agrotóxicos Agrícolas No Estado De Alagoas Entre Os Anos De 2007 a 2015/Epidemiological Profile of Cases of Exogenous Poisoning By Agricultural Pesticides in the State of Alagoas Between the Years. **Brazilian Journal of Development**, v. 6, n. 11, p. 91920–91932, 2020.

NONGA, H. E. et al. Assessment of farming practices and uses of agrochemicals in Lake Manyara basin, Tanzania. **African Journal of Agricultural Research**, v. 6, n. 10, p. 2216–2230, 2011.

OLIVEIRA-SILVA, J. J. et al. Influência de fatores socioeconômicos na contaminação por agrotóxicos, Brasil Influence of social-economic factors on the pesticide poisoning, Brazil. **Rev Saúde Pública**, v. 35, n. 2, p. 130–135, 2001.

OLMÉR, B.; OLSON, K.; BREHMER, B. Understanding farmers' decision making processes and improving managerial assistance. **Agricultural Economics**, v. 18, p. 273–290, 1998.

PANIS, C. et al. Widespread pesticide contamination of drinking water and impact on cancer risk in Brazil. **Environment International**, v. 165, p. 107321, jul. 2022.

PERES, F. et al. Desafios ao estudo da contaminação humana e ambiental por agrotóxicos Challenges in the study of human and environmental contamination by pesticides. **Ciência & Saúde Coletiva**, p. 27–37, 2005.

PETARLI, G. B. et al. Exposição ocupacional a agrotóxicos, riscos e práticas de segurança na agricultura familiar em município do estado do Espírito Santo, Brasil. **Revista Brasileira de Saúde Ocupacional**, v. 44, p. 1–13, 2019.

PREZA, D. DE L. C.; AUGUSTO, L. G. DA S. Vulnerabilidades de trabalhadores rurais frente ao uso de agrotóxicos na produção de hortaliças em região do Nordeste do Brasil. **Revista Brasileira de Saúde Ocupacional**, v. 37, n. 125, p. 89–98, 2012a.

PREZA, D. DE L. C.; AUGUSTO, L. G. DA S. Vulnerabilidades de trabalhadores rurais frente ao uso de agrotóxicos na produção de hortaliças em região do Nordeste do Brasil. **Revista Brasileira de Saúde Ocupacional**, v. 37, n. 125, p. 89–98, 2012b.

RAMOS, J. S. A. et al. Multi-biomarker responses to pesticides in an agricultural population from Central Brazil. **Science of the Total Environment**, v. 754, 1 fev. 2021.

RECENA, M. C. P.; CALDAS, E. D. Risk perception, attitudes and practices on pesticide use among farmers of a city in Midwestern Brazil. **Revista de Saude Publica**, v. 42, n. 2, p. 294–301, 2008.

RISTOW, L. P. et al. Factors related to occupational health of farmers exposed to pesticides. **Saude e Sociedade**, v. 29, n. 2, 2020.

SILVA, R. G. C.; et al. NOVA FRONTEIRA DE EXPANSÃO E ÁREAS PROTEGIDAS NO ESTADO DO AMAZONAS. **MERCATOR**, v. 20, p. 1–13, 2021.

SINGH, P. K.; HIREMATH, B. N. Sustainable livelihood security index in a developing country: A tool for development planning. **Ecological Indicators**, v. 10, n. 2, p. 442–451, mar. 2010.

SINZOGAN, A. A. C. et al. Farmers' knowledge and perception of cotton pests and pest control practices in Benin: Results of a diagnostic study. **NJAS - Wageningen Journal of Life Sciences**, v. 52, n. 3–4, p. 285–303, 2004.

SOARES, W.; ALMEIDA, R. M. V. R.; MORO, S. Trabalho rural e fatores de risco associados ao regime de uso de agrotóxicos em Minas Gerais, Brasil. **Cadernos de Saúde Pública**, v. 19, n. 4, p. 1117–1127, ago. 2003.

SOARES, W. L.; PORTO, M. F. Atividade agrícola e externalidade ambiental: uma análise a partir do uso de agrotóxicos no cerrado brasileiro. **Ciência & Saúde Coletiva**, v. 12, n. 1, p. 131–143, mar. 2007.

TAVEIRA, B. L. S.; ALBUQUERQUE, G. S. C. Análise das notificações de intoxicações agudas, por agrotóxicos, em 38 municípios do estado do Paraná. **Saúde Debate**, v. 4, p. 211–222, 2018.

VASCONCELOS, Y. Agrotóxicos na berlinda. **Revista FAPESP**, v. 271, p. 18–27, 2018.

VIEIRA GALUCH, M.; CARDOSO, M. T. C. Da reforma agrária ao agronegócio: notas sobre dinâmicas territoriais na fronteira agropecuária amazônica a partir do município de Apuí (Sul do Amazonas). **Estudos Sociedade e Agricultura**, v. 28, n. 2, p. 388, 1 jun. 2020.

WAICHMAN, A. V.; EVE, E.; NINA, N. C. S. Do farmers understand the information displayed on pesticide product labels? A key question to reduce pesticides exposure and risk of poisoning in the Brazilian Amazon. **Crop Protection**, v. 26, n. 4, p. 576–583, 2007.

## CAPÍTULO 2

### ARTIGO 2 - EXPOSIÇÃO OCUPACIONAL DOS APLICADORES DE AGROTÓXICOS NO SUL DO AMAZONAS

#### RESUMO

Poucas são as pesquisas que buscam conhecer sobre o uso de agrotóxicos no Amazonas, bem como os riscos ocupacionais e ambientais derivados desses compostos. Diante disso, o objetivo da pesquisa foi avaliar a exposição ocupacional dos aplicadores de agrotóxicos no Sul do Estado e contribuir para o avanço de políticas públicas voltadas para a conscientização e uso adequado dos agrotóxicos na região. Para o cálculo da exposição ocupacional dos agricultores foram utilizados o algoritmo de Dosemeci et al., (2002) e o Indicador de OHRI determinado por Bergkvist, (2004). Foram calculadas a exposição ocupacional de 89 trabalhadores agrícolas de cinco municípios amazonenses. Nossos resultados indicam que os produtores do sexo masculino possuem as maiores exposições cumulativas que as do sexo feminino e os agricultores mais velhos, com idade entre 51 a 60 anos, estão mais expostos cumulativamente que os mais jovens. Quase todos (98%) agricultores não usa EPI ou utiliza de maneira incompleta e 76% dos agricultores relataram algum sintoma de intoxicação. A ausência de EPI, o método de aplicação utilizado e práticas de higiene e segurança foram as variáveis que apresentaram as maiores pontuações no cálculo da exposição aos agrotóxicos utilizados, com vulnerabilidade ocupacional cumulativa de longo prazo preocupante para a maioria dos trabalhadores. É essencial a elaboração de programas governamentais que estimulem boas práticas agrícolas para a redução da exposição e o risco na saúde dos agricultores no Sul Amazonas.

**Palavras Chaves:** Exposição Agrícola; Vulnerabilidade Ocupacional; Agrotóxicos.

#### ABSTRACT

There are few studies that seek to know about the use of pesticides in the Amazon, as well as the occupational and environmental risks derived from these compounds. Therefore, the objective of the research was to evaluate the occupational exposure of pesticide applicators in the south of the state and contribute to the advancement of public policies aimed at raising awareness and proper use of pesticides in the region. To calculate the occupational exposure of farmers, the algorithm of Dosemeci et al., (2002) and the OHRI indicator determined by Bergkvist, (2004) were used. The occupational exposure of 89 agricultural workers from five Amazonian municipalities was calculated. Our results indicate that male producers have higher cumulative exposures than females and older farmers aged 51 to 60 years are more cumulatively exposed than younger ones. Almost all (98%) of the farmers do not use PPE or use it incompletely and 76% of the farmers reported some symptoms of intoxication. The absence of PPE, the application method used and hygiene and safety practices were the variables that presented the highest scores in the calculation of exposure to pesticides used, with long-term cumulative occupational vulnerability of concern for most workers. It is essential to design government programs that encourage good agricultural practices to reduce exposure and risk to the health of farmers in southern Amazonas.

**Key Words:** Agricultural Exhibition; Occupational Vulnerability; Pesticides.

## INTRODUÇÃO

Aproximadamente cinco milhões de pessoas são expostas aos agrotóxicos no mundo anualmente, levando a óbito cerca de 300 000 mil pessoas (FAO & WHO, 2016). Vários estudos têm demonstrado associações entre exposição ocupacional aos agrotóxicos e efeitos adversos à saúde, incluindo doenças como câncer (ROSSIDES MARIOS et al., 2022). Distúrbios neurológicos crônicos (DE GRAAF et al., 2022). Danos genéticos (MOSHOU et al., 2020). Depressão (KORI et al., 2020). E, distúrbios reprodutivos (ABDOLLAHI, 2014).

Apesar dos efeitos prejudiciais dos agrotóxicos, seu consumo tem apresentado crescimento exponencial nos últimos anos, em especial nos países em desenvolvimento. Em 2017, o consumo de agrotóxicos no Brasil chegou a 540 mil toneladas, cerca de 50% a mais que em 2010 (IBGE, 2017). Esse aumento é devido à expansão das áreas produtivas no Brasil, que vem apresentando um crescimento significativo nas regiões norte e nordeste do país. Modelo de desenvolvimento econômico responsável pelo aumento dos processos de desflorestamento e consumo de agrotóxicos (IBGE, 2017; INPE, 2019).

Na região norte, o Amazonas vem se destacando na expansão das áreas produtivas brasileiras. Com os melhores índices de desenvolvimento agrícola concentrados nas mesorregiões norte e sul do Estado. A porção sul amazonense apresenta um aumento na produção de lavouras temporárias e permanentes, além da agricultura voltada para exportação, especialmente a soja (IBGE, 2017).

Junta-se a esses fatores o aumento dos índices de intoxicações ocasionados por esses produtos, que apesar dos efeitos de subnotificação, foram registrados 24.194 casos de intoxicação por agrotóxicos de uso agrícola no Brasil, entre os anos de 2013 e 2017 (FIOCRUZ, 2017). No Amazonas, esse crescimento foi 500% entre o ano de 2000 e 2013, ainda assim, insuficiente são os dados que demonstram o uso de agrotóxicos nessa região.

Os agricultores são os que apresentam as maiores vulnerabilidades aos agrotóxicos, dado a elevada exposição ocupacional, ampliadas por práticas inadequadas de manejo, método de aplicação, ausência de EPI, formas de misturas e estado de higiene pessoal (MOAHID; MAHARJAN, 2020; VAN DEN BERG et al., 2020; ZEMMOURI et al., 2022). Ademais, fatores como ausência de cursos de treinamento, políticas de extensão, idade e sexo tem sido relacionado como variáveis indicativas para o aumento da vulnerabilidade

ocupacional aos agrotóxicos (BEDOR et al., 2009; NAIDOO et al., 2010; RÖÖSLI et al., 2022).

Diante desse contexto, e devido ao escasso estudo em relação ao manejo de agrotóxicos no Sul do Amazonas, o objetivo deste artigo foi avaliar o nível de exposição ocupacional dos aplicadores de agrotóxicos na região, contribuindo para o avanço de políticas públicas voltadas para a conscientização e uso adequado dos agrotóxicos no Estado.

## **MATERIAL E MÉTODOS**

### **Área de estudo e população**

O estudo foi realizado no Sul do Estado do Amazonas. A região possui uma extensão territorial de 471 977 km<sup>2</sup> e um índice populacional de 283.902 habitantes. Divide-se em três microrregiões: Boca do Acre, Purus e Madeira, caracterizadas por apresentar ambientes naturais e agrícolas (IBGE, 2010).

Através de dados disponíveis no último censo agropecuário, selecionamos os municípios que apresentavam as maiores produções agrícolas e os maiores números de estabelecimentos que utilizam agrotóxicos no sul do Amazonas. Na microrregião do Madeira foram entrevistados os agricultores dos municípios de Apuí, Humaitá e Manicoré (Distrito de Santo Antônio do Matupi). Do Purus, Lábrea e da microrregião de Boca do Acre, o município de Boca do Acre (IBGE, 2017). 89 agricultores foram incluídos no estudo.

Utilizou-se a metodologia a KAP (knowledge, attitude and practice), formulários semiestruturados, por meio de visitas in loco, com informações recorrentes que determinam a exposição humana no manejo e uso dos agrotóxicos na região.

Foram selecionados os agricultores maiores de 18 anos, de ambos os sexos que trabalham na aplicação de agrotóxicos regularmente. Os agricultores consentiram voluntariamente em participar do estudo e assinaram um Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE). A pesquisa teve aprovação no Conselho de Ética em Pesquisa da UFAM sob o N° CAE 30668720.7.0000.5020.

### **Análise de Dados**

Para o cálculo da exposição ocupacional dos agricultores foram utilizados o algoritmo de Dosemeci et al., (2002) e o Indicador de OHRI determinado por Bergkvist (2004). No

cálculo do algoritmo de Dosemeci são consideradas as práticas dos agricultores no uso dos agrotóxicos. No cálculo do Indicador OHRI - Health Risk Indicator, além de determinar a exposição através da prática, são consideradas a toxicidade dos agrotóxicos utilizados.

O algoritmo de Dosemeci et al., (2002), consiste em um método quantitativo que estima a exposição dos produtores agrícolas aos agrotóxicos a longo prazo. Por meio do modelo foram estimados o nível de Intensidade de exposição em uma aplicação e a Exposição Cumulativa.

O Nível de Intensidade (NI) foi calculado através da Equação 1:

$$NI = [(Mix * Enclosed) + (Appl * Cab) + Repair + Wash] * EPI * Repl * Hyg * Spill$$

Eq.1

Onde:

NI = nível de Intensidade

Mix = mistura de agrotóxico

Enclosed = tipo de sistema (aberto ou fechado) usado para mistura

Appl = método de aplicação utilizado

Cab = utilização de trator com cabine fechada ou filtro de carvão

Repair = repara ou não repara os equipamentos

Wash = lavagem dos equipamentos

EPI = referente ao Equipamento de Proteção Individual

Repl = substituição de luvas

Hyg = estado de higiene pessoal (se toma banho depois da aplicação)

Spill = relacionado a atitude após o derramamento de agrotóxico nas roupas utilizadas

O algoritmo determina um peso para cada variável utilizada no cálculo do Nível de intensidade (NI). Para a variável Mix são atribuídos os valores 0 e 9, caso não ocorra mistura de agrotóxicos ou é realizada, respectivamente. Na variável EPI, são atribuídos valores que variam do grau de proteção no momento da aplicação, estabelecidos entre (0 a 30% de proteção), a partir disso são realizadas combinações e determinados valores que variam entre 0,1 e 1. O algoritmo é detalhado em Dosemeci et al. (2002).

A partir do cálculo do Nível de Intensidade (NI), foi calculado a Exposição Cumulativa (EC). Equação 2:

$$EC = NI * Duração * Frequência \quad \text{Eq.2}$$

Onde:

EC = Exposição Cumulativa

NI = Nível de Intensidade

Duração = Número de anos expostos

Frequência = Número de dias por ano

Os resultados da exposição foram apresentados qualitativa e quantitativamente, por meio de níveis e categorias de exposição ocupacional (Tabela 1). Cabe destacar que o algoritmo é baseado nas informações fornecidas pelos aplicadores em relação ao uso de agrotóxico, não considera o potencial de toxicidade e nem a periculosidade do produto no ambiente.

Tabela1. Tabela do Nível e Categoria de Exposição Ocupacional baseadas no Algoritmo de Dosemeci et. al, 2002

<b>Níveis de exposição</b>	<b>Categoria</b>
0-10	Muito baixa
11-20	Baixa
21-30	Intermediária
31-40	Alta
>40	Muito alta

Fonte: Dosemeci et. al, (2002).

O algoritmo de Dosemeci considera somente as práticas realizada pelos agricultores em relação aos agrotóxicos, permitindo o cálculo da vulnerabilidade. Entretanto, não considera a toxicidade dos agrotóxicos utilizados. Por isso, se procurou um indicador de risco, uma vez que considera não só as práticas que determinam a exposição, mas também a toxicidade do agrotóxico.

O OHRI - Health Risk Indicator, avalia as tendências de risco dos agrotóxicos por estabelecimento agrícola. Neste modelo, os dados sobre perigo e exposição são pontuados e combinados com dados sobre intensidade de uso. Utilizamos o indicador OHRI modificado, uma vez que não foi considerada a área de aplicação do agrotóxico. Neste sentido, o indicador demonstra o risco de uma única aplicação por unidade de plantio. O

procedimento de ponderação incluído foi baseado nos dados coletados em campo, e posteriormente calculado o OHRI, determinado pela fórmula:

$$OHRI = OT * FT * AMO * PMO$$

Eq.3

Onde:

OT = Pontuação de toxicidade do produto

FT = Formulação do produto

AMO = Pontuação do método de aplicação

PMO = Medida Preventiva do agricultor, em relação ao EPI utilizado

Após o cálculo, o resultado foi agregado a uma pontuação única para cada substância, com a intenção de indicar os riscos à saúde do agricultor (Tabela 2). O Indicador OHRI não só considera as práticas que determinam a exposição, mas também a toxicidade dos agrotóxicos.

Tabela 2. Nível de Intensidade e Categorias para avaliação de risco dos agricultores pelo Indicador de OHRI

<b>Intensidade</b>	<b>Categorias</b>
0-300	Muito Baixo
301-600	Baixo
601-900	Moderado
901-1200	Alto
>1200	Muito Alto

Fonte: Bergkvist (2004).

A partir da determinação do Nível de Exposição e da Exposição Cumulativa descrito no algoritmo de Dosemeci et al. (2002) e do cálculo do OHRI, foi possível realizar uma avaliação da vulnerabilidade ocupacional dos agricultores que utilizam agrotóxicos no sul do Estado do Amazonas.

## **RESULTADOS**

Na avaliação da exposição ocupacional realizada através do Algoritmo matemático descrito em Dosemeci et al. (2002), foram calculados os níveis de exposição aos agrotóxicos, considerando as formas de uso e as estratégias de proteção ou de redução de risco utilizada pelos agricultores.

Do total de agricultores entrevistados neste estudo, 58% apresentam exposição ocupacional individual ou vulnerabilidade entre muito baixa e baixa, dado que utilizam de alguma forma de proteção, mesmo que não seja o Equipamento de Proteção Individual. Nas outras classificações de exposição, 12% dos agricultores possui exposição média, 24% alta e 6% muito alta.

O município de Apuí, Boca do Acre, Lábrea e Manicoré (Distrito de Santo Antônio do Matupi) apresentou vulnerabilidade ocupacional nas cinco categorias avaliadas (muito baixa, baixa, média, alta e muito alta). Em Apuí 59% dos agricultores possuem nível de exposição baixa e média. Boca do Acre é o município com a maior percentagem de agricultores com nível de exposição alta (40%) e Humaitá com a maioria (64%) dos agricultores com vulnerabilidade classificada como muito baixa (Tabela 3).

Tabela 3. Nível de Exposição Individual por município

<b>Nível de Exposição</b>	<b>Apuí (%)</b>	<b>Boca do Acre (%)</b>	<b>Lábrea (%)</b>	<b>Humaitá (%)</b>	<b>Manicoré (%)</b>
Muito Baixa	33	28	28	64	51
Baixa	39	21	30	29	18
Média	20	9	7	5	2
Alta	5	40	30	2	24
Muito Alta	3	2	5		5

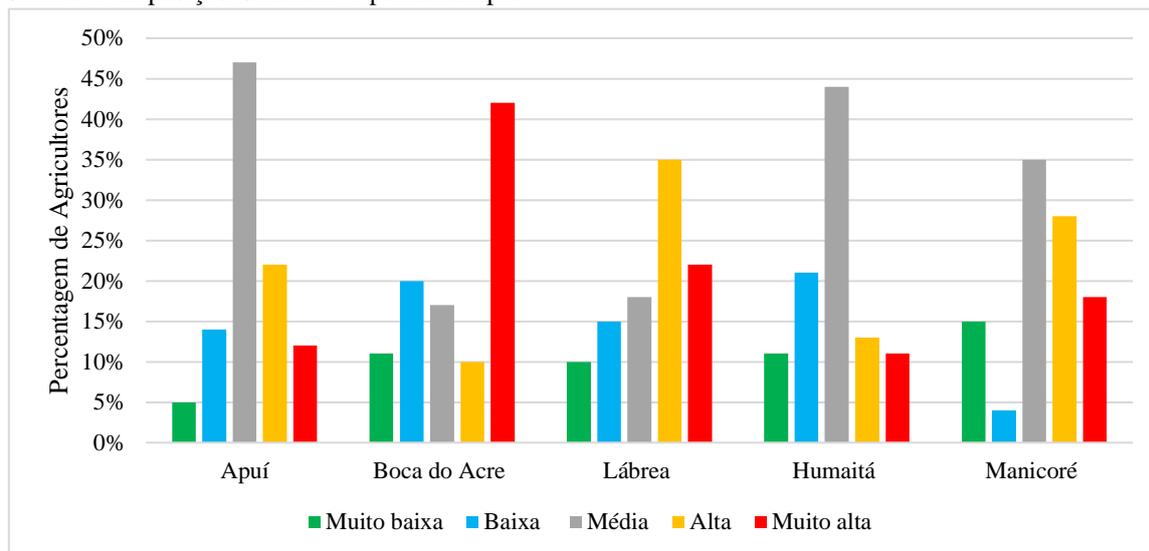
Fonte: Dados da pesquisa conforme resultados do Algoritmo de Dosemeci et al. (2002).

A diferença que caracteriza a exposição de vulnerabilidade entre os municípios foi principalmente nas pontuações determinadas para as variáveis mistura de agrotóxicos, método de aplicação, EPI e estado de higiene pessoal. Em Boca do Acre, por exemplo, 56% dos agricultores misturam diferentes ingredientes ativos na mesma produção, levando a uma exposição múltipla, 67% não tomam banho após a atividade laboral e quase não utilizam EPIs.

Embora a grande maioria (72%) dos agricultores tenham exposições individuais que caracterizam uma vulnerabilidade muito baixa ou baixa, o uso de agrotóxicos é realizado de forma repetitiva ao longo de anos. Por isso é importante a avaliação da Exposição Cumulativa - EC.

Os agricultores de Boca do Acre foram classificados com a maior exposição cumulativa alta (42%), esses produtores aplicam os agrotóxicos com maior frequência, quando comparado com os outros municípios, além do elevado nível de exposição individual atribuído a esses trabalhadores (Gráfico 1).

Gráfico 1. Exposição Cumulativa por município



Fonte: Dados da pesquisa conforme resultados do Algoritmo de Dosemeci et al. (2002)

Em Apuí os maiores níveis de EC foram classificados como média (47%) e alta (22%). A variável preponderante na avaliação desses agricultores foi a duração, que corresponde a quantidade de anos que os trabalhadores estão expostos aos agrotóxicos, com agricultores que chegam a 30 anos de experiência agrícola (Gráfico 1).

Manicoré (Distrito de Santo Antônio do Matupi), possui a maior quantidade (15%) de agricultores com EC classificada como muito baixa, que pode ter relação com a baixa frequência anual de exposição, geralmente com uso de agrotóxicos realizada em áreas de pastagens de 1 a 2 vezes por ano por 56% dos agricultores (Gráfico 1).

Nossos resultados indicam que os produtores do sexo masculino possuem as maiores exposições cumulativas que as do sexo feminino. Com destaque para 61% dos homens com EC classificados como alta exposição. A maioria das mulheres (56%) possuem EC muito baixa (tabela 4).

Tabela 4. Exposição Cumulativa comparada por sexo e idade dos agricultores

Sexo (N)	Exposição Cumulativa (%)				
	Muito Baixa	Baixa	Média	Alta	Muito Alta
F (18)	56	6	28	11	-
M (71)	7	3	18	61	11
Idade (N)					
18 a 30 (10)	50	40	10	-	-
31 a 50 (43)	5	19	12	65	
51 a 60 (29)	3	10	14	28	45
>60 (7)	14	-	14	71	-

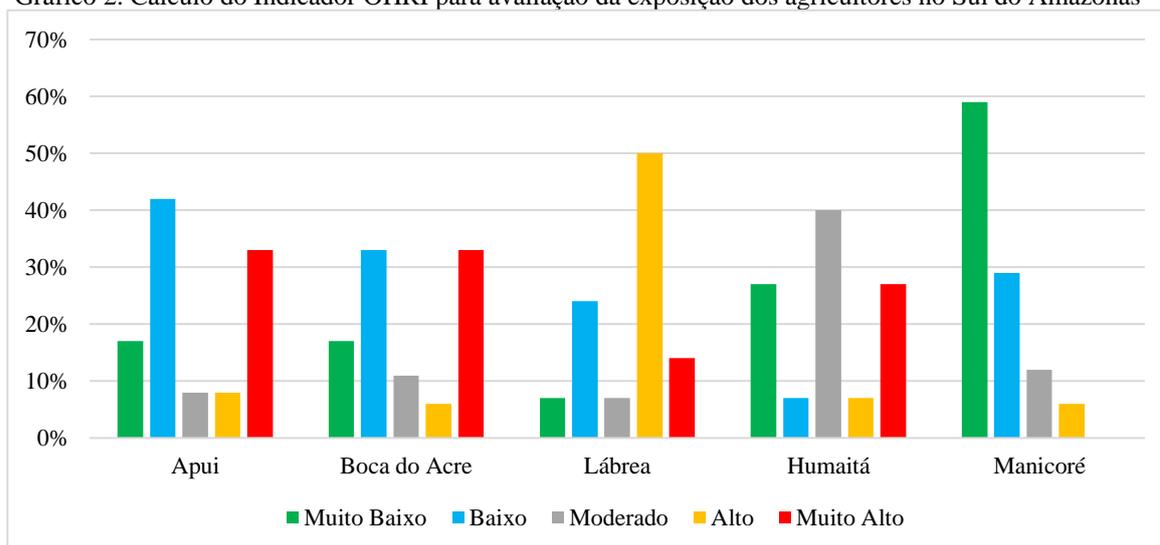
Fonte: Dados da pesquisa conforme resultados do Algoritmo de Dosemeci et al. (2002).

Os agricultores mais velhos, com idade entre 51 a 60 anos, estão mais expostos cumulativamente que os mais jovens, com 45% desses agricultores com EC muito alta. 65% dos que possuem entre 31 a 50 anos estão com EC alta. E, 50% dos que possuem entre 18 e 30 anos possuem EC muito baixa (Tabela 4).

O indicador OHRI, além de considerar as práticas agrícolas que determinam a exposição, considera a toxicidade dos agrotóxicos que são utilizados. O cálculo de OHRI foi realizado por agricultor e para todos os agrotóxicos utilizados nos estabelecimentos agrícolas.

O gráfico 2 indica os resultados da avaliação da exposição de OHRI por município, com destaque para o município de Apuí e Boca do Acre com nível de exposição muito alta para 66% dos agricultores. Os fatores responsáveis por essa classificação foram a elevada toxicidade dos agrotóxicos endosulfan, procimidona e paraquat e a bomba costal como método aplicação desses produtos.

Gráfico 2. Cálculo do Indicador OHRI para avaliação da exposição dos agricultores no Sul do Amazonas



Fonte: Dados da pesquisa no cálculo da exposição aos agrotóxicos através do Indicador OHRI (BERGKVIST, 2004).

A exposição alta aparece com destaque no município de Lábrea, com 50% dos agricultores inseridos nessa classificação. O clorpirifós é o agrotóxico mais utilizado no município e pulverizado na maioria das propriedades agrícolas através da bomba costal. O OHRI também atribuiu uma elevada pontuação a medida preventiva dos agricultores,

devido aos poucos itens de proteção utilizados pelos agricultores ao manejarem esse composto.

Em Humaitá, 40% dos agricultores possui índice de OHRI moderado. A baixa toxicidade apresentada pelo glifosato, uso de maiores quantidades de EPIs (botas, luvas, máscaras), pelos aplicadores foram determinantes nessa classificação. Os agricultores de Manicoré, apesar de utilizarem agrotóxicos com elevada toxicidade, como o tiametoxam, o método de aplicação na maioria das propriedades é realizado com pulverizador elétrico ou trator em 56% dos estabelecimentos agrícolas, fatores que reduzem o contato dos produtos com os agricultores.

## **DISCUSSÃO**

Segundo Feola; Binder (2010) o algoritmo de Dosemeci e o indicador OHRI são os mais apropriados para investigar vulnerabilidade e riscos de agrotóxicos em agricultores de países em desenvolvimento, pois requerem poucas informações para sua utilização e são de fácil aplicação.

O nível de exposição ocupacional difere entre municípios, sexo e idade dos agricultores. As maiores exposições cumulativas aos agrotóxicos foram para o sexo masculino, devido às aplicações destes produtos serem realizadas principalmente por homens (89%). Dados semelhantes foram encontrados por Brandalize (2021), onde a exposição ocupacional aos agrotóxicos é mais constante nos homens, por desenvolverem atividade agrícola com mais frequência que as mulheres. Segundo dados do censo agropecuário (2017), houve um crescimento da figura feminina em atividades rurais, porém os homens ainda representam a maioria, com 81% dos trabalhadores agrícolas. Esses dados refletem nas maiores incidências de intoxicações no sexo masculino por produtos químicos, fatos demonstrados em pesquisas realizadas por NDIAYEA, 2021; OKOYE et al., (2022).

Quando perguntados sobre a ocorrência de sintomas de intoxicação, 76% dos agricultores relataram sentir dor de cabeça e 12% relataram sentir tontura, enjoo, fraqueza, tremedeira, dificuldade para respirar e visão embaçada. Apesar disso, estudos adicionais são necessários para entender melhor o padrão entre a exposição e os sintomas de intoxicação. Ao serem indagados sobre qual atitude é tomada ao apresentarem pelo menos um destes sintomas, apenas 1% da amostra relatou procurar o posto de saúde. Um fato preocupante, pois o diagnóstico das intoxicações, principalmente a crônica, por serem confundidas com outras doenças, torna-se difícil a identificação, sendo necessários profissionais

capacitados, como os dermatologistas, neurologistas, cancerologistas, etc. (DHANANJAYAN et al., 2019).

Os resultados do estudo indicam que 39% das mulheres foram classificadas com EC média e alta. As atividades desenvolvidas por esse grupo são voltadas para produção em pequena escala, com o cultivo da alface, cebolinha, couve, chicória e coentro. As produções dessas hortaliças são geralmente realizadas próximas das residências de moradias, e à aplicação do produto é realizado, na maioria das vezes, sem o equipamento de proteção individual. Polanco Rodríguez et al., (2017) ressalta que, as mulheres quando expostas aos agrotóxicos, são mais vulneráveis, devido as maiores quantidades de tecido adiposo e níveis mais elevados de tecidos sensíveis a hormônios.

Alterações hormonais em mulheres podem ocasionar o câncer de mama e sua relação com a exposição crônica aos agrotóxicos tem sido tema de diversos estudos científicos da atualidade. Estudos in vitro e experimentais relata os mecanismos dos pesticidas que contribuem para a carcinogênese mamária, “que se enquadram essencialmente em eventos baseados em danos ao DNA em associação com desregulação de hormônios e aumento de metabólitos que ativam oncogenes” (CALAF, 2021). Para Sociedade Americana de Câncer, o risco da mulher quando expostas aos agrotóxicos, vão além dos diagnósticos de doenças, como o câncer de mama. Refletem na falha da resposta ao tratamento, com a resistência a quimioterapia. Corroborando com esse estudo, foi demonstrada a agressividade do câncer de mama, com quimiorresistência em 242 mulheres expostas aos agrotóxicos no estado do Paraná (PIZZATTI et al., 2020). Estes fatores dificultam o avanço tecnológico no tratamento de câncer mamário, uma vez que a exposição ocupacional aos agrotóxicos independe do tratamento instituído, dessa forma é necessário o avanço das pesquisas para compreender a relação entre esses mecanismos, tal como entender a “correlação com o prognóstico da doença e as características-patológicas do câncer de mama em decorrência das consequências tóxicas da exposição aos agrotóxicos” (PIZZATTI et al., 2020).

Em relação à faixa etária, as maiores exposições cumulativas foram dos usuários com idades variando entre 51 a 60 anos de idade, a maioria (64%) desses agricultores nunca estudaram ou não concluíram ensino fundamental. Bedor et al., (2009), destacam que, o baixo nível de instrução, aumenta o risco de acidentes laborais em áreas rurais, uma vez que a baixa escolaridade dificulta a compreensão do trabalhador em relação às informações contidas nas bulas dos produtos, como: uso de EPI, composição do produto,

efeitos adversos, etc. Para Waichman; Eve; Nina (2007), na maioria das vezes as informações descritas nos rótulos dos produtos são descritas em letras muito pequenas, linguagem técnica e de difícil compreensão. Enfatizam também a dificuldade dos agricultores em compreender os pictogramas indicativos de riscos de formas de proteção, aumentando desta forma o risco de exposição aos agrotóxicos.

As variáveis que apresentaram as maiores pontuações de exposição ocupacional foram: EPI, método de aplicação utilizado, estado de higiene pessoal e atitudes relacionada ao após o derrame de agrotóxicos nas vestimentas utilizadas, um dado preocupante, pois refletem comportamentos e atitudes dos agricultores, que levam a exposição ocupacional aos agrotóxicos, elevando a possibilidade da ocorrência dos danos à saúde física e mental do agricultor (BRANDALIZE, 2021). As maiores causas da exposição ocupacional aos agrotóxicos estão relacionadas com o manejo inadequado desses produtos, com práticas e atitudes caracterizadas como: ausência do equipamento de proteção – EPI, método de aplicação, falta de manutenção dos equipamentos e eliminação imprópria (MATTHEWS, 2008).

Quase todos (98%) dos agricultores não usa EPI ou utiliza de maneira incompleta. Ao serem perguntados sobre o motivo de não utilizarem o EPI, os agricultores atribuíram à impossibilidade de adquirir o EPI no local de moradia; desconforto, por ser muito quente; ainda houve os que não acham necessário para uma proteção adequada. Outrossim, dos que utilizam EPI de forma incompleta (o uso de óculos, máscaras e botas), não consideram os cuidados relacionados ao manejo desses equipamentos após aplicação, como a lavagem, troca, descarte e armazenagem dos EPIs. O Equipamento de Proteção Individual (EPI) é o principal meio de proteção à saúde e de segurança dos trabalhadores agrícolas ao manejarem os agrotóxicos (IMRAN et al., 2021).

Em estudos realizados por Veiga; Almeida; Duarte (2016), foi observado que o EPI dificulta a perda de calor para o ambiente, gerando o estresse térmico. Dentre as consequências do desconforto térmico, está a desidratação, provocada pelo elevado nível de transpiração e elevada frequência cardíaca, apontando uma sobrecarga no organismo. Devido a esse desconforto, muitos agricultores não utilizam EPI, ou optam por utilizarem de forma incompleta, eleva-se assim, o risco ocupacional dos agricultores ao manejarem esses compostos (DE ALMEIDA et al., 2012). Ainda para Veiga; Almeida; Duarte (2016), deve-se pensar em equipamentos de proteção que ofereça conforto térmico, com objetivo de controlar os efeitos negativos relacionados a elevação da temperatura

corporal, bem como proteja os aplicadores dos riscos relacionados a exposição dos agrotóxicos.

Observamos durante a pesquisa, que os trabalhadores entrevistados apresentam poucas práticas de higiene e segurança ao manusear os produtos químicos. Um dado preocupante, visto que, em estudos anteriores os agrotóxicos já foram associados a incidência da doença de Parkinson com maus hábitos de higiene e ausência do EPI, principalmente no manejo do herbicida Paraquate (FURLONG et al., 2015; PALANISAMY et al., 2022). Já em pesquisa realizada com agricultores indonésios, foi demonstrado que ausência das boas práticas de segurança e higiene podem afetar a função pulmonar, no uso de agrotóxicos como o inseticida clorpirifós (MAHAWATI, 2022). Para estes autores, lavar as mãos imediatamente após o uso de pesticidas, tomar banho após aplicação, trocar de roupas, e o uso de EPI podem reduzir a ocorrência dessas doenças.

Outro fator que eleva a exposição ocupacional aos agrotóxicos é a forma de pulverização dos agrotóxicos nas plantações. A depender do tratamento realizado, fase da cultura, e do nível econômico da propriedade, ocorrem diversas formas, com a utilização de pulverizadores manuais, costais motorizados, tratorizados ou aplicação aérea (LESMESS-FABIAN et al., 2012). A bomba costal é o instrumento utilizado pela maioria dos participantes da pesquisa, principalmente ao manejarem produtos utilizados na produção de hortaliças, como o clorpirifós, difenoconazol, endosulfan, procimidona e paraquat. O pulverizador motorizado e o trator são muito utilizados na aplicação de agrotóxicos aplicados em áreas de pastagens, como o tiametoxam, acetamiprido e troclopir botílico.

Outra forma de pulverização que eleva a exposição desses trabalhadores é a utilização do regador de água em algumas propriedades (Figura 1A). Tais formas de aplicação receberam a maior pontuação para o cálculo da exposição no Algoritmo de Dosemeci et al. (2002) e no indicador de OHRI.

Figura 1. A: Uso do regador de água como instrumento de aplicação de agrotóxicos. B: Proximidade do produtor na manutenção do trator a ser utilizado na aplicação de agrotóxico



Fonte: Acervo fotográfico da pesquisa.

As principais causas de exposição, quando se trata dos instrumentos de aplicação, é a proximidade do agricultor com o jato de aplicação. Para Pinheiro; Adissi, (2015), grande parte das contaminações dos agricultores ocorre nos respingos, tanto do equipamento como da planta pulverizada, bem como dos defeitos nos instrumentos utilizados, com possíveis vazamentos. Ainda para estes autores, os dispositivos de aplicação manual, a quantidade de diluição dos produtos não vem descritas com precisão nas bulas dos produtos e eleva o risco à saúde dos agricultores quando expostos a esses produtos.

Embora a pulverização com trator, seja o método de aplicação mais seguro que a utilização da bomba costal, foram observados trabalhadores realizando manutenção nos equipamentos sem nenhum tipo de proteção individual, totalmente expostos aos perigos derivados destes produtos (Figura 1B). Assim, observa-se a necessidade do conhecimento e conscientização dos agricultores em relação ao manejo dos agrotóxicos.

Grande parte dos trabalhadores (74%) não possuem acesso a programas de orientação para o manejo dos agrotóxicos, muitas vezes os agricultores obtêm informações sobre os produtos através dos varejistas ou de outros agricultores. A falta de treinamento, com práticas e atitudes inadequadas, tem sido associado ao uso incorreto dos agrotóxicos em diversos estudos científicos. No estudo de Manyilizu; Mdegela, (2015) com agricultores na Tanzânia, foi relatado que a ausência de treinamento foi responsável pela incapacidade dos agricultores em diferenciar inseticidas de fungicidas, realizar misturas contraindicados, além da pulverização sem EPIs. Naidoo et al., (2010) constataram que programas de treinamento melhorou significativamente atitudes relacionadas ao armazenamento inadequado e reutilização de embalagens vazias entre agricultoras

africanas. Para Kiwango; Kassim; Kimanya, (2018) o treinamento de manejo dos agrotóxicos pode reduzir os riscos de exposição entre os agricultores. Logo, o treinamento sobre a aplicação de agrotóxicos é determinante na conscientização dos agricultores na manipulação dos agrotóxicos com conhecimento adequado para uso seguro (CALISTA et al., 2022).

A ausência de políticas públicas de extensão, como o principal meio de comunicação entre os agricultores e as agências educativas e reguladoras, podem ser um dos principais motivos do elevado nível de exposição ocupacional dos pequenos agricultores no Sul do Amazonas. Autores como Rööslí et al., (2022) destacam que, a implementação de políticas públicas que visam treinamento de uso correto, conscientização dos riscos, estabelecimento de redes de comunicação efetivas de riscos que traduzam a ciência para os agricultores, são estratégias essenciais para a redução da exposição dos agrotóxicos em áreas agrícolas. Destacam também a necessidade da capacitação continuada em toda cadeia de fornecimento de pesticidas, incluindo os fabricantes, varejistas e órgãos fiscalizadores, com incentivo da comunicação entre estes atores e os usuários finais de agrotóxicos.

Esse é o primeiro estudo que apresenta o nível de exposição ocupacional dos agricultores no Sul do Amazonas, considerado as práticas e as toxicidades dos agrotóxicos utilizados. Recomendam-se estudos que envolva todos os atores envolvidos no uso desses produtos no Estado, como os órgãos reguladores, fornecedores, varejistas e o mais importante, os agricultores, na demonstração dos demais entraves que podem estar contribuindo para a vulnerabilidade ocupacional dos usuários de agrotóxicos na região.

## **CONCLUSÃO**

A ausência de EPI, o método de aplicação utilizado e práticas de higiene e segurança foram as variáveis que apresentaram as maiores pontuações no cálculo da exposição aos agrotóxicos utilizados. Porém, a vulnerabilidade ocupacional dos trabalhadores a partir das aplicações individuais é baixa. Entretanto, a vulnerabilidade ocupacional cumulativa de longo prazo se apresenta preocupante para a maioria dos trabalhadores.

É essencial a elaboração de programas governamentais que estimulem boas práticas agrícolas para a redução da exposição e do risco à saúde dos agricultores no Sul do Amazonas. É necessário o estímulo de pesquisas que superem os limites discutidos no

estudo e contribuam para a demonstração da exposição humana e ambiental dos agrotóxicos no Estado.

## REFERÊNCIAS

- ABDOLLAHI, M. O. P. K. N. Z. A. T. M. Occupational exposure to pesticides and consequences on male semen and fertility: A review. **Toxicology Letters**, v. 1, n. 1, p. 1–11, 2014.
- BEDOR, C. N. G. et al. Vulnerabilidades e situações de riscos relacionados ao uso de agrotóxicos na fruticultura irrigada. **Revista Brasileira de Epidemiologia**, v. 12, n. 1, p. 39–49, 2009.
- BERGKVIST, P. Pesticide Risk Indicators at National Level and Farm Level - A Swedish Approach. **Swedish Chemicals Inspectorate**, v. 1, p. 1–24, 2004.
- BRANDALIZE, R. R. Exposição a agrotóxicos e suas consequências para a saúde humana Pesticides exposure and consequences to human health Exposición a plaguicidas y sus consecuencias para la salud humana. v. 2021, p. 1–30, 2021.
- CALAF. Role of organophosphorous pesticides and acetylcholine in breast carcinogenesis. **Seminars in Cancer Biology**, v. 76, n. February, p. 206–217, 2021.
- CALISTA, N. et al. **Does Pesticide exposure contribute to the growing burden of non - communicable diseases in Tanzania. Scientific African**Elsevier B.V., 1 set. 2022.
- DE ALMEIDA, R. A. C. D. S. et al. Thermal comfort and personal protective equipment (PPE). **Work**, v. 41, n. SUPPL.1, p. 4979–4982, 2012.
- DE GRAAF, L. et al. Occupational pesticide exposure, cancer and chronic neurological disorders: A systematic review of epidemiological studies in greenspace workers. **Environmental Research**, v. 203, n. July 2021, 2022.
- DHANANJAYAN, V. et al. Assessment of genotoxicity and cholinesterase activity among women workers occupationally exposed to pesticides in tea garden. **Mutation Research - Genetic Toxicology and Environmental Mutagenesis**, v. 841, n. March, p. 1–7, 2019.
- DOSEMECI, M. et al. A quantitative approach for estimating exposure to pesticides in the agricultural health study. **Annals of Occupational Hygiene**, v. 46, n. 2, p. 245–260, 2002.
- FAO & WHO. **Save and grow: a policymaker's guide to the sustainable intensification of smallholder crop**. 2016.
- FEOLA, G.; BINDER, C. R. Towards an improved understanding of farmers' behaviour: The integrative agent-centred (IAC) framework. **Ecological Economics**, v. 69, n. 12, p. 2323–2333, out. 2010.
- FIOCRUZ. **Sistema Nacional de Informações Tóxico Farmacológica - Dados de Intoxicação**. Disponível em: <https://sinitox.icict.fiocruz.br/>. Acesso em: 12/04/2022.
- FURLONG, M. et al. Protective glove use and hygiene habits modify the associations of specific pesticides with Parkinson's disease. **Environment International**, v. 75, p. 144–150, 2015.

IBGE. **CENSO AGROPECUÁRIO 2017**. Disponível em: <https://censoagro2017.ibge.gov.br/>. Acesso em: 14/08/2021.

IMRAN, I. et al. Pyrethroid exposure: as determinant of CYP1A1 and GSTP1 genetic variations in occupationally exposed Sindh farmers. **Biologia**, v. 76, n. 5, p. 1587–1593, 2021.

INPE. **Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais. Dados sobre os desmatamentos no cerrado**. Disponível em: <<http://www.obt.inpe.br/OBT/noticias/inpe-divulga-dados-sobre-o-desmatamento-do-bioma-cerrado.>>.

KIWANGO, P. A.; KASSIM, N.; KIMANYA, M. E. The Risk of Dietary Exposure to Pesticide Residues and Its Association with Pesticide Application Practices among Vegetable Farmers in Arusha, Tanzania. **Journal of Food Research**, v. 7, n. 2, p. 86, 19 fev. 2018.

KORI, R. K. et al. Identification of markers of depression and neurotoxicity in pesticide exposed agriculture workers. **Journal of Biochemical and Molecular Toxicology**, v. 34, n. 6, 2020.

LESMES-FABIAN, C. et al. Dermal exposure assessment of pesticide use: The case of sprayers in potato farms in the Colombian highlands. **Science of the Total Environment**, v. 430, n. February 2021, p. 202–208, 2012.

MAHAWATI, E. Effect of safety and hygiene practices on lung function among Indonesian farmers exposed to pesticides. **SEEJPH**, p. 1–11, 2022.

MANYILIZU, W. B.; MDEGELA, R. H. Self-reported Health Effects among Short and Long-term Pesticide Sprayers in Arusha, Northern Tanzania: A cross Sectional Study. **Occupational Medicine & Health Affairs**, v. 03, n. 06, 2015.

MATTHEWS, G. A. Attitudes and behaviours regarding use of crop protection products—A survey of more than 8500 smallholders in 26 countries. **Crop Protection**, v. 27, n. 3–5, p. 834–846, mar. 2008.

MOAHID, M.; MAHARJAN, K. L. Factors affecting farmers' access to formal and informal credit: Evidence from rural Afghanistan. **Sustainability (Switzerland)**, v. 12, n. 3, p. 1–16, 2020.

MOSHOU, H. et al. Assessment of genetic effects and pesticide exposure of farmers in NW Greece. **Environmental Research**, v. 186, n. April, 2020.

NAIDOO, S. et al. Pesticide safety training and practices in women working in small-scale agriculture in South Africa. **Occupational and Environmental Medicine**, v. 67, n. 12, p. 823–828, dez. 2010.

NDIAYEA, A. E. R. D. A. L. D. M. C. G. F. M. No Title Exposition aux pesticides organophosphorés des travailleurs du domaine agricole communautaire de Sefa Sedhiou. **TOXICOLOGIE ANALYTIQUE ET CLINIQUE**, v. 33, n. 2, p. 116–122, 2021.

OKOYE, C. O. et al. Occurrence and fate of pharmaceuticals, personal care products (PPCPs) and pesticides in African water systems: A need for timely intervention. **Heliyon**, v. 8, n. 3, p. e09143, mar. 2022.

PALANISAMY, B. N. et al. Environmental neurotoxic pesticide exposure induces gut inflammation and enteric neuronal degeneration by impairing enteric glial mitochondrial

function in pesticide models of Parkinson's disease: Potential relevance to gut-brain axis inflammation in Park. **International Journal of Biochemistry and Cell Biology**, v. 147, n. April 2021, 2022.

PINHEIRO, F.; ADISSI, P. Análise de Risco na Aplicação Manual de Agrotóxicos: O Caso da Fruticultura do Litoral Sul Paraibano. **Sistemas & Gestão**, v. 10, n. 1, p. 172–179, 2015.

PIZZATTI, L. et al. Toxicoproteomics Disclose Pesticides as Downregulators of TNF- $\alpha$ , IL-1 $\beta$  and Estrogen Receptor Pathways in Breast Cancer Women Chronically Exposed. **Frontiers in Oncology**, v. 10, n. August, p. 1–11, 2020.

POLANCO RODRÍGUEZ, Á. G. et al. Monitoring of organochlorine pesticides in blood of women with uterine cervix cancer. **Environmental Pollution**, v. 220, p. 853–862, 2017.

RÖÖSLI, M. et al. **Interventions to Reduce Pesticide Exposure from the Agricultural Sector in Africa: A Workshop Report**. **International journal of environmental research and public health**NLM (Medline), 23 jul. 2022.

ROSSIDES MARIOS et al. Occupational exposure to pesticides in mothers and fathers and risk of cancer in the offspring: A register-based case-control study from Sweden (1960-2015). **Environmental Research**, v. 214, p. 1–5, 2022.

VAN DEN BERG, H. et al. Pesticide lifecycle management in agriculture and public health: Where are the gaps? **Science of the Total Environment**, v. 742, 2020.

VEIGA, M. M.; ALMEIDA, R.; DUARTE, F. O desconforto térmico provocado pelos equipamentos de proteção individual (EPI) utilizados na aplicação de agrotóxicos. **Laboreal**, v. 12, n. 2, p. 83–94, 2016.

WAICHMAN, A. V.; EVE, E.; NINA, N. C. S. Do farmers understand the information displayed on pesticide product labels? A key question to reduce pesticides exposure and risk of poisoning in the Brazilian Amazon. **Crop Protection**, v. 26, n. 4, p. 576–583, 2007.

ZEMMOURI, B. et al. Modelling human health risks from pesticide use in innovative legume-cereal intercropping systems in Mediterranean conditions. **Ecotoxicology and Environmental Safety**, v. 238, n. November 2021, 2022.

## CAPÍTULO 3

### ARTIGO 3 - AVALIAÇÃO DO RISCO AMBIENTAL A PARTIR DO USO DE AGROTÓXICOS NO SUL DO AMAZONAS

#### RESUMO

O consumo de agrotóxicos no Amazonas aumentou 677% entre os anos de 2000 e 2018, com os maiores estabelecimentos agrícolas concentrados na região centro e sul do estado. A região sul do Amazonas tem apresentado expressivo crescimento de lavouras temporárias e permanentes, além da expansão agropecuária, junta-se a isso um aumento expressivo do uso de agrotóxicos. O objetivo desta pesquisa foi avaliar os riscos ambientais dos pesticidas utilizados no Sul do Estado do Amazonas. O método utilizado seguiu o esquema de avaliação de riscos adaptado das normas Agência de Proteção Ambiental dos Estados Unidos (USEPA). A avaliação de risco foi realizada utilizando o modelo PRIMET (Pesticide Risk in the Tropics to Man, Environment and trade) versão 3.0. Os resultados mostraram que 82% dos agrotóxicos utilizados nos municípios pesquisados, apresentam cenários de risco nos compartimentos ambientais avaliados. A água superficial apresentou os maiores cenários de risco, com destaque para os agrotóxicos clorpirifós, endosulfan, malationa, cipermetrina, lambda-cialotrina e o difenoconazol. No solo, os maiores cenários de risco foram apresentados pelo endosulfan e o clorpirifós. Com cenários de risco moderado, destaca-se o herbicida diuron e o fungida procimidona, para água subterrânea. O inseticida imidacloprido foi avaliado como potencial risco para as abelhas. Através do estudo vê-se a necessidade da elaboração de políticas agrícolas mais sustentáveis no uso de agrotóxicos na região que contribua para manejo dos agroquímicos nas produções agrícolas.

**Palavras – Chaves:** Risco Ambiental; Pesticidas; Água superficial; Solo; Água subterrânea.

#### ABSTRACT

The consumption of pesticides in Amazonas increased by 677% between 2000 and 2018, with the largest agricultural establishments concentrated in the central and southern regions of the state. The southern region has shown significant growth in temporary and permanent crops, in addition to agricultural expansion, in addition to a significant increase in the use of pesticides. The objective of this research was to evaluate the environmental risks of pesticides used in the south of the State of Amazonas. The method used followed the risk assessment scheme adapted from the United States Environmental Protection Agency (USEPA) regulations. The risk assessment was performed using the PRIMET model (Pesticide Risk in the Tropics to Man, Environment and trade) version 3.0. The results showed that 82% of the pesticides used in the cities surveyed present risk scenarios in the evaluated environmental compartments. Surface water presented the highest risk scenarios, with emphasis on the pesticides chlorpyrifos, endosulfan, malathion, cypermethrin, lambda-cyhalothrin and diphenconazole. In soil, the highest risk scenarios were presented by endosulfan and chlorpyrifos. With moderate risk scenarios, the herbicide diuron and the fungicide procymidone stand out for groundwater. The insecticide imidacloprid was evaluated as a potential risk to bees. Through the study, we see the need to develop more sustainable agricultural policies in the use of pesticides in the region that contribute to the management of agrochemicals in agricultural production.

**Keywords:** Environmental Risk; pesticides; Surface water; Ground; Underground water.

## INTRODUÇÃO

A expansão agrícola e o crescimento demográfico são responsáveis pelo aumento exponencial do uso de agrotóxicos nos últimos anos (VERGER; BOOBIS, 2013). Nesse patamar, o Brasil ocupa a segunda posição de maior exportador de agroquímico mundial (IBAMA, 2020). O aumento das produções agrícolas no Brasil acontece em regiões caracterizadas como fronteiras agrícolas (VIEIRA GALUCH; CARDOSO, 2020).

Na Amazônia, as áreas de fronteira agrícolas são marcadas por políticas de ocupação e desenvolvimento econômico (VIEENTIN; MINAYO, 2003). Essas políticas vieram acompanhadas pelo acréscimo do desmatamento e uso de agrotóxicos (IBGE, 2017; INPE, 2019). A população na Amazônia brasileira ultrapassou 29 milhões de pessoas, que residem principalmente em áreas urbanas (IBGE, 2010). Manaus, principal centro urbano da Amazônia, vem se destacando com elevada produção agrícola, que visa atender uma demanda populacional em crescimento (IBGE, 2017). Segundo Waichman; Eve; Nina, (2007), o uso de espécies exóticas em áreas produtivas no Amazonas, exige o uso intensivo de agrotóxicos, devido à elevada incidência de fungos e ervas daninhas.

Segundo dados do IBAMA o consumo de agrotóxicos no Amazonas aumentou, 677% entre os anos de 2000 e 2018, com os maiores estabelecimentos agrícolas concentrados na região centro e sul do estado (IBAMA, 2020). A região sul, caracteriza-se por ser frente da expansão agrícola (BECKER, 2015), e tem apresentado expressivo crescimento de lavouras temporárias e permanentes, além da expansão agropecuária (IBGE, 2017).

A Lei 7.802 de 1989 regulamenta o uso de agrotóxicos no Brasil, mas tem pouco efeito no Amazonas, pois não há profissionais suficiente para fiscalizar seu cumprimento e monitorar o uso de agrotóxicos, resultando na perda de controle sobre essa prática, gerando grande preocupação com a saúde humana e o meio ambiente (WAICHMAN, 2008). O aumento expressivo no uso de agrotóxicos e a falta de fiscalização podem estar contribuindo para o uso incorreto de agrotóxicos e para a contaminação ambiental.

A contaminação do ambiente pelos agrotóxicos ocorre quando as moléculas dos produtos atingem os diversos compartimentos ambientais - a atmosfera, a água e o solo, promovendo riscos ao meio ambiente e a saúde humana (HU et al., 2011; MAC LOUGHLIN; PELUSO; MARINO, 2022; VAN DEN BERG et al., 2020).

Modelos de avaliação de risco ambiental foram desenvolvidos para simular o destino dos agrotóxicos no meio ambiente. Dentre as vantagens apresentadas por esses modelos estão as simulações rápidas e de alto rendimento na identificação de possíveis impactos ao ecossistema e à saúde humana (LI, 2022). Com o avanço do agronegócio, a avaliação do risco dos agrotóxicos aos ecossistemas e a saúde humana na Amazônia tem sido objeto de estudo (BROVINI et al., 2021; DA SILVA COSTA et al., 2022; IORIS, 2016; RICO et al., 2022; WAICHMAN; EVE; NINA, 2007; WAICHMAN, 2008). No entanto, até o momento, há pouca informação, sobre o risco que os agrotóxicos podem ocasionar em ambientes naturais no Sul do estado do Amazonas, principal fronteira agrícola do estado. Diante disso, o objetivo desta pesquisa foi avaliar os riscos ambientais dos pesticidas utilizados no Sul do Estado do Amazonas. A avaliação de risco também busca auxiliar na implementação de políticas educacionais agrícolas, que visam mitigar o uso inadequado de agentes químicos em áreas rurais. Além de contribuir para a conservação dos recursos naturais na região amazônica.

## **MATERIAL E MÉTODOS**

### **Área de estudo**

Este estudo foi realizado nos municípios de Apuí, Boca do Acre, Lábrea, Humaitá e Manicoré, localizados no Sul do Estado do Amazonas. Estes municípios foram selecionados após uma prospecção, que identificou as áreas com os maiores números de estabelecimentos agrícolas que utilizam agrotóxicos e com as maiores unidades produtivas. As informações referentes ao censo agropecuário foram obtidas no Sistema IBGE de Recuperação Automática (SIDRA) correspondentes aos anos 2006 e de 2017 (dados liberados no final de 2019) e pelo Instituto de Desenvolvimento Agropecuário e Florestal Sustentável do Estado do Amazonas (IDAM). Através da Agência de Defesa Agropecuária e Florestal do Amazonas (ADAF) e do IBAMA, foram obtidos dados sobre os agrotóxicos utilizados e a comercialização desses produtos no Estado.

A região é caracterizada por apresentar ambientes naturais e agrícolas. Nas áreas agrícolas se destacam as produções da mandioca, melancia, abacaxi, cana-de-açúcar, banana, açaí e cupuaçu e na horticultura nas produções de alface, couve, quiabo, pimenta, pimentão, batata-doce, cebolinha, chicória, maxixe e pepino. Além da produção de grãos, principalmente a soja, e das áreas de pastagens para o desenvolvimento da pecuária.

O Sul do Amazonas apresenta rodovias federais e estaduais que se constituem no principal meio de transporte, e assim, a região difere bastante do resto do estado do Amazonas em termos de logística e transporte. Embora a região apresente também uma extensa rede hídrica, apenas os rios Purus e Madeira são amplamente navegáveis. O rio Purus passa pelos municípios de Lábrea e Boca do Acre e Madeira pelos municípios de Humaitá e Manicoré.

Nos últimos anos, a região vem sofrendo com desmatamento para a expansão de atividades agropecuárias como a produção de grãos, sendo a pecuária a principal atividade responsável pelo aumento do arco de desflorestamento na Amazônia (SILVA et al., 2021). Dado o avanço da agricultura e pecuária no Sul do Amazonas, o cenário indica não só um aumento dos desmatamentos, mas possíveis processos de degradação ambiental ocasionada pelo uso de agrotóxicos na região que podem estar ameaçando os ambientes aquáticos e terrestres, bem como espécies endêmicas, colocando em risco a conservação da biodiversidade amazônica (DE DEUS; BAKONYI, 2012).

### **Coleta de dados**

O instrumento de coleta de dados foram formulários semiestruturados, projetados para fornecer questões necessárias para avaliação de risco ambiental na região, como: agrotóxicos utilizados, dosagem utilizada, frequência de uso, forma de aplicação, número de aplicação e culturas destinadas. Os formulários foram aplicados aos agricultores maiores de 18 anos e responsáveis pelo preparo e pulverização dos agrotóxicos nas produções agrícolas. A amostra foi composta por 89 agricultores.

A pesquisa foi submetida e aprovada pelo comitê de Ética da Universidade Federal do Amazonas (Nº 30668720.7.0000.5020) e a participação dos agricultores deu-se de forma voluntária com a assinatura do Termo de Consentimento Livre Esclarecido.

### **Análise de dados**

A avaliação de risco foi realizada utilizando o modelo PRIMET (Pesticide Risk in the Tropics to Man, Environment and trade) versão 3.0. Este modelo foi desenhado para estimar os riscos para os organismos aquático, artrópodes terrestres, abelhas e água subterrânea em condições tropicais.

Com base nas informações levantadas através dos formulários e com a utilização do Modelo de Suporte a Decisão PRIMET 3.0 foram calculadas as concentrações ambientais

estimadas (CAE) de agrotóxicos na água superficial, no solo, na água subterrânea e para abelhas. A caracterização dos efeitos foi realizada a partir de dados da literatura sobre a toxicidade dos agrotóxicos identificados, bem como dados disponíveis na US-EPA ECOTOX Database (USEPA, 2020).

A partir da caracterização da exposição e dos efeitos, foi realizada a estimativa de risco e a descrição de risco. Para a estimativa do risco foi calculado o Quociente de Risco (QR, para cada agrotóxico). Portanto, para cada agrotóxico foram comparadas as concentrações estimadas no ambiente (CAE) com as concentrações de efeitos agudos (CL50) e crônicos (CENO) a partir do cálculo do Quociente de Risco (QR):

$$QR = \text{Exposição}(CAE) / \text{Efeito}(CL50 \text{ ou } CENO)$$

Estes valores do QR foram comparados com níveis críticos de risco e classificar cada aplicação em três categorias de risco: 'sem risco' ( $QR < 1$ ), 'risco possível' ( $1 < QR < 100$ ) e 'risco definitivo' ( $QR > 100$ ) para o solo, água subterrânea, organismos aquáticos e abelhas.

## **RESULTADOS**

Foram encontrados 22 ingredientes ativos em uso no Sul do Amazonas, estes compostos são aplicados em 29 culturas agrícolas (horticultura, pastagem e produção de grãos). Grande parte (82%) dos agrotóxicos utilizados apresentaram risco em pelo menos um dos três compartimentos ambientais avaliados. Do total de produtos utilizados, 50% não são aprovados para uso na União Europeia.

Os resultados são apresentados em forma de tabelas com os cenários de risco para cada compartimento ambiental estudado - água superficial, solo, água subterrânea e para as abelhas.

### **Risco para água superficial**

Grande parte (82%) das culturas produzidas na região de pesquisa, apresentam risco agudo para as águas superficiais. Das 29 culturas avaliadas, apenas o café, chicória, cana-de-açúcar e soja não apresentou risco em nenhum dos cenários avaliados. Nas demais culturas foram observados riscos agudos moderados e altos (Tabela 1).

Tabela 1 Cenários de risco agudo para águas superficiais por cultura. Considerando os agrotóxicos em uso em todos os municípios estudados

CULTURA	SEM RISCO (%)	RISCO MODERADO (%)	RISCO ALTO (%)
Abacaxi	-	33	67
Açaí	50	-	50
Alface	33	36	31
Almeirão	-	100	-
Arroz	75	-	25
Banana	-	-	100
Café	100	-	-
Cana-de-açúcar	100	-	-
Cebola	-	100	-
Cebolinha	33	40	27
Cheiro verde	50	50	-
Chicória	100	-	-
Coentro	-	33	67
Couve	40	20	40
Guaraná	67	11	22
Laranja	67	33	-
Maxixe	100	-	-
Mamão	75	25	-
Mandioca	42	29	29
Milho	80	20	-
Pastagem	14-	80-	6
Pepino	-	17	83
Pimenta	43	14	43
Pimenta de cheiro	25	-	75
Pimentão	-	-	100
Quiabo	-	-	100
Rúcula	43	28	29
Soja	100	-	-
Total	58	26	15

Fonte: Dados da pesquisa avaliados pelo Modelo PRIMET 3.0.

Destacamos a cultura da banana, pimentão e quiabo, como aquelas onde todos os cenários indicaram risco agudo alto. No caso do almeirão e da cebola todos os cenários foram de risco moderados (Tabela 1).

Em relação ao risco crônico, foi observado que 61% das culturas apresentam riscos. A banana, o pimentão, o quiabo e a soja com risco 100% concentrado no cenário moderado. (Tabela 2). O número de cenários utilizados para o cálculo diferiu, pois não há disponíveis dados de efeito crônico para os diferentes organismos aquáticos e terrestres para todos os agrotóxicos em uso na região do estudo.

Tabela 2 Cenários de risco crônico para águas superficiais por cultura. Considerando os agrotóxicos em uso em todos os municípios estudados

CULTURA	SEM RISCO (%)	RISCO MODERADO (%)	RISCO ALTO (%)
Abacaxi	67	-	33
Açaí	100		
Alface	25	61	14
Almeirão	-	67	33
Arroz	75	25	-
Banana	-	100	-
Café	100		
Cana-de-açúcar	100		
Cebola	100		
Cheiro-verde	100		
Chicória	100		
Cebolinha	13	80	7
Coentro	33	33	33
Couve	100		
Laranja	100		
Maxixe	100		
Mamão	100		
Guaraná	89	-	11
Mandioca	57	14	-
Maracujá	67	33	-
Melancia	25	75	-
Milho	80	20	-
Pastagem	94	6	-
Pepino	33	67	-
Pimenta de cheiro	29	71	-
Pimentão	-	100	-
Quiabo	-	100	-
Rúcula	100		
Soja	-	100	-
Total	37	54	8

Fonte: Dados da pesquisa avaliados pelo Modelo PRIMET 3.0.

Embora alguns agrotóxicos possam ser muito tóxicos, se usado em baixa frequência e forem pouco persistentes eles não apresentarão riscos crônicos. Nesse caso, observamos que houve aumento no número de culturas que não apresentaram risco crônico para água superficial (sem risco), e diminuição de risco moderado e alto. Entretanto, mesmo que em baixa percentagem, algumas culturas persistem cenário de risco alto na situação de exposição crônica, como as das culturas de abacaxi, alface, almeirão, cebolinha, coentro e guaraná (Tabela 2).

Na análise de risco agudo por agrotóxicos, para águas superficiais, 59% dos produtos utilizados nas culturas apresentam risco. Destes, o clorpirifós, dicloreto de paraquat,

endosulfan e malationa, apresentaram 100% dos cenários de aplicação classificado como risco alto (Tabela 3).

Tabela 3 Cenários de risco agudo por agrotóxicos para águas superficiais. Considerando os agrotóxicos em uso em todos os municípios estudados

AGROTÓXICOS	SEM RISCO (%)	MODERADO (%)	ALTO (%)
Carbendazim	75	-	25
2,4d	100	-	-
Acetamiprido	100	-	-
Alfa-cipermetrina	100	-	-
Cipermetrina	-	60	40
Clorpirifós	-	-	100
Deltametrina	76	24	-
Dicloreto de paraquat	-	-	100
Difenoconazol	40	51	9
Diuron	-	50	50
Endosulfan	-	-	100
Glifosato	92	8	-
Imazapir	-	-	-
Imidacloprido	100	-	-
Lambda - cialotrina	-	88	13
Malationa	-	-	100
Metilsufuron-metílico	100	-	-
Paraquat	38	38	25
Procimidoda	100	-	-
Sal de isopropilamina de glifosato	100	-	-
Tiametoxam	100	-	-
Triclopir butílico	100	-	-
Total	67	9	24

Fonte: Dados da pesquisa avaliados pelo Modelo PRIMET 3.0.

A cipermetrina, deltametrina, difenoconazol, diuron, glifosato, lambda-cialotrina e paraquat apresentam cenários de risco moderado (Tabela 3).

Na avaliação de cenários de risco crônico para água superficial, observa-se os agrotóxicos cipermetrina, clorpirifós, difenoconazol, diuron, lãmbida cialotrina, e malationa, apresentaram risco moderado e alto. A maior percentagem (80%) de risco alto foi apresentada pelo inseticida cipermetrina (Tabela 4).

Tabela 4 Cenários de risco crônico por agrotóxicos para águas superficiais. Considerando os agrotóxicos em uso em todos os municípios estudados

AGROTÓXICOS	SEM RISCO (%)	MODERADO (%)	ALTO (%)
Carbendazim	75	-	25
2,4d	100	-	-
Acetamiprido	100	-	-
Alfa-cipermetrina	100	-	-
Cipermetrina	20	-	80
Clorpirifós	100	91	9
Deltametrina	94	6	-
Dicloreto de paraquat	100	-	-
Difenoconazol	-	88	12
Diuron	67	17	17
Endosulfan	100	-	-
Glifosato	92	8	-
Imazapir	100	-	-
Imidacloprido	100	-	-
Lambda - cialotrina	50	38	13
Malationa	13	81	6
Metilsufuron-metílico	100	-	-
Paraquat	100	-	-
Procimidoda	100	-	-
Sal de isopropilamina de glifosato	100	-	-
Tiametoxam	100	-	-
Triclopir butílico	100	-	-
Total	76	12	12

Fonte: Dados da pesquisa avaliados pelo Modelo PRIMET 3.0.

Já as maiores percentagens de risco moderado foram apresentadas pelos inseticidas malationa e clorpirifós, e o fungicida difenoconazol. Grande parte dos agrotóxicos (64%) não apresentam risco crônico para água superficial.

### Risco para o solo

A avaliação por cultura para o solo não foi tão crítica quanto para água superficial. Do total de cenários avaliados, oito culturas apresentaram algum risco. As culturas que apresentaram as maiores percentagens de risco agudo moderado foram a pimenta – de cheiro e o quiabo, 50% e 83% respectivamente. No cenário de risco agudo alto, o açaí possui 50% de risco alto.

Tabela 5 Cenários de risco agudo para o solo por cultura, considerando todos os agrotóxicos em uso e todos os municípios estudados

CULTURA	SEM RISCO (%)	RISCO MODERADO (%)	RISCO ALTO (%)
Abacaxi	67	17	17
Açaí	50	-	50
Alface	89	8	3
Cebolinha	80	20	-
Couve	80	12	8
Guaraná	89	-	11
Pimenta de cheiro	50	50	-
Quiabo	17	83	-
Total	65	32	18

Fonte: Dados da pesquisa avaliados pelo Modelo PRIMET 3.0.

Ao contrário da água superficial, no solo não se observou nenhum cenário na qual a aplicação de agrotóxicos representasse risco agudo moderado ou alto em 100% dos cenários (Tabela 5).

O número de risco crônico por cultura para o solo foi significativamente maior que o risco agudo (Tabela 6). Desse modo, observa-se o aumento na quantidade de culturas que apresentaram risco crônico, pois enquanto no risco agudo 8 culturas apresentaram risco, no crônico foram 23 (Tabela 6).

Tabela 6 Cenários de risco crônico para o solo por cultura, considerando todos os agrotóxicos em uso e todos os municípios estudados

CULTURA	SEM RISCO (%)	RISCO MODERADO (%)	RISCO ALTO (%)
Abacaxi	-	50	50
Açaí	50	50	-
Alface	17	53	28
Almeirão	33	67	-
Arroz	75	-	25
Cebolinha	13	53	27
Cheiro verde	50	50	-
Coentro	33	33	33
Couve	48	20	28
Guaraná	78	11	11
Laranja	67	33	-
Mamão	25	50	25
Mandioca	57	14	-
Maracujá	33	67	-
Melancia	25	25	25
Milho	60	40	-
Pastagem	97	3	-
Pepino	89	11	-
Pimenta	57	43	-
Pimenta de cheiro	13	25	63

Pimentão	33	-	67
Quiabo	-	-	100
Rúcula	43	29	14
Total	38	36	26

Fonte: Dados da pesquisa avaliados pelo Modelo PRIMET 3.0.

Ao contrário da água superficial, no solo não se observou nenhum cenário na qual a aplicação de agrotóxicos representasse risco agudo moderado ou alto em 100% dos cenários (Tabela 5).

O número de risco crônico por cultura para o solo foi significativamente maior que o risco agudo (Tabela 6). Desse modo, observa-se o aumento na quantidade de culturas que apresentaram risco crônico, pois enquanto no risco agudo 8 culturas apresentaram risco, no crônico foram 23 (Tabela 6).

Tabela 7 Cenários de risco agudo por agrotóxicos no solo, considerando todas as culturas em uso e todos os municípios estudados

AGROTÓXICO	SEM RISCO (%)	RISCO MODERADO (%)	RISCO ALTO (%)
Carbendazim	75	-	25
Clorpirifós	40	51	9
Diuron	67	17	17
Imidacloprido	75	-	25
Paraquat	88	-	13
Total	69	7	24

Fonte: Dados da pesquisa avaliados pelo Modelo PRIMET 3.0.

Em menor relevância, o risco agudo moderado foi atribuído a 9% dos agrotóxicos utilizados, o inseticida clorpirifós apresentou a maior percentagem de risco moderado, produto muito utilizado na produção da horticultura na maioria da produção dos municípios estudados (tabela 7).

Na tabela 8 podemos observar que 50% dos agrotóxicos em uso pelos agricultores apresentam risco crônico para solo. Dos fungicidas utilizados (procimidona, difenoconazol e carbendazim) todos oferecem cenários de risco crônico para o solo (Tabela 8).

Tabela 8 Cenários de risco crônico por agrotóxicos no solo, considerando todas as culturas em uso e todos os municípios estudados

AGROTÓXICO	SEM RISCO (%)	RISCO MODERADO (%)	RISCO ALTO (%)
Carbendazim	75	-	25
Cipermetrina	20	20	-
Clorpirifós	-	-	100
Deltametrina	65	29	6
Difenoconazol	-	91	9
Diuron	17	50	33
Endosulfan	-	100	-
Glifosato	85	15	-
Imidacloprido	-	50	50
Lambda-cialotrina	88	13	-
Procimidona	50	50	-
Total	28	57	15

Fonte: Dados da pesquisa avaliados pelo Modelo PRIMET 3.0.

Dentre os que apresentaram risco moderado, cabe destaque ao inseticida endosulfan e aos fungicidas difenoconazol e procimidoma, com as maiores percentagens de risco no cenário moderado. Já o inseticida clorpirifós apresentou 100% dos cenários avaliados como risco crônico alto para o solo (Tabela 8).

### Risco para água subterrânea

A água subterrânea é uma importante fonte para o consumo humano. Portanto, a avaliação dos riscos deste componente ambiental é fundamental para entender possíveis riscos à saúde humana.

Na avaliação por cultura, observamos que 24% das culturas apresentam cenários de risco para água subterrânea. O abacaxi e o mamão apresentam os maiores riscos no cenário moderado (Tabela 9).

Tabela 9 Cenários de risco para água subterrânea por cultura, considerando todos os agrotóxicos em uso e todos os municípios estudados

CULTURA	SEM RISCO (%)	RISCO MODERADO (%)	RISCO ALTO (%)
Abacaxi	33	33	34
Alface	83	8	8
Couve	92	-	8
Guaraná	89	11	-
Mamão	75	25	-
Pimenta	86	14	-
Rúcula	86	14	-
Total	78	18	4

Fonte: Dados da pesquisa avaliados pelo Modelo PRIMET 3.0.

Embora as maiores porcentagens estão inseridas no cenário sem risco nas culturas avaliadas, 14% das culturas que utilizam agrotóxicos apresentaram risco alto para as águas subterrâneas, tendo o abacaxi como destaque com 34% dos cenários de risco alto (Tabela 9).

Tabela 10 Cenários de risco para água subterrânea por agrotóxico, considerando todas as culturas em uso e todos os municípios estudados

CULTURA	SEM RISCO	RISCO MODERADO	RISCO ALTO
Diuron	-	67	33
Procimidona	-	38	63
Total	-	52	48

Fonte: Dados da pesquisa avaliados pelo Modelo PRIMET 3.0.

Na avaliação de risco por agrotóxicos, somente o uso do diuron e da procimidona foram classificados com potencial de risco para água subterrânea. O herbicida Diuron apresentou a maior porcentagem para o cenário de risco moderado e o fungicida procimidona como o maior cenário de risco alto (Tabela 10).

### Risco para as abelhas

Dada a importância do papel das abelhas para a conservação da biodiversidade e a polinização de diversas plantas silvestres, avaliamos o uso de agrotóxicos para esse importante grupo. Observamos que 83% das culturas que usam agrotóxicos representam cenários de riscos para as abelhas.

Tabela 11 Cenários de risco para as abelhas por cultura, considerando todos os agrotóxicos em uso e todos os municípios estudados.

CULTURA	SEM RISCO (%)	RISCO MODERADO (%)	RISCO ALTO (%)
Açaí	-	-	100
Alface	64	14	22
Almeirão	-	100	-
Arroz	50	-	50
Cana-de-açúcar	-	100	-
Cebolinha	53	27	20
Cheiro verde	-	-	100
Chicória	-	-	100
Coentro	67	-	33
Couve	36	36	28
Guaraná	89	11	-
Laranja	-	33	67
Mamão	-	50	50
Maracujá	-	33	67
Melancia	50	25	25

Milho	80	20	-
Pastagem	59	32	6
Pepino	11	56	33
Pimenta	43	29	29
Pimenta de cheiro	25	25	50
Pimentão	17	50	33
Laranja	-	100	-
Quiabo	-	50	50
Rúcula	43	43	14
Total	49	44	43

Fonte: Dados da pesquisa avaliados pelo Modelo PRIMET 3.0.

A produção das culturas com os maiores cenários de riscos moderados são o almeirão, cana-de-açúcar e a laranja, com 100% de risco para as abelhas no ambiente estudado. Todos os cenários avaliados para o açaí, cheiro verde e chicória apresentaram risco alto para esse inseto (Tabela 11).

Dos agrotóxicos utilizados, a grande maioria (59%) apresentaram cenários de risco para as abelhas. O inseticida imidacloprido com 100% de risco alto para estes insetos (Tabela 12).

Tabela 12 Cenários de risco para as abelhas por agrotóxico, considerando todas as culturas em uso e todos os municípios estudados

AGROTÓXICOS	SEM RISCO (%)	RISCO MODERADO (%)	RISCO ALTO (%)
2,4 D	75		25
Acetamiprido	67		33
Carbendazim	75	25	
Cipermetrina		80	20
Clorpirifós		46	54
Deltametrina	12	35	53
Glifosato	92		8
Imidacloprido			100
Lambda cialotrina		88	13
Malationa		63	38
Paraquat	88		13
Procimidona	88		13
Tiametoxam	14	79	7
Total	64	59	25

Fonte: Dados da pesquisa avaliados pelo Modelo PRIMET 3.0.

Os agrotóxicos com as maiores percentagens de risco moderado foram a cipermetrina, lambda-cialotrina e o tiametoxam (Tabela 12). O inseticida lambda-cialotrina é muito

utilizado pelos agricultores entrevistados na horticultura, a cipermetrina e o tiametoxam em áreas de pastagens.

## **DISCUSSÃO**

No presente estudo, verificou-se que 82% dos agrotóxicos utilizados nos municípios pesquisados, apresentam cenários de risco nos compartimentos ambientais avaliados. Pesquisas indicam que metade dos produtos aplicados nas produções agrícolas não atingem seu alvo, estes são desviados para os diversos compartimentos presentes no ecossistema, como água superficial, solo e água subterrânea (FRAGA et al., 2016).

Observou-se que os inseticidas clorpirifós, endosulfan, malationa, cipermetrina e lambda-cialotrina apresentaram os maiores cenários de risco agudo para águas superficiais, na região estudo. A incidência de resíduos de clorpirifós em água doce, próximo a regiões agrícolas, foi relatado em análises laboratoriais em estudos anteriores (ALBUQUERQUE et al., 2016; ALVAREZ et al., 2019). Pesquisas recentes, na qual foram quantificadas as concentrações de agrotóxicos em rios e igarapés da região, demonstraram os riscos aos ecossistemas aquáticos de ingredientes ativos como o clorpirifós, malationa, e clorpirifós metil a invertebrados de água doce na Amazônia (RICO et al., 2022). Para Britto et al., (2015), dado o seu potencial hidrossolúvel, o clorpirifós apresenta grande possibilidade de contaminação dos recursos hídricos, devido ao processo de lixiviação. A ocorrência comum de moléculas desses agrotóxicos em água superficial, levanta preocupação sobre os efeitos tóxicos desse produto no meio ambiente e na saúde humana (BRITTO et al., 2015).

O endosulfan foi banido no Brasil pela ANVISA em 2010, devido a sua alta toxicidade para o organismo humano. Entretanto, os dados da pesquisa mostram que o endosulfan ainda é muito utilizado na produção do guaraná, laranja e soja no Amazonas, culturas que apresentaram na avaliação de risco, todos os cenários de risco agudo alto para águas superficiais. Embora apresente características lipofílicas, este princípio ativo possui elevado potencial de contaminação para a água superficial em virtude, principalmente, da lixiviação de campos agrícolas e pelo processo de lavagem e descarte desses produtos próximos a lagos e rios (SINGAPORE; SYRIA, 2003). A preocupação do uso dos organoclorados como o endosulfan torna-se ainda mais crescente, devido a elevada bioacumulação em seres vivos, pela facilidade de transporte atmosférico e forte persistência no meio ambiente, fatores fortemente comprovados no meio científico

(AGBOHESSI et al., 2014; CABRERA; ZUBILLAGA; MONTSERRAT, 2022; LUBICK, 2010; SHI; SHI; ZHENG, 2020; SINGH; SINGH, 2014).

A cipermetrina, é um piretróide sintético, indicado para o controle de pragas que causam danos as culturas do algodão, arroz, batata, café, citros, feijão, mandioca, milho, soja e tomate (NORTOX, 2006). Com 80% de risco crônico para águas superficiais, esse produto vem sendo utilizado na produção do milho, para o combate de lagartas e na plantação da pastagem, no controle da cigarrinha, na região de estudo. O impacto toxicológico da cipermetrina em peixes tem sido documentado em diversos estudos, prevê-se que esse impacto antropogênico pode levar a desequilíbrios ecológicos em grande escala, além de comprometer a dieta alimentar humana (PAGANO et al., 2020; SHARMA; JINDAL; FAGGIO, 2021; STARA et al., 2020a, 2020b).

Com elevado uso na horticultura no sul do Amazonas, a lambda-cialotrina tem apresentado elevado cenário de risco agudo moderado (88%) em água subterrânea. Segundo Fernandes et al., (2020), esse ingrediente ativo, classificado como um piretróide sintético, se destaca como um dos principais agroquímicos utilizados na agricultura, por possuir longo efeito residual, elevada estabilidade a luz e lucratividade em comparação com outros agrotóxicos. Porém, está entre os compostos mais prejudiciais do meio aquático (KILGORE; LI, 1976). Com elevada solubilidade em matéria orgânica, esse composto possui elevada estabilidade em superfície aquosa, e possui possibilidade de acumulação no tecido adiposo de organismos aquáticos (HILL, 1989; WERNER; MORAN, 2008).

O fungicida difenoconazol é o principal agrotóxico utilizado nos estabelecimentos agrícolas pesquisados, e na avaliação de risco ambiental apresentou cenários de risco moderado para água superficial (88%) e para o solo (91%). Embora apresente meia-vida relativamente baixa (<1 dia) na água, o difenoconazol já foi considerado com alto potencial contaminante de águas superficiais (MILHOME et al., 2009; TENG et al., 2018). Características como alta estabilidade química e fotoquímica, elevada hidrofobicidade e facilidade em transporte, contribuem para a permanência do difenoconazol nos ecossistemas ambientais (CHAU et al., 2015; WANG et al., 2011). Fatores que levam a bioacumulação na teia alimentar e resultam sérios riscos as plantas, solo e água (KESAVACHANDRAN et al., 2009). No solo, esse ingrediente ativo é muito persistente (HE et al., 2016), com meia-vida relativamente longa, que pode chegar a 10 dias, a depender das condições ambientais (LI et al., 2012). Por ser o primeiro

compartimento ambiental afetado pelos resíduos de agrotóxicos, a carga desses produtos coloca em risco não só os micro-organismos, bem como as enzimas e os animais existente nesse meio (ZHAO et al., 2018).

Agrotóxicos com transporte ambiental de longo alcance, como o difenoconazol, causam grande preocupação, pois esse processo determina a distribuição desses compostos nos compartimentos ambientais, que podem ser transferidos com rapidez das plantas e solo para água, florestas, etc., resultando efeitos imediatos ao ecossistema e a saúde humana (JIANG et al., 2009; ZHAO et al., 2018). Assim, mais estudos devem ser realizados para entender os efeitos desses produtos nessa região.

O solo da região também se mostrou vulnerável, na avaliação de risco, para os inseticidas endosulfan e clorpirifós, com 100% dos cenários de risco crônico. O elevado período que esses compostos permanecem no meio ambiente, é citado como uma das principais desvantagens ambientais dos organoclorados e organofosforados (TAIWO, 2019), além das suas propriedades toxicológicas preocupantes (GEORGIADIS et al., 2018).

Dentre os impactos do clorpirifós no solo, foi relatado que este composto pode ser facilmente hidrolisado em 3, 5, 6-tricloro-2-piridinol, produto que afeta diretamente a atividade microbiana, como meia-vida variando entre 65-360 dias no solo (AMBREEN; YASMIN, 2021; LU et al., 2013). Em outro estudo, esse composto alterou as atividades enzimáticas do solo (SHAN et al., 2006). Pesquisas revelam que apenas 1% dos organofosforados atingem o alvo que estão combatendo, 99% são lançados no meio ambiente, causando contaminação (YADAV et al., 2021).

Além de ser banido no Brasil, o endosulfan, poluente orgânico persistente, foi banido pela convenção de Estocolmo em 2011 por apresentar sérios riscos aos diversos ecossistemas ambientais e efeitos toxicológicos a humanidade. A exposição a esse composto se dá através da inalação, processo digestivo e pele, com potencial de causar diversos danos saúde humana (SATHISHKUMAR et al., 2021; WEBER et al., 2010). No solo esse produto pode ser degradado em endosulfan sulfato, pela oxidação microbiana (ZHANG et al., 2022). Em decorrência da elevada toxicidade atribuída a esses compostos, diversos processos de biodegradação e biorremediação em solos vem sendo testados no meio científico (ASAMBA et al., 2022; LU et al., 2013; MARTENS, 1976; SHAN et al., 2006).

Em comparação com demais compartimentos ambientais avaliados, o risco para água subterrânea, foi menor. O diuron e procimidona apresentaram risco moderado em 67% e

63%, respectivamente. Segundo Jang et al., (2016), por estar localizada no subsolo, a água subterrânea possui maior proteção à contaminação do que água superficial. Entretanto, os impactos causados a estes aquíferos colocam em risco diversas fontes de abastecimento, principalmente as áreas rurais, pois 55, 5% da população depende desse recurso no Brasil (PEIXOTO et al., 2020).

Diuron é um herbicida muito utilizado nas produções do guaraná, abacaxi e pimenta, nos estabelecimentos agrícolas estudados. Embora, sua indicação seja para as culturas do algodão, café, cana-de-açúcar e citros (INDEA, 2006). O diuron é “quimicamente estável, persistente no meio ambiente, com meia vida variando de 90 a 180 dias, além de carcinogênico e genotóxico” (BUMROONGSAKULSAWAT; KHONGTHON; PAVARAJARN, 2020; MUENDO et al., 2021). Apesar da baixa mobilidade em solo, esse ingrediente ativo já foi relatado na literatura com capacidade de locomoção após fortes chuvas (MACOUNOVÁ et al., 2003). Processo que pode estar ocorrendo na região avaliada. Em outros relatos, foi observado alta lixiviação do diuron, e altos riscos de contaminação de águas subterrâneas por esse agroquímico (BRANDÃO BRITTO et al., 2012).

A procimidona é um fungicida sistêmico desenvolvido para prevenção e tratamento de doenças fúngicas causadas em vegetais e frutas (LAI et al., 2021). Na região pesquisada esse produto é muito utilizado nas produções hortícolas, no combate dos sintomas, doenças descritas pelos agricultores, como: “*folhas escurecidas na alface e manchas amareladas na rúcula*”. No meio ambiente, a procimidona tem causado grande preocupação, devido ao uso contínuo e pesado (ÖZDOĞAN et al., 2018). Entretanto, este agroquímico foi considerado não contaminante de águas superficiais, em estudos realizados por (ANDRADE et al., 2011).

Os insetos polinizadores desempenham um importante papel na produção de alimentos (CALDERONE, 2012; POTTS et al., 2016). Porém, o uso de agrotóxicos diminui a população de insetos, principalmente das abelhas, em todo o mundo (GOULSON et al., 2015; SÁNCHEZ-BAYO; WYCKHUYS, 2019; WAGNER et al., 2021). A nossa avaliação risco, mostrou as culturas do açaí, cheiro – verde, chicória e cana-de-açúcar com todos os cenários de risco alto para as abelhas. E os agrotóxicos imidacloprido com 100% de risco alto para estes insetos.

O imidacloprido é um inseticida sistêmico que faz parte do grupo dos neonicotinóides, classe de agrotóxicos fortemente implicado no declínio das abelhas (GOULSON, 2013; SGOLASTRA et al., 2019) e podem ser persistentes no ambiente (MOGREN; LUNDGREN, 2016). Os neonicotinóides atingem outros compartimentos ambientais devido a facilidade de transporte e longa meia-vida no solo (HLADIK; MAIN; GOULSON, 2018). Isso ocasionou na proibição da aplicação aérea do imidacloprido pelo Instituto Brasileiro de Meio Ambiente e Recursos Naturais -IBAMA, buscando mitigar o risco de exposição das abelhas em áreas rurais (IBAMA, 2019). Porém, estudos relatam que o risco as abelhas não ocorrem somente dentro área de pulverização, pois esses agroquímicos ao atingirem áreas não-alvo, podem contaminar populações florais do entorno, bem como outros habitats necessários para reprodução e alimento desses insetos (HARANO; MAIA-SILVA; HRNCIR, 2020; MARTINS et al., 2018).

Posto isso, é possível entender o risco dos agrotóxicos nos diversos compartimentos ambientais (água superficial, solo, água subterrânea e abelhas) no Sul do Amazonas. Permitindo o conhecimento dos agroquímicos que apresentam os maiores cenários de risco ao ecossistema regional.

## **CONCLUSÃO**

A avaliação de risco mostrou que 82% dos agrotóxicos utilizados apresentam cenários de risco nos compartimentos ambientais avaliados.

A água superficial é o compartimento ambiental que apresentou maior risco, com os maiores cenários para os agrotóxicos clorpirifós, endosulfan, malationa, cipermetrina, lambda-cialotrina e o difenoconazol. No solo, os maiores cenários de risco foram apresentados pelo endosulfan e o clorpirifós. Com cenários de risco moderado, destaca-se o herbicida diuron e o fungida procimidona, para água subterrânea. O inseticida imidacloprido foi avaliado como potencial risco para as abelhas.

Este é o primeiro estudo que avalia o risco ambiental dos agrotóxicos no sul do Amazonas e os resultados aqui obtidos são extremamente importantes para auxiliar os formuladores de políticas públicas na elaboração de medidas mais sustentáveis do uso de agrotóxicos na região.

Além disso, são indicados estudos com métodos de análises laboratoriais dos recursos hídricos da região, a fim de verificar a incidência desses agroquímicos no ambiente. Junta-

se a isso a importância de ações governamentais sobre o uso de agrotóxicos menos tóxicos e a aplicação de boas práticas agrícolas, necessárias para diminuir a exposição e o risco ambiental e humano aos agrotóxicos no Amazonas.

## REFERÊNCIAS

AGBOHESSI, T. A. et al. Exposure to agricultural pesticides impairs growth, feed utilization and energy budget in African Catfish *Clarias gariepinus* (Burchell, 1822) fingerlings. **Int. Aquat Res**, v. 6, p. 229–243, 2014.

ALBUQUERQUE, A. F. et al. **Pesticides in Brazilian freshwaters: A critical review. Environmental Science: Processes and Impacts** Royal Society of Chemistry, 1 jul. 2016.

ALVAREZ, M. et al. Joint Probabilistic Analysis of Risk for Aquatic Species and Exceedence Frequency for the Agricultural Use of Chlorpyrifos in the Pampean Region, Argentina. **Environmental Toxicology and Chemistry**, v. 38, n. 8, p. 1748–1755, 1 ago. 2019.

AMBREEN, S.; YASMIN, A. Novel degradation pathways for Chlorpyrifos and 3, 5, 6-Trichloro-2-pyridinol degradation by bacterial strain *Bacillus thuringiensis* MB497 isolated from agricultural fields of Mianwali, Pakistan. **Pesticide Biochemistry and Physiology**, v. 172, 1 fev. 2021.

ANDRADE, A. S.; et al. Análise De Risco De Contaminação De Águas Superficiais E Subterrâneas Por Pesticidas Em Municípios Do Alto Paranaíba-Mg. **Quim. Nova**, v. 34, n. 7, p. 1129–1135, 2011.

ASAMBA, M. N. et al. Molecular characterization of chlorpyrifos degrading bacteria isolated from contaminated dairy farm soils in Nakuru County, Kenya. **Heliyon**, v. 8, n. 3, 1 mar. 2022.

BECKER, B. K. **As Amazônias: ensaios sobre geografia e sociedade na região amazônica**. Editora Garamond ed. Rio de Janeiro: [s.n.]. v. 5

BRANDÃO BRITTO, F. et al. Herbicidas no alto Rio Poxim, Sergipe e os riscos de contaminação dos recursos hídricos 1 Herbicides in the upper Poxim River, Sergipe, and the risk of contamination of water resources. n. 2, p. 390–398, 2012.

BRITTO, F. B. et al. Avaliação do risco de contaminação hídrica por agrotóxicos no Perímetro Irrigado Betume no Baixo Rio São Francisco. **Revista Brasileira de Agricultura Irrigada**, v. 9, n. 3, p. 158–170, 11 maio 2015.

BROVINI, E. M. et al. Three-bestseller pesticides in Brazil: Freshwater concentrations and potential environmental risks. **Science of the Total Environment**, v. 771, 1 jun. 2021.

BUMROONGSAKULSAWAT, P.; KHONGTHON, W.; PAVARAJARN, V. Degradation of diuron in water by electrochemical advanced oxidation in a microreactor: Effects of anion contamination on degradation and toxicity. **Journal of Environmental Chemical Engineering**, v. 8, n. 4, 2020.

- CABRERA, S.; ZUBILLAGA, M.; MONTSERRAT, J. M. Natural attenuation and bioremediation of chlorpyrifos and endosulfan in periurban horticultural soils of Buenos Aires (Argentina) using microcosms assays. **Applied Soil Ecology**, v. 169, 1 jan. 2022.
- CALDERONE, N. W. Insect Pollinated Crops, Insect Pollinators and US Agriculture: Trend Analysis of Aggregate Data for the Period. **PLoS ONE**, v. 7, n. 5, p. 37235, 2012.
- CHAU, N. D. G. et al. Pesticide pollution of multiple drinking water sources in the Mekong Delta, Vietnam: evidence from two provinces. **Environmental Science and Pollution Research**, v. 22, n. 12, p. 9042–9058, 20 jun. 2015.
- DA SILVA COSTA, M. et al. Landscape composition and inorganic contaminants in water and muscle tissue of *Plagioscion squamosissimus* in the Araguari River (Amazon, Brazil). **Environmental Research**, v. 208, 15 maio 2022.
- DE DEUS, M. R.; BAKONYI, S. M. O IMPACTO DA AGRICULTURA SOBRE O MEIO AMBIENTE. **Rev. Elet. em Gestão, Educação e Tecnologia Ambiental**, v. 7, n. 2236–1170, p. 1306–1315, 2012.
- FERNANDES, C. E. et al. Osmoregulatory profiles and gill histological changes in Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) exposed to lambda-cyhalothrin. **Aquatic Toxicology**, v. 227, 1 out. 2020.
- FRAGA, W. G.; et al. Identificação dos Principais Ingredientes Ativos em Agrotóxicos Ilegais Apreendidos pela Polícia Federal do Brasil e Quantificação do Metsulfurometílico e Tebuconazol Identification of the Major Active Ingredients in Illegal Pesticide Seized by Brazilian Federal Police and Quantification of Metsulfuron-methyl and Tebuconazole. **Rev. Virtual Quim**, v. 8, n. 3, p. 561–575, 2016.
- GEORGIADIS, G. et al. Nephrotoxicity issues of organophosphates. **Toxicology**, v. 406–407, p. 129–136, 1 ago. 2018.
- GOULSON, D. **An overview of the environmental risks posed by neonicotinoid insecticides**. **Journal of Applied Ecology**, ago. 2013.
- GOULSON, D. et al. **Bee declines driven by combined Stress from parasites, pesticides, and lack of flowers**. **Science** American Association for the Advancement of Science, 2015.
- HARANO, K.; MAIA-SILVA, C.; HRNCIR, M. Why do stingless bees (*Melipona subnitida*) leave their nest with resin loads? **Insectes Sociaux**, v. 67, n. 1, p. 195–200, 1 fev. 2020.
- HE, M. et al. Concentrations and dissipation of difenoconazole and fluxapyroxad residues in apples and soil, determined by ultrahigh-performance liquid chromatography electrospray ionization tandem mass spectrometry. **Environmental Science and Pollution Research**, v. 23, n. 6, p. 5618–5626, 1 mar. 2016.
- HILL, I. R. **Aquatic Organisms and Pyrethroids** "Pestic. Sci. [s.l.: s.n.].
- HLADIK, M. L.; MAIN, A. R.; GOULSON, D. Environmental Risks and Challenges Associated with Neonicotinoid Insecticides. 2018.
- HU, Y. et al. Assessment of organochlorine pesticides contamination in underground rivers in Chongqing, Southwest China. **Journal of Geochemical Exploration**, v. 111, n. 1–2, p. 47–55, out. 2011.

IBAMA. **Avaliação de Risco Ambiental do Ingrediente Ativo Imidacloprido Para Insetos Polinizadores.** Disponível em: [http://www.ibama.gov.br/phocadownload/qualidadeambiental/notas-tecnicas/2019-10-25-Ibama-Parecer-Imidacloprido-CP\\_17-OUT-19.pdf](http://www.ibama.gov.br/phocadownload/qualidadeambiental/notas-tecnicas/2019-10-25-Ibama-Parecer-Imidacloprido-CP_17-OUT-19.pdf). Acesso em: 23/05/2022.

IBAMA. **Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis (IBAMA). Relatórios de venda de agrotóxicos.** Disponível em: <http://www.ibama.gov.br/agrotoxicos/relatorios-de-comercializacao-de-agrotoxicos>. Acesso em: 25/05/2022.

IBGE. Disponível em: <https://censo2010.ibge.gov.br/>. Acesso em: 12/08/2020.

IBGE. **CENSO AGROPECUÁRIO 2017.** Disponível em: <https://censoagro2017.ibge.gov.br/>. Acesso em: 14/08/2021.

INDEA. **DIURON NORTOX VERIFICAR RESTRIÇÕES DE USO CONSTANTES NA LISTA DE AGROTÓXICO DO ESTADO DO PARANÁ.** 2006.

INPE. **Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais. Dados sobre os desmatamentos no cerrado.** Disponível em: <http://www.obt.inpe.br/OBT/noticias/inpe-divulga-dados-sobre-o-desmatamento-do-bioma-cerrado.>. Acesso em: 12/04/2021.

IORIS, A. A. R. Rent of agribusiness in the Amazon: A case study from Mato Grosso. **Land Use Policy**, v. 59, p. 456–466, 31 dez. 2016.

JANG, C. S. et al. Developing a reliable model for aquifer vulnerability. **Stochastic Environmental Research and Risk Assessment**, v. 30, n. 1, p. 175–187, 1 jan. 2016.

JIANG, Y. F. et al. Occurrence, distribution and possible sources of organochlorine pesticides in agricultural soil of Shanghai, China. **Journal of Hazardous Materials**, v. 170, n. 2–3, p. 989–997, 30 out. 2009.

KESAVACHANDRAN, C. N. et al. **Adverse health effects of pesticides in agrarian populations of developing countries. Reviews of Environmental Contamination and Toxicology**, 2009.

KILGORE, W. W.; LI, M.-Y. *Environmental Toxicology*. 1976.

LAI, Q. et al. Toxicity effects of procymidone, iprodione and their metabolite of 3,5-dichloroaniline to zebrafish. **Chemosphere**, v. 272, 1 jun. 2021.

LI, J. et al. Simultaneous enantioselective determination of triazole fungicide difenoconazole and its main chiral metabolite in vegetables and soil by normal-phase high-performance liquid chromatography. **Analytical and Bioanalytical Chemistry**, v. 404, n. 6–7, p. 2017–2031, out. 2012.

LI, Z. Prioritizing agricultural pesticides to protect human health: A multi-level strategy combining life cycle impact and risk assessments. **Ecotoxicology and Environmental Safety**, v. 242, p. 113869, set. 2022.

LU, P. et al. Biodegradation of chlorpyrifos and 3,5,6-trichloro-2-pyridinol by *Cupriavidus* sp. DT-1. **Bioresource Technology**, v. 127, p. 337–342, 2013.

LUBICK, N. Endosulfan's exit: U.S. EPA Pesticide review leads to a ban. **Science**, v. 328, n. 5985, p. 1466, 18 jun. 2010.

MAC LOUGHLIN, T. M.; PELUSO, M. L.; MARINO, D. J. G. Multiple pesticides occurrence, fate, and environmental risk assessment in a small horticultural stream of Argentina. **Science of the Total Environment**, v. 802, 1 jan. 2022.

MACOUNOVÁ, K. et al. **Kinetics of photocatalytic degradation of diuron in aqueous colloidal solutions of Q-TiO<sub>2</sub> particles**. **Journal of Photochemistry and Photobiology A: Chemistry**. [s.l.: s.n.].

MARTENS, R. Degradation of [8,9-14C]endosulfan by soil microorganisms. **Applied and Environmental Microbiology**, v. 31, n. 6, p. 853–858, 1976.

MARTINS, K. T. et al. Complementary crops and landscape features sustain wild bee communities. **Ecological Applications**, v. 28, p. 1093–1105, 2018.

MILHOME, M. A. L.; et al. Avaliação do potencial de contaminação de águas superficiais e subterrâneas por pesticidas aplicados na agricultura do Baixo Jaguaribe, CE. **Eng. Sanit Ambiental**, v. 14, p. 363–372, 2009.

MOGREN, C. L.; LUNDGREN, J. G. Neonicotinoid-contaminated pollinator strips adjacent to cropland reduce honey bee nutritional status. **Nature Publishing Group**, 2016.

MUENDO, B. M. et al. Enhanced degradation of diuron by two *Bacillus* species isolated from diuron contaminated sugarcane and pineapple-cultivated soils in Kenya. **Applied Soil Ecology**, v. 157, 1 jan. 2021.

NORTOX, S. A. Cipermetrina nortox 250 ec. p. 1–15, 2006.

ÖZDOĞAN, N. et al. Simultaneous determination of iprodione, procymidone, and chlorflurenol in lake water and wastewater matrices by GC-MS after multivariate optimization of binary dispersive liquid-liquid microextraction. **Environmental Monitoring and Assessment**, v. 190, n. 10, 1 out. 2018.

PAGANO, M. et al. Impact of Neonicotinoids to Aquatic Invertebrates-In Vitro Studies on *Mytilus galloprovincialis*: A Review. **Marine Science and Engineering**, v. 8, p. 1–14, 2020.

PEIXOTO, S. P. et al. Conservação E Proteção Da Água Subterrânea: Uma Revisão De Metodologias De Mapeamento De Aquíferos Para O Ordenamento Territorial. **Revista Caminhos de Geografia**, v. 21, p. 1–14, 2020.

POTTS, S. G. et al. **Safeguarding pollinators and their values to human well-being**. **Nature** Nature Publishing Group, 8 dez. 2016.

RICO, A. et al. Ecological risk assessment of pesticides in urban streams of the Brazilian Amazon. **Chemosphere**, v. 291, 1 mar. 2022.

SÁNCHEZ-BAYO, F.; WYCKHUYS, K. A. G. **Worldwide decline of the entomofauna: A review of its drivers**. **Biological Conservation** Elsevier Ltd, 1 abr. 2019.

SATHISHKUMAR, P. et al. **Persistence, toxicological effect and ecological issues of endosulfan – A review**. **Journal of Hazardous Materials** Elsevier B.V. 15 ago. 2021.

SGOLASTRA, F. et al. Pesticide Exposure Assessment Paradigm for Solitary Bees. **Environmental Entomology**, v. 48, p. 22–35, 2019.

- SHAN, M. et al. Effect of chlorpyrifos on soil microbial populations and enzyme activities. **Journal of Environmental Sciences**, v. 18, n. 1, p. 4–5, 2006.
- SHARMA, R.; JINDAL, R.; FAGGIO, C. Impact of cypermethrin in nephrocytes of freshwater fish *Catla catla*. **Environmental Toxicology and Pharmacology**, v. 88, 1 nov. 2021.
- SHI, Y.; SHI, Y.; ZHENG, L. Individual and cellular responses of earthworms (*Eisenia fetida*) to endosulfan at environmentally related concentrations. **Environmental Toxicology and Pharmacology**, v. 74, 1 fev. 2020.
- SILVA, R. G. C.; et al. NOVA FRONTEIRA DE EXPANSÃO E ÁREAS PROTEGIDAS NO ESTADO DO AMAZONAS. **MERCATOR**, v. 20, p. 1–13, 2021.
- SINGAPORE, B.; SYRIA, T. End Of The Road For Endosulfan. **Environmental Justice Foundation**, p. 1–4, 2003.
- SINGH, M.; SINGH, D. K. Biodegradation of endosulfan in broth medium and in soil microcosm by *Klebsiella* sp. M3. **Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology**, v. 92, n. 2, p. 237–242, fev. 2014.
- STARA, A. et al. Assessing the effects of neonicotinoid insecticide on the bivalve mollusc *Mytilus galloprovincialis*. **Science of the Total Environment**, v. 700, 15 jan. 2020a.
- STARA, A. et al. Acute effects of neonicotinoid insecticides on *Mytilus galloprovincialis*: A case study with the active compound thiacloprid and the commercial formulation calypso 480 SC. **Ecotoxicology and Environmental Safety**, v. 203, 15 out. 2020b.
- TAIWO, A. M. **A review of environmental and health effects of organochlorine pesticide residues in Africa**. **Chemosphere** Elsevier Ltd, 1 abr. 2019.
- TENG, M. et al. Effects of the bioconcentration and parental transfer of environmentally relevant concentrations of difenoconazole on endocrine disruption in zebrafish (*Danio rerio*). **Environmental Pollution**, v. 233, p. 208–217, 1 fev. 2018.
- VAN DEN BERG, H. et al. Pesticide lifecycle management in agriculture and public health: Where are the gaps? **Science of the Total Environment**, v. 742, 2020.
- VERGER, P. J. P.; BOOBIS, A. R. **Reevaluate pesticides for food security and safety**. **Science** American Association for the Advancement of Science, 2013.
- VIEENTIN, G.; MINAYO, C. G.; Saúde, ambiente e desenvolvimento econômico na Amazônia. **Ciência & Saúde Coletiva**, v. 8, p. 1060–1085, 2003.
- VIEIRA GALUCH, M.; CARDOSO, M. T. C. Da reforma agrária ao agronegócio: notas sobre dinâmicas territoriais na fronteira agropecuária amazônica a partir do município de Apuí (Sul do Amazonas). **Estudos Sociedade e Agricultura**, v. 28, n. 2, p. 388, 1 jun. 2020.
- WAGNER, D. L. et al. Insect decline in the Anthropocene: Death by a thousand cuts. **Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America**, v. 118, n. 2, 11 jan. 2021.
- WAICHMAN, A. V. Uma proposta de avaliação integrada de risco do uso de agrotóxicos no estado do Amazonas, Brasil. **Acta Amazonica**, v. 38, n. 1, p. 45–50, 2008.

WAICHMAN, A. V.; EVE, E.; NINA, N. C. S. Do farmers understand the information displayed on pesticide product labels? A key question to reduce pesticides exposure and risk of poisoning in the Brazilian Amazon. **Crop Protection**, v. 26, n. 4, p. 576–583, 2007.

WANG, C. et al. Application of dispersion-solidification liquid-liquid microextraction for the determination of triazole fungicides in environmental water samples by high-performance liquid chromatography. **Journal of Hazardous Materials**, v. 185, n. 1, p. 71–76, 15 jan. 2011.

WEBER, J. et al. Endosulfan, a global pesticide: A review of its fate in the environment and occurrence in the Arctic. **Science of the Total Environment**, v. 408, n. 15, p. 2966–2984, jul. 2010.

WERNER, I.; MORAN, K. **Effects of pyrethroid insecticides on aquatic organisms**. ACS Symposium Series. **Anais...**American Chemical Society, 19 ago. 2008.

YADAV, S. et al. Potential of formulated *Dyadobacter jiangsuensis* strain 12851 for enhanced bioremediation of chlorpyrifos contaminated soil. **Ecotoxicology and Environmental Safety**, v. 213, 15 abr. 2021.

ZHANG, Y. et al. A nationwide survey on the endosulfan residues in Chinese cotton field soil: Occurrence, trend, and ecological risk. **Environmental Pollution**, v. 309, p. 119725, set. 2022.

ZHAO, F. et al. A novel and actual mode for study of soil degradation and transportation of difenoconazole in a mango field. 2018.

## CONCLUSÃO

O desfecho da tese foi avaliar o uso de agrotóxicos no Sul do Amazonas, caracterizando os riscos à saúde humana e ambiental. São usados 22 tipos de ingredientes ativos, metade dos agrotóxicos utilizados não estão aprovados para uso na União Europeia, por serem considerados nocivos para o homem e o ambiente. Os agrotóxicos mais utilizados foram: fungicida difenoconazol, herbicidas glifosato e triclopir botílico, e inseticidas tiametoxam e clorpirifós. O difenoconazol foi o agrotóxico utilizado por mais de agricultores.

Grande parte dos agricultores não seguem recomendações necessárias para o manejo e uso adequado dos agrotóxicos na região, comportamentos que elevaram os níveis de risco a saúde e ao ambiente. O comportamento de proteção à saúde esteve associado a renda e a leitura do rótulo. O comportamento relacionado à proteção do ambiente tem relação com a renda, gênero e assistência técnica.

A vulnerabilidade ocupacional dos agricultores a partir das aplicações individuais é baixa. Entretanto, a vulnerabilidade ocupacional cumulativa, de longo prazo, se apresenta preocupante para a maioria dos agricultores.

Os inseticidas clorpirifós, endosulfan, malationa, cipermetrina, lambda-cialotrina e imidacloprido; os fungicidas difenoconazol e procimidona; e, o herbicida diuron são os agrotóxicos mais perigosos, pois causaram risco em pelo menos 3 compartimentos ambientais avaliados. A água superficial é o compartimento ambiental que apresentou maior risco, ameaçando a biodiversidade aquática.

Ações governamentais sobre o uso de agrotóxicos menos tóxicos e a aplicação de boas práticas agrícolas são necessárias para diminuir a exposição e o risco ambiental e humano a agrotóxicos no Amazonas.

## RECOMENDAÇÕES

Os dados deste estudo fornecem um panorama do comportamento dos agricultores em relação à proteção à saúde e ao ambiente durante o manuseio dos agrotóxicos. Uma porcentagem substancial de agricultores neste estudo não reconheceu a necessidade de usar EPI regularmente. Estratégias para maximizar a proteção dos agricultores contra exposições perigosas ainda requerem inovação para alcançar maior eficácia, principalmente numa região como a amazônica, onde, por exemplo, as características climáticas podem restringir o uso dos EPI atualmente disponível no mercado.

A educação e a formação são vitais para promover o conhecimento dos agricultores sobre potenciais riscos à saúde e ao ambiente dos agrotóxicos. No entanto, mudar o comportamento dos agricultores em relação ao uso de EPI pode exigir um esforço considerável. A ênfase no treinamento ao longo da vida e na educação dos agricultores sobre os riscos do uso dos agrotóxicos é crucial para mudar comportamentos.

A promoção do diálogo sobre o uso dos agrotóxicos e seus riscos pode resultar em uma mudança comportamental. Além disso, identificar redes sociais ativas e envolver os agricultores ou outras agentes que são particularmente influentes na comunidade, pode ser uma estratégia eficaz.

Ainda, no âmbito de intervenções, a criação de uma Escola do Agricultor, com materiais disponíveis tanto no formato impresso como digital (online) onde sejam abordados temas relativos ao uso agrotóxicos, seus riscos, formas de proteção como a seleção de EPI ou manutenção de EPI, provavelmente aumentarão a capacidade de redução da exposição a agrotóxicos e seus efeitos relacionados à saúde.

Os resultados aqui apresentados abrem portas para novas pesquisas. Nessa perspectiva, é interessante entender sob quais condições as escolhas individuais sobre o uso de agrotóxicos podem produzir uma mudança estrutural e quais intervenções e estratégias podem promover tal mudança comportamental em um nível coletivo. Assim, recomendam-se estudos que envolvam todos os atores vinculados ao uso de agrotóxicos no Estado, como os órgãos reguladores, fornecedores e varejistas, na demonstração dos demais entraves que podem estar contribuindo para a vulnerabilidade ocupacional dos usuários de agrotóxicos na região.

Finalmente, indicam-se estudos com métodos de análises laboratoriais dos recursos hídricos da região, a fim de verificar a incidência desses agroquímicos no ambiente.

## REFERÊNCIAS

ANDREA, M. M.; LUCHINI, L. C.; PETTINELLI JR., A. Impact of long-term pesticide applications on some soil biological parameters. **Journal of Environmental Science and Health - Part B Pesticides, Food Contaminants, and Agricultural Wastes**, v. 42, n. 7, p. 759, 2007.

ARIAS-ESTÉVEZ, M. et al. The mobility and degradation of pesticides in soils and the pollution of groundwater resources. **Agriculture, Ecosystems and Environment**, v. 123, n. 4, p. 247–260, 2008.

BEDOS, C. et al. **Mass transfer of pesticides into the atmosphere by volatilization from soils and plants: Overview**. *AgronomieEDP Sciences*, 2002.

BOEDEKER, W. et al. The global distribution of acute unintentional pesticide poisoning: estimations based on a systematic review. **BMC Public Health**, v. 20, n. 1, p. 1–19, 2020.

CALAF. Role of organophosphorous pesticides and acetylcholine in breast carcinogenesis. **Seminars in Cancer Biology**, v. 76, n. February, p. 206–217, 2021.

DEVINE, G. J.; FURLONG, M. J. Insecticide use: Contexts and ecological consequences. **Agriculture and Human Values**, v. 24, n. 3, p. 281–306, 30 jul. 2007.

GROSS, K.; ROSENHEIM, J. A. Quantifying secondary pest outbreaks in cotton and their monetary cost with causal-inference statistics. **Ecological Applications**, v. 21, n. 7, p. 2770–2780, 2011.

IBGE. **CENSO AGROPECUÁRIO 2017**. Disponível em: <https://censoagro2017.ibge.gov.br/>. Acesso em: 14/08/2021.

INPE. **Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais. Dados sobre os desmatamento no cerrado**. Disponível em: <<http://www.obt.inpe.br/OBT/noticias/inpe-divulga-dados-sobre-o-desmatamento-do-bioma-cerrado.>>. Acesso em: 17/08/2021.

KORI, R. K. et al. Identification of markers of depression and neurotoxicity in pesticide exposed agriculture workers. **Journal of Biochemical and Molecular Toxicology**, v. 34, n. 6, 2020.

OLIVEIRA-SILVA, J. J. et al. Influence of social-economic factors on the pesticide poisoning, Brazil. **Revista de Saude Publica**, v. 35, n. 2, p. 130–135, 2001.

ONU. **Organização das Nações Unidas. Declaração Universal dos Direitos Humanos da ONU**. Disponível em: <<https://nacoesunidas.org/pesticidas-matam-200-mil-pessoas-por-intoxicacao-aguda-todo-ano-alertam-especialistas>>.

OSMAN, K. A. et al. Monitoring of pesticide residues in vegetables marketed in Al-Qassim region, Saudi Arabia. **Ecotoxicology and Environmental Safety**, v. 73, n. 6, p. 1433–1439, 2010.

SEPROR. **Governo anuncia investimentos para escoar produção de soja em Humaitá**. Disponível em: <http://www.sepror.am.gov.br/>. Acesso em: 13/08/2021.

VASCONCELOS, Y. Agrotóxicos na berlinda. **Revista FAPESP**, v. 271, p. 18–27, 2018.

WAICHMAN, A. V. Uma proposta de avaliação integrada de risco do uso de agrotóxicos no estado do Amazonas, Brasil. **Acta Amazonica**, v. 38, n. 1, p. 45–50, 2008.