

RELAÇÃO DO USO DE AGROTÓXICOS E MORTALIDADE POR CÂNCER NAS REGIÕES DE SAÚDE DO RIO GRANDE DO SUL

Leandro Perius Heck¹

Daniel Buchholz²

Iara Denise Endruweit Battisti³

Gerson Battisti⁴

Sidinei Radons⁵

Palavras-chave: Pesticidas; Neoplasia; Óbitos; Saúde Ambiental.

INTRODUÇÃO

O uso intensivo de agrotóxicos na agricultura moderna, impulsionado pela demanda por alta produtividade, tem gerado crescentes preocupações quanto aos seus impactos na saúde pública e ambiental (Kucharski, 2021). O Brasil figura entre os maiores consumidores globais de agrotóxicos, apresentando um cenário complexo onde a expansão agrícola e a liberação de novos produtos químicos levantam questões críticas sobre a exposição humana, especialmente em regiões de intensa produção agrícola (Pereira, 2014). Herbicidas e inseticidas, classes amplamente utilizadas, têm sido associados a desfechos adversos à saúde, incluindo o aumento da incidência e mortalidade por neoplasias (Albring et al., 2023; Silva et al., 2020).

A relação entre a exposição a agrotóxicos e o risco de câncer é objeto de investigação epidemiológica, com estudos demonstrando associações significativas

¹ Graduado em Ciência da Computação. Mestrando no Programa de Pós-Graduação em Ambiente e Tecnologias Sustentáveis - Universidade Federal da Fronteira Sul, Campus Cerro Largo-RS, leandroph1992@hotmail.com.

² Graduado em Ciência da Computação. Mestrando no Programa de Pós-Graduação em Ambiente e Tecnologias Sustentáveis - Universidade Federal da Fronteira Sul, Campus Cerro Largo-RS, daniel.buchholz@estudante.uffs.edu.br.

³ Professora Programa de Pós-Graduação em Ambiente e Tecnologias Sustentáveis - Universidade Federal da Fronteira Sul, Campus Cerro Largo-RS, iara.battisti@uffs.edu.br.

⁴ Professor Ciência da Computação, Universidade Regional do Noroeste do Estado do RS, gerson.battisti@gmail.com.

⁵ Professor Programa de Pós-Graduação em Ambiente e Tecnologias Sustentáveis - Universidade Federal da Fronteira Sul, Campus Cerro Largo-RS, sidineiradons@gmail.com

entre a intensidade do uso desses compostos e a mortalidade por tipos específicos de câncer, como linfoma não Hodgkin, leucemias e câncer de próstata, particularmente em populações rurais e em áreas de monocultura (Dutra et al., 2021). Organizações como a Organização Mundial da Saúde (OMS) e o Instituto Nacional de Câncer (INCA) alertam para os riscos, destacando que a exposição pode ocorrer tanto por via ocupacional quanto ambiental (OMS, 2015).

O Rio Grande do Sul (RS), proeminente polo agrícola, apresenta alta taxa de mortalidade por câncer em municípios com elevado consumo de agrotóxicos (Jobim, 2010). A análise espacial e temporal desses óbitos por Região de Saúde auxilia a vigilância e intervenção, dada a heterogeneidade do uso de químicos no estado.

Diante desse contexto, o objetivo principal deste estudo é analisar a relação entre a intensidade de uso de agrotóxicos e a taxa de mortalidade por neoplasia nas Regões de Saúde do RS, no período de 2018 a 2023. Segundamente, busca-se projetar a aplicação de recursos de inteligência artificial para o aprimoramento dessas análises espaciais e epidemiológicas.

DESENVOLVIMENTO

Este estudo com delineamento ecológico utilizou dados secundários agregados por Região de Saúde (RS) e ano (2018-2023), tendo como unidade de análise o par região de Saúde-Ano. O banco de dados integrou indicadores de saúde, demográficos e informações sobre o consumo de herbicidas e inseticidas.

Os dados sobre o uso de agrotóxicos (kg vendidos por ano e mês) foram obtidos da Secretaria Estadual de Agricultura (SIGA). Registros de mortalidade foram extraídos do Sistema de Informações sobre Mortalidade (SIM/DATASUS), e dados demográficos do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE). Para a consolidação e análise, utilizou-se a linguagem R, com bibliotecas como tidyverse para manipulação de dados. O procedimento metodológico envolveu a transformação da granularidade dos dados originais, agrupando-os por município, Corede, CRS e ano, e calculando o volume total comercializado (em kg) e a frequência de registros fiscais.

Para a caracterização agrônômica, foram incorporadas variáveis de área plantada (hectares) de soja, milho e trigo, culturas predominantes na região Noroeste do estado, juntamente com a área cultivada total e estimativas populacionais (número de

habitantes) do IBGE. As informações de saúde foram complementadas com dados do Sistema de Informações de Agravos de Notificação (SINAN) para morbidade, com filtros para casos associados à exposição rural e ambiental a agrotóxicos agrícolas. Para mortalidade, os dados do SIM foram restritos ao grupo de neoplasias (códigos CID-BR-10: 032 a 052), abrangendo neoplasias malignas do trato digestivo, respiratório, urogenital, reprodutor e outras localizações.

Foram calculados dois indicadores padronizados para o período de 2018 a 2023:

1 Intensidade de Uso de Agrotóxicos (quantidade kg por área cultivada): razão entre o volume total anual de agrotóxicos comercializados (em kg) e a área total cultivada do município, mensurando a carga química por unidade de área produtiva.

2 Taxa de Mortalidade por Neoplasias (n óbitos neoplasia por habitantes): quociente entre o número de óbitos por neoplasias e a população residente do município, multiplicado por 100.000, seguindo o padrão epidemiológico para taxas de mortalidade populacionais.

A análise estatística incluiu o teste de normalidade de Shapiro-Wilk e a correlação de Spearman. A análise espacial foi realizada por meio de quartis, classificando as regiões de saúde em níveis de exposição e mortalidade para identificar padrões geográficos.

RESULTADOS, AVANÇOS E REFLEXÕES

A análise estatística revelou uma correlação positiva, forte e estatisticamente significativa entre a intensidade de uso de agrotóxicos e a taxa de mortalidade por neoplasia. O **teste de Shapiro-Wilk** indicou a não normalidade dos dados, justificando o uso da correlação de Spearman. O coeficiente de **correlação de Spearman (ρ)** foi de **0,724 ($p < 0,001$)** para a intensidade de uso de agrotóxicos (herbicidas e inseticidas combinados) e a taxa de mortalidade por neoplasia, demonstrando uma associação robusta.

A análise espacial da comercialização de herbicidas e inseticidas no Rio Grande do Sul, no período de 2018 a 2023, evidenciou padrões territoriais consistentes. Os maiores volumes de **herbicidas** concentram-se nas regiões Oeste e Noroeste do estado, formando um eixo de alta intensidade que inclui territórios como Fronteira Oeste,

Verdes Campos e Sete Povos das Missões. Essa concentração está diretamente associada aos modelos de produção agrícola em larga escala, focados em culturas de *commodity* como soja, milho e arroz irrigado. A reorganização dos dados em quartis reforçou esse padrão, com o quartil superior (Q4 - Crítico) compreendendo regiões com vendas de herbicidas acima de 14.837 toneladas, reproduzindo espacialmente o eixo Oeste-Noroeste. Em contraste, o quartil inferior (Q1) agrupou regiões litorâneas, metropolitanas ou de perfil econômico mais diversificado, com menor dependência de herbicidas.

Similarmente, a comercialização de **inseticidas** também apresentou um eixo de maior intensidade no Noroeste e Norte do estado, com destaque para regiões como Sete Povos das Missões, Fronteira Oeste, Verdes Campos e Diversidade, classificadas no quartil crítico (Q4). Essas áreas, caracterizadas por produção agrícola extensiva e monoculturas, demandam controle constante de pragas, explicando o volume expressivo de inseticidas. A sobreposição geográfica entre as regiões de maior uso de herbicidas e inseticidas indica uma pressão ambiental concentrada em áreas de alta produtividade agrícola.

Observou-se a sobreposição geográfica entre as regiões classificadas no quartil mais alto (Q4 - Crítico) de exposição a agrotóxicos e as de maior mortalidade por neoplasia. Esses **clusters espaciais** de risco reforçam a evidência da associação entre a exposição ambiental a agrotóxicos e desfechos de saúde adversos. Este padrão espacial mostra a necessidade de abordagens territorializadas para a vigilância em saúde e ambiental, direcionando políticas públicas de controle e fiscalização para as regiões de maior risco. Embora o estudo ecológico não permita inferências causais no nível individual, ele estabelece uma forte hipótese de trabalho no nível populacional, fundamental para investigações futuras mais detalhadas.

CONSIDERAÇÕES FINAIS E PROJEÇÕES

Os resultados deste estudo reforçam a evidência da associação entre a exposição ambiental a agrotóxicos e o aumento da taxa de mortalidade por neoplasias no Rio Grande do Sul. A correlação positiva e estatisticamente significativa, juntamente com a identificação de clusters espaciais de risco, mostra a necessidade de políticas públicas de controle e ações de vigilância em saúde nas regiões mais afetadas. A sobreposição a

geográfica entre as áreas de maior uso de agrotóxicos e as de maior mortalidade por câncer é um alerta para a necessidade de promover práticas agrícolas mais sustentáveis e proteger a população exposta.

É importante reconhecer que, embora este estudo ecológico não permita inferências causais no nível individual, ele estabelece uma hipótese de trabalho no nível populacional. Esta pode ser a base para o desenvolvimento de investigações mais aprofundadas, como estudos de caso-controle ou coorte, que possam explorar os mecanismos causais subjacentes a essa associação.

Para trabalhos futuros, propõe-se o uso de Inteligência Artificial e *Machine Learning* (como *Random Forest* e GBM), aliados a técnicas de explicabilidade (SHAP). O objetivo é superar as limitações das análises lineares, criando modelos preditivos precisos para identificar fatores de risco complexos e otimizar a alocação de recursos na vigilância em saúde pública.

REFERÊNCIAS

Kucharski, K. W. **Câncer e Agrotóxico: Uma Análise na Região de Saúde Fronteira Noroeste do Rio Grande do Sul**. Dissertação (Mestrado em Desenvolvimento e Políticas Públicas) – Universidade Federal da Fronteira Sul, Campus Cerro Largo, 2021.

Pereira, R. S. **Uso de agrotóxicos e mortes por câncer no estado do Rio Grande do Sul**. Tese (Doutorado em Saúde Coletiva) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2014.

Albring, K. M. F. et al. **Exposição a agrotóxicos e câncer: revisão integrativa de literatura**. Research, Society and Development, v. 12, n. 1, e10212139043, 2023.

Dutra, L. S. et al. **Uso de agrotóxicos e mortalidade por câncer em regiões de monoculturas**. Saúde em Debate, v. 45, n. 131, p. 1014-1027, 2021.

Organização Mundial da Saúde. **The Public Health Impact of Pesticides**. World Health Organization, 2015.

Jobim, P. F. C. **Existe uma associação entre mortalidade por câncer e uso de agrotóxicos? Uma contribuição ao debate**. Ciência & Saúde Coletiva, v. 15, n. 1, p. 1-10, 2010.