

## Os agrotóxicos na atmosfera e sua ausência nas políticas públicas de qualidade do ar

### Pesticides in the atmosphere and their absence in public air quality policies

Edson Henrique Gaspar Massi<sup>1\*</sup>, Victor Pontes Piracelli<sup>1</sup>, Pimperelli Jonco dos Santos<sup>2</sup>, Luana Floriano<sup>2</sup>, Renato Zanella<sup>2</sup>, Maria Cristina Solci<sup>1</sup>

---

#### RESUMO

A determinação de agrotóxicos no ar é um tema transversal e para que sejam subsidiadas políticas públicas ambientais e de saúde é necessário o fomento de estudos das áreas técnico-científicas contribuindo para o fortalecimento dos sistemas normativos. Assim, o presente artigo apresenta a determinação de agrotóxicos presentes no material particulado fino atmosférico coletados em área urbana de Ibiporã, norte do Estado do Paraná. Utilizando a cromatografia gasosa e líquida acopladas à espectrometria de massas em série foram confirmadas a presença de permetrina, picoxistrobina, atrazina, azametifós, benfuracarbe, cresoxim-metílico, clomazone, clorraniliprole, dicrotofós, dimoxistrobina, espinosade D, etiofencarbe, fenamidona e fenpiroximato-(E). As concentrações médias totais dos agrotóxicos somaram 1,1 e 0,7 ng m<sup>-3</sup> para setembro e novembro, respectivamente. Os resultados, em conjunto com outros estudos, poderão subsidiar políticas públicas de qualidade do ar englobando os agrotóxicos, objetivando a proteção da saúde ambiental e humana.

**Palavras-chave:** Agrotóxicos; Ar; Políticas públicas; Saúde ambiental; Saúde humana.

---

#### ABSTRACT

The determination of pesticides in the air is a cross-cutting theme and for them to be subsidized environmental and health public policies, it is necessary to promote studies in the areas of contributing to the strengthening of regulatory systems. Thus, this article presents the determination of pesticides present in atmospheric fine particulate matter collected in an urban area of Ibiporã, northern Paraná State. Using gas and liquid chromatography coupled to serial mass spectrometry were confirmed the presence of permethrin, picoxystrobin, atrazine, azamephthphos, benfuracarbe, cresoxim-methyl, clomazone, chlorrantraniliprole, dirotofos, dimoxystrobin, synosade D, etiofencarb, phenamidone and phenpiroxime-(E). The total mean concentrations of pesticides totaled 1,1 and 0,7 ng m<sup>-3</sup> september and november, respectively. The results, together with other studies, may subsidize public policies of air quality encompassing pesticides, aiming at the environmental and human health protection.

**Keywords:** [Pesticides; Air; Public policies; Environmental health; Human health.]

---

<sup>1</sup> Instituição de afiliação 1. Universidade Estadual de Londrina

\*E-mail: edsonmassi@gmail.com

<sup>2</sup> Instituição de afiliação 2. Universidade Federal de Santa Maria

## INTRODUÇÃO

A maior parte da população mundial vive em cidades. A urbanização acelerada do planeta traz inúmeros desafios, pois são as cidades que consomem grande parte dos produtos e serviços, da energia e dos alimentos, bem como geram a quase totalidade dos resíduos sólidos, esgotos, da poluição das águas e do ar (TRIGUEIRO, 2017). O crescimento populacional nas últimas décadas impôs a necessidade de aumentar a produção de alimentos. Deste sistema, a chamada revolução verde, focada no aumento da produtividade agrícola no mundo, utilizou grandes quantidades de agrotóxicos (RIGOTTO; VASCONCELOS; ROCHA, 2014). No Brasil, as culturas agrícolas, o aumento do uso de agrotóxicos e manejo integrado são indissociáveis, porque em virtude dos dois primeiros, emergiu a necessidade de aprimorar econômica e ambientalmente o controle de pragas nas lavouras, sendo o método mais difundido de controle de pragas, o uso de agrotóxicos (BUENO *et al.*, 2012). O risco para o meio ambiente e para a saúde humana decorrente da contaminação por agrotóxicos vêm sendo investigados ao longo dos anos e o desenvolvimento e a aplicação de métodos para detectar a presença de agrotóxicos não consistem em assunto novo no campo das ciências ambientais (SOUZA *et al.*, 2017). A produção de grandes monoculturas tem associado o seu uso intensivo e a utilização de agrotóxicos e este uso nas lavouras pode condicionar sua presença no ar, contribuindo com indagações quanto a ausência de políticas públicas sobre a qualidade do ar, em se tratando de agrotóxicos. Portanto, há necessidade de estudos sobre a dispersão de agrotóxicos no ar, visando fomentar o aprimoramento de políticas públicas de qualidade do ar que promovam a sustentabilidade. Assim, o presente artigo tem por objetivo a determinação de agrotóxicos no ar atmosférico em área urbana de região metropolitana do Paraná, a fim de incrementar as discussões entre pesquisadores, gestores e atores interessados, dada a relevância deste tema.

## LEGISLAÇÃO E POLÍTICAS PÚBLICAS: AGROTÓXICOS

A legislação, enquanto prática institucional, tem papel fundamental na estruturação das políticas públicas. No Brasil, os agrotóxicos são regidos pela Lei Federal nº 7.802 de 1989 (BRASIL, 1989) conhecida como a “Lei dos Agrotóxicos” regulamentada pelo Decreto Federal nº 4.074 de 2002 (BRASIL, 2002). Essa

normatividade é considerada até então avançada em termos da saúde humana e do meio ambiente, por introduzir critérios ambientais, de saúde pública e de desempenho agrônômico (ALMEIDA *et al.*, 2017). Atualmente a responsabilidade de avaliar, reavaliar e registrar agrotóxicos compete à três instituições: Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA), Ministério da Saúde (MS) e Ministério do Meio Ambiente (MMA), atuando de forma autônoma, sendo o MAPA responsável apenas pelo que lhe compete, a avaliação do desempenho agrônômico dos agrotóxicos; ao Ministério da Saúde, no caso a ANVISA, compete a avaliação toxicológica; e ao MMA representado pelo Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis (IBAMA), a avaliação ambiental, cujas atribuições estão detalhadamente no Decreto Federal nº 4.074 de 2002. Todavia, na atual conjuntura política, uma série de propostas de Projetos de Lei (PL) em pauta, buscam a alteração da lei dos agrotóxicos, representando um retrocesso às conquistas legislativas elencadas como: substituição da terminologia “agrotóxicos” por “produto defensivo fitossanitário”, o que permite minimizar ou mesmo anular a percepção de toxicidade intrínseca que essas substâncias representam à saúde humana e ao ambiente, transmitindo uma ideia de que são inofensivos; perda do poder de decisão dos Ministérios da Saúde e do Meio Ambiente; perda de autonomia dos Estados; flexibilização dos casos de proibição dos registros; e as incoerências do texto e flexibilização do uso de agrotóxicos (ALMEIDA *et al.*, 2017). Um preço há de ser pago por todo o "sucesso" na produção agrícola. Uma constatação se refere ao fato de os impactos negativos à saúde e ao ambiente não serem contabilizados no preço final dos produtos, socializados por meio do que a economia denomina externalidade negativa. Muito pouco ou nada desses impactos é embutido no preço desses insumos ou de bens alimentícios produzidos no Brasil, sendo assumidos pelo sistema de saúde e da previdência social, dentre outros (SOARES; PORTO, 2012).

É necessário salientar que no país, as normas legais ambientais através do Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA) nº 357/2005 e da Portaria de Consolidação nº 888/2021 do MS (ANVISA, 2021), apresentam as quantidades máximas permitidas de concentrações de alguns agrotóxicos a serem encontrados respectivamente na água por classe de rio e para abastecimento humano. Ademais, há o Programa de Análise de Resíduos de Agrotóxicos em Alimentos (PARA) que elabora diagnósticos sobre os níveis de agrotóxicos presentes em alimentos (ANVISA, 2020).

Neste contexto, as jurisdições regulamentárias de diversas nações promulgaram valores padrão para agrotóxicos em solos, ar, água potável e commodities agrícolas. 54 nações possuem valores de orientação para regulamentar os agrotóxicos em solos, 102 nações elucidam a concentração máxima de agrotóxicos a serem encontradas na água potável e mais de 90 nações forneceram limites máximos de resíduos de agrotóxicos em commodities agrícolas. No entanto, apenas os Estados Unidos da América (EUA) regulamentaram e derivaram os níveis máximos de concentrações de agrotóxicos no ar sistematicamente (LI; JENNINGS, 2017).

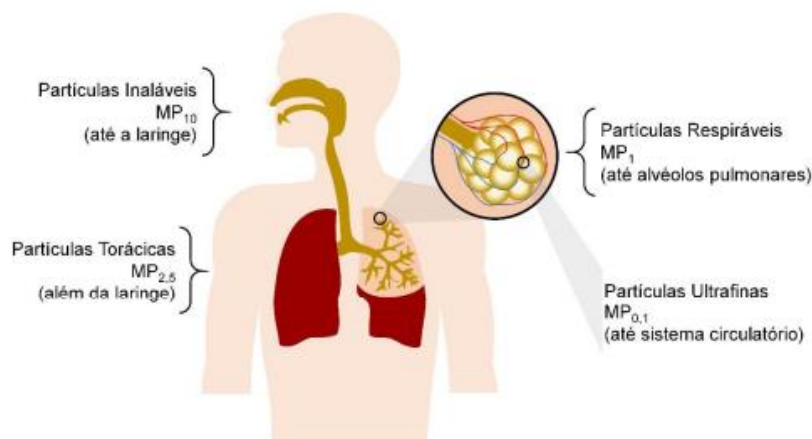
## **AUSÊNCIA DE NORMATIVAS PARA A QUALIDADE DO AR NO BRASIL PARA OS AGROTÓXICOS**

A Lei Federal nº 6.938 de 1981 (BRASIL, 1981), denominada Política Nacional de Meio Ambiente (PNMA), entende a poluição como a deterioração da qualidade ambiental resultante de atividades que direta ou indiretamente prejudiquem a saúde, segurança e bem-estar da população e afetem desfavoravelmente a biota, os recursos ambientais, a atmosfera, as águas interiores, superficiais e subterrâneas, os estuários, o mar territorial, o solo, o subsolo e os elementos que constituem a biosfera.

No que concerne aos poluentes atmosféricos, o material particulado (MP) representa notável relevância em face da sua complexidade, referente a composição química e propriedades físicas, incluindo uma expressiva classe de poluentes constituída em poeira, fumaça e todo material sólido e líquido que, devido ao pequeno tamanho, mantém-se suspenso no ar (CETESB, 2020). O MP é classificado quanto ao tamanho considerando o diâmetro aerodinâmico médio das partículas, sendo as partículas inaláveis grossas (MP<sub>2,5-10</sub>) as que possuem o diâmetro aerodinâmico médio no intervalo de 2,5 a 10 µm e as partículas finas ou respiráveis (MP<sub>2,5</sub>) as iguais ou inferiores a 2,5 µm (FREITAS; SOLCI, 2009). Quanto ao MP, vem sendo apontadas associações com um grande número de problemas de saúde (ANDRADE *et al.*, 2011; DANNI-OLIVEIRA, 2008; GOUVEIA *et al.*, 2006), motivo pelo qual tem despertado grande interesse científico, tanto por sua relação com efeitos adversos à saúde humana, quanto pelos efeitos causados ao ambiente (SANTIAGO *et al.*, 2015). É notório que a capacidade de penetração de MP no corpo humano, a partir das vias aéreas, deverá ser maior quanto menor o for diâmetro aerodinâmico (BRITO; SODRÉ; ALMEIDA, 2018). Um esquema

representativo da penetração de MP atmosférico em diferentes partes do sistema respiratório humano é representado na (Figura 1).

**Figura 1** – Regiões de deposição para partículas atmosféricas no sistema respiratório de acordo com o diâmetro aerodinâmico.



Fonte: BRITO; SODRÉ; ALMEIDA (2018, p. 11)

O Brasil possui padrões de qualidade do ar estabelecidos pela Resolução CONAMA nº 491/2018. Segundo esta resolução, o padrão de qualidade do ar é um dos instrumentos de gestão da qualidade do ar, determinado como valor de concentração de um poluente específico na atmosfera, associado a um intervalo de tempo de exposição para que o meio ambiente e a saúde da população sejam preservados em relação aos riscos de danos causados pela poluição atmosférica. Todavia ela não prevê nenhum contaminante proveniente dos agrotóxicos como valor de concentração na atmosfera, tornando os estudos de identificação e concentração de agrotóxicos no ar, ferramentas cruciais na contribuição de novas normativas e promoção de políticas públicas.

## METODOLOGIA

A presente pesquisa adota o método dialético sobre a ausência de políticas públicas de agrotóxicos no ar no Brasil e sua determinação na atmosfera.

Para a determinação dos agrotóxicos no material particulado fino, os coletores para amostragem do MP<sub>2,5</sub> e MP<sub>1</sub> foram instalados no pátio do Fórum de Justiça de Ibiporã, Norte do Paraná, escolhido por se tratar de área urbana e proximidades de áreas agrícolas. A coleta de informações a campo foi alinhada com a aplicação de agrotóxicos de acordo com o ano agrônômico da soja, conforme (Tabela 1).

**Tabela 1** – Período usual de aplicação de agrotóxicos em lavouras de soja.

<b>Tipo de Agrotóxico</b>	<b>Época</b>
Herbicida para dessecação de área total	Em torno de 02 semanas antes da semeadura
Herbicida para eliminação de ervas daninhas nas entrelinhas da lavoura	Em torno de 04 a 05 semanas após a semeadura
Inseticidas	01 a 02 aplicações 2 a 3 semanas após semeadura 01 a 04 aplicações distribuídas entre a fase de pré-floração até desenvolvimento completo do grão
Fungicidas	01 a 03 aplicações distribuídas entre 08 a 11 semanas após a semeadura

Fonte: MPPR (2018)

Foram instalados 4 amostradores de baixo volume do tipo ciclone (MP<sub>1,0</sub> e MP<sub>2,5</sub> - URG-2000-30EH, URG Corporation, EUA) para coleta de MP<sub>2,5</sub> e MP<sub>1</sub> operados na vazão de 14 L min<sup>-1</sup> usando filtros de fibra de vidro. Os coletores foram conectados a uma bomba de diafragma e as vazões foram controladas via válvula de agulha sendo a vazão verificada por rotâmetro de esfera, (Figura 2).

**Figura 2** – Regiões de deposição para partículas atmosféricas no sistema respiratório de acordo com o diâmetro aerodinâmico.



Fonte: Autoria própria (2019)

As coletas foram realizadas diariamente durante duas semanas no mês de setembro e uma semana no mês de novembro de 2019, anotando os valores de vazão (cm<sup>3</sup> s<sup>-1</sup>), hora da coleta, temperatura (°C), direção do vento (Norte, Sul, Leste, Oeste), rajada

( $\text{km h}^{-1}$ ) e umidade relativa do ar (%). Após a coleta, os filtros foram colocados em placas de Petri, vedados e guardados sobre refrigeração. Em condições controladas de temperatura e umidade relativa, os filtros foram pesados antes e após a coleta a campo em balança ultra analítica com precisão de  $1 \mu\text{g}$  (METTLER TOLEDO AX26, Suíça) para a quantificação gravimétrica.

Para as determinações da concentração dos agrotóxicos foram utilizadas as técnicas de cromatografia gasosa e cromatografia líquida de ultra-alta eficiência acoplada à espectrometria de massas em série (GC-MS/MS e UHPLC-MS/MS, respectivamente) realizadas no Laboratório de Análises de Resíduos de Pesticidas (LARP) da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM). As amostras foram extraídas em acetonitrila com o auxílio de ultrassom, filtradas em filtros de nylon de  $0,2 \mu\text{m}$  e analisados por GC-MS/MS e UHPLC-MS/MS.

## RESULTADOS E DISCUSSÕES

Uma das questões presentes no debate atual sobre a agricultura é justamente as formas de sustentabilidade (MIRANDA, 2017; MAAS; MALVESTITI; GONTIJO, 2020). Neste tema há necessidade de somatórios das externalidades negativas na avaliação do ciclo de vida dos processos produtivos em virtude do consumo de agrotóxicos. Qual o real impacto desse consumo no ambiente e saúde? Quais são as outras opções para o manejo adequado das lavouras? Segundo o Instituto de Pesquisas Econômicas Aplicadas (IPEA, 2019), a aplicação do uso intensivo de agrotóxicos pode gerar um conjunto de externalidades negativas e salienta que a existência destas externalidades negativas implica uma falha de mercado no setor.

Diversos autores tratam dessas externalidades negativas elucidando os impactos ambientais incluindo a contaminação da água, plantas, solo e ar, diminuição no número de organismos vivos e aumento da resistência de pestes, bem como os impactos sobre seres humanos que vão desde simples náuseas, dores de cabeça e irritações na pele até problemas crônicos, como diabetes, malformações congênitas e vários tipos de câncer (EVANGELOU *et al.*, 2016; LARSEN; GAINES; DESCHÊNES, 2017; MILNER; BOYD, 2017; DUTRA; FERREIRA, 2017). As externalidades negativas advindas dos agrotóxicos no contexto da Vigilância em Saúde são direcionadas para a água, solo e na saúde do trabalhador. Portanto, necessita-se do fomento do aprimoramento das medidas



de Vigilância em Saúde Ambiental para grupos populacionais expostos ao ar contaminado por agrotóxicos (SOUZA *et al.*, 2017).

Os resultados a seguir objetivam contribuir para o conhecimento desse problema de saúde ambiental, através da identificação destes agrotóxicos no ar.

Foram analisadas 45 amostras, coletadas entre os dias 11 e 23 de setembro e 18 e 24 de novembro de 2019, no Fórum de Justiça de Ibiporã/PR. A (Tabela 2) apresenta a frequência de ocorrência dos agrotóxicos nas amostras de MP fino. Dos resultados obtidos por GC-MS/MS, identificou-se em setembro de 2019 a presença de permetrina e picoxistrobina no MP<sub>2,5</sub>. A análise por UHPLC-MS/MS identificou 28 compostos no MP fino.

**Tabela 2** – Frequência dos agrotóxicos identificados no MP<sub>1</sub> e MP<sub>2,5</sub>, faixa de concentração, limites de detecção (LD) e quantificação (LQ) em  $\mu\text{g m}^{-3}$ . Amostragem realizada nos meses de setembro e novembro, 2019. Ibiporã/PR.

Agrotóxico	LD ( $\mu\text{g m}^{-3}$ )	LQ ( $\mu\text{g m}^{-3}$ )	Faixa de concentração ( $\mu\text{g m}^{-3}$ )	*MP <sub>1</sub>	*MP <sub>2,5</sub>	*Set.	*Nov.	Total
Atrazina	7	21	<LQ – 75	12	13	12	13	25
Azametifós	7	21	<LQ	1	3	3	1	4
Benfuracarbe	25	83	<LQ	3	9	9	3	12
Clomazone	12	42	<LQ – 49	1	2	3		3
Clorantraniliprole	25	83	<LQ	2	9	8	3	11
Cresoxim-metilico	7	21	<LQ – 25	3	10	9	4	13
Dicrotofós	7	21	<LQ	3	9	9	3	12
Dimoxistrobina	7	21	<LQ	3	5	5	3	8
Espinosade D	7	21	<LQ	3	9	9	3	12
Etiofencarbe	7	21	<LQ	1	5	5	1	6
Fenamidona	7	21	<LQ	3	9	9	3	12
Fenproxiato-(E)	7	21	<LQ	4	9	9	4	13
Furatiocarbe	7	21	<LQ	3	9	9	3	12
Hexitriazoxi	7	21	<LQ	3	9	9	3	12
Indoxacarbe	12	42	<LQ	3	7	7	3	10
Iprodiona	12	42	<LQ	3	9	9	3	12
Mefosfolam	7	21	<LQ	3	8	8	3	11
Metolacoloro	7	21	<LQ – 59	3	2	-	5	5
Metomil	7	21	<LQ	1	0	-	1	1
Pencicuron	7	21	<LQ	3	6	6	3	9
Penoxulam	12	42	<LQ	0	1	1	-	1
Permetrina cis	250	832	<LQ – 988	2	1	3	-	3
Picoxistrobina	7	21	<LQ – 205	5	9	11	3	14
Pirazofós	7	21	<LQ	3	1	4	3	7
Primidifós-etílico	7	21	<LQ	3	9	9	3	12
Quizalofop-P-etílico	7	21	<LQ	3	5	5	3	8
Tebuconazol	12	42	<LQ	0	1	1		1
Tebufenpirade	250	832	<LQ	3	8	8	3	11

\*Frequência; total de 21 dias analisados (MP<sub>1,0</sub> e MP<sub>2,5</sub>) entre 11 e 23 de setembro e 18 e 24 de novembro de 2019; <LQ concentração menor que o limite de quantificação do método. Análise por UHPLC-MS/MS.

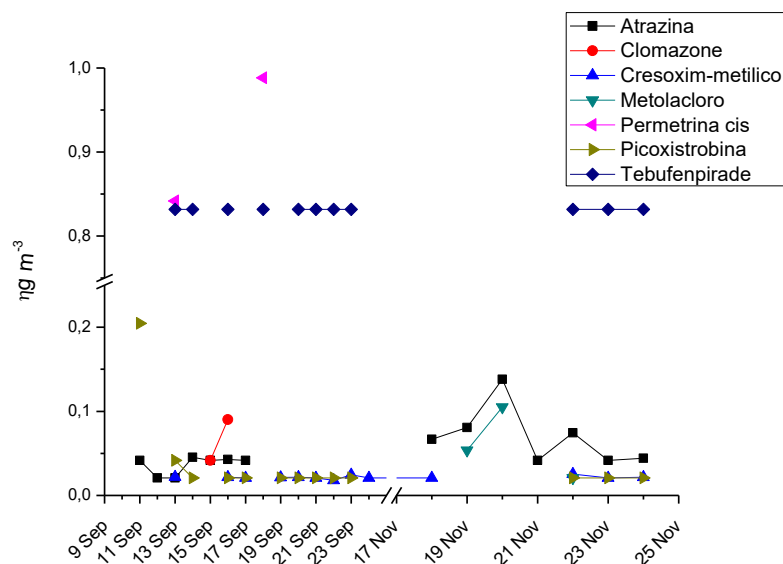
Fonte: Autoria própria (2022)



Observa-se que o agrotóxico identificado com maior frequência no MP<sub>2,5</sub> foi a atrazina (25 ocorrências) seguido da picoxistrobina (14); cresoxim-metílico (13), fenpiroximato-E (13); 12 ocorrências para benfuracarbe, dicrotofós, hexitriazoxi, espinosade D, fenamidona, furatiocarbe; iprodiona e pirimifós-etílico; clorantraniliprole, tebufenpirade e mefosfolam (11) e indoxacarbe (10). Em MP<sub>1,0</sub> as ocorrências foram: atrazina (5); cresoxim-metílico (3); metolacloro (2); clomazone, permetrina e picoxistrobina (1). Atrazina, cresoxim-metílico e metolacloro apresentaram maiores concentrações. Em setembro, os agrotóxicos foram detectados predominantemente no MP<sub>2,5</sub>. Em novembro os agrotóxicos foram detectados predominantemente no MP<sub>1</sub> sendo os mesmos agrotóxicos da campanha de setembro. No que concerne a classificação de uso, os inseticidas representaram 45%, fungicidas 31%, herbicidas 17% e acaricidas 7%.

As (Figuras 3 e 4) apresentam as concentrações de agrotóxicos no MP<sub>1</sub> e no MP<sub>2,5</sub>. As concentrações individuais de cada agrotóxico variaram no intervalo de 0,02 a 1,0 ng m<sup>-3</sup>.

**Figura 3** – Concentrações traço de agrotóxicos no material particulado atmosférico. Amostragens realizadas em setembro e novembro de 2019 em Ibiporã/PR. Análise por UHPLC-MS/MS.



Fonte: Autoria própria (2022)



0,02 ng m<sup>-3</sup>. Metolaclopro foi quantificado 2 dias em novembro em 0,1 ng m<sup>-3</sup>. Clomazone foi quantificado em setembro em 0,09 e 0,04 ng m<sup>-3</sup>. Em setembro e em novembro foram encontrados: benfuracarbe e clorantraniliprole com concentração na ordem de 0,08 ng m<sup>-3</sup>; indoxacarbe e iprodiona com concentração de 0,04 ng m<sup>-3</sup> e outros 15 agrotóxicos em até 0,02 ng m<sup>-3</sup>.

A concentração total por dia foi determinada pela somatória dos agrotóxicos encontrados no ar. A média da somatória dos valores obtidos em setembro e novembro foram 1,1 e 0,7 ng m<sup>-3</sup>, respectivamente. O desvio padrão foi de 0,7 ng m<sup>-3</sup>.

A atrazina é um herbicida que apresenta um anel triazínico substituído com cloro, etilamina e isopropilamina, o que torna este agrotóxico recalcitrante para a degradação biológica no ambiente, permanecendo por muito tempo no meio e tornando-o um dos fatores responsáveis pela contaminação do solo, do ar e das águas (CANEVAROLI *et al.*, 2021). O emprego da atrazina é proibido na União Europeia desde 2003 (BOMBARDI, 2017).

Em Piracicaba/SP e São Paulo/SP em 2020, vinte agrotóxicos foram detectados no material particulado dos quais 14 foram quantificados (YERA *et al.*, 2020). Para as amostras de Piracicaba/SP, os compostos com maior frequência com valores acima do LD foram heptacloro e ethion, β-endossulfam, bifentrina, permetrina I e II, λ-cialotrina e demeton-o. Para amostras de São Paulo/SP, os agrotóxicos com as maiores frequências foram permetrina I e II, diazinon, β-endossulfam, bifentrina e ethion (YERA *et al.*, 2020). Análise de agrotóxicos em amostras de ar coletados em 04 pontos de Escolas em Lucas do Rio Verde/MT, na área urbana e rural, identificou β-endossulfam e atrazina em todos os locais (SANTOS *et al.*, 2011). Os agrotóxicos semivoláteis, os quais são principalmente adsorvidos em partículas de aerossol atmosférico são muito persistentes em relação aos radicais hidroxila altamente reativos (OH) que são o agente de autolimpeza da atmosfera. As meias-vidas na fase particulada de difenoconazol, tetraconazol, fipronil, oxadiazon, deltametrina, ciprodinil, permetrina e pendimetalina são da ordem de vários dias e até superiores a um mês, o que significa que esses agrotóxicos podem ser transportados por longas distâncias, chegando a regiões remotas (SOCORRO *et al.*, 2016). Diferentes pesquisas identificaram agrotóxicos no ar em países da Europa (Tabela 3).

**Tabela 3** – Agrotóxicos determinados no ar em países europeus.

<b>Agrotóxicos</b>	<b>País</b>
Clorotalonil	Alemanha <sup>1</sup> e Itália <sup>2</sup>
Clorpirifós	Alemanha <sup>1</sup> , Itália <sup>2</sup> e Suécia <sup>3</sup>
Diazinona	Itália <sup>2</sup>
Dissulfotom	Itália <sup>2</sup>
Folpete	França <sup>4</sup>
Glifosato	Alemanha <sup>1</sup> e França <sup>4</sup>
Lindano	França <sup>4</sup>
Malation	Itália <sup>2</sup>
Pendimetalina	Alemanha <sup>1</sup> , França <sup>4</sup> , Itália <sup>2</sup> e Suécia <sup>3</sup>
Prosulfocarbe	Alemanha <sup>1</sup> , França <sup>4</sup> e Suécia <sup>3</sup>
S-Metolacloro	Alemanha <sup>1</sup> e França <sup>4</sup>
Terbufós	Itália <sup>2</sup>
Terbutilazina	Alemanha <sup>1</sup> e Suécia <sup>3</sup>
Trialato	França <sup>4</sup> e Suécia <sup>3</sup>
Trifluralina	Itália <sup>2</sup>

Fonte: 1- KRUSE-PLAß et al. (2021); 2- ESTELLANO et al. (2015); 3- KREUGER; LINDSTRÖM (2019); 4- MARLIERE; LETINOIS; SALOMON (2020).

A redução da aplicação de agrotóxicos, conforme proposto pela Comissão da União Europeia em maio de 2021, é de 50% até 2030, sendo iniciativa importante para redução da contaminação atmosférica e possibilitar a diminuição dos problemas associados à aplicação de agrotóxicos (COMISSÃO EUROPEIA, 2020). A Agência de Proteção Ambiental dos Estados Unidos (EPA) elaborou modelos de risco para a saúde humana de câncer e não câncer, elencando os níveis máximos de concentrações para 43 agrotóxicos no ar, sendo estes voláteis e semivoláteis, sendo apenas os EUA, o único país a regulamentar e derivar os níveis máximos de concentrações de agrotóxicos na atmosfera (LI; JENNINGS, 2017).

A (Tabela 4) apresenta a classificação de ecotoxicidade e impactos na saúde humana considerando os agrotóxicos detectados no ar em Ibiporã em 2019.

**Tabela 4** – Classificação de ecotoxicidade e de risco a saúde humana dos agrotóxicos detectados no ar em Ibiporã/PR em 2019.

<b>Agrotóxico</b>	<b>Ecotoxicidade</b>	<b>Risco Saúde Humana</b>
Atrazina	Moderada	Moderada
Azametifós	Alta	Alta
Benfuracarbe	Alta	Alta
Cresoxim-metílico	Alta	Moderada
Clomazone	Moderada	Alta
Clorantraniliprole	Alta	Moderada
Dimoxistrobina	Alta	Alta
Espinosade D	Alta	Moderada
Fenamidona	Moderada	Moderada
Fenpiroximato-(E)	Alta	Alta
Hexitriazoxi	Alta	Moderado
Indoxacarbe	Alta	Alta
Iprodiona	Moderada	Alta
Metomil	Alta	Alta
Pencicuron	Moderada	Moderada
Penoxsulam	Moderada	Moderada
Permetrina	Alta	Alta
Picoxistrobina	Alta	Moderada
Pirimifós-etílico	Alta	Alta
Quizalofope-P-etílico	Alta	Moderada
Tebuconazol	Alta	Alta
Tebufenpirade	Alta	Moderada

Fonte: Adaptado de ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY – EPA (2020)

Dos agrotóxicos determinados no ar em Ibiporã, 5 substâncias encontradas estão excluídas da monografia da ANVISA, portanto proibidas. Incluindo dicrotofós, etiofencarbe, furatiocarbe, pirazofós e metolacloro.

No Paraná, para cada dólar gasto com a compra de agrotóxicos, são gastos US\$ 1,28 no tratamento de intoxicações agudas, aquelas que ocorrem imediatamente após a aplicação. Nesse cálculo não são considerados os gastos com saúde pública em decorrência da exposição constante aos venenos agrícolas, como com o tratamento do câncer (SOARES; PORTO, 2012).

Nesta perspectiva, os resultados apresentados seguem o encontro da asserção de Leff (2001), de que a articulação da questão ambiental, como a poluição e a degradação do meio, a crise de recursos naturais, energéticos e de alimentos, e a má distribuição de renda, estão ligados a uma “crise de civilização”, que coloca em xeque, ao mesmo tempo, a racionalidade econômica e tecnológicas dominantes, visto que o modelo atual não atende a todos homogeneamente, trazendo exclusão social e política. No ensejo, ainda que os resultados mostrem a presença de agrotóxicos no ar no perímetro urbano de Ibiporã, novos estudos devem ser realizados, contando com o desenvolvimento de uma rede de monitoramento de qualidade do ar nas diversas regiões, sendo necessários para que possam subsidiar políticas públicas de qualidade do ar, ainda inexistentes para agrotóxicos no Brasil. Atenção deve ser destinada à Resolução CONAMA nº 491/2018, que não prevê concentrações de agrotóxicos no ar. Para que sejam construídas políticas públicas ambientais e de saúde eficazes, tornam-se necessários estudos que mostrem a relação entre poluição do ar e a saúde, pois estes podem garantir uma melhoria da qualidade de informação a ser utilizada pelos gestores (CASTRO; GOUVEIA; CEJUDO, 2003). A implementação de políticas governamentais cujas intervenções visaram à melhoria da qualidade do ar com potencial decréscimo da toxicidade do material particulado inalante (MP<sub>10</sub>) ocasionou a diminuição em 10% na mortalidade anual por doenças cardiovasculares nas cidades de Brisbane e Sidney, Austrália (ROBERTS, 2013). Através de 28 estudos, observou-se que intervenções governamentais contribuem na redução da poluição atmosférica, possibilitando benefícios diretos na qualidade do ar como também em efeitos para a saúde, reduzindo a morbidade cardiorrespiratória e mortalidade (HENSCHEL, 2012).

Bombardi (2017) disserta que:

Verifica-se atualmente no Brasil, um caminho inverso “ao princípio da precaução”. Tanto assim que 30% dos ingredientes ativos no Brasil são proibidos na União Europeia, e dois destes estão entre os mais vendidos no Brasil.

Nesta geografia desigual do uso e dos impactos dos agrotóxicos temos uma parcela da humanidade que literalmente, no cotidiano de suas vidas, vale menos, está alijada do Direito Humano Fundamental que é o próprio direito à vida.

Portanto, uma forma plausível de avaliar e questionar as injustiças ambientais correlacionadas aos padrões de saúde são através de estudos com parâmetros ambientais

definidos e atrelados com indicadores de impacto nos serviços de saúde nas regiões estudadas do país

## CONCLUSÃO

Este estudo mostra a presença de 29 agrotóxicos determinados no material particulado fino atmosférico em ar urbano. Atrazina ocorreu em maior frequência nas amostras, enquanto 5 agrotóxicos proibidos pela ANVISA foram detectados: Dicrotofós, Etiofencarbe, Furatiocarbe, Pirazofós e Metalocloro. Dos agrotóxicos identificados 45% foram inseticidas, 31% fungicidas, 17% herbicidas e 7% acaricidas, indicando a grande gama de agrotóxicos utilizados.

Diálogos entre diversos interessados, sejam eles formuladores ou executores de políticas públicas, a população em geral e pesquisadores de diferentes setores do país ou região, podem resultar em esforços para implantação de políticas de mitigação da poluição atmosférica. Nesse cenário, associar valores econômicos aos custos com a saúde, como uma estimativa do custo total da doença é argumento eficiente para fomentar essa discussão.

Estudos como este são importantes para a sustentação de normativas específicas, contribuindo em processos de educação ambiental e visando o fortalecimento das ações de fiscalização e de monitoramento, consubstanciados por políticas públicas efetivas.



## REFERÊNCIAS

ALMEIDA, M. D.; CAVENDISH, T. A.; BUENO, P. C.; ERVILHA, I. C.; GREGÓRIO, L. S.; KANASHIRO, N. B. O.; ROHLFS, D. B.; CARMO, T. F. M. A flexibilização da legislação brasileira de agrotóxicos e os riscos à saúde humana: análise do Projeto de Lei nº 3.200/2015. **Cad Saude Publica**, Rio de Janeiro, v. 33, n. 7, p.1-11, 2017.

ANDRADE, S. J.; ANJOS, J.P.; GUARIEIRO, L.L.N.; LOPES, W. A.; CARVALHO, L. S.; SOUSA, L. T.; SILVA, R. L.; REGIS, A. C. D.; SILVA, J. D. S.; CARDOSO, M. P.; ROCHA, G. O.; ANDRADE, J. B. Concentração de material particulado atmosférico (MP<sub>10</sub> e MP<sub>2,5</sub>) em duas regiões distintas da Bahia: uma estação de ônibus e uma ilha, *In*: 34ª Reunião Anual da Sociedade Brasileira de Química, **Anais[...]** Florianópolis: Sociedade Brasileira de Química, mai. 2011. Trabalho AMB080.

ANVISA. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. **Programa de Análises de Resíduos de Agrotóxicos em Alimentos (PARA)**. 2020. Disponível em: <https://www.gov.br/anvisa/pt-br/assuntos/agrotoxicos/programa-de-analise-de-residuos-em-alimentos>. Acesso em: 24 nov. 2021.

ANVISA. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Portaria GM/MS Nº 888, de 4 de Maio de 2021. Altera o Anexo XX da Portaria de Consolidação GM/MS nº 5, de 28 de setembro de 2017, para dispor sobre os procedimentos de controle e de vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade. **Diário Oficial da União** 2021; 07 mai.

BRASIL. Lei nº 6938, de 31 de agosto de 1981. Dispõe sobre a Política Nacional do Meio Ambiente, seus fins e mecanismos de formulação e aplicação, e dá outras providências. **Diário Oficial da União**: Brasília, D.F, 2 set. 1981.

BRASIL. Lei nº 7.802, de 11 de julho de 1989. Dispõe sobre a pesquisa, a experimentação, a produção, a embalagem e rotulagem, o transporte, o armazenamento, a comercialização, a propaganda comercial, a utilização, a importação, a exportação, o destino final dos resíduos e embalagens, o registro, a classificação, o controle, a inspeção e a fiscalização de agrotóxicos, seus componentes e afins, e dá outras providências. **Diário Oficial da União**: Brasília, D.F, 12 jul. 1989.

BRASIL. Decreto nº 4074, de 4 de janeiro de 2002. Regulamenta a Lei nº 7.802, de 11 de julho de 1989, que dispõe sobre a pesquisa, a experimentação, a produção, a embalagem e rotulagem, o transporte, o armazenamento, a comercialização, a propaganda comercial, a utilização, a importação, a exportação, o destino final dos resíduos e embalagens, o registro, a classificação, o controle, a inspeção e a fiscalização de agrotóxicos, seus componentes e afins, e dá outras providências. **Diário Oficial da União**: Brasília, D.F, 08 jan. 2002.

BOMBARDI, L. M. **Geografia do Uso de Agrotóxicos no Brasil e Conexões com a União Europeia**. 1 ed. São Paulo: FFLCH-USP; 2017. 296p.

BRITO, G. F. S.; SODRÉ, F. F.; ALMEIDA, F. V. O Impacto do Material Particulado na Qualidade do Ar. **RVq**, São Paulo, v.10, n.5, p.1-20, 2018.

BUENO, A.F; PANIZZI, A.R; CORRÊA-FERREIRA, B.S; HOFFMANN, C.B; SOSA-GÓMEZ, D.R; GAZZONI, D.L; HIROSE, E; MOSCARDI, F; CORSO, I.C; OLIVEIRA, L.J; ROGGIA, S. Histórico e evolução do manejo integrado de pragas da soja no Brasil, *In*. HOFFMANN-CAMPO; CORRÊA-FERREIRA; MOSCARDI. (Eds.). **Soja: Manejo Integrado de Insetos e outros Artrópodes-Praga**. Brasília: Embrapa, 2012. cap. 1, p. 37-74.

- CANEVAROLI, M. R.; LEMOS, E. G. M.; OLIVEIRA, K. M. P.; ISIQUE, W. D.; SÚAREZ, Y. R.; MINILLO, A. Removal of atrazine herbicide through granular activated carbon filters associated with microorganisms in drinking water treatment. **Eng Sanit e Ambient [online]**, Rio de Janeiro, v. 26, n. 2, p. 263-272, 2021.
- CASTRO, A. H.; GOUVEIA, N.; CEJUDO, E.A.J. Questões metodológicas para a investigação dos efeitos da poluição do ar na saúde. **Rev Bras Epidemiol**, Rio de Janeiro, v.6, n.2, 2003.
- CETESB. Companhia Ambiental do Estado de São Paulo. **Qualidade do ar**. Disponível em: <https://cetesb.sp.gov.br/ar/poluentes/>. Acesso em: 03 abr. 2020.
- CONAMA. Conselho Nacional do Meio Ambiente. Resolução nº 357, de 17 de março de 2005. Dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes, e dá outras providências. **Diário Oficial da União**: nº 053, de 18 mar. 2005, p. 58-63.
- CONAMA. Conselho Nacional do Meio Ambiente. Resolução nº 491, de 19 de novembro de 2018. Dispõe sobre os padrões de qualidade do ar. **Diário Oficial da União**: nº 223, de 21 nov. 2018, Seção 01, p. 155-156.
- COMISSÃO EUROPEIA. **Estratégia da exploração agrícola para o garfo**. 2020. Disponível em: [https://ec-europa-eu.translate.google.com/food/horizontal-topics/farm-fork-strategy\\_en?\\_x\\_tr\\_sl=en&\\_x\\_tr\\_tl=pt&\\_x\\_tr\\_hl=pt-BR&\\_x\\_tr\\_pto=nui,sc](https://ec-europa-eu.translate.google.com/food/horizontal-topics/farm-fork-strategy_en?_x_tr_sl=en&_x_tr_tl=pt&_x_tr_hl=pt-BR&_x_tr_pto=nui,sc). Acesso em: 20 dez. 2021.
- DANNI-OLIVEIRA, I. M. Poluição do ar como causa de morbidade e mortalidade da população urbana, **R. RA'E GA**, Curitiba, n. 15, p. 113-126, 2008.
- DUTRA, L. S.; FERREIRA, A. P. Associação entre malformações congênitas e a utilização de agrotóxicos em monoculturas no Paraná, Brasil. **Saúde em Debate**, Rio de Janeiro, v. 41, p. 241-253, 2017.
- ESTELLANO, V. H.; EFSTATHIOU, C.; POZO, K.; CORSOLINI, S.; FOCARDI, S. Assessing levels and seasonal variations of current-use pesticides (CUPs) in the Tuscan atmosphere, Italy, using polyurethane foam disks (PUF) passive air samplers. **Environ Pollut**. v.205: p. 52–59, 2015.
- EVANGELOU, E.; NTRITSOS, G.; CHONDROGIORGI, M.; KAVVOURA, F. K.; HERNÁNDEZ, A. F.; NTZANI, E. E.; TZOULAKI, I.; Exposure to pesticides and diabetes: a systematic review and metaanalysis. **Environ Int**, v. 91, p. 60-68, May. 2016.
- FREITAS, A. M.; SOLCI, M. C. Caracterização do MP<sub>10</sub> e MP<sub>2,5</sub> e distribuição por tamanho de cloreto, nitrato e sulfato em atmosfera urbana e rural de Londrina. **Quim. Nova**, São Paulo, v. 32, n. 7, p. 1750-1754, 2009.
- GOUVEIA, N.; FREITAS, C.U.; MARTINS, L.C.; MARCILIO, I. O. Hospitalizações por causas respiratórias e cardiovasculares associadas à contaminação atmosférica no Município de São Paulo, Brasil, **Cad Saude Publica**, São Paulo, v. 22, n. 12, p. 2669-2677, dez. 2006.
- HENSCHER, S.; ATKINSON, A.; ZEKA A.; TERTRE A.; ANALITIS, A.; KATSOUYANNI, K.; CHANEL, O.; PASCAL, M.; FORSBURG, B.; MEDINA, S.; GOODMAN, P.G. Air pollution interventions and their impact on public health. **Int J of Public Health**, Genebra, v. 57, n.5, p.757-768, 2012.

IPEA. Instituto de Pesquisas Econômicas Aplicadas. **Agrotóxicos no Brasil: padrões de uso, política da regulação e prevenção da captura regulatória**. Brasília: Rio de Janeiro: Ipea, 2019. 84p.

KREUGER, J.; LINDSTRÖM, B. **Long-term monitoring of pesticides in air and atmospheric deposition in Sweden**. IUPAC; Ghent, Bélgica, 20 de maio de 2019. Universidade Sueca de Ciências Agrícolas (SLU), Uppsala, Suécia, 2019.

KRUSE-PLAß, M.; HOFMANN, F.; WOSNIOK, W.; SCHLECHTRIEMEN, U.; KOHLSCHÜTTER, N. Pesticides and pesticide-related products in ambient air in Germany. **Environ Sci Eur**, Alemanha, v.33, p. 114, 2021.

LARSEN, A. E.; GAINES, S. D.; DESCHÊNES, O. Agricultural pesticide use and adverse birth outcomes in the San Joaquin Valley of California. **Nat commun**, Nova York, v. 8, n. 1, p. 302, 29 ago. 2017.

LEFF, E. **Epistemologia ambiental**. 1. ed. São Paulo: Cortez Editora, 2001. 240p.

LI, Z.; JENNINGS, A. Worldwide Regulations of Standard Values of Pesticides for Human Health Risk Control: A Review. **Int J Environ Res Public Health**, v.14, n.7, p. 836, 2017.

MAAS, L.; MALVESTITI, R.; GONTIJO, L. A. O reflexo da ausência de políticas de incentivo à agricultura urbana orgânica: um estudo de caso em duas cidades no Brasil. **Cad Saude Publica**, São Paulo, v.36, n.8, 2020.

MARLIERE F.; LETINOIS L.; SALOMON M. **Résultats de la Campagne Nationale Exploratoire de mesure des résidus de Pesticides dans l'air ambiant (2018–2019)** Ineris: Laboratoire Central de Surveillance de la Qualité de l'Air, 2020.

MILNER, A. M.; BOYD, I.L. Toward pesticidovigilance. **Science**, Washington, v. 357, n. 6357, p. 1232-1234, 2017.

MIRANDA, E. E. de. Meio ambiente: a salvação pela lavoura. **Cien Cult**, São Paulo, v.69, n.4, p.38-44, out, 2017.

MPPR. MINISTÉRIO PÚBLICO DO ESTADO DO PARANÁ - MPPR. **PA/MPPR - Procedimento Administrativo nº MPPR– 0062.16.000.191-3**, 2018.

RIGOTTO, R.M.; VASCONCELOS, D.P.; ROCHA, M.M. Uso de agrotóxicos no Brasil e problemas para a saúde pública. **Cad Saude Publica**, Rio de Janeiro, v.30, n.7, p.1-3, jul. 2014.

ROBERTS, S. Have the short-term mortality effects of particulate matter air pollution changed in Australia over the period 1993-2007? **Environ Pollut**, v.182, p. 9-14, 2013.

SANTOS, L. G. DOS.; LOURENCETTI, C.; PINTO, A. A.; PIGNATI, W. A.; DORES, E. F. G. C. Validation and application of an analytical method for determining pesticides in the gas phase of ambient air. **J Environ Sci Health**, Londres, v.46, n.2, p.150-162, 2011.

SANTIAGO, A.; PRADO, R. J.; FILHO MODESTO, P.; ALONSO, R. V. Caracterização do material particulado suspenso no ar de Cuiabá-MT no período de queimadas. **Matéria**, Rio de Janeiro, v.20, n. 1, p. 273-283, mar. 2015.

SOARES, W. L.; PORTO, M. F. S. Uso de agrotóxicos e impactos econômicos sobre a saúde. **Rev Saude Publica**, São Paulo, v. 46, n. 2, p. 209-217, 2012.

SOCORRO, J.; DURAND, A.; TEMIME-ROUSSEL, B.; GLIGOROVSKI, S.; WORTHAM, H.; QUIVET, E. The persistence of pesticides in atmospheric particulate phase: An emerging air quality issue. **Sci**, Cambridge, v. 6, p.1-7, 2016.

SOUZA, G. S.; COSTA, L. C. A.; MACIEL, A. C.; REIS, F. D. V.; PAMPLONA, Y. A. P. Presença de agrotóxicos na atmosfera e risco à saúde humana: uma discussão para a Vigilância em Saúde Ambiental. **Cien Saude Colet.**, Rio de Janeiro, v.22, n.10, p. 3269-3280, 2017.

TRIGUEIRO, A. **Cidades e Soluções**: como construir uma sociedade sustentável. 1. ed. Rio de Janeiro (RJ): LeYa; 2017. 331p.

YERA, A. M. B.; NASCIMENTO, M. M.; ROCHA, G. O.; ANDRADE, J. B.; VASCONCELLOS, P. C. Occurrence of Pesticides Associated to Atmospheric Aerosols: Hazard and Cancer Risk Assessments. **J Braz Chem Soc**. São Paulo, v. 31, n. 6, p. 1317-1326, 2020.

*Recebido em: 03/09/2022*

*Aprovado em: 05/10/2022*

*Publicado em: 10/11/2022*