

Uso de agrotóxicos e mortes por câncer no estado do Rio Grande do Sul

Pesticide use and cancer deaths in Rio Grande do Sul, Brazil

Roberto Nascimento de Farias^a

 <https://orcid.org/0000-0002-0946-0279>

E-mail: betofarias.bio@gmail.com

Sílvia Medeiros Thaler^b

 <https://orcid.org/0000-0002-7865-3314>

E-mail: silvia-thaler@saude.rs.gov.br

^aSecretaria de Estado da Saúde do Rio Grande do Sul. Escola de Saúde Pública. Porto Alegre, RS, Brasil.

^bSecretaria de Estado da Saúde do Rio Grande do Sul. Centro Estadual de Vigilância em Saúde. Divisão de Vigilância Ambiental em Saúde. Porto Alegre, RS, Brasil.

Resumo

Este estudo teve como objetivo caracterizar as regiões de saúde do estado do Rio Grande do Sul (RS) quanto ao uso de agrotóxicos e à mortalidade por câncer de próstata, linfoma não Hodgkin (LNH) e leucemias. Para cada região de saúde foram estimados o volume total de agrotóxicos utilizado, o volume usado por área plantada, a proporção de lavouras com uso, a proporção de agricultura familiar e o grau de desigualdade na distribuição das terras. A mortalidade pelos três tipos de câncer foi descrita com base na mortalidade proporcional e na taxa de mortalidade ajustada por idade. A associação entre as variáveis foi estimada pelo coeficiente de correlação de Spearman. A mortalidade por câncer de próstata mostrou-se relacionada à produção agrícola intensa, utilização de elevado volume de agrotóxicos e menor proporção de agricultura familiar. Já a mortalidade por linfoma não Hodgkin e leucemias esteve associada positivamente à proporção de agricultura familiar. Mortalidade proporcional e taxa de mortalidade ajustada por idade mostraram-se positivamente correlacionadas para os três tipos de câncer. Este estudo demonstrou que, nas regiões de saúde do RS, a mortalidade pelos três tipos de câncer investigados está vinculada, em diferentes intensidades, ao uso de agrotóxicos e a características da agricultura praticada.

Palavras-chave: Exposição a Agrotóxicos; Neoplasias; Intoxicação crônica.

Correspondência

Roberto Nascimento de Farias

Escola de Saúde Pública. Av. Ipiranga, 6311, Bairro Partenon.

Porto Alegre, RS, Brasil. CEP: 90610-001.

Abstract

This study characterizes the health regions of the Rio Grande do Sul State regarding pesticide use and mortality by prostate cancer, Non-Hodgkin's Lymphoma and leukemias. Total volume of pesticide used, volume used per planted area, the proportion of crops using pesticides, the proportion of family farming and the degree of inequality in land distribution were estimated for each region. Mortality from the three types of cancer was described by proportional mortality and age-adjusted mortality rate. Association between variables was estimated using Spearman's correlation coefficient. Prostate cancer mortality was associated with intense agricultural production, high volume of pesticide use and a lower proportion of family farming. Mortality from Non-Hodgkin's Lymphoma and leukemias, in turn, was positively associated with the proportion of family farming. Proportional mortality and age-adjusted mortality rate were positively correlated for the three types of cancer. In conclusion, in the health regions of Rio Grande do Sul, mortality by the three types of cancer investigated is associated, albeit at different intensities, with pesticide use and the type of agriculture practiced.

Keywords: Exposure to Pesticides; Neoplasms; Chronic Intoxication.

Introdução

Diversos estudos têm encontrado associação significativa entre distintos agrotóxicos e pelo menos um tipo de câncer, assim como diferentes tipos de câncer ligados a pelo menos um tipo de agrotóxico (Pluth; Zanini; Battisti, 2019). A exposição a agrotóxicos tem sido associada tanto à incidência (Alavanja; Ross; Bonner, 2013; Zhang et al., 2019) quanto à mortalidade por neoplasias, especialmente câncer de próstata, linfoma não Hodgkin (LNH) e leucemias (Chrisman et al., 2009; Pluth; Zanini; Battisti, 2019; Silva et al., 2015; Sperati et al., 1999).

Devido ao atual modelo de desenvolvimento agrícola, o Brasil se tornou, em 2008, o maior consumidor de agrotóxicos do mundo, o que acarreta graves e diversificados danos à saúde pública (Carneiro et al., 2015). O volume comercializado desses produtos tem aumentado continuamente, ano a ano (Ibama, 2022), sendo permitida a venda de diversos agrotóxicos já banidos em outros países (Carneiro et al., 2015). Muitos desses agrotóxicos comercializados no Brasil estão relacionados a um ou mais tipos de câncer (Pluth; Zanini; Battisti, 2019).

Entre os estados brasileiros, o Rio Grande do Sul (RS) é um dos maiores consumidores de agrotóxicos e apresenta elevadas taxas de mortalidade por câncer. Entre 2000 e 2018, o RS se manteve entre os quatro estados que mais comercializaram agrotóxicos no país. Atualmente, ocupa a terceira posição (Ibama, 2022). Há, no estado, taxas historicamente altas de mortalidade por câncer, sobretudo em regiões de produção agrícola intensa, com elevado consumo de agrotóxicos (Jobim et al., 2010). Entre 2014 e 2019, as neoplasias representaram a segunda principal causa de mortes no RS (Rio Grande do Sul, 2020).

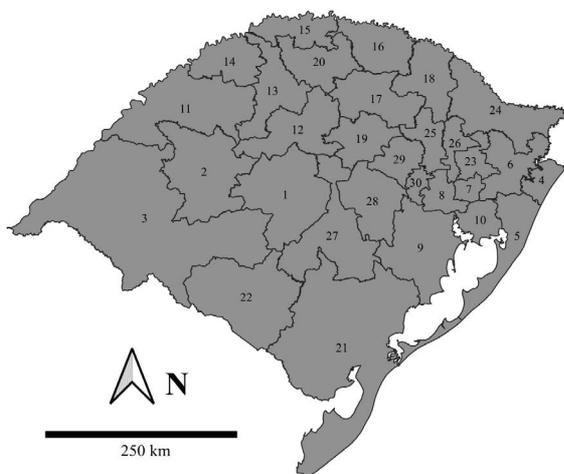
Nesse contexto, este estudo teve como objetivo caracterizar as regiões de saúde do estado do Rio Grande do Sul quanto ao uso de agrotóxicos e à mortalidade por câncer de próstata, linfoma não Hodgkin e leucemias. Foi investigada também a relação do uso de agrotóxicos com características da agricultura praticada, isto é, culturas agrícolas plantadas, proporção de agricultura familiar e grau de desigualdade na

distribuição de terras de lavouras. Este estudo parte do pressuposto de que a população que foi a óbito por câncer sofreu exposição em algum grau, direta ou indireta, aos agrotóxicos em sua região de residência. Dessa forma, é esperada maior mortalidade por câncer nas regiões de saúde com uso mais intenso de agrotóxicos.

Métodos

Este é um estudo epidemiológico exploratório, com delineamento ecológico, que abrangeu toda a área do estado do Rio Grande do Sul. As análises se basearam em dados secundários, de livre acesso, obtidos em nível de municípios e agrupados pelas 30 regiões de saúde (Rio Grande do Sul, 2012, 2014) que compõem o território do RS (Figura 1).

Figura 1 – Limites territoriais das 30 regiões de saúde do estado do Rio Grande do Sul.



As regiões de saúde do estado foram caracterizadas quanto à intensidade de uso de agrotóxicos por meio de três indicadores: o volume utilizado, a taxa de uso e a frequência de uso. O volume utilizado (V) compreende o total de agrotóxicos usado na região de saúde ao longo de um ano e foi estimado com base no somatório dos produtos da área plantada de cada cultura agrícola pela sua respectiva taxa de uso, segundo o seguinte cálculo:

$$V = \sum_{i=1}^{i=34} \left[\frac{(a_i t_i)}{10^3} \right]$$

V: Volume utilizado de agrotóxicos em 2006, expresso em toneladas (ton.);
a: área plantada da cultura agrícola, expressa em hectares (ha);
t: taxa de uso de agrotóxicos da cultura agrícola (kg.ha⁻¹.ano⁻¹);
i: culturas agrícolas.

A área ocupada por cada cultura agrícola foi determinada com base nos dados de produção agrícola municipal (PAM) (IBGE, 2018). Mais especificamente, foram adotados os valores de “área plantada ou destinada à colheita de lavouras temporárias e permanentes” no ano de 2006. Os valores obtidos foram então agrupados por regiões de saúde, a partir do somatório dos seus respectivos municípios.

A taxa de uso de agrotóxicos de cada cultura agrícola (t), isto é, a razão entre volume de agrotóxicos utilizado anualmente e área plantada da referida cultura, foi determinada com base em literatura científica (Tabela 1). Para a maioria das culturas agrícolas, essa taxa foi estimada a partir do estudo que quantificou o volume de agrotóxicos usado nas 24 bacias hidrográficas do estado do Rio Grande do Sul (Rio Grande do Sul, 2010). Os valores expressos em L.ha⁻¹ foram aqui considerados equivalentes a kg.ha⁻¹ para cada bacia hidrográfica e o volume de agrotóxicos aplicado em determinada cultura agrícola foi dividido pela área plantada dessa cultura. A taxa “t” das culturas agrícolas não abarcadas nesse relatório foi obtida por meio do estudo de Pignatti et al. (2017) e dos dados de volume de agrotóxicos comercializado por cultura agrícola, do Sindicato Nacional da Indústria de Produtos para Defesa Vegetal (Sindiveg, 2016).

A taxa de uso de agrotóxicos (T) foi estimada para cada região de saúde com base na razão entre o volume total de agrotóxicos usado e a área total plantada. A variável frequência de uso (F) neste estudo refere-se ao percentual de lavouras que fazem uso de agrotóxicos. Para isso, foram utilizados dados do número de lavouras (permanentes e temporárias) que, segundo o censo agropecuário de 2006 (IBGE, 2006), afirmavam usar agrotóxicos. Os dados municipais foram reunidos em regiões de saúde e convertidos em valores percentuais.

Tabela 1 – Taxa de uso, área plantada e volume de agrotóxicos utilizado por cultura agrícola no estado do Rio Grande do Sul no ano de 2006*

Cultura agrícola	Taxa de uso (kg.ha ⁻¹ .ano ⁻¹)	Área plantada (%)	Volume utilizado (%)
Soja ^a	10,76	48,60	68,89
Milho ^a	4,31	17,87	10,14
Arroz ^a	5,60	12,86	9,48
Trigo ^a	2,16	8,79	2,50
Uva ^a	26,02	0,56	1,91
Fumo ^a	3,32	3,06	1,34
Maçã ^a	51,15	0,19	1,29
Batata ^a	12,83	0,47	0,79
Pêssego ^a	22,75	0,18	0,55
Cebola ^a	29,57	0,14	0,53
Banana ^a	27,43	0,14	0,51
Cítricos ^a	6,63	0,53	0,49
Feijão ^a	1,75	1,54	0,36
Amendoim ^c	22,10	0,06	0,17
Cevada ^a	1,61	0,69	0,15
Cana-de-açúcar ^a	2,22	0,42	0,12
Caqui ^a	33,64	0,03	0,11
Sorgo ^a	2,06	0,33	0,09
Aveia ^a	0,80	0,84	0,09
Erva-mate ^a	1,04	0,50	0,07
Centeio ^b	12,00	0,04	0,07
Melão ^a	17,74	0,03	0,07
Alho ^c	9,60	0,04	0,05
Tomate ^a	12,44	0,03	0,05
Girassol ^a	1,48	0,25	0,05
Ervilha ^a	26,68	0,01	0,04
Mandioca ^a	0,24	1,10	0,03
Linho ^a	0,96	0,24	0,03
Melancia ^a	0,63	0,28	0,02
Mamão ^b	10,00	"0,01	0,01
Manga ^b	3,00	"0,01	"0,01
Abacaxi ^a	6,64	"0,01	"0,01
Outras culturas	—	0,19	—

Fonte: a) Rio Grande do Sul (2010); b) Pignatti et al. (2017); c) Sindiveg (2016)

*Os números sobrescritos correspondem às referências utilizadas como fontes para os valores de taxas de uso das culturas agrícolas

A agricultura praticada em cada região de saúde do estado foi caracterizada quanto à proporção de agricultura familiar e quanto ao grau de desigualdade na distribuição das terras de lavouras, definidos também com base em dados provenientes do censo agropecuário de 2006 (IBGE, 2006). As informações obtidas por municípios foram então agrupadas em regiões de saúde. Os valores indicados com “X” nas tabelas originais correspondiam a dados omitidos para não identificar o informante e foram desconsiderados nas análises. Por sua vez, os valores sinalizados com “-” indicam zero absoluto e foram substituídos por o (zero). Os municípios Cachoeirinha, Esteio, Imbé, Pinto Bandeira e Xangri-lá foram excluídos dessa análise devido à ausência de informações.

A proporção de agricultura familiar nas lavouras (permanentes e temporárias) presentes nas regiões de saúde foi identificada com base no número de lavouras existentes (AFn) e na sua área ocupada (AFa), convertidos em valores percentuais. O grau de desigualdade na distribuição das terras de lavouras foi definido por meio do índice de Gini (G). Esse índice mede a desigualdade de uma distribuição e seu valor varia de zero (distribuição totalmente igualitária) a 1 (desigualdade extrema). Para isso, foram considerados, para cada classe de tamanho de lavoura, o número e a área total das lavouras (permanentes e temporárias). As lavouras com área maior que 2.500 hectares foram agrupadas em uma única classe. O índice de Gini foi calculado da seguinte forma:

$$G = 1 - \sum_{i=1}^{k=n-1} (N_{k+1} - N_k)(A_{k+1} + A_k)$$

G: índice de Gini;

N: proporção acumulada de número de lavouras na classe de tamanho i;

A: proporção acumulada de área total das lavouras na classe de tamanho i.

A mortalidade por câncer nas regiões de saúde foi determinada com base nas variáveis mortalidade proporcional (MP) e taxa de mortalidade padronizada (TP). Foram investigadas três tipologias distintas da doença, segundo as categorias definidas pela 10ª Revisão da Classificação Internacional de Doenças (CID-10): câncer de próstata (CID 61), linfoma não Hodgkin (CID 82-85) e leucemias (CID 91-95). O número de óbitos em cada região de saúde foi calculado com base no somatório dos valores observados nos municípios. Estes, por sua vez,

foram obtidos junto ao Sistema de Informação sobre Mortalidade (SIM), do Ministério da Saúde, e englobaram as mortes ocorridas entre 2014 e 2018. O período de cinco anos foi adotado com o intuito de aumentar o número de municípios com ocorrência de óbitos por esses três tipos de câncer.

A mortalidade proporcional (MP) se refere à proporção de óbitos por cada tipo de câncer, ocorridos no período de 2014 a 2018, e foi calculada da seguinte forma:

$$MP = \frac{\text{números de óbitos por cada tipo de câncer no período}}{\text{número total de óbitos no período}} \times 100$$

Para minimizar o efeito de diferenças etárias entre as populações, as regiões de saúde foram também comparadas por meio de taxas padronizadas de mortalidade, isto é, ajustadas por idade. O ajuste por idade foi feito pelo método direto e teve como referência a população mundial. Para o cálculo, foram considerados os óbitos de ambos os sexos, com idades de o (zero) a mais de 99 anos, agrupados em sete faixas etárias: o a 19 anos, 20 a 29, 30 a 39, 40 a 49, 50 a 59, 60 a 69 e mais de 70 anos. A população residente em cada região de saúde, em cada uma das sete faixas etárias, foi obtida pelo somatório das populações municipais em 2016, estimadas pela Fundação de Economia e Estatística do estado do Rio Grande do Sul (FEE, 2016).

A variação espacial das variáveis medidas foi representada por meio de mapas, com o estado do Rio Grande do Sul dividido em regiões de saúde. Essa divisão foi elaborada a partir do arquivo *shapefile* com a divisão territorial do estado em municípios. As variáveis calculadas neste estudo foram adicionadas como novas colunas na tabela de atributos do arquivo *shapefile* original. Todas essas análises foram desenvolvidas com o auxílio do *software* QGIS, versão 3.12. As variáveis representadas nos mapas foram ordenadas com base em intervalos de quartil, com amplitudes distintas, porém com número de elementos aproximadamente igual (regiões de saúde). O grau de associação entre as variáveis foi estimado por meio do cálculo do coeficiente de correlação de Spearman, com o auxílio do *software* Paleontological Statistics (PAST), versão 4.03 (Hammer; Harper; Ryan, 2001).

Com relação aos aspectos éticos, este estudo utilizou somente dados secundários de domínio público, agregados e anonimizados, sem a possibilidade de identificação dos sujeitos da

pesquisa e, dessa forma, sem necessidade de avaliação pelo sistema CEP/Conep (Brasil, 2016).

Resultados

Esta pesquisa estimou que, no ano de 2006, foram utilizadas 60.421 toneladas de agrotóxicos no

estado do Rio Grande do Sul em uma área plantada de, aproximadamente, 7.959.244 hectares, o que resultou em um valor médio de taxa de uso de 7,59 kg.ha⁻¹.ano⁻¹. Quatro culturas agrícolas (soja, milho, arroz e trigo) ocuparam 88,12% da área plantada e, juntas, foram responsáveis pelo consumo de 91,02% do volume total de agrotóxicos (Tabela 1).

Tabela 2 – Coeficiente de correlação de Spearman entre as variáveis avaliadas nas 30 regiões de saúde do Rio Grande do Sul

	V	T	F	Afa	Afn	G	LNH – MP	Leu – MP	Pro – MP	LNH – TP	Leu – TP
V											
T	0,34										
F	0,54*	0,23									
Afa	-0,41*	-0,11	0,34								
Afn	-0,03	-0,22	0,55*	0,74*							
G	0,49*	0,02	-0,25	-0,93*	-0,57*						
LNH – MP	-0,22	0,14	0,15	0,32	0,11	-0,39*					
Leu – MP	0,01	0,24	0,38*	0,43*	0,29	-0,37*	0,40*				
Pro – MP	0,45*	0,39*	0,03	-0,32	-0,20	0,29	0,07	0,21			
LNH – TP	-0,28	-0,02	-0,07	0,10	-0,14	-0,24	0,88*	0,20	0,10		
Leu – TP	-0,13	0,01	0,02	0,17	0,01	-0,18	0,09	0,76*	0,16	0,10	
Pro – TP	0,07	0,13	-0,45*	-0,48*	-0,59*	0,34	-0,26	0,04	0,56*	0,02	0,41*

*p<0,05

V: volume utilizado de agrotóxicos (ton./ano);

T: taxa de uso de agrotóxicos (kg.ha⁻¹);

F: frequência de uso de agrotóxicos (%);

Afa: proporção de agricultura familiar em área de lavouras (%);

Afn: proporção de agricultura familiar em número de lavouras (%);

G: índice de Gini; LNH – MP: mortalidade proporcional por linfoma não Hodgkin (%);

Leu – MP: mortalidade proporcional por leucemias (%);

Pro – MP: mortalidade proporcional por câncer de próstata (%);

LNH – TP: taxa padronizada de mortalidade por linfoma não Hodgkin (óbitos por 100.000 habitantes);

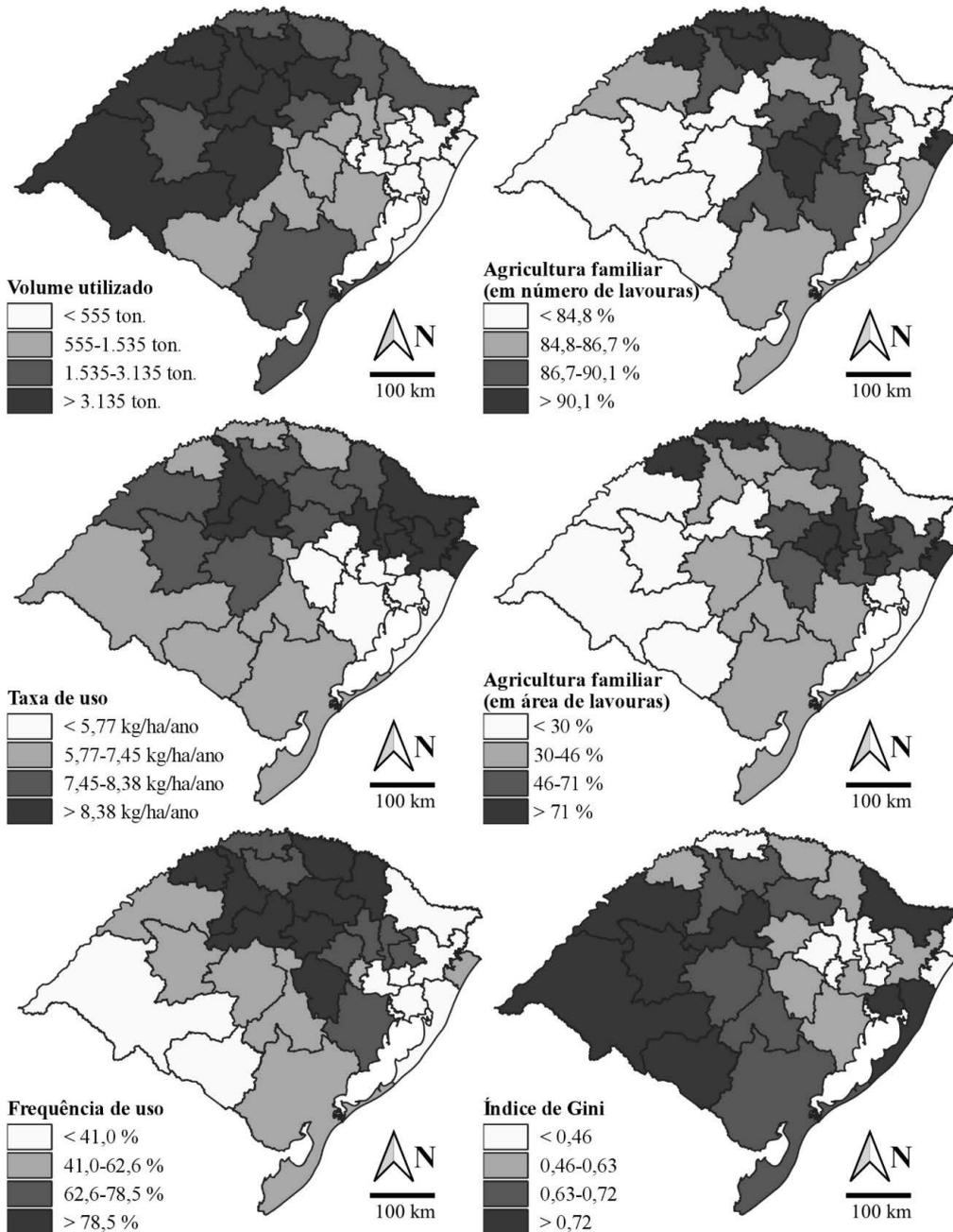
Leu – TP: taxa padronizada de mortalidade por leucemias (óbitos por 100.000 habitantes);

Pro – TP: taxa padronizada de mortalidade por câncer de próstata (óbitos por 100.000 homens)

Entre as regiões de saúde, o volume utilizado de agrotóxicos variou de 62 a 5.776 toneladas. O volume mostrou-se correlacionado positivamente ao índice de Gini (Tabela 2), com os maiores volumes usados sendo observados principalmente na metade oeste do estado (Figura 2). A taxa de uso variou de

4,94 kg.ha⁻¹.ano⁻¹ a 17,78 kg.ha⁻¹.ano⁻¹. As maiores taxas de uso foram encontradas na metade norte do estado, especialmente no extremo nordeste e nas regiões 12 e 13, no Noroeste. A frequência de uso de agrotóxicos variou de 12,05% a 86,03%, com os maiores valores presentes no centro-norte do estado.

Figura 2 – Variação nos valores das variáveis indicadoras de uso de agrotóxicos, na proporção de agricultura familiar e na distribuição das terras de lavouras entre as regiões de saúde do estado do Rio Grande do Sul.



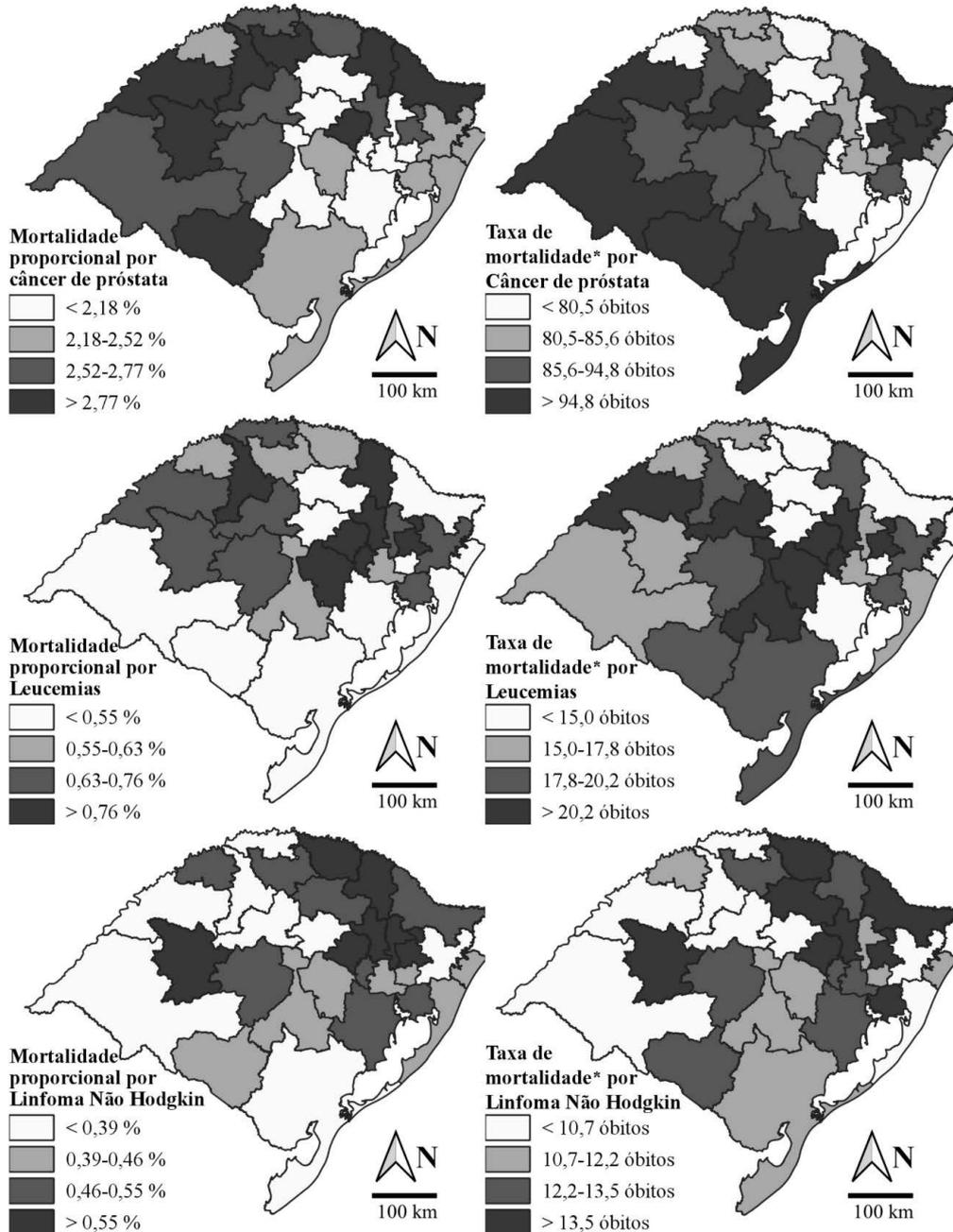
A agricultura familiar abrangia 87,50% da quantidade total de lavouras do Rio Grande do Sul em 2006, mas somente 39,56% da área plantada no estado. Em número de lavouras, houve predomínio da agricultura familiar em todas as regiões de saúde, com percentual variando de 59,76% a 93,65%. Por outro lado, considerando a área plantada de agricultura familiar, observou-se valor mínimo de 5,01% e máximo de 87,19%. Os percentuais de número e de área de lavouras de agricultura familiar mostraram-se positivamente correlacionados com a frequência de uso, porém houve correlação negativa com o índice de Gini e com o volume de agrotóxicos utilizado. O índice de Gini exibiu valor igual a 0,69 para o território do Rio Grande do Sul como um todo e entre as regiões de saúde ele variou de 0,32 a 0,81, com valor médio de 0,59. Seu padrão de variação espacial foi oposto ao observado para o percentual de área de lavouras pertencentes à agricultura familiar.

No estado do Rio Grande do Sul, 2,41% dos óbitos do sexo masculino ocorridos de 2014 a 2018 foram causados por câncer de próstata. Entre as regiões de saúde, a mortalidade proporcional por esse tipo de câncer variou de 1,93% a 3,38%, com valor médio de 2,54%. A mortalidade proporcional por câncer de próstata e a taxa padronizada de mortalidade por esse tipo de câncer apresentaram padrão espacial semelhante, com maiores valores na metade oeste do estado e em algumas regiões de saúde no nordeste (Figura 3). As leucemias foram responsáveis por 0,64% dos óbitos ocorridos no território do estado no período de 2014 a 2018. Entre as regiões de saúde,

a mortalidade proporcional por leucemias exibiu valor médio de 0,67%, com valor mínimo de 0,43% e máximo de 1,24%. A taxa padronizada de mortalidade por leucemias apresentou seus maiores valores principalmente nas regiões de saúde situadas na parte central do estado. A mortalidade proporcional por linfoma não Hodgkin foi de 0,49% para o estado do Rio Grande do Sul e entre as regiões de saúde variou de 0,28% a 0,77%, com valor médio de 0,48%. Para o LNH, a taxa padronizada de mortalidade apresentou padrão espacial similar à mortalidade proporcional, com maiores valores no nordeste do estado.

A mortalidade proporcional e a taxa padronizada de mortalidade demonstraram correlação positiva forte entre si para os três tipos de câncer (Tabela 2). A mortalidade proporcional por leucemias e a mortalidade por linfoma não Hodgkin estiveram positivamente correlacionadas, assim como as taxas ajustadas de mortalidade por câncer de próstata e por leucemias. A mortalidade proporcional por linfoma não Hodgkin expressou correlação negativa com o índice de Gini e positiva com a mortalidade proporcional por leucemias. Essa última se mostrou positivamente associada à frequência de uso de agrotóxicos e à área de agricultura familiar, porém negativamente relacionada ao índice de Gini. A mortalidade proporcional por câncer de próstata esteve positivamente correlacionada ao volume de agrotóxicos utilizado e à taxa de uso. Por sua vez, sua taxa de mortalidade ajustada por idade exibiu correlação negativa significativa com as variáveis AFn, AFa e F.

Figura 3 – Variação na mortalidade proporcional e na taxa de mortalidade padronizada para câncer de próstata, Linfoma Não Hodgkin e leucemias entre as regiões de saúde do estado do Rio Grande do Sul. *as taxas de mortalidade padronizadas foram ajustadas por idade e estão expressas em número de óbitos por 100.000 habitantes, para leucemias e Linfoma Não Hodgkin; para o câncer de próstata, os valores se referem ao número de óbitos por 100.000 homens.



Discussão

Este estudo demonstrou que existe associação entre a intensidade de uso de agrotóxicos e a mortalidade por câncer de próstata, linfoma não Hodgkin e leucemias nas regiões de saúde do estado do Rio Grande do Sul.

O volume de agrotóxicos aplicados esteve relacionado ao modelo agrícola latifundiário de monocultivos para exportação. Isso é evidenciado pelo fato de a quantidade usada de agrotóxicos estar fortemente ligada ao grau de desigualdade na distribuição das terras das lavouras (Tabela 2). Além disso, quatro culturas agrícolas (soja, milho, arroz e trigo) usaram mais de 90% do volume de agrotóxicos estimado para 2006, sendo a soja responsável por aproximadamente 69% (Tabela 1). Esses resultados vão ao encontro das observações de Dutra et al. (2020), que identificaram maiores taxas de mortalidade por câncer de mama, do colo do útero e de próstata em regiões de monocultura de *commodities*, com maiores volumes de agrotóxicos utilizados.

No Brasil como um todo, o elevado consumo de agrotóxicos está associado às lavouras transgênicas e à política desenvolvimentista voltada principalmente para a produção de bens primários para exportação (Almeida et al., 2017; Pignatti et al., 2017). Além de intensificar o uso de agrotóxicos, o modelo agrícola baseado no monocultivo em grandes extensões de terra pode comprometer a soberania alimentar do país. No Brasil, a produção de *commodities* agrícolas como a soja tem gerado também uma redução da área de lavouras vinculadas à alimentação tradicional, como feijão, arroz e mandioca (Valadares; Alves; Galiza, 2020). A desestruturação da policultura tradicional e a crescente mecanização agrícola têm contribuído para a expulsão de trabalhadores do campo para as periferias das cidades e reduzido a área de agricultura familiar no Brasil (Valadares; Alves; Galiza, 2020).

A agricultura familiar mostrou-se relacionada negativamente ao volume de agrotóxicos utilizado. Por outro lado, sua associação foi positiva com a frequência de uso de agrotóxicos. Isso reflete o uso disseminado de agrotóxicos entre os agricultores familiares, fenômeno também observado em âmbito

nacional (Valadares; Alves; Galiza, 2020). Isso se deve, em parte, à política brasileira de incentivo fiscal aos agrotóxicos, assim como à obrigatoriedade da compra de insumos químicos pelos agricultores para a obtenção de crédito agrícola.

Para os três tipos de câncer estudados, a mortalidade proporcional e a taxa de mortalidade ajustada por idade mostraram-se positivamente associadas. No entanto, a relação com as variáveis de intensidade de uso de agrotóxicos e de tipo de agricultura foi significativa somente para a mortalidade proporcional. Isso sugere que a mortalidade por câncer pode também estar ligada a outros fatores.

Um desses fatores é a faixa etária da população, já que a mortalidade por câncer tende a ser mais elevada nos grupos populacionais com idade mais avançada. De acordo com Gouveia et al. (2020), o envelhecimento é um dos principais fatores de risco para leucemias e linfomas no Brasil. Além disso, o tempo de exposição a agrotóxicos é potencialmente maior para pessoas mais velhas. Um segundo fator explicativo é a variação na proporção de mortes por cada categoria de causa. Em estudo realizado na região oeste de Santa Catarina, Ferraz et al. (2014) observaram que nos municípios com maior população urbana o principal motivo das mortes era a causa externa, principalmente por acidentes de trânsito, enquanto nos municípios produtores de tabaco, as neoplasias constituíam a principal causa de mortalidade entre os adultos. Assim, regiões de saúde com maior proporção de população urbana poderiam apresentar maior mortalidade por causas externas, o que reduziria, nessas regiões, a mortalidade proporcional pelas neoplasias aqui estudadas.

A mortalidade por câncer de próstata exibiu padrão espacial distinto daquele observado para leucemias e para linfoma não Hodgkin. Isso se deve, provavelmente, a diferenças de mortalidade entre o sexo masculino e o feminino. Em estudo desenvolvido na Itália, Sperati et al. (1999) observaram que a mortalidade por LNH e por leucemias foi maior que o esperado entre as mulheres. Boccolini et al. (2013), ao estudarem 552 microrregiões geográficas do Brasil, também constataram que a maior magnitude

de risco de mortalidade por LNH associado ao consumo de agrotóxicos ocorreu entre as mulheres, especialmente aquelas com mais de 60 anos. Além disso, cabe lembrar que o câncer de próstata pode afetar somente a população masculina.

A mortalidade por câncer de próstata mostrou-se mais associada às regiões de saúde com produção agrícola intensa, à utilização de elevado volume de agrotóxicos e à menor proporção de agricultura familiar. Esse fato vai ao encontro de estudos anteriores, em que a mortalidade por câncer de próstata esteve associada a áreas de intensa atividade agrícola (Cockburn et al., 2011) e correlacionada positivamente com toneladas de soja produzidas (Silva et al., 2015) e com o volume *per capita* de agrotóxicos comercializados (Chrisman et al., 2009).

Ao contrário do câncer de próstata, a mortalidade por leucemias e por linfoma não Hodgkin mostrou-se associada positivamente à proporção de agricultura familiar e negativamente à concentração de terras (índice de Gini). Dessa forma, o risco de mortalidade por esses dois tipos de câncer pode estar ligado à proximidade com as lavouras onde são aplicados os agrotóxicos. Essa contiguidade contribui também para que a exposição a essas substâncias se dê por longos períodos, o que, segundo Moura et al. (2020), tende a aumentar o risco de desenvolver neoplasias hematológicas, como as leucemias e o LNH. Além disso, segundo a literatura científica (Moura et al., 2020; Pluth; Zanini; Battisti, 2019), o risco de desenvolver neoplasias dos tecidos hematopoéticos e linfóides é significativamente maior em pessoas que vivem próximo a lavouras onde são aplicados agrotóxicos.

Os riscos associados à exposição ocupacional ou acidental a agrotóxicos tendem a incidir mais fortemente sobre os trabalhadores da pequena agricultura familiar do que sobre os da agricultura patronal de larga escala (Valadares; Alves; Galiza, 2020). Isso se deve a diversos fatores, como a inviabilidade técnica para seguir as medidas relacionadas ao preparo e à aplicação dessas substâncias, assim como a falta de locais adequados para seu armazenamento e para a lavagem dos equipamentos de proteção individual (EPI) (Abreu; Alonzo, 2016). Na agricultura familiar, a exposição a agrotóxicos tende também a ser bastante prolongada,

já que o trabalho com esses produtos pode ter início ainda na adolescência e se estender por décadas. No Brasil, o “uso seguro” de agrotóxicos não é viável no contexto da agricultura familiar (Abreu; Alonzo, 2016). Consequentemente, não se pode responsabilizar ou culpabilizar os trabalhadores rurais pelos danos e agravos envolvidos na utilização dessas substâncias.

Os padrões distintos de mortalidade para os três tipos de câncer estudados podem ainda estar relacionados à diversidade de agrotóxicos usados. Diferentes tipos de câncer estão associados a distintos grupos químicos e categorias de agrotóxicos (Pluth; Zanini; Battisti, 2019). Pesquisa desenvolvida em 2010 (Rio Grande do Sul, 2010) constatou grande quantidade de ingredientes ativos (IA) de agrotóxicos aplicados às lavouras do estado do Rio Grande do Sul. Entre os mais usados, estão: herbicidas, como glifosato, atrazina, 2,4D, imazetapir e propanil; inseticidas organofosforados, como metamidofós, fenthion e acefato; e fungicidas, como mancozeb. No entanto, esse estudo não possibilita espacializar o uso de cada ingrediente ativo por região de saúde, o que inviabiliza testar possíveis relações entre esses IA e a mortalidade por câncer.

Além disso, dadas as possíveis interações e sinergias entre os diversos tipos de agrotóxicos utilizados, seu efeito combinado pode ser muito distinto daquele previsto isoladamente para cada substância. É sabido que os agrotóxicos podem interagir entre si de diversas formas, de acordo com sua composição química, o que pode levar a efeitos toxicológicos imprevisíveis sobre a saúde humana (Hernández; Gil; Lacasaña, 2017). Dessa forma, neste estudo, não foram investigadas as possíveis relações das taxas de mortalidade por câncer com os tipos específicos de agrotóxicos e ingredientes ativos utilizados.

Esta pesquisa se baseou somente em bancos de dados de domínio público e de livre acesso, o que se reflete em baixo custo e elevado potencial de reprodutibilidade. Isso possibilita, por exemplo, que o método aqui empregado para caracterizar a intensidade de uso de agrotóxicos pode ser adaptado para outros períodos ou unidades territoriais, como

municípios, bacias hidrográficas e coordenadorias regionais de saúde.

Por outro lado, este estudo também apresenta limitações. As correlações observadas devem ser interpretadas com cautela, devido à possível existência de viés de agregação ou falácia ecológica. Em outras palavras, as associações identificadas em âmbito populacional (de região de saúde) não necessariamente se mantêm no nível individual. Além disso, a análise não levou em conta a diversidade de ingredientes ativos de agrotóxicos nem suas potenciais interações. Uma alternativa mais adequada seria trabalhar com dados de volume comercializado de ingredientes ativos de agrotóxicos. No entanto, como destacam Dutra et al. (2020), as informações sobre a comercialização de agrotóxicos são escassas e/ou não informatizadas e o acesso a esses bancos de dados geralmente é restrito.

As taxas de mortalidade não são o indicador mais adequado para avaliar o risco para câncer. Como bem destacam Silva et al. (2015), as taxas de incidência indicam com mais acurácia o risco da doença, pois o uso de dados de mortalidade como medida de desfecho pode ser influenciado pelo acesso ao diagnóstico e ao tratamento. Além disso, a baixa letalidade de determinados tipos de câncer demonstra que, mesmo desenvolvendo a doença, algumas pessoas vão a óbito principalmente por outras causas. No entanto, há sérias limitações quanto à disponibilidade de dados de incidência e prevalência de câncer para todas as regiões de saúde do estado. Isso reforça a necessidade de implantação do serviço de vigilância do câncer no estado, de modo a qualificar os bancos de dados relativos, permitindo a gestão dos riscos associados aos diversos tipos de neoplasias.

Cabe destacar também que o cálculo das taxas de mortalidade levou em conta a população como um todo. Não foi investigada separadamente a influência de fatores como gênero, raça ou faixa etária, nem a proporção da população rural, isto é, aquela mais diretamente exposta aos agrotóxicos. Sendo assim, novos estudos poderão pesquisar como as taxas de mortalidade por câncer variam conforme a faixa etária da população, os ingredientes ativos usados, as práticas agrícolas e os aspectos da história de vida das pessoas que foram a óbito por essas doenças.

Este estudo corroborou trabalhos anteriores que também encontraram associação entre o uso de agrotóxicos e a mortalidade por câncer e demonstrou como essa relação varia no território do estado do Rio Grande do Sul. Os padrões de variação das taxas de mortalidade, assim como seu grau de ligação com o uso de agrotóxicos, apresentaram diferenças em função do tipo de câncer considerado. A mortalidade por câncer de próstata mostrou-se mais associada às regiões de saúde com produção agrícola intensa, maior concentração de terras e utilização de elevado volume de agrotóxicos. Por outro lado, a mortalidade por leucemias e pelo linfoma não Hodgkin esteve relacionada principalmente à predominância de agricultura familiar, sugerindo uma possível influência do contato mais prolongado com os agrotóxicos. Por fim, tendo em vista as limitações do uso de dados de taxas de mortalidade como indicadores para avaliar o risco para câncer, destaca-se a importância de futuros estudos investigarem as associações aqui identificadas com base em taxas de incidência ou prevalência e, se possível, considerando diferentes grupos populacionais separadamente.

Referências

- ABREU, P. H. B.; ALONZO, H. G. A. O agricultor familiar e o uso (in)seguro de agrotóxicos no município de Lavras/MG. *Revista Brasileira de Saúde Ocupacional*, São Paulo, v. 41, p. 1-12, 2016. DOI: 10.1590/2317-6369000130015
- ALAVANJA, M. C.; ROSS, M. K.; BONNER, M. R. Increased cancer burden among pesticide applicators and others due to pesticide exposure. *CA: A Cancer Journal for Clinicians*, Kennesaw, v. 63, n. 2, p. 120-142, 2013. DOI: 10.3322/caac.21170
- ALMEIDA, V. E. S. et al. Use of genetically modified crops and pesticides in Brazil: growing hazards. *Ciência & Saúde Coletiva*, Rio de Janeiro, v. 22, n. 10, p. 3333-3339, 2017. DOI: 10.1590/1413-812320172210.17112017
- BOCCOLINI, P. M. et al. Pesticide use and non-Hodgkin's lymphoma mortality in

Brazil. *International Journal of Hygiene and Environmental Health*, Jena, v. 216, n. 4, p. 461-466, 2013. DOI: 10.1016/j.ijheh.2013.03.007

BRASIL. Ministério da Saúde. Conselho Nacional de Saúde. *Resolução nº 510, de 7 de abril de 2016*. Brasília, DF, 2016. Disponível em: <http://bvsms.saude.gov.br/bvs/saudelegis/cns/2016/reso510_07_04_2016.html>.

Acesso em: 22 abr. 2021.

CARNEIRO, F. F. et al. (Org.). *Dossiê Abrasco: um alerta sobre os impactos dos agrotóxicos na saúde*. Rio de Janeiro: EPSJV; São Paulo: Expressão Popular, 2015.

CHRISMAN, J. R. et al. Pesticide sales and adult male cancer mortality in Brazil. *International Journal of Hygiene and Environmental Health*, Jena, v. 212, n. 3, p. 310-321, 2009.

DOI: 10.1016/j.ijheh.2008.07.006

COCKBURN, M. et al. Prostate cancer and ambient pesticide exposure in agriculturally intensive areas in California. *American Journal of Epidemiology*, Baltimore, v. 173, n. 11, p. 1280-1288, 2011. DOI: 10.1093/aje/kwro03

DUTRA, L. S. et al. Uso de agrotóxicos e mortalidade por câncer em regiões de monoculturas. *Saúde em Debate*, Rio de Janeiro, v. 44, n. 127, p. 1018-1035, 2020.

DOI: 10.1590/0103-1104202012706

FEE - FUNDAÇÃO DE ECONOMIA E ESTATÍSTICA. *População por município, faixa etária e sexo* - Rio Grande do Sul. Porto Alegre, 2016. Disponível em: <<https://arquivofee.rs.gov.br/indicadores/populacao/estimativas-populacionais-revisao-2018/>>.

Acesso em: 13 nov. 2019.

FERRAZ, L. et al. Principal causa de mortalidade na população adulta: municípios produtores de tabaco versus urbanizados. *Revista Brasileira de Cancerologia*, Rio de Janeiro, v. 60, n. 3, p. 231-237, 2014. DOI: 10.32635/2176-9745.RBC.2014v60n3.469

GOUVEIA, M. S. et al. Comparison of factors associated with leukemia and lymphoma mortality in Brazil. *Cadernos de Saúde Pública*,

Rio de Janeiro, v. 36, n. 8, p. 1-13, 2020.

DOI: 10.1590/0102-311X00077119

HAMMER, Ø.; HARPER, D. A. T.; RYAN, P. D. PAST: Paleontological statistics software package for education and data analysis. *Palaeontologia Electronica*, Purcellville, v. 4, n. 1, p. 1-9, 2001.

HERNÁNDEZ, A. F.; GIL, F.; LACASAÑA, M. Toxicological interactions of pesticide mixtures: an update. *Archives of Toxicology*, Berlim, v. 91, n. 10, p. 3211-3223, 2017.

DOI: 10.1007/s00204-017-2043-5

IBAMA - INSTITUTO BRASILEIRO DO MEIO AMBIENTE E DOS RECURSOS NATURAIS RENOVÁVEIS. *Consolidação de dados fornecidos pelas empresas registrantes de produtos técnicos, agrotóxicos e afins, conforme art. 41 do Decreto nº 4.074/2002*. Brasília, DF, 2022. Disponível em: <<https://www.gov.br/ibama/pt-br/assuntos/quimicos-e-biologicos/agrotoxicos/relatorios-de-comercializacao-de-agrotoxicos>>.

Acesso em: 4 dez. 2020.

IBGE - INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. *Censo agropecuário 2006*. Rio de Janeiro, 2006.

IBGE - INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. Produção agrícola municipal: tabela 5457 - área plantada ou destinada à colheita, área colhida, quantidade produzida, rendimento médio e valor da produção das lavouras temporárias e permanentes. Rio de Janeiro, 2018. Disponível em: <<https://sidra.ibge.gov.br/tabela/5457>> Acesso em: 14 out. 2020.

JOBIM, P. F. C. et al. Existe uma associação entre mortalidade por câncer e uso de agrotóxicos?: uma contribuição ao debate. *Ciência & Saúde Coletiva*, Rio de Janeiro, v. 15, n. 1, p. 277-288, 2010. DOI: 10.1590/S1413-81232010000100033

MOURA, L. T. R. et al. Exposição ocupacional a agrotóxicos organofosforados e neoplasias hematológicas: uma revisão sistemática. *Revista Brasileira de Epidemiologia*, Rio de Janeiro, v. 23, p. 1-15, 2020. DOI: 10.1590/1980-549720200022

PIGNATI, W. A. et al. Spatial distribution of pesticide use in Brazil: a strategy for Health

Surveillance. *Ciência & Saúde Coletiva*, Rio de Janeiro, v. 22, n. 10, p. 3281-3293, 2017. DOI: 10.1590/1413-812320172210.17742017

PLUTH, T. B.; ZANINI, L. A. G.; BATTISTI, I. D. E. Exposição a agrotóxicos e câncer: uma revisão integrativa da literatura. *Saúde em Debate*, Rio de Janeiro, v. 43, n. 122, p. 906-924, 2019. DOI: 10.1590/0103-1104201912220

RIO GRANDE DO SUL. Secretaria da Saúde. Centro de Vigilância em Saúde. *Relatório final: levantamento do uso e da criticidade dos agrotóxicos usados no estado do Rio Grande do Sul*. Porto Alegre: Talha-Mar Soluções Ambientais, 2010.

RIO GRANDE DO SUL. Secretaria da Saúde. *Relatório detalhado de prestação de contas do 2º quadrimestre de 2020*. Porto Alegre, 2020. Disponível em: <<https://saude.rs.gov.br/upload/arquivos/202010/08160511-2-rdqa-2020-22-09-2020.pdf>>. Acesso em: 15 maio 2023.

RIO GRANDE DO SUL. Secretaria da Saúde. *Resolução nº 499/14 - CIB/RS*. Porto Alegre, 2014. Disponível em: <<https://saude.rs.gov.br/upload/arquivos/201703/28155805-resolucao-cib-499-14.pdf>>. Acesso em: 15 maio 2023.

RIO GRANDE DO SUL. Secretaria da Saúde. *Resolução nº 555/12 - CIB/RS*. Altera a configuração e a quantidade de Regiões de Saúde no Rio Grande do Sul, e institui as Comissões Intergestores Regionais - CIR. Porto Alegre, 2012. Disponível em: <<https://saude.rs.gov.br/upload/arquivos/201703/28155806-resolucao-cib-555-12.pdf>>. Acesso em: 15 maio 2023.

SILVA, J. F. S. et al. Correlação entre produção agrícola, variáveis clínicas-demográficas e câncer de próstata: um estudo ecológico. *Ciência & Saúde Coletiva*, Rio de Janeiro, v. 20, n. 9, p. 2805-2812, 2015. DOI: 10.1590/1413-81232015209.00582015

SINDIVEG - SINDICATO NACIONAL DA INDÚSTRIA DE PRODUTOS PARA DEFESA VEGETAL. *Comercialização de agrotóxicos - 2012 a 2014*. São Paulo, 2016. Disponível em: <<https://dados.contraosagrototoxicos.org/dataset/>

>. Acesso em: 13 nov. 2019.

SPERATI, A. et al. Mortality among male licensed pesticide users and their wives. *American Journal of Industrial Medicine*, Hoboken, v. 36, n. 1, p. 142-146, 1999. DOI: 10.1002/(sici)1097-0274(199907)36:1<142::aid-ajim20>3.0.co;2-e

VALADARES, A.; ALVES, F.; GALIZA, M. *O crescimento do uso de agrotóxicos: uma análise descritiva dos resultados do censo agropecuário 2017*. Brasília, DF: Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada, 2020. (Nota técnica, n. 65). Disponível em: <https://repositorio.ipea.gov.br/bitstream/11058/9947/1/NT_65_Disoc_0%20Crescimento%20do%20uso%20de%20agrototoxicos.pdf>. Acesso em: 15 maio 2023.

ZHANG, L. et al. Exposure to glyphosate-based herbicides and risk for non-Hodgkin lymphoma: a meta-analysis and supporting evidence. *Mutation Research*, Amsterdam, v. 781, p. 186-206, 2019. DOI: 10.1016/j.mrrev.2019.02.001

Contribuição dos autores

Roberto compilou os dados utilizados, fez as análises estatísticas e elaborou as figuras. Ambos os autores trabalharam conjuntamente na concepção do manuscrito e na sua redação.

Recebido: 17/8/2022

Reapresentado: 19/3/2022; 17/8/2022

Aprovado: 14/4/2023