

**Análise temporal da utilização de aves, como sentinelas ambientais no monitoramento de contaminação por agrotóxicos**

**Temporal analysis of the use of birds, as environmental sentinels in the monitoring of contamination by pesticides**

**Análisis temporal del uso de aves, como centinelas ambientales en el monitoreo de la contaminación por pesticidas**

Recebido: 22/05/2020 | Revisado: 23/05/2020 | Aceito: 27/05/2020 | Publicado: 11/06/2020

**Bruno Ramos Brum**

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3645-3074>

Universidade do Estado de Mato Grosso- UNEMAT- PPGCA, Brasil

E-mail: brunoramosbrum@hotmail.com

**Rosana dos Santos D'Ávila**

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8236-2096>

Universidade do Estado de Mato Grosso- UNEMAT- PPGCA, Brasil

E-mail: rosanaest3@gmail.com

**Sandro Benedito Sguarezi**

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7361-8977>

Universidade do Estado de Mato Grosso- UNEMAT- PPGCA, Brasil

E-mail: sandrosguarezi@gmail.com

**Manoel dos Santos Filho**

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9784-7114>

Universidade do Estado de Mato Grosso- UNEMAT- PPGCA, Brasil

E-mail: msantosfilho@gmail.com

**Áurea Regina Alves Ignácio**

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4672-1818>

Universidade do Estado de Mato Grosso- UNEMAT- PPGCA, Brasil

E-mail: aurea@unemat.br

## Resumo

Com a chegada da globalização de mercados, surgiu um novo modelo econômico denominado agronegócio, que tem como base a representação política mundial, através dos interesses de conglomerados empresariais multinacionais. Como consequência, emergiram novas metodologias de produção agrícola, no qual se torna comum a desestruturação ecológica do meio ambiente, causada pelo uso desordenado de produtos agrotóxicos. A exposição de organismos não-alvos a estes compostos químicos é bastante comum, resultando em inúmeros casos de intoxicação aguda na população silvestre, particularmente em aves, que possuem baixos níveis de enzimas detoxificantes, aumentando sua sensibilidade. O objetivo do trabalho foi realizar uma pesquisa, por meio da abordagem cienciométrica, para verificar e caracterizar o desenvolvimento do conhecimento científico mundial, sobre a contaminação de aves insetívoras por agrotóxicos utilizados na agricultura ao longo de 21 anos. Foram encontrados 16 trabalhos, distribuídos em nove países que estudaram 50 espécies de aves enquadradas em quatro categorias de status populacional. Os resultados demonstraram que estas tiveram ao menos um órgão/tecido/estrutura (fígado, fezes, bolo estomacal, plasma sanguíneo, tecido muscular, itens alimentares, ovos) contaminado por um dos 21 tipos de compostos químicos encontrados nos artigos analisados. Embora tenha-se constatado a existência de uma lacuna teórica mundial em relação a pesquisas ecotoxicológicas, demonstrando o impacto dos agrotóxicos no meio ambiente, nos estudos analisados em aves insetívoras, demonstraram ser ótimas sentinelas de monitoramento ambiental frente às mudanças que ocorrem nos ecossistemas, decorrentes da produção agrícola, e que pode afetar diretamente as espécies da fauna e da flora.

**Palavras-chave:** Aves insetívoras; Agrotóxicos; Contaminação ambiental; Ecotoxicologia.

## Abstract

Upon arrival of market globalization, a new economic model called agribusiness emerged, which is based on global political representation, through the interests of multinational business conglomerates. As a consequence, new agricultural production methodologies have emerged, where ecological destructuring of the environment is common, caused by the disordered use of pesticides. The exposure of non-target organisms to these chemical compounds is quite common, resulting in numerous cases of acute poisoning in the wild population, particularly in birds, which have low levels of detoxifying enzymes, increasing their sensitivity. The objective of the work was to conduct a research, through the scientometric approach, to verify and characterize the development of the world scientific

knowledge, on the contamination of insectivorous birds by pesticides used in agriculture over 21 years. 16 studies were found, distributed in nine countries that studied 50 species of birds framed in four categories of population status. The results showed that they had at least one organ / tissue / structure (liver, feces, stomach bolus, blood plasma, muscle tissue, food items, eggs) contaminated by one of the 21 types of chemical compounds found in the analyzed articles. Although the existence of a global theoretical gap has been verified in relation to ecotoxicological research, demonstrating the impact of pesticides on the environment, in the studies analyzed in insectivorous birds, they proved to be excellent sentinels for environmental monitoring in the face of changes that occur in ecosystems, resulting agricultural production, and which can directly affect species of fauna and flora.

**Keywords:** Insectivorous birds; Pesticides; Environmental contamination; Ecotoxicology.

### **Resumen**

Con la llegada de la globalización del mercado, ha surgido un nuevo modelo económico llamado agronegocio, que se basa en la representación política global, a través de los intereses de los conglomerados empresariales multinacionales. Como consecuencia, han surgido nuevas metodologías de producción agrícola, donde la desestructuración ecológica del medio ambiente es común, causada por el uso desordenado de pesticidas. La exposición de organismos no objetivo a estos compuestos químicos es bastante común, lo que resulta en numerosos casos de intoxicación aguda en la población salvaje, particularmente en aves, que tienen bajos niveles de enzimas desintoxicantes, lo que aumenta su sensibilidad. El objetivo del trabajo fue realizar una investigación, a través del enfoque cuantitativo, para verificar y caracterizar el desarrollo del conocimiento científico mundial, sobre la contaminación de las aves insectívoras por los pesticidas utilizados en la agricultura durante 21 años. Se encontraron 16 estudios, distribuidos en nueve países que estudiaron 50 especies de aves enmarcadas en cuatro categorías de estado de la población. Los resultados mostraron que tenían al menos un órgano / tejido / estructura (hígado, heces, bolo estomacal, plasma sanguíneo, tejido muscular, alimentos, huevos) contaminados por uno de los 21 tipos de compuestos químicos encontrados en los artículos analizados. Aunque la existencia de una brecha teórica global se ha verificado en relación con la investigación ecotoxicológica, demostrando el impacto de los pesticidas en el medio ambiente, en los estudios analizados en aves insectívoras, demostraron ser excelentes centinelas para el monitoreo ambiental ante los cambios que ocurren en los ecosistemas, lo que resulta producción agrícola, y que puede afectar directamente a especies de fauna y flora.

**Palabras clave:** Pájaros insectívoros; Pesticidas; Contaminación ambiental; Ecotoxicología.

## 1. Introdução

A princípio, utilizado como arma química para combater mosquitos vetores da malária e do tifo nos campos da segunda Guerra Mundial, o Dicloro Difênil Tricloroetano (DDT) passou a ser usado como agrotóxico na agricultura, significando uma revolução no controle de pragas, passando a ser responsável pelo milagre de safras recordes, quando utilizado em conjunto com adubos químicos, desencadeando interesse dos agricultores devido ao aumento significativo da produção (Gobbo, 2016). Desde então, os agrotóxicos vêm sendo utilizados para prevenir, combater ou controlar pragas, podendo ser aplicados em florestas, ambientes aquáticos, urbanos, industriais, e também na agricultura e pastagens para a pecuária. Considerando sua finalidade de uso, estes são do tipo de inseticidas, fungicidas, herbicidas, fumigantes, raticidas, moluscocidas, acaricidas e nematocidas (OPAS, 1996; Peres, 2003; Silva, 2014). No entanto, segundo Oliveira et al. (2014) com intenção de combater os insetos e plantas invasoras da lavoura, o homem contamina, não só o ambiente agrícola, mas também, os ecossistemas naturais, uma vez que além de atingir as lavouras, a névoa de agrotóxicos atinge indiretamente o ar, o solo, a água, os moradores, animais e plantas que estão nas áreas adjacentes ou até mesmo distantes do local de aplicação.

De acordo com Spadotto (2006), a contaminação ambiental proveniente do uso indiscriminado de agrotóxicos na agricultura pode desencadear uma série de prejuízos ao ambiente, comprometendo a qualidade e integridade da biodiversidade, ameaçando a sobrevivência dos ecossistemas. A toxicidade destes compostos é variável e depende das propriedades dos ingredientes ativos e inertes do produto, determinando assim, os efeitos de contaminação aguda, subcrônicas e crônicas que podem interferir na fisiologia, no comportamento e na reprodução dos organismos (IBAMA, 2009).

Efeitos deletérios provocados pela contaminação por agrotóxicos organoclorados são particularmente importante em aves. Estes produtos causam distúrbios no transporte de cálcio ou na atividade da cálcio-ATPase (Chowdhury & Smith, 2001), podendo alterar formato, tamanho ou espessura da casca dos ovos (Blus, Wiemeyer & Bunck, 1997), aumentando a probabilidade de quebras (Cooke, 1973). Outro problema atribuído ao emprego de agrotóxicos relacionado à toxicidade em animais selvagens, é a feminilização de aves e répteis (Fry, 1995). Apesar das restrições vigentes ao uso de organoclorados, eles ainda são poluentes ambientais. Embora o DDT possa ser degradado por radiação ultravioleta ou por

microrganismos, seus metabólitos são também persistentes e tóxicos (Vieira, Torres & Malm, 2001). A exposição de organismos não-alvo aos agrotóxicos é bastante comum, constatada por inúmeros casos de intoxicação aguda em amostras significativas da população silvestre, principalmente em aves (Parker & Gosdtein, 2000). A maior sensibilidade da avifauna a inseticidas anticolinesterásicos é atribuída a baixos níveis de enzimas detoxificantes (Gallo & Lawryk, 1991).

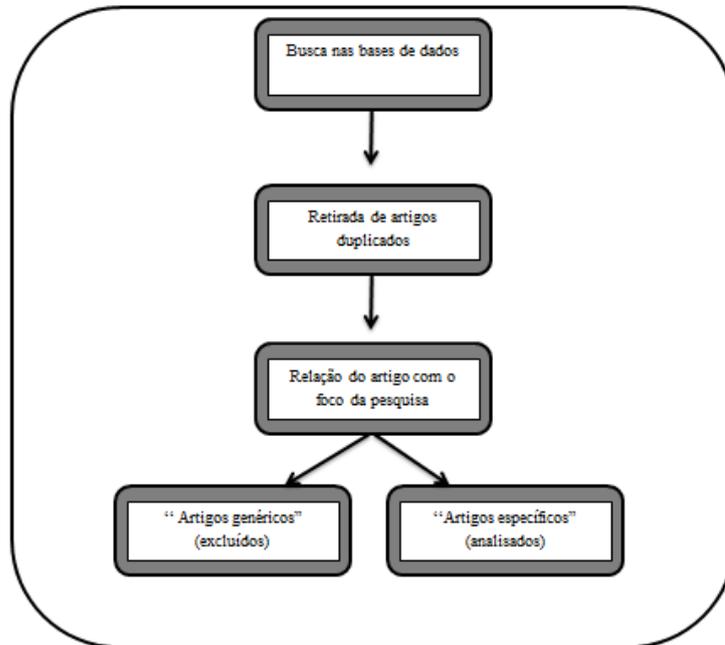
A contaminação por concentrações não letais pode induzir alterações de comportamento, levando a outra forma de impacto em aves. Galindo et al. (1985) reportaram que codornas contaminadas com baixas concentrações de parationa tornavam-se mais susceptíveis à predação. Meyers et al. (1992) concluíram que, após a ingestão dos organofosforados dimetoato e clorpirifós, algumas aves apresentaram capacidade de confecção de ninhos comprometida, o que afeta o sucesso reprodutivo. Além disso, doses não letais de diazinon e parationa são embriotóxicas para aves (Meneely & Wytenbach, 1989).

Os efeitos indiretos de diversos agrotóxicos, que operam através da cadeia alimentar, têm sido propostos como um possível fator causal, por exemplo, para o declínio das espécies de aves em terras agrícolas (Boatman et al., 2004). De acordo com Hallmann et al. (2014), aves que habitam regiões tomadas pela agricultura sofreram enormes declínios populacionais na Europa nas últimas três décadas. Sendo assim, é notório que paralelo à expansão das atividades agropecuárias e ao sucesso na economia, surgem diversos impactos da cadeia produtiva do agronegócio sobre o ambiente. Neste contexto, por meio da abordagem cienciométrica, o estudo objetivou analisar o desenvolvimento do conhecimento científico mundial, a respeito da contaminação em aves insetívoras por compostos químicos utilizados na agricultura.

## **2. Metodologia**

O método utilizado na pesquisa foi o cienciométrico, por meio das bases de dados Web of Science e Scopus. Esta se desenvolveu de acordo com as etapas indicadas a seguir, conforme mostra a Figura 1.

**Figura 1** - Fluxograma das etapas entre a obtenção dos artigos potenciais disponíveis nas bases de dados Web of Science e Scopus e a seleção de artigos que estudaram a contaminação de agrotóxicos em aves insetívoras.



Fonte: Construção dos autores/2020.

Para a análise cientométrica, foi criado um banco de dados por meio das informações obtidas através de pesquisa realizada nas duas bases (Disponível em: <http://www.webofscience.com>) e em (Disponível em: <http://www.scopus.com>).

Na primeira etapa da pesquisa, foi realizada uma busca nas bases de dados para encontrar artigos científicos indexados que continham os termos em inglês *fertilizer*, *herbicide*, *insecticide*, *pesticide*, *fungicide* e *insectivorous birds* no título, resumo e/ou nas palavras-chave. A busca foi realizada utilizando asterisco depois de todas as palavras, para que esta fosse feita com palavras no singular, plural e suas formas variantes. O operador de busca *OR* também foi utilizado para encontrar registros que continham as palavras *fertilizer*, *herbicide*, *insecticide*, *pesticide*, *fungicide* e *insectivorous birds* ou ambas as palavras. O operador *AND* foi utilizado para encontrar registros que contivessem uma das palavras anteriores em associação com *insectivorous birds*, palavras com as quais a busca foi relacionada. Desse modo, a pesquisa foi realizada da seguinte forma: (fertilizer\* OR herbicide\* OR insecticide\* OR pesticide\* OR fungicide\*) AND insectivorous birds.

Os artigos científicos encontrados nas duas bases de dados foram contabilizados, e quando uma mesma publicação era constatada em ambas as plataformas, esta era registrada apenas uma vez.

Em seguida, cada registro foi examinado para verificar sua relação com o foco desta pesquisa de forma que, para melhor explorar os artigos compilados, uma série de indicadores cientímetricos foram retirados e atribuídos ao conjunto de dados criados: a) tendência temporal para a produção científica dos temas abordados; b) quais países produzem mais artigos científicos nessa área; c) qual a contribuição do Brasil para esta produção; d) quais periódicos mais publicaram informações científicas nessa área; e) quais são os *qualis* das revistas onde esses artigos foram publicados e as respectivas plataformas indexadoras; f) a matriz ecológica onde as aves foram coletadas; g) o material biológico utilizado nas análises; h) o método de análise mais usados pelos os pesquisadores; i) quais as espécies de aves insetívoras estudadas e seu *status* populacional; j) a parte do animal utilizada nas análises de pesticidas e respectivas metodologias.

Quando a pesquisa analisada avaliou espécies de aves de guildas diferentes, considerou-se para este estudo, apenas os resultados de multiresíduos de pesticidas encontrados nas aves insetívoras.

Os manuscritos que apresentaram um ou mais dos termos pesquisados, mas não continham o foco de interesse desta pesquisa, foram considerados “artigos genéricos”, sendo excluídos da análise. Mantivemos apenas os artigos que realizaram estudos voltados para o foco da pesquisa, “artigos específicos”. Foram considerados para o estudo, apenas artigos de pesquisa (*research articles*), e artigos de revisão (*review articles*).

Os métodos de aplicação de agrotóxicos nas plantações agrícolas podem ser, por via sólida, líquida ou gasosa, e as veiculações destes compostos químicos aos componentes ambientais, estão intimamente relacionadas à sua forma de aplicação. Sendo assim, a contaminação ambiental por estes compostos químicos é causada pelo uso frequente, e muitas vezes pela aplicação incorreta do produto (Spadotto, 2006).

A partir de sua aplicação, o retardamento ou impedimento da chegada ao alvo, desvio de rota, erro do alvo e outras interferências facilitam a distribuição dos agrotóxicos nos diferentes compartimentos ambientais, causando mudanças no funcionamento do ecossistema atingido, devido alterações na dinâmica bioquímica natural, pela pressão de seleção exercida sobre os organismos (Sabik et al., 2000).

A quantidade de agrotóxicos aplicada (99,9%) tem potencial para se translocar para outros compartimentos ambientais, evidenciando que menos de 0,1% chega ao alvo, alcançando o objetivo de atingir e eliminar as pragas. Como consequência, qualquer quantidade do agrotóxico que não atinja o alvo não terá o efeito desejado e representará uma

forma de perda, bem como, uma fonte de contaminação ambiental (spadotto, 2006; Sabik et al., 2000).

Considerados os inúmeros riscos associados ao uso de pesticidas, existem técnicas que possibilitam a avaliação desses impactos, através de um sistema de análise de risco; por exemplo: efeitos adversos não intencionais em organismos não alvos e benéficos da biota; efeitos da exposição; presença de resíduos de pesticidas em alimentos, água, solo ou ar; perda do alimento devido à ação de organismos danosos; aplicação excessiva ou uso inadequado; degradação de recursos naturais, entre outros (Levitan, 2000; Saba & Messina, 2003; Spadotto et al., 2004).

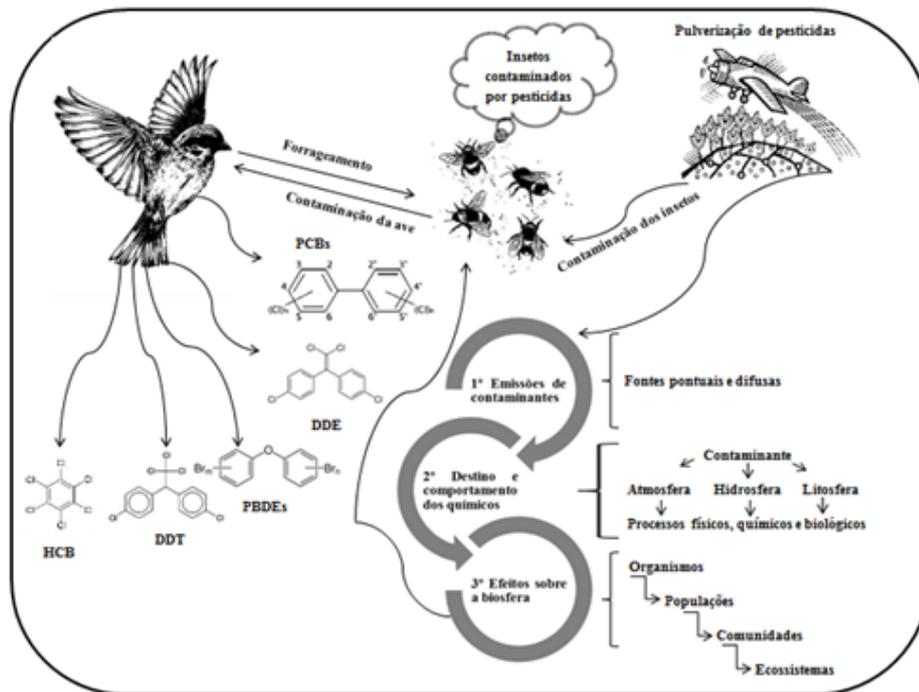
Outro fator importante, quando se trata de riscos associados ao uso de agrotóxicos, é que, na maioria das investigações que avaliam o uso intensivo destes produtos está focada principalmente no ingrediente ativo, de forma que, estudos relacionados aos impactos ambientais dos metabólitos dos princípios ativos, que podem ser tão ou mais tóxicos, do que a molécula original, são limitados (Duke et al., 1993; Barnard et al., 1997; Bolognesi & Morasso, 2000).

O fato destes, compostos químicos, permanecer no ambiente por meses, ou até anos após a sua aplicação, possibilita que estes se espalhem pelo solo, ar, água, e até mesmo pelas plantas, que não são diretamente tratadas com esses produtos. Assim, muitas espécies animais que não são o alvo dos agrotóxicos, acabam se contaminando de forma indireta (Gibbons et al., 2015).

A dinâmica da contaminação por agrotóxicos no meio ambiente está centrada nos mecanismos sequenciais dos eventos da chamada cadeia da causalidade (Figura 2), que por sua vez, tem origem na toxicologia ambiental, mais precisamente na ecotoxicologia, que pode ser definida, como uma área especializada em estudos dos efeitos ocasionados por agentes químicos e físicos sobre a dinâmica de populações e comunidades integrantes de ecossistemas definidos.

As informações obtidas por meio dessa cadeia são essenciais para: determinar os níveis de contaminantes no ambiente e seus destinos; estimar o grau de periculosidade dos contaminantes e seus metabólitos para os organismos vivos; indicar níveis máximos permitidos de contaminantes, ou seja, os padrões a serem mantidos; diagnosticar e prognosticar os efeitos dos contaminantes no ambiente, bem como, o efeito das medidas tomadas; controlar a emissão de efluentes e avaliar os riscos ecológicos (Costa et.al, 2008).

**Figura 2** - Sequência de etapas compreendidas pela cadeia da causalidade.



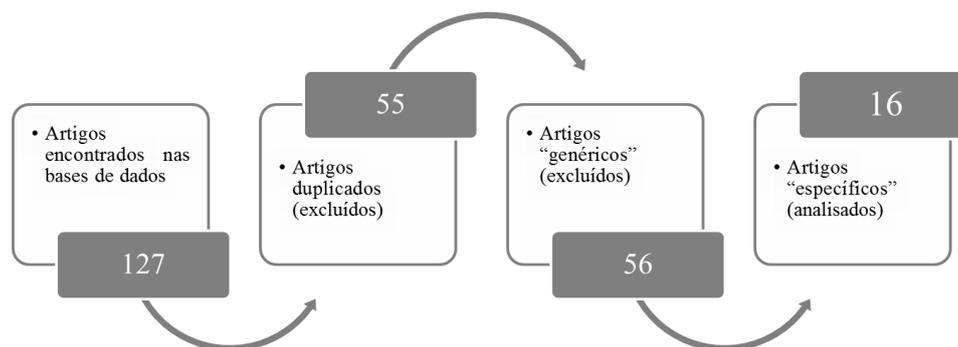
Fonte: Construção dos autores/2020.

### 3. Análise dos Resultados

#### 3.1. Contaminação de aves insetívoras através de agrotóxicos

Foram encontradas 127 publicações nas duas bases de dados pesquisadas para os últimos 21 anos. Ao se realizar uma análise mais detalhada desses manuscritos, verificou-se que 55 artigos estavam indexados nas duas plataformas de busca (duplicados), de forma que tiveram que ser retirados da contagem geral. Sendo assim, os outros 72 restantes, também foram analisados, constatando-se que 56 das publicações tratavam-se de pesquisas relacionadas à temática de contaminação por agrotóxicos ou metais, utilizando outro tipo de organismo, como sentinela ambiental, que não pássaros insetívoros, como também estudaram métodos de conservação da biodiversidade e os impactos que atividades diversas podem causar ao meio ambiente e seus compartimentos (solo, água, ar, fauna e flora), analisando aspectos numa escala macro e microscópica. Com esta seleção minuciosa, obteve-se um total de 16 trabalhos com estudos de contaminação em aves insetívoras, através de algum tipo de agrotóxico (Figura 3).

**Figura 3** - Número de artigos contendo estimativas de efeito de agrotóxicos em aves insetívoras após etapas de triagem.



Fonte: Construção dos autores/2020.

Do total de 16 artigos, os anos que apresentaram um maior número de publicações foram 2003, 2005, 2006, 2009 e 2014 respectivamente, com um total de 2, 2, 2, 2 e 3 artigos publicados. Para os anos de 1999, 2002, 2008, 2010 e 2012 tive-se apenas 1 publicação por ano. Quando se analisa o comportamento das publicações ao longo dos anos, foi possível verificar que não existiram trabalhos publicados para os anos de 2001, 2004, 2007, 2011, 2013, 2015, 2016, 2017, 2018 e 2019. Embora tenha tido um crescimento em publicações no ano de 2014, comparado aos demais, os anos seguintes mostram uma lacuna maior em relação ao número de publicações que perduram até os anos de 2019, indicando tendência decrescente nas pesquisas relacionadas aos impactos de pesticidas em aves insetívoras (Tabela 1).

**Tabela 1** - Publicações que analisaram a presença de agrotóxicos no organismo de aves insetívoras entre os anos de 1999 a 2019.

Ano de publicação	País onde se realizou a pesquisa	Periódicos onde se publicou	Qualis	Plataforma
1999	Austrália	Analytica Chimica Acta	A1	Web of Science
2002	Estados Unidos	Environmental Pollution	A1	Web of Science
2003	Bélgica	Archives of Environmental Contamination and Toxicology	A3	Scopus
2003	Itália	Archives of Environmental Contamination and Toxicology	A3	Web of Science
2005	Estados Unidos	Archives of Environmental Contamination and Toxicology	A3	Scopus
2005	Canadá	Environmental Toxicology and Chemistry	A2	Web of Science
2006	Austrália	Environmental Toxicology and Chemistry,	A2	Web of Science
2006	Bélgica	Environmental Science & Technology	A1	Web of Science
2008	México	Archives of Environmental Contamination and Toxicology	A3	Web of Science
2009	China	Environmental Science & Technology	A1	Web of Science
2009	Bélgica	Environment International	A1	Web of Science
2010	Estados Unidos	Environmental Toxicology and Chemistry	A2	Web of Science
2012	Canadá	Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences	A1	Web of Science
2014	Estados Unidos	Environmental Toxicology and Chemistry	A2	Web of Science
2014	Holanda	Nature	A1	Web of Science
2014	Tailândia	Science Ásia	B1	Web of Science

Fonte: Construção dos autores/2020.

Com relação à distribuição espacial dos artigos publicados, o país que mais realizou este tipo de pesquisa nos últimos 21 anos foram os Estados Unidos, com 4 trabalhos publicados; seguido da Bélgica, com 3 publicações; Austrália e Canadá, com 2 publicações; Holanda, Itália, México, China e Tailândia, com apenas 1 publicação cada, no período.

Dentre os vários periódicos existentes, as revistas em que mais publicaram estudos relacionados à contaminação por pesticidas foram: *Environmental Toxicology and Chemistry* e *Archives of Environmental Contamination and Toxicology*, com 4 artigos cada uma, seguidas da revista *Environmental Science & Technology*, com 2 publicações e as demais com apenas 1. O extrato de avaliação dos periódicos ficou na maioria entre A1 e A3, com apenas 1 sendo avaliado como extrato B1. Dos 16 manuscritos encontrados, apenas 2 estavam indexados na plataforma *Scopus*; os outros 14 estavam vinculados à plataforma *Web of Science*.

Em relação aos ambientes estudados, teve-se apenas áreas agrícolas como matriz ambiental, conforme demonstrado na (Tabela 2), mas também locais como reservas naturais, áreas costeiras, áreas de pastagem, chaminés e áreas que foram ou estão sendo contaminadas por resíduos de agrotóxicos, ou estão muito próximas de regiões que recebem aplicações de produtos agrícolas. Esta variação espectral de matrizes ambientais que podem ser contaminadas demonstra o quanto os agrotóxicos são dinâmicos no quesito contaminação, podendo atingir os componentes ambientais e suas comunidades.

Para o método de coleta das aves, teve-se varias técnicas, tais como: captura por rede de neblina; coleta de ovos e filhotes no ninho; coleta de fezes, de insetos e de aves mortas ou feridas. Após a coleta, diversas partes foram utilizadas como material biológico para detecção de pesticidas e seus metabólitos, entre estas: bolo estomacal, fezes, tecido muscular, tecido adiposo, fígado e ovos. Das 16 pesquisas analisadas, apenas 3 não utilizaram o método conhecido como cromatografia gasosa.

**Tabela 2** - Ambientes estudados nas pesquisas sobre contaminação de aves insetívoras por pesticidas e metodologias de análise.

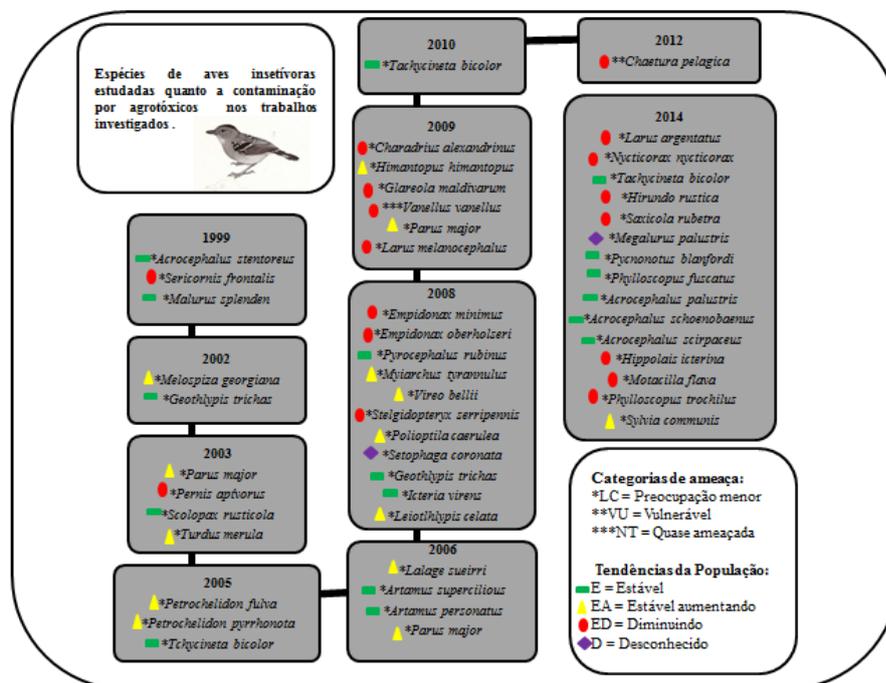
<b>Matriz estudada</b>	<b>Método de coleta das aves</b>	<b>Material analisado</b>	<b>Método de análise</b>
Área de agricultura	Rede de neblina	Bolo estomacal e Fezes	Protocolos ELISA
Área de pastagem	Rede de neblina	Tecido	Cromatografia gasosa
Área com alta poluição ambiental	Coleta de filhotes	Tecido e gordura	Cromatografia gasosa
Área costeira	Aves mortas ou feridas	Fígado	Cromatografia gasosa
Bacia hidrográfica	Rede de neblina	Fígado	Cromatografia gasosa
Parque Nacional	Coleta de filhotes e insetos	Tecido e insetos	Cromatografia gasosa
Área de Pastagem	Rede de neblina	Plasma sanguíneo	Inibidor de colesterase
Áreas com baixa a moderada poluição	Coleta de ovos e filhotes	Ovo e tecido	Cromatografia gasosa
Área de agricultura	Rede de neblina	Tecido	Cromatografia gasosa
Reserva natural	Coleta de ovos	Ovo	Cromatografia gasosa
Área com alta poluição	Coleta de ovos	Ovo	Cromatografia gasosa
Área com alta contaminação por pesticidas	Coleta de ovos	Ovo	Cromatografia gasosa
Chaminés	Coleta de fezes	Fezes	Cromatografia gasosa
Área costeira	Coleta de ovos e filhotes	Ovo e tecido	Cromatografia gasosa
Área de agricultura	Observação insetos/ aves	Componentes ambientais (água /insetos)	Correlação estatística
Área de Pântano/agricultura	Rede de neblina	Fígado	Cromatografia gasosa

Fonte: Construção dos autores.

### 3.2. Espécies de aves insetívoras utilizadas nos estudos ecotoxicológicos com agrotóxicos

Dentre os trabalhos encontrados, foram estudadas 50 espécies de aves insetívoras. Deste total, 48 estão classificadas pela lista vermelha da União Internacional para a Conservação da Natureza e dos Recursos Naturais das Espécies Ameaçadas (IUCN), como preocupação menor (LC), 1 vulnerável (VU) e 1 quase ameaçada (NT); apresentando tendência populacional que variou de estável (E), estável aumentando (EA), diminuindo (ED) e desconhecido (D), com 17, 14, 18 e 2 representantes respectivamente (Figura 4). Essas espécies foram selecionadas pelos autores dos estudos ecotoxicológicos por utilizarem locais que recebem aplicações diretas de algum tipo de agrotóxico para forrageamento ou reprodução em alguma época do ano, ou habitam ambientes potencialmente contaminados por áreas adjacentes que apresentam de grau baixo ao alto de poluição, por compostos químicos que foram ou ainda são utilizados na agricultura.

**Figura 4** - Espécies de aves insetívoras estudadas quanto à contaminação por agrotóxicos nos trabalhos investigados.



Fonte: Construção dos autores/2020.

Os principais compostos químicos e seus metabólitos estudados nas pesquisas encontradas, quanto à contaminação em aves insetívoras foram: diclorodifeniltricloroetano (DDT), diclorodifenildicloroetileno (DDD), diclorodifeniltricloroetano (DDE), bifenilos

policlorados (PCBs), polibrominados éteres difenílicos (PBDEs), pesticidas organoclorados (OCPs), diuron, endossulfan, paration, hepactaclor, Decabromodifenil etano (DBDPE) e bifenil polibromado<sup>153</sup> (PBB 153), alfa-hexaclorociclohexano ( $\alpha$ -BHC), dieldrin, hexaclorobenzeno (HCB), hexaclorociclohexano (HCH), beta-hexaclorociclohexano ( $\beta$ -HCH), dibenzo-p-dioxinas policloradas (PCDD-F), mirex, furanos e dioxinas. Dentre esses compostos e seus congêneres, muitos são enquadrados como poluentes orgânicos persistentes (POPs).

#### 4. Discussão

Em cenário que trás os agrotóxicos como parte integrante de um pacote, que não surgiu de um dia para o outro, pois tem sua origem no processo de industrialização do ocidente, que se iniciou desde o começo do século XIX, e que se baseia no modelo da Revolução Verde, há a utilização do uso combinado de variedades de sementes de alto rendimento, de adubos, agrotóxicos e da irrigação intensiva, o que facilitou o crescimento da grande propriedade e o uso de maquinário pesado, tornando-se uma peça importante do capitalismo globalizado no tocante aos aspectos econômico e político.

Fica então evidente, que a pressão para aumentar a produção de alimentos, representa um desafio para a conservação da biodiversidade em paisagens agrícolas, uma vez que o consumo de agrotóxicos cresce de forma correspondente ao avanço do agronegócio, um modelo de produção que concentra a terra, e utiliza quantidades crescentes de venenos para garantir a produção em escala industrial.

Neste sentido, os resultados encontrados na pesquisa não deixam dúvidas, quanto à relevância de artigos indexados em bases de dados, como é o caso das plataformas *Web of Science* e *Scopus*, umas das mais importantes bases existentes atualmente, pois seus artigos têm abrangência internacional, levando o conhecimento científico a ultrapassar fronteiras.

Dessa forma, foi possível conhecer o cenário científico a respeito do assunto tratado, demonstrando a importância que as pesquisas relacionadas à contaminação por agrotóxicos em aves e no meio ambiente em geral, precisam de mais atenção da comunidade científica. O uso de agrotóxicos tem se difundido na agricultura. No entanto, países como os Estados Unidos, um dos maiores consumidores desses produtos xenobióticos, possuem pouquíssima produção científica voltada para a investigação dos impactos que a utilização desses produtos pode vir a causar, inclusive sobre medidas mitigadoras para tais impactos.

Além disso, outro dado alarmante é o caso do Brasil, que também se encontra entre os maiores consumidores de agrotóxicos do mundo, com um processo produtivo agrícola cada vez mais dependente destes compostos e fertilizantes químicos, sendo os herbicidas e os inseticidas os responsáveis por 60% dos produtos comercializados no país (REBELO et al., 2010, ANVISA 2013). Porém, até 2019, nas duas bases investigadas, não existe no Brasil trabalhos científicos que envolvam o estudo de efeitos toxicológicos dos agrotóxicos sobre as aves.

A larga utilização de agrotóxicos no processo de produção agropecuária, entre outras aplicações, tem trazido uma série de transtornos e modificações para o ambiente, seja pela contaminação das comunidades de seres vivos que o compõem, seja pela sua acumulação nos segmentos bióticos e abióticos dos ecossistemas (biota, água, ar, solo, sedimentos etc.). Um dos efeitos ambientais indesejáveis dos agrotóxicos, é a contaminação de espécies que não interferem no processo de produção que se tenta controlar (espécies não-alvos), como é o caso de aves insetívoras, pois o alvo das pulverizações são os insetos, que servem de alimento para as mesmas, e nesse processo estas são contaminadas de forma indireta.

De acordo com Pimentel (1995), a quantidade de agrotóxico que realmente atinge a praga ou patógeno é extremamente pequena; menos que 1 %, o que significa que 99% ou mais vão para o ambiente. Sendo assim, o uso intensivo de agrotóxicos tem um alto potencial de impacto negativo, tanto dentro quanto fora do agrossistema. Os seus efeitos podem se manifestar de diferentes formas e intensidades, intoxicando e eliminando espécies terrestres e aquáticas e, com isso, interferindo nos diferentes níveis tróficos, simplificando sistemas biológicos complexos e equilibrados.

As publicações produzidas no período de 1999 a 2019 sobre o impacto dos agrotóxicos em aves insetívoras, encontradas no estudo, evidenciam contaminações por compostos organoclorados, que embora tenham sido proibidos desde a década de 60 em muitos países da Europa, ainda podem causar danos ao meio ambiente, devido à persistência de seus metabólitos nos ecossistemas.

Neste sentido, Sánchez-Bayo e Beasley (1999) analisando amostras combinadas de bolo estomacal e fezes de aves insetívoras encontraram resíduos positivos de diclorodifeniltricloroetano (DDE), diclorodifeniltricloroetano (DDT), endossulfan, diuron e paration em 90% das análises. Resultados estes parecidos com os encontrados por Nocera et al (2012), quando analisaram fezes de uma espécie de ave insetívora, encontraram DDE e DDT com predominância do metabólito DDE. Esses estudos demonstram que fezes e bolo

estomacal apresentam grande potencial na detecção de resíduos de compostos organoclorados e sugerem a estabilidade ambiental de metabolitos como o DDE.

Em estudos realizados com amostra de tecido muscular de aves insetívoras (Bartuszevige et. al, 2002; Dauwe et.al, 2003; Smits et.al, 2005; Dauwe et. al, 2006 e Mora et. al, 2008) encontraram níveis significativamente altos de DDE e bifenilos policlorados (PCBs) no organismo desses animais. Os resultados reforçam as questões relacionadas à persistência de alguns metabolitos de agrotóxicos, uma vez que as baixas concentrações de DDT encontradas nos estudos em comparação com seu principal metabólito, o DDE, sugerem uma antiga contaminação por DDT que provavelmente esteja relacionada ao aumento de insumos devido ao escoamento agrícola do uso atual e passado de pesticidas.

Esta persistência ambiental indica que esses compostos podem atingir mais de um nível trófico já que, Smits et.al. (2005), encontraram resultados com indícios de que a maior contaminação tecidual em aves com DDT estava relacionada ao consumo de insetos terrestres, e que filhotes alimentados com maior proporção de insetos aquáticos apresentaram parcialmente maiores valores de PCB no organismo.

As pesquisas desenvolvidas por Custer et. al (2014) com tecido muscular mostraram que as quantidades de poluentes na área que os autores estudaram, diminuiu desde o início dos anos 90. Os autores detectaram quantidades de PCBs 66% inferiores aos relatados 15 anos atrás. Já as concentrações de DDE foram 43%, menores. Fator bastante importante e relevante para as questões relacionadas à contaminação e comprometimento dos componentes ambientais.

Porem, os resultados encontrados Dauwe et. al (2006) sugerem que analisar músculo de filhotes de aves insetívoras pode não ser tão eficaz na detecção de PCBs, éteres difenílicos polibromados (PBDEs), pois a proporção desses compostos diminuiu quando os filhotes cresceram, indicando que a maioria dos poluentes encontrados pode ainda ser de origem materna, pela transferência através do ovo. No entanto, pode ser eficiente para detecção de outros compostos, uma vez que, os níveis de DDE aumentaram com a idade dos filhotes, assim como, os poluentes orgânicos persistentes: CB28 / 31, CB101, CB110, CB149 e BDE49, que neste caso, indicam uma contaminação de origem dietética.

Embora a matriz ambiental destes trabalhos utilizando tecido muscular tenha sido variada como, área de pastagem, uma área com extensa contaminação ambiental e área de preservação ambiental, os resultados indicaram contaminação por metabolitos de agrotóxicos evidenciando a alta gama espectral e capacidade de difusão desses elementos nos ecossistemas. Além disso, reforça a importância da utilização de aves como sentinelas

ambientais, provando que tecido muscular apresenta bons resultados na detecção de compostos organoclorados.

Nas pesquisas realizadas por (Naso et. al, 2003 e Maruya et. al , 2005), as análises com o tecido hepático de aves insetívoras apresentou resultados bastante expressivos, quanto a acumulação de resíduos de agrotóxicos DDE, PCBs e toxafeno. O DDE foi o pesticida organoclorado encontrado em 100% das amostras de fígado, indicando sua alta estabilidade química e persistência no meio ambiente e nos organismos vivos. Foram encontrados também PCBs em todas as amostras, sugerindo que a ocorrência frequente de concentrações elevadas deste composto pode estar diretamente relacionada com a intensa urbanização e o desenvolvimento industrial, reforçando a hipótese, de que níveis mais altos de PCBs são encontrados em espécies de aves que vivem perto de grandes centros urbanos e as concentrações totais de toxafeno e de seus metabólitos, também foram detectadas em todas as amostras de fígado com até 10 congêneres (B6-923, B7-1000, B7-1001, B8-1413, B8-1414, B8-1945, B8-806, B8-2229, B9-1679 e B9-2206).

Embora Chaiyarata et. al (2014), avaliando o acúmulo de pesticidas organoclorados persistentes no tecido hepático de aves insetívoras, não tenham detectado contaminação por DDT total e os níveis de compostos de clordano totais, aldrina, sulfato de endossulfan, endrina e beta - hexaclorociclohexano ( $\beta$ -HCH) tenham sido detectadas, todos em níveis relativamente baixos. A utilização do tecido de fígado para análise de metabólitos de agrotóxicos, continua sendo parte importante para o sucesso do monitoramento ambiental e indicam que provavelmente na área estudada por estes autores o uso de inseticida é baixo ou conduzido com cuidado.

Quando os estudos testaram ovos de aves insetívoras como objeto modelo para a detecção de contaminação por congêneres de pesticidas em organismos vivos. O resultados encontrados por (Dauwe et.al, 2006; Fan - Gao et. al, 2009; Dauwe et. al, 2009 e Custer et. al, 2010) indicaram que os ovos são bons modelos para a detecção dos poluentes orgânicos persistentes: PCBs, polibrominados éteres difenílicos (PBDEs), DDT, diclorodifenildicloroetileno (DDD), congêneres de PBDEs, BDE 47, BDE 209, deca-BDE, PCB 77, dibenzo-p-dioxinas policloradas (PCDD-F) e mirex.

No entanto, é importante ressaltar que a utilização de ovos como modelo para avaliar o perfil de agrotóxicos em aves, é bastante eficiente para detectar contaminação em aves adultas e fêmeas, pois os estudos analisados indicam que os compostos encontrados reflete o perfil da fêmea em postura, que depende das taxas de absorção, depuração e metabolização da mesma, de modo que concentrações de pesticidas em ovos estão, portanto, relacionados com a

contaminação na fêmea. Segundo Luo et. al (2009), o consumo de insetos através da cadeia alimentar implica em uma das principais fontes de exposição à diversos congêneres de agrotóxicos em aves sugerindo que, as concentrações de poluentes orgânicos persistente seguem a biomagnificação típica da cadeia alimentar.

Estudos avaliando detalhes da dieta provaram também ser valiosos, para identificar a transferência de contaminantes em vertebrados insetívoros. Smits et.al (2005) encontraram resultados, onde consumo de presas terrestres foi positivamente correlacionado com resíduos de DDT e os resíduos de os PCBs estavam relacionados a presas aquáticas.

Dauwe et.al (2006) também encontraram resultados que reforçam a importância da análise de itens alimentares para pesquisas ecotoxicológicas e determinaram a concentração de PCBs, PBDEs e pesticidas organoclorados (OCPs) em lagartas, que representam cerca de 73-92% da dieta de filhotes de algumas espécies de aves insetívoras.

Hallmann et. al, (2014) investigaram se o inseticida neonicotinóide imidaclopride impacta negativamente em populações de aves insetívoras. Os autores descobriram que as tendências da população local de aves foram significativamente negativas em áreas com maior concentração do inseticida na água. De forma que, em concentrações de imidaclopride maiores que 20ng/l, as populações de aves tendem a diminuir anualmente em 3,5%, em média.

Análises adicionais revelaram que esse padrão espacial de declínio apareceu somente após a introdução imidaclopride, em meados dos anos 90. Os autores alertam que os riscos potenciais dos neonicotinóides, sugeridos para as aves, focam nos efeitos tóxicos agudos causados pelo consumo direto destes (Goulson, 2013); porém, os resultados encontrados por eles, sugerem uma outra possibilidade para intoxicação e declínio dessas aves; ou seja, que a diminuição dos recursos alimentares destes insetos, tenham causados as relações observadas. Neste contexto, deve-se considerar outras possíveis causas que incluem o acúmulo trófico desse neonicotinóides, através do consumo de invertebrados contaminados e seus efeitos subletais ou letais (*Ibid*, 2013).

Buscando avaliar a contaminação de aves, quanto à exposição ao inseticida organofosforado fenitrothion, Fildes et.al (2006) mediram a colinesterase plasmática total (ChE), butirilcolinesterase (BChE) e atividades de acetilcolinesterase (AChE) e descobriram que a técnica que utiliza o plasma sanguíneo também se mostra eficaz para este tipo de avaliação ecotoxicologia em organismos vivos, pois os resultados demonstraram que as espécies de aves estudadas foram expostas ao fenitrothion durante operações de pulverização de inseticida, usado no controle de gafanhotos.

No contexto da cadeia da causalidade, os 16 trabalhos analisados, que investigaram pesticidas em pássaros insetívoros, que buscaram diagnosticar se os agentes químicos encontrados nas formulações dos agrotóxicos e seus metabólitos tinham potencial de bioacumulação e biomagnificação, através da cadeia trófica sobre a população de aves que habitam diferentes ambientes, demonstram que todas as técnicas de detecção de agrotóxicos e seus metabólitos no organismo de aves insetívoras apresentaram eficácia e que as 50 espécies de aves insetívoras estudadas nas pesquisas tiveram ao menos um órgão/tecido/estrutura (fígado, fezes, bolo estomacal, plasma sanguíneo, tecido muscular, itens alimentares, ovos) contaminado por um dos 21 tipos de compostos químicos e seus metabólitos estudados nas pesquisas encontradas quanto, à contaminação em aves insetívoras.

Dentre esses compostos e seus congêneres, muitos são enquadrados como poluentes orgânicos persistentes (POPs) e podem estar relacionados com o fato de que das espécies estudadas, 18 apresentam tendência populacional classificada pela IUCN, como diminuindo (ED).

## **5. Considerações Finais**

Os resultados encontrados demonstram uma lacuna teórica a respeito de estudos que investigam os efeitos nocivos dos pesticidas no meio ambiente e nos organismos não alvo, evidenciando a importância de estudos ecotoxicológicos em todo mundo, tendo em vista que o emprego dos agrotóxicos na agropecuária ocorre a nível global e muito dos efeitos da exposição a estes produtos químicos, ainda não são conhecidos pela ciência.

Outro fator importante, é a manutenção dos periódicos e plataformas indexadoras, que precisam de estudos para que ocorra a publicação de artigos científicos relevantes, que ajudem a sociedade e o poder público na tomada de decisões, em relação à utilização desenfreada de pesticidas, criando um vínculo importante entre a ciência e a sociedade civil, na busca por uma solução efetiva para as consequências socioambientais, que os agrotóxicos podem acarretar.

Neste sentido, é de suma importância a produção de trabalhos, que tratem do impacto de produtos químicos utilizados na agropecuária sobre a comunidade de aves insetívoras, demonstrando que se precisa voltar olhares para esta problemática de nível global. Isto fica mais evidente, quando se atenta para o Brasil, país que possui a maior biodiversidade de aves dos trópicos, e que podem vir a sofrer serias consequências, caso nenhuma providência seja

tomada, frente aos rumos e à velocidade com que, a agricultura vem avançando sobre os biomas do país.

As análises esclarecem ainda, que embora no passado existisse uma preferência por utilizar apenas animais de topo de cadeia como bioindicadores de contaminação ambiental, atualmente existe uma tendência crescente no monitoramento de espécies que estão em estrato inferior na cadeia alimentar, que também podem ser expostas a altos níveis de poluentes orgânicos persistentes, porque vivem em áreas potencialmente poluídas. Por sua vez, as espécies (16) de aves insetívoras estudadas nos trabalhos analisados, se mostraram valiosas, quando utilizadas como sentinelas de monitoramento ambiental para determinar a contaminação por poluentes orgânicos persistentes nos ecossistemas.

Principalmente por serem sensíveis às alterações no ambiente decorrentes do amplo espectro de estressores ambientais atuais, como mudanças climáticas, abundância alterada de presas, perda de habitat e uso de pesticidas, estes, por sua vez, podem afetar também as populações de muitos insetos negativamente, atingindo diretamente as populações de aves insetívoras em busca de alimento, que vem sofrendo declínio há vários anos.

Além disso, pesquisas sobre contaminação por poluentes organoclorados persistentes através da análise de bolo estomacal, fezes, tecidos, fígado, ovos, insetos e plasma sanguíneo de aves insetívoras são extremamente valiosos no entendimento da transferência de contaminantes, assim como para o detalhamento da variabilidade de compostos que podem causar danos aos organismos vertebrados insetívoros.

Vale ressaltar que mesmo conhecendo-se mais sobre o comportamento dos agrotóxicos no meio ambiente, não se pode assegurar que os danos causados sejam desprezíveis, pois é praticamente impossível acompanhar toda a dinâmica do agrotóxico original, e das moléculas originadas de sua degradação, bem como os seus efeitos biológicos nas mais diversificadas situações ecológicas. Neste sentido, muitos dos resultados encontrados sugerem que o impacto dos poluentes orgânicos persistentes no ambiente natural seja reflexo do uso desses compostos no passado.

Consideradas as informações apresentadas no estudo, ressalta-se a importância das comunidades científicas realizarem pesquisas relacionadas com o objeto aqui analisado, como também articularem-se como provocadores dos agentes políticos, no poder legislativo, no sentido de que estes contemplem nas legislações futuras os potenciais efeitos em cascata dos agrotóxicos nos ecossistemas. Que estes sejam sensibilizados que quando as características básicas de um ecossistema são alteradas, muitas das espécies presentes nesse ambiente não serão capazes de se adaptarem às novas condições ambientais impostas, deixando de integrar

esse ecossistema, alterando toda a cadeia alimentar necessária para a sobrevivência das espécies.

### **Agradecimentos**

A Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) e a Fundação de Amparo a Pesquisa do Estado de Mato Grosso (FAPEMAT), pelo auxílio financeiro por meio da concessão de bolsa de mestrado e doutorado.

### **Referências**

Anvisa (2013). Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Programa de Análise de Resíduos de Agrotóxicos em Alimentos (PARA) - Relatório de Atividades de 2011 e 2012, Gerência-Geral de Toxicologia, Brasília, 1-44.

Barnard, C.; Daberkow, M.; Padgitt, M.; Smith, M. E.; Uri, N. D. (1997). Alternative measures of pesticide use. *Science of the total environment*, 203, 229-244.

Bartuszevigea, A. M.; Capparella, A. P.; Harperb, R. G.; Frickc, J. A.; Crileyb, B.; Dotya, K.; Erhart, E. (2002). Organochlorine pesticide contamination in grassland-nesting passerines that breed in North America. *Environmental Pollution*, 117, 225-232.

Boatman, N. D.; Brickle, N.W.; Hart, J. D.; Milsom, T. P.; Morris, A. J.; Murray, A. W. A.; Murray, K. A.; Robertson, P. A. (2004). Evidence for the indirect effects of pesticides on farmland birds. *Ibis*, 146, 131–143.

Bolognesi, C.; Morasso, G. (2000). Genotoxicity of pesticides: Potencial risk for consumers. *Trends in Food Science and Technology*, 11, 182-187.

Blus, L. J.; Wiemeyer, S. N.; Bunck, C. M. (1997). Clarification of effects of DDE on shell thickness, size, mass, and shape of avian eggs. *Environmental Pollution*, London, 95, 67-74.

Chaiyarata, R.; Sookjama, C.; EIam-Ampaib, K.; Damrongphol, P. (2014). Bioaccumulation of organochlorine pesticides in the liver of birds from Boraphet wetland, Thailand. *Science Asia*, 40, 198–203.

Chowdhury, S. R.; Smith, T. K. (2001). Effects of Dietary 1,4-diaminobutane (Putrescine) on eggshell Quality and Laying Performance of Hens Laying thin-shelled Eggs. *Poultry Science*, 80, 1702-1709.

Cooke, A. S. (1973). Shell thinning in avian eggs by environmental pollutants. *Environmental Pollution*, 4, 85-152.

Costa, C. R.; Olivi, P.; Botta, C. M. R.; Espindola, E. L. G. (2008). A Toxicidade em ambientes aquáticos: discussão e métodos de avaliação. *Quim. Nova*, 31, 1820-1830.

Custer, C. M.; Custer, T. W. and Dummer, P. M. D. (2010). Patterns of Organic Contaminants in Eggs of an Insectivorous, an Omnivorous, and a Piscivorous Bird Nesting on the Hudson River, New York, USA. *Environmental Toxicology and Chemistry*, 29, 2286–2296.

Custer, T. W.; Dummer, P. M.; Custer, C. M.; Franson, C. J.; Jones, M. (2014). Contaminant Exposure of Birds Nesting in Green Bay, Wisconsin, USA. *Environmental Toxicology and Chemistry*, 33, 1832–1839.

Dauwe, T.; Chu, S. G.; Covaci, A.; Schepens, P.; Eens, M. (2003). Great Tit (*Parus major*) Nestlings as Biomonitoring of Organochlorine Pollution. *Archives of Environmental Contamination and Toxicology*, 44, 89-96.

Dauwe, T.; Jaspers, V. L. B.; Covaci, A.; Eens, M. (2006). Accumulation of Organochlorines and Brominated Flame Retardants in the Eggs and Nestlings of Great Tits, *Parus major*. *Environmental Science & Technology*, 40, 5297-5303.

Dauwe, T.; Van Den Steen, E.; Jaspers, V. L. B.; Maes, K.; Covaci, A.; Eens, M. (2009). Interspecific differences in concentrations and congener profiles of chlorinated and brominated organic pollutants in three insectivorous bird species. *Environment International*, 35, 369–375.

Duke, S. O.; Menn, J. J.; Plimmer, J. R. (1993). Challenges of pest control with enhanced toxicological and environmental safety: an overview. American chemical society, 1-13.

Fan - Gao, X. J.; Zhi - Feng, Y.; Xin - Ming,W.; Bi – Xi, A. (2009). Brominated Flame Retardants, Polychlorinated Biphenyls, and Organochlorine Pesticides in Bird Eggs from the Yellow River Delta, North China. Environmental Science & Technology, 43,6956–6962.

Fildes, K.; Astheimer, L. B.; Story, P.; William, A.; Buttemer,W. A.; Hooper, M. J. (2006). Cholinesterase Response in Native Birds Exposed to Fenitrothion During Locust Control Operations in Eastern Australia. Environmental Toxicology and Chemistry25, 2964–2970.

Fry, M. (1995). Reproductive effects in birds exposed to pesticides and industrial chemicals. Environmental Health Perspectives, 103, 165-171.

Galindo, J. C.; Kendall R. J.; Driver C. J.; Lacher, T. E. J. (1985). The effect of metyl parathion on susceptibility of bobwhite quail (*Colinus virginianus*) to domestic cat predation. Behavioral and Neural Biology, 43, 21- 36.

Gallo, M. A.; Lawryk, N. J. (1991). Organic phosphorous pesticides. In: Hayes Junior, WJ, Laws Junior, E. R. (Ed.). Handbook of pesticide toxicology, 2, 917-1123.

Gibbons, D.; Morrissey, C.; Mineau, P. (2015). A review of the direct and indirect effects of neonicotinoids and fipronil on vertebrate wildlife. Environ Sci Pollut Res, 22,103–118.

Gobbo, S. R. (2016) Uso do DDT: um perigo eminente para a saúde humana. Projeto Qualidade da Água, 16 .

Goulson, D. (2013). An Overview of the Environmental Risks Posed by Neonicotinoid Insecticides. Journal of Applied Ecology, 50, 977–987.

Hallmann, C. A.; Foppen, R. P. B. (2014). Van Turnhout, CAM.; Kroon1, H. & Jongejans. E. Declines in insectivorous birds are associated with high neonicotinoid concentrations. Nature.

Ibama (2009). Produtos Agrotóxicos e Afins Comercializados em 2009 no Brasil. Disponível em: <[http://www.ibama.gov.br/qualidade-ambiental/wpcontent/files/Produtos\\_agrotoxicos\\_Comercializados\\_Brasil\\_2009.pdf](http://www.ibama.gov.br/qualidade-ambiental/wpcontent/files/Produtos_agrotoxicos_Comercializados_Brasil_2009.pdf)>. Acesso em 17 de setembro 2017.

Levitan, L. (2000). “How to” and “why”: assessing the enviro-social impacts of pesticides. *Crop protection*, 19, 629-636.

Luo, X. J.; Zhang, X. L.; Liu, J.; Wu, J. P.; Luo, Y.; Chen, S. J.; Mai, B. X.; Yang, Z. Y. (2009). Persistent halogenated compounds in water birds from an e-waste recycling region in South China. *Environ. Sci. Technol*, 43, 306–311.

Maruya, K. A.; Smalling, K. L.; Mora, M. A. (2005). Residues of Toxaphene in Insectivorous Birds (*Petrochelidon* spp.) From the Rio Grande, Texas. *Archives of Environmental Contamination and Toxicology*, 48, 567–574.

Meneely, G. A.; Wyttenbach, C. R. (1989). Effects of the organophosphate insecticides diazinon and parathion on bobwhite quail embryos: skeletal defects and acetylcholinesterase activity. *Journal of Experimental Zoology*, 252, 60-70.

Meyers, S. M.; Marden, B. T.; Bennett, R. S.; Bentley, R. (1992). Comparative response of nestling European starlings and red-winged blackbirds to an oral administration of either dimethoate or chlorpyrifos. *Journal of Wildlife Diseases*, 28, 400-406.

Mora, M. A. (2008). Organochlorine Pollutants and Stable Isotopes in Resident and Migrant Passerine Birds from Northwest Michoaca’n, Mexico. *Archives of Environmental Contamination and Toxicology*, 55. 488–495.

Naso, B.; Perrone, D.; Ferrante, M. C.; Zaccaroni, A.; Lucisano, A. (2003). Persistent Organochlorine Pollutants in Liver of Birds of Different Trophic Levels from Coastal Areas of Campania, Italy. *Archives of Environmental Contamination and Toxicology*, 45, 407–414.

Nocera, J. J.; Blais, J. M.; Beresford, D. V.; Finity, L.; Grooms, C.; Kimpe, L. E.; Kyser, K.; Michelutti, N.; Reudink, M. W.; Smol, J. P. (2012). Historical pesticide applications

coincided with an altered diet of aerially foraging insectivorous chimney swifts. *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences*, 279, 3114-3120.

Opas-Organização Pan-Americana de Saúde, Oms - Organização Mundial de Saúde representação do Brasil (1996). Manual de vigilância da saúde de populações expostas a agrotóxicos.

Parker, M. L.; Goldstein, M. I. (2000). Differential toxicities of organophosphate and carbamate insecticides in the nestling European starling (*Sturnus vulgaris*). *Archives of Environmental Contamination and Toxicology*, 39, 233-242.

Peres, F.; Moreira, J. C. (2003). É veneno ou é remédio? Agrotóxicos, saúde e ambiente. Editora: Fiocruz, 21, 339-341.

Oliveira, N. P.; Moi, G. P.; Atanaka-Santos, M.; Silva, A. M. C.; Pignati, W. A. (2014). Malformações congênitas em municípios de grande utilização de agrotóxicos em Mato Grosso, Brasil. *Ciência & Saúde Coletiva*, 19, 4123 – 4130.

Pimentel, D. (1995). Amounts of Pesticides Reaching Target Pests: Environmental Impacts and Ethics. *Journal of Agricultural and Environmental*, 8, 17-29.

Rebelo, R.; Vasconcelos, R.; Buys, B.; Rezende, J.; Moraes, K.; Oliveira, R. (2010). Produtos agrotóxicos e afins comercializados em 2009 no Brasil: uma abordagem ambiental. Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis (IBAMA), Brasília, Brazil.

Saba, A. e Messina, F. (2003). Atitudes towards organic foods and risk/benefit perception associated with pesticides. *Food Quality and Preference*, 14, 637- 645.

Sabik, H.; Jeanot, R.; Roundeau, B. (2000). Multiresidue methods using solid-phase extraction techniques for monitoring priority pesticides, including triazines and degradation products, in ground and surface waters. *Journal of Chromatography*, 885, 217-236.

Sánchez-Bayo, F.; Ward, R.; Beasley, H. (1999). A new technique to measure bird's dietary exposure to pesticides. *Analytica Chimica Acta*, 399,173-183.

Silva, S. A. (2014). O agronegócio e as intoxicações agudas por agrotóxicos em Mato Grosso. Dissertação (Mestrado) Programa de Pós-Graduação em Saúde Coletiva. Universidade Federal de Mato Grosso Instituto de Saúde Coletiva. Cuiabá, 177f.

Smits, J. E. G.; Bortolotti, G. R.; Sebastian, M.; Ciborowski, J. J. H. (2005). Spatial, Temporal, and Dietary Determinants of Organic Contaminants in Nestling Tree Swallows in Point Pelee National Park, Ontario, Canada. *Environmental Toxicology and Chemistry*, 24, 3159–3165.

Spadotto, C. A.; Gomes, M. A. F.; Luchini, L. C.; Andrea, M. M. (2004). Monitoramento do risco ambiental de agrotóxicos: princípios e recomendações. *Embrapa meio ambiente*, 1-29.

Spadotto, C. A. (2006). Influência das Condições Meteorológicas no Transporte de Agrotóxicos no Ambiente. *Embrapa Meio Ambiente*.

Vieira, E. D. R.; Torres, J. P. M.; Malm, O. (2001). DDT environmental persistence from its use in a vector control program: a case study. *Environmental Research Section*, 86, 174- 182.

#### **Porcentagem de contribuição de cada autor no manuscrito**

Bruno Ramos Brum – 40%

Rosana dos Santos D' Ávila – 10%

Sandro Benedito Sguarezi – 15%

Manoel dos Santos Filho – 10%

Áurea Regina Alves Ignácio –25%