



# Avermectinas - Prospecção Tecnológica e Tecnologias de Tratamento.

**Amanda Pereira Rimes**

## **Projeto de Final de Curso**

**Orientador**

Lídia Yokoyama, D.Sc.

**Março de 2022**

# **AVERMECTINAS - PROSPECÇÃO TECNOLÓGICA E TECNOLOGIAS DE TRATAMENTO.**

*Amanda Pereira Rimes*

Projeto de Final de Curso submetido ao Corpo Docente da Escola de Química, como parte dos requisitos necessários à obtenção do grau de Bacharel em Engenharia Química.

Aprovado por:

---

Ana Lúcia Nazareth da Silva, D.Sc.

---

Felipe Sombra dos Santos, D.Sc.

---

Maria José de Oliveira Cavalcanti  
Guimarães, D.Sc.  
(Suplente)

Orientado por:

---

Lídia Yokoyama, D.Sc.  
(orientadora)

Rio de Janeiro, RJ - Brasil

Março de 2022

**Rimes, Amanda Pereira.**

Avermectinas - Prospecção Tecnológica e Tecnologias de Tratamento / Amanda Pereira Rimes. Rio de Janeiro: UFRJ/EQ, 2022.

xiv, 91 p.; il.

Trabalho de conclusão de curso (graduação) – Universidade Federal do Rio de Janeiro, Escola de Química, Bacharel em Engenharia Química, 2022.

Orientadora: Lídia Yokoyama.

1. Avermectinas. 2. Toxicidade. 3. Degradação. 4. Monografia. (Graduação – UFRJ/EQ). 5. Lídia Yokoyama. I. Avermectinas - Prospecção Tecnológica e Tecnologias de Tratamento.

Dedico este trabalho aos meus pais, Loanda e Alonso, com todo meu amor e gratidão, pelo apoio em todo as horas, por sempre acreditarem em mim e me proporcionarem todas as condições para que eu pudesse buscar meus sonhos. Amo vocês.

*“O conhecimento nos faz responsáveis.”*  
*(Che Guevara)*

## **AGRADECIMENTOS**

Primeiramente, a Deus, pela minha vida, e por me permitir ultrapassar todos os obstáculos encontrados ao longo da realização deste trabalho.

A todos os meus professores, pelas correções e ensinamentos que me permitiram apresentar um melhor desempenho no meu processo de formação profissional ao longo do curso. Em especial, a professora Lídia, minha orientadora, por todo o apoio e dedicação durante a confecção deste trabalho.

Agradeço também àqueles que participaram direta e indiretamente, me apoiando e contribuindo para meu desenvolvimento durante essa jornada.

Resumo do Projeto de Final de Curso apresentado à Escola de Química como parte dos requisitos necessários para obtenção do grau de Bacharel em Engenharia Química.

## **AVERMECTINAS - PROSPECÇÃO TECNOLÓGICA E TECNOLOGIAS DE TRATAMENTO.**

Amanda Pereira Rimes

Março, 2022

Orientadora: Prof. Lídia Yokkoyama, D.Sc.

Avermectinas são lactonas macrocíclicas produzidas a partir de fermentação do *Streptomyces avermitilis* que dão origem a uma série de produtos usados na medicina veterinária, humana e na agricultura. Esses produtos possuem ampla ação antiparasitária e são usados de forma indiscriminada, tornando possível a contaminação de corpos d'água, colocando em risco organismos não alvo. Com isso, foi realizada uma prospecção tecnológica com o objetivo de mapear tecnologias capazes de degradar esses compostos em corpos d'água. Para isso foi realizado levantamentos sobre a toxicidade das AVMs em relação a uma série de organismos não-alvo e sua permanência em diversos substratos, além da busca de processos eficazes no tratamento de efluentes contendo esses compostos. As buscas foram realizadas nas bases de dados Web of Science, Science Direct, PubMed e Scopus, em sites governamentais e trabalhos acadêmicos, utilizando as palavras chave "avermectins", "abamectin", "ivermectin", "degradation", "toxicity", "advanced oxidation process" e "AOPs". Os resultados obtidos indicam que, considerando as características dos produtos a base de AVMs, os POAs UV/Peroxidação (H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>), processo Fenton e Foto-Fenton e UV/TiO<sub>2</sub> apresentaram resultados animadores, com taxas de degradação variando de 60% a 99%. Contudo, o número de publicações relacionado ao uso dessa tecnologia no tratamento de efluentes com a presença de AVM é baixo, e as publicações são concentradas.

**Palavras Chave:** Avermectinas, Degradação, Prospecção Tecnológica, Processos Oxidativos Avançados, Toxicidade.

## ABSTRACT

Avermectins are macrocyclic lactones produced from the fermentation of *Streptomyces avermitilis* that originates to a series of products used in veterinary, human and agricultural medicine. These products have broad antiparasitic action and are used indiscriminately, making it possible to contaminate water bodies, putting non-target organisms at risk. Thereby, a technological prospection was carried out with the objective of mapping technologies capable of degrading these compounds in water bodies. For this, surveys were carried out on the toxicity of AVMs in relation to a series of non-target organisms and their permanence in different substrates, in addition to the search for effective processes in the treatment of effluents containing these compounds. Searches were carried out in the Web of Science, Science Direct, PubMed and Scopus databases, in government websites and academic works, using the keywords “avermectins”, “abamectin”, “ivermectin”, “degradation”, “toxicity” “ advanced oxidation process” and “AOPs”. The results obtained indicate that, considering the characteristics of the products based on AVMs, the POAs UV/Peroxidation (H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>), Fenton and Photo-Fenton process and UV/TiO<sub>2</sub> presented encouraging results, with degradation rates ranging from 60% to 99% . However, the number of publications related to the use of this technology in the treatment of effluents with the presence of AVM is small, and the publications are concentrated.

**Keywords:** Avermectins, Degradation, Technological Prospecting, Advanced Oxidative Processes, Toxicity.



## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1</b> - Descoberta da Avermectina de <i>S. Avermitilis</i> .....	17
<b>Figura 2</b> - Fotomicrografia de <i>Streptomyces Avermectinius</i> .....	18
<b>Figura 3</b> - Estruturas das Avermectinas.....	19
<b>Figura 4</b> – Estrutura química da Ivermectina.....	21
<b>Figura 5</b> – Estrutura química da Abamectina.....	22
<b>Figura 6</b> - Estrutura química da Selamectina.....	22
<b>Figura 7</b> - Estrutura química da Doramectina.....	23
<b>Figura 8</b> - Estrutura química da Eprinomectina.....	23
<b>Figura 9</b> – Estrutura química da Moxidectina.....	24
<b>Figura 10</b> – Estrutura Química do Benzoato de Emamectina.....	24
<b>Figura 11</b> - Estrutura química da Milbemicina.....	24
<b>Figura 12</b> - Modelo proposto para descrever mecanismos de sensibilidade à ivermectina.....	25
<b>Figure 13</b> - Classificação Toxicológica dos Produtos a base de ABM registrados no Brasil. .....	30
<b>Figure 14</b> - Classificação Ambiental dos Produtos à base de ABM registrados no Brasil.....	28
<b>Figura 15</b> – Toneladas de ABM comercializadas no Brasil entre os anos de 2009 e 2020.....	30
<b>Figure 16</b> - Classe Terapêutica de medicamentos à base de AVMs.....	31
<b>Figura 17</b> – Princípios ativos presente nos medicamentos veterinários a base de AVM registrados no Brasil.....	31
<b>Figura 18</b> - Homens infectados por doenças combatidas com o uso da Ivermectina.....	33
<b>Figura 19</b> - Ilustração de SARS-CoV-2.....	34
<b>Figura 20</b> - Consumo de Ivermectina nos anos de 2017 a 2021.....	35
<b>Figura 21</b> - Transporte de agrotóxico no ambiente.....	36
<b>Figura 22</b> - Rotas simplificadas da entrada de fármacos nos ambientes aquáticos.....	37
<b>Figura 23</b> – Número de publicações relacionadas a toxicidade das ABM e IVM nos últimos anos.....	39

<b>Figura 24</b> - Publicações sobre a toxicidade das ABMs e IVMs por países e continentes, de 2020 a 2022.....	40
<b>Figura 25</b> – Número de Agrotóxicos detectados na água.....	46
<b>Figura 26</b> – Concentração dos agrotóxicos acima dos limites considerados seguros.....	47
<b>Figura 27</b> – Número de fármacos detectados em águas superficiais, subterrâneas ou potável.....	48
<b>Figura 28</b> - Rebanho próximo da represa de Furnas, em Minas.....	49
<b>Figura 29</b> – Número de Artigos sobre tratamentos de efluentes publicados a partir do ano 2000.....	50
<b>Figura 30</b> – Número de artigos relacionados a degradação de compostos a base de Ivermectina e Abamectina.....	55
<b>Figura 31</b> – Principais áreas de estudos relacionadas as publicações sobre degradação de ABM e IVM.....	56
<b>Figura 32</b> - Publicações sobre degradação de ABM e IVM por país nos últimos anos.....	57
<b>Figura 33</b> - Países de origem das publicações correlacionando o uso de POAs na degradação de AVMs.....	60

## ÍNDICE DE TABELAS

<b>Tabela 1</b> - Propriedades Físicas e Químicas das Avermectinas .....	20
<b>Tabela 2</b> - Os principais fabricantes, nomes comerciais e formulações para abamectina, benzoato de emamectina e ivermectina .....	26
<b>Tabela 3</b> - Classificação toxicológica da Abamectina.....	28
<b>Tabela 4</b> - Valores de Referência Toxicológicos.....	29
<b>Tabela 5</b> – Dados sobre toxicidade das AVMs obtidos nos anos logo após a descoberta das moléculas (1986 e 1989) .....	41
<b>Tabela 6</b> - Dados sobre toxicidade das AVMs obtidos após os anos 2000.....	41
<b>Tabela 7</b> - Dados sobre permanência das AVMs em diferentes substratos obtidos na década de 1980.....	43
<b>Tabela 8</b> - Dados sobre permanência das AVMs em diferentes substratos obtidos na década de 2000.....	44
<b>Tabela 9</b> – Tipos de Processos aplicados no tratamento de efluentes e algumas técnicas utilizadas.....	51
<b>Tabela 10</b> - Sistemas típicos de Processos Oxidativos Avançados.....	52
<b>Tabela 11</b> – Principais reações que ocorrem nos POAs através dos radicais Hidroxilas...	52
<b>Tabela 12</b> – Artigos sobre o uso de POAs na degradação de compostos a base de AVMs.....	57
<b>Tabela 13</b> - Teses sobre o uso de POAs na degradação de compostos a base de AVMs.....	58
<b>Tabela 14</b> - Produtos usados na agricultura, à base de Abamectina, registrados no Brasil.....	74
<b>Tabela 15</b> - Produtos usados na medicina veterinária, à base de Avermectinas, registrados no Brasil.....	76
<b>Tabela 16</b> - Produtos usados na medicina, à base de Ivermectina, registrados no Brasil....	87
<b>Tabela 17</b> - Tabela de padrão de potabilidade para agrotóxicos e metabólitos que representam risco à saúde. ....	88
<b>Tabela 18</b> - Processos Oxidativos Avançados usados na degradação de Compostos a base de Avermectinas em sistemas aquáticos.....	90
<b>Tabela 19</b> - Técnicas de Análise utilizadas na determinação de compostos a base de Avermectinas .....	96

## LISTA DE ABREVIATURA E SIGLAS

ABM	Abamectina
ANVISA	Agencia Nacional de Vigilância Sanitária
AVM	Avermectinas
CE <sub>50</sub>	Concentração Que Provoca Uma Resposta Eficaz Em Metade Dos Indivíduos Submetidos Ao Teste
CL <sub>50</sub>	Concentração Letal Média
CO <sub>2</sub>	Dióxido de Carbono
e <sup>-</sup>	Elétron
E <sup>o</sup>	Potencial Elétrico
EMBRAPA	Empresa Brasileira De Pesquisa Agropecuária
Fe <sup>2+</sup> Fe <sup>3+</sup>	Íons de Ferro
GABA	Ácido Gama-Aminobutírico
H <sup>+</sup>	Cátion Hidrogênio
H <sub>2</sub> O <sub>2</sub>	Peroxido de Hidrogênio
HPLC	Cromatografia Líquida De Alta Eficiência (em inglês “ <i>High Performance Liquid Chromatography</i> ”)
hν	Radiação UV
IVM	Ivermectina
K <sub>oc</sub>	Coeficiente Octanol/Água
K <sub>ow</sub>	Coeficiente De Adsorção
MAPA	Ministério Da Agricultura, Pecuária E Abastecimento
MDS	Merck Sharp & Dohme Research Laboratories
NRM	Ressonância Magnética Nuclear
O <sub>2</sub>	Oxigênio
O <sub>3</sub>	Ozônio
OMS	Organização Mundial Da Saúde
·OH	Radical Hidroxila
pH	Potencial Hidrogeniônico
POAs	Processos Oxidativos Avançados
R·	Radical Orgânico
RDC	Resolução Da Diretoria Colegiada

SINDAN	Sindicato Nacional Da Indústria De Produtos Para Saúde Animal
SISAGUA	Sistema De Informação De Vigilância Da Qualidade Da Água Para Consumo Humano
TiO <sub>2</sub>	Dióxido de Titânio
UV	Ultravioleta
V	Volts

## ÍNDICE

<b>1. INTRODUÇÃO.....</b>	<b>15</b>
<b>2. OBJETIVOS.....</b>	<b>16</b>
2.1. OBJETIVOS GERAIS.....	16
2.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	16
<b>3. METODOLOGIA.....</b>	<b>16</b>
<b>4. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....</b>	<b>16</b>
4.1. A DESCOBERTA.....	16
4.2. ESTRUTURA E PROPRIEDADES QUÍMICAS.....	18
4.3. DERIVADOS DA AVERMECTINA.....	21
<b>4.3.1.Principais Derivados.....</b>	<b>21</b>
4.4. MODO DE AÇÃO.....	25
<b>5. RESULTADOS E DISCUSSÕES.....</b>	<b>25</b>
5.1. USOS DAS AVERMECTINAS.....	26
<b>5.1.1.Uso na Agricultura.....</b>	<b>26</b>
<b>5.1.2. Uso Veterinário.....</b>	<b>30</b>
<b>5.1.2. Uso Medicinal Principais Derivados Principais Derivados</b>	<b>32</b>
5.2. AVERMECTINAS E MEIO AMBIENTE.....	35
<b>5.2.1. Portas de Entrada</b>	
5.3. TOXICIDADE DAS AVERMERCTINAS.....	38
5.4. TRATAMENTO DE EFLUENTES CONTENDO AVERMECTINA.....	45
<b>6. CONCLUSÃO.....</b>	<b>61</b>
<b>REFERÊNCIAS.....</b>	<b>52</b>
<b>APÊNDICE A – Produtos usados na agricultura, à base de Abamectina, registrados no Brasil.....</b>	<b>74</b>
<b>APÊNDICE B – Produtos usados na medicina veterinária, à base de Avermectinas, registrados no Brasil.....</b>	<b>76</b>
<b>APÊNDICE C – Produtos usados na medicina humana, à base de Ivermectina, registrados no Brasil.....</b>	<b>87</b>

<b>APENDICE D – Agrotóxicos analisados nas águas para consumo humano.....</b>	<b>88</b>
<b>APÊNDICE E – Processos Oxidativos Avançados usados na degradação de Compostos a base de Avermectinas em sistemas aquáticos.....</b>	<b>90</b>
<b>APÊNDICE F – Técnicas de Análise utilizadas na determinação de compostos a base de Avermectinas.....</b>	<b>96</b>

## 1. INTRODUÇÃO

As Avermectinas (AVMs) são uma família de lactonas macrocíclicas constituídas por 16 membros, com propriedades anti-helmínticas amplamente utilizados na agricultura, medicina veterinária e humana. Sua utilização resultou em um grande avanço tanto no campo quanto para a saúde animal e humana, trazendo resultados importantes para a economia e para a qualidade de vida (OMURA, 2008).

Em sua descoberta, na década de 1980, estudos indicavam que em função de suas características físico-químicas, esses compostos não apresentavam riscos para o meio ambiente (SOLL, 1989), já que sua permanência em diversos substratos seria de apenas algumas horas. Essa informação, somadas aos bons resultados relacionados a sua utilização contra parasitas e insetos, fez com que as vendas de produtos à base desses compostos explodissem no mundo (SHOOP e SOLL, 2002).

Mas à medida que a preocupação com as questões ambientais começou a crescer, paralelamente ao desenvolvimento de métodos de análise mais eficientes e ao surgimento de leis voltadas a qualidade das águas e efluentes no mundo, estudos sobre os possíveis danos causados à organismos não alvo começaram a ser realizados (KÖVECSES e MARCOGLIESE, 2005), e os novos resultados indicaram que, ao contrário do que se esperava, as AVMs estavam presentes no solo, em sedimentos e em corpos d'água após dias. Além disso, os resultados mostraram que mesmo em baixas concentrações, esses compostos são tóxicos para uma série de organismos não alvo (NOVELLI, 2010 e SANDERSON, *et al*, 2007).

Desta forma, analisando o cenário citado acima, e considerando que o Brasil é, atualmente, o quarto maior produtor de alimentos do mundo, e o terceiro maior produtor de carne (EMBRAPA, 2021), informações que indicam o consumo desses compostos no país, foi realizada uma prospecção tecnológica com o objetivo de mapear quais as tecnologias de tratamentos adequados para uso na degradação dessas moléculas.

Para isso foram levantados dados sobre o uso dessas moléculas, portas de entrada das AVMs no Meio Ambiente, toxicidade das Avermectinas – avaliando os efeitos desses compostos contra organismos não alvo e permanência em diversos substratos - e tratamento de efluentes contendo AVMs - analisando o cenário brasileiro e o uso de POA's na degradação desses compostos.



## **2. OBJETIVOS**

### **2.1. OBJETIVOS GERAIS**

Este trabalho tem como objetivo realizar uma prospecção tecnológica para analisar as características dos compostos a base de Avermectinas (AVMs) avaliando sua relação com organismos não-alvo, considerando o uso indiscriminado de agrotóxicos e fármacos que ocorre no Brasil e no mundo. Além disso, levantar prospecção tecnológica dos processos de degradação desses compostos dos corpos aquáticos.

### **2.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- Levantar informações sobre o uso e aplicação das AVMs em diferentes áreas;
- Levantar informações sobre a permanência das AVM em diferentes substratos;
- Levantar informações sobre toxicidade das AVMs em relação a organismos não-alvo;
- Levantar informações sobre estudos de degradação de compostos a base de AVMs;
- Buscar tecnologias de degradação capazes de remover as AVMs de corpos d'água.

## **3. METODOLOGIA**

Considerando os objetivos a serem alcançados na realização deste trabalho, a metodologia de pesquisa utilizada em sua elaboração pode ser classificada como pesquisa básica, quantitativa, com caráter descritivo e exploratória (FONTELLES, 2009).

Através de um amplo levantamento de dados nas bases de dados Web of Science, Science Direct, PubMed e Scopus, além de sites governamentais e trabalhos acadêmicos, foram coletadas informações relevantes para elaboração da prospecção tecnológica apresentada.

As palavras chave utilizadas nas pesquisas foram “avermectins”, “abamectin”, “ivermectin”, “degradation”, “toxicity”, “advanced oxidation process”, “AOPs”. Em relação aos anos das publicações, foram considerados os dados de 2012 até o presente momento, juntamente com as publicações feitas em 1989, pela Springer-Verlag (“Ivermectin and Abamectin”, Campbell, 1989), como caráter comparativo.

## **4. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA**

### **4.1. A DECOBERTA**

As avermectinas são lactonas macrocíclicas produzidas através de fermentação realizada pelo microrganismo *Streptomyces avermitilis*, uma actinobactéria encontrada em 1974, na cidade de Ito no Japão. A descoberta do microrganismo se deu em função de uma

parceria entre Satoshi Ōmura e William C. Campbell, representantes do Instituto Kitasato e da empresa Merck Sharp & Dohme Research Laboratories (MDS), respectivamente, com o objetivo da descoberta de novos agentes para atuar na saúde animal. A Figura 1 mostra de forma simplificada, o isolamento do *S. avermitilis* a partir de uma amostra de solo, sua morfologia e as estruturas químicas das avermectinas (ZANOLI, 2011).

No início da década de 70, motivados pelas descobertas de moléculas produzidas através da fermentação microbiana, que apresentavam características bactericidas, os pesquisadores deram início a uma busca por compostos oriundos de fermentação, que apresentassem ação anti-helmíntica. Uma série de microrganismos foram isolados e submetidos a testes que comprovassem uma possível ação antiparasitária.

Entre as muitas cepas analisadas, a cultura MA-4680 se destacou, apresentando bons resultados após sua administração a ratos contaminados com *Nematospiroides dubius* (BURG, *et al.*; 1979; ŌMURA, 2008).

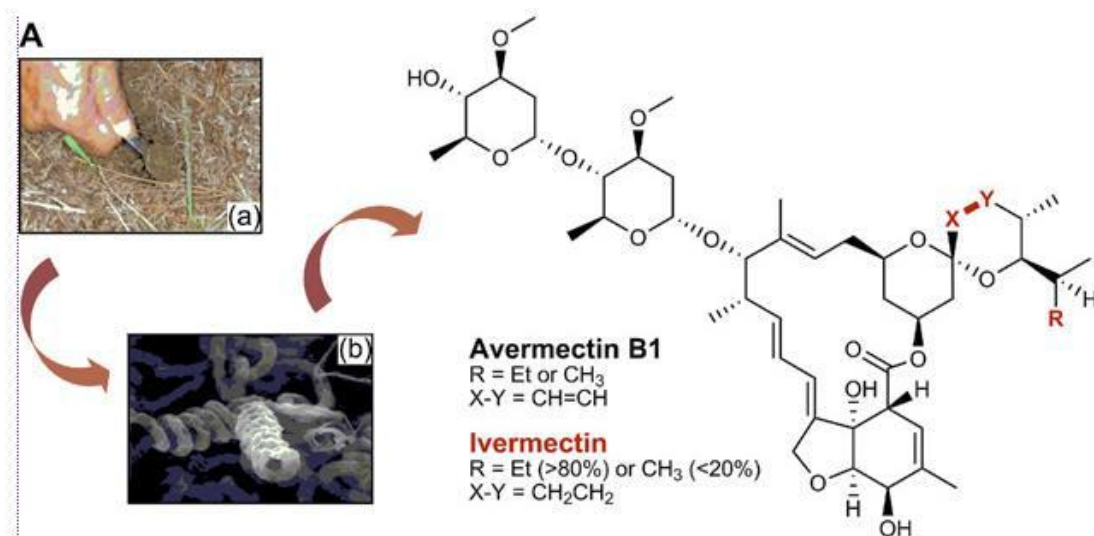


Figura 1 - Descoberta da Avermectina de *S. Avermitilis* (Adaptado de SHEN, 2015). (a) Amostra de solo de Omura, a partir da qual o *S. Avermitilis* foi isolado; (b) *S. Avermitilis*, microrganismo produtor das avermectinas.

Após a realização de estudos taxonômicos do microrganismo, foi constatado que se tratava de uma *Streptomyces*, com esporos esféricos ou ovais, formando espirais com ramos laterais na micela aérea. As espirais eram compactas, mas sofriam uma abertura à medida que

a cultura envelhecia (Figura 2). Além disso, apresentava uma massa de esporos com superfície lisa e coloração cinza acastanhado (BURG, *et al.*, 1979; CAMPBELL, 1989).

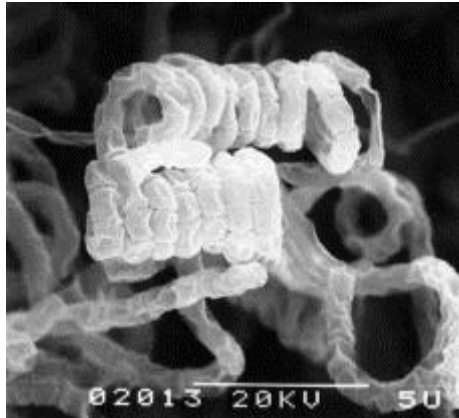


Figura 2 - Fotomicrografia de *Streptomyces Avermectinius* (Kitasato Institute, 2005).

Em função dessas características, ainda não observadas em outros microrganismos semelhantes, concluiu-se que se tratava de uma nova espécie do gênero *Streptomyces*, nomeando-a, inicialmente, como *Streptomyces avermitilis*. Em seguida, o microrganismo foi renomeado como *Streptomyces Avermectinius* (ÔMURA, 2008), em função de sua capacidade de produzir atividade anti-helmíntica.

#### 4.2. ESTRUTURA E PROPRIEDADES QUÍMICAS

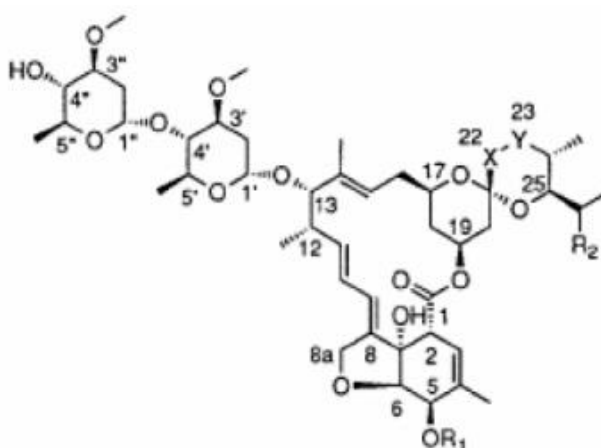
Os primeiros testes realizados com o caldo fermentado do microrganismo recém-descoberto revelaram uma potente atividade contra o agente parasitário *Nematospiroides dubius* e um baixíssimo teor de toxicidade, além de ausência de ação antibacteriana e antifúngica (BURG, *et al.*, 1979; CAMPBELL, *et al.*, 1983). Simultaneamente, a realização de testes cromatográficos e espectrofotométricos foram utilizados com o objetivo de isolar e determinar quais eram os compostos ativos, presentes no caldo fermentado, que apresentavam tais características.

Com isso, chegou-se a uma família de lactonas macrocíclicas constituídas por 16 membros denominada de avermectinas (AVM).

As estruturas químicas desses compostos foram determinadas posteriormente, através do uso de espectroscopia de massa e ressonância magnética nuclear (NMR) de carbono-13. Em

seguida, o uso de cristalografia de raio-x confirmou a estrutura e auxiliou na identificação de estereoquímica relativa e absoluta (LASOTA; DYBAS, 1991).

Durante o processo fermentativo é produzida, naturalmente, uma mistura contendo 8 compostos A1a, A2a, A1b, A2b, B1a, B2a, B1b e B2b, (Figura 3). Os compostos com designação ‘A’ descrevem a presença de um grupo metoxi na posição C5. Já a designação ‘B’ faz referência a presença de um grupo hidroxil na mesma posição. Quanto aos índices ‘1’ e ‘2’, o primeiro faz referência à presença de uma ligação dupla entre C22 e C23 ou um hidrogênio em C22. Enquanto o segundo, está relacionado a presença de um grupo hidroxil em C23. As variações ‘a’ e ‘b’ referem-se a presença de um grupo sec-butil e um grupo isopropílico em C25, respectivamente (LAING, *et al.*, 2017).



avermectina	R <sub>1</sub>	R <sub>2</sub>	X-Y
<b>A1a</b>	CH <sub>3</sub>	C <sub>2</sub> H <sub>5</sub>	CH=CH
<b>A1b</b>	CH <sub>3</sub>	CH <sub>3</sub>	CH=CH
<b>A2a</b>	CH <sub>3</sub>	C <sub>2</sub> H <sub>5</sub>	CH <sub>2</sub> -CH(OH)
<b>A2b</b>	CH <sub>3</sub>	CH <sub>3</sub>	CH <sub>2</sub> -CH(OH)
<b>B1a</b>	H	C <sub>2</sub> H <sub>5</sub>	CH=CH
<b>B1b</b>	H	CH <sub>3</sub>	CH=CH
<b>B2a</b>	H	C <sub>2</sub> H <sub>5</sub>	CH <sub>2</sub> -CH(OH)
<b>B2b</b>	H	CH <sub>3</sub>	CH <sub>2</sub> -CH(OH)

Figura 3- Estruturas das Avermectinas (BURG, R. W. *et al.* 1979).

As variações entre as estruturas são responsáveis por significativas diferenças de funcionalidade entre as avermectinas.

De modo geral, os compostos da série B apresentam maior poder antiparasitário que os da série A. Entre a série B, quando administrada oralmente, a B1 é mais ativa que a B2. Em

casos de administração parental, os resultados se invertem e a B2 é mais ativa que a B1 (CAMPBELL, *et al.*, 1983).

Em relação as propriedades físico-químicas, a Tabela 1 apresenta algumas características. Essas moléculas apresentam baixa solubilidade em água e alta pressão de vapor. São solúveis em muitos solventes orgânicos. Apresentam um alto coeficiente de adsorção ( $K_{oc}$ ) e são hidrofóbicas, o que resulta em uma susceptibilidade a se acumular no ambiente e as torna imóveis no solo. Além disso, apresentam um alto coeficiente octanol/água ( $K_{ow}$ ), que indica afinidade por lipídios e pode proporcionar bioacumulação em tecidos animais, mas como apresenta uma alta massa molecular, não atravessa facilmente membranas biológicas (LUMARET, *et al.*, 2012).

Outra característica importante desses compostos é o fato de serem facilmente degradadas quando expostas a luz. Segundo resultados obtidos em 1989 quando exposta a luz o tempo de meia desses compostos  $t_{1/2}$  é de cerca de 3 horas (WISLOCKI, *et al.*, 1989).

Tabela 1 - Propriedades Físicas e Químicas das Avermectinas

PARÂMETROS	IVERMECTINA	ABAMECTINA
Massa Molecular	875	873.1
$K_{ow}$	1651	9772
$K_{oc}$	12660 - 15700	5300 - 15700
Solubilidade Aquosa	4 mg. L <sup>-1</sup>	7.8 µg. L <sup>-1</sup>
Pressão de Vapor	< 1.5 x 10 <sup>-9</sup> mm Hg	Não disponível
Fotólise em Água	< 0.5 dias	< 0.5 dias
Meia-vida no Solo; outras condições experimentais.	93 - 240 dias *	
(* Em laboratório, no escuro, ~22°C, mistura de solo/fezes; ** Ao ar livre, verão, mistura de solo/fezes; *** Ao ar livre, inverno, mistura de solo/fezes; **** Ao ar livre, filme fino e seco no vidro, luz solar)	7 - 14 dias **	14 - 56 dias
	91 - 217 dias ***	
	3 h ****	

Fonte: Adaptado de Lumaret, *et al.*, 2012.

### 4.3. DERIVADOS DA AVERMECTINA

Após a determinação das estruturas moleculares das avermectinas percebeu-se que a eficácia e modo de ação de cada molécula poderiam estar relacionados as diferenças entre os compostos. Com isso, criou-se um programa de derivação química com o objetivo de potencializar a capacidade antiparasitária dessas moléculas, dando destaque ao composto B1, que apresentava resultados mais favoráveis (CAMPBELL,2012).

Inicialmente, foi obtida uma nova série de compostos com atividade de espectro, e considerando a potência de ação e o perfil de segurança, alguns foram considerados promissores (CHABALA, *et al.*, 1980). Entre eles, a ivermectina e a abamectina, compostos amplamente utilizados até hoje na medicina veterinária e agricultura. Em seguida, foram desenvolvidas outras variantes das avermectinas, que são usadas amplamente pelo mundo (PRICHARD, *et al.*, 2012).

#### 4.3.1. Principais Derivados

A ivermectina (Figura 4) é o derivado mais comum das avermectinas. É uma droga que tem como alvo nematóides e parasitas artrópodes, sendo ativa contra uma vasta quantidade de parasitas, internos e externos. É amplamente utilizada na medicina veterinária e humana (BATIHA, *et al.*, 2019).

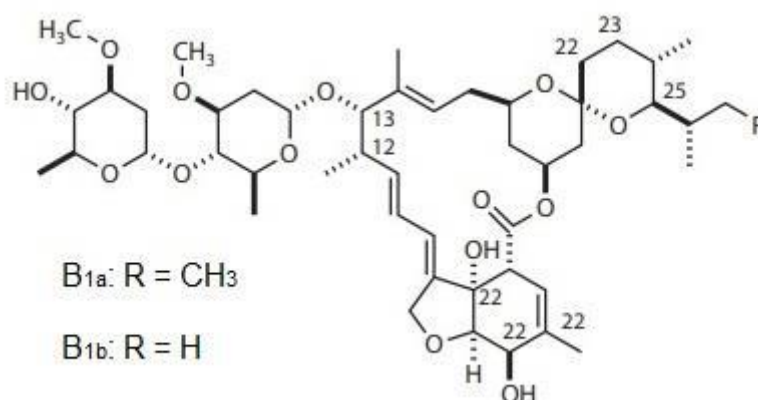


Figura 4 – Estrutura química da Ivermectina (Adaptado de CAMPBELL, 2016).

Além de todo benefício resultante do uso da ivermectina já alcançado, estudos mostram que este composto pode oferecer muito mais em diversas frentes (BATIHA, *et al.*, 2019). Além de suas características anti-helmínticas a ivermectina é capaz de eliminar muitos insetos, o que representa um potencial uso como inseticida.

A abamectina (Figura 5) é uma mistura formada por cerca de 80% de avermectina B1a e 20% de avermectina B1b. É um produto natural, produzido diretamente pela fermentação do *Streptomyces Avermectinius* (KHALIL, 2013)

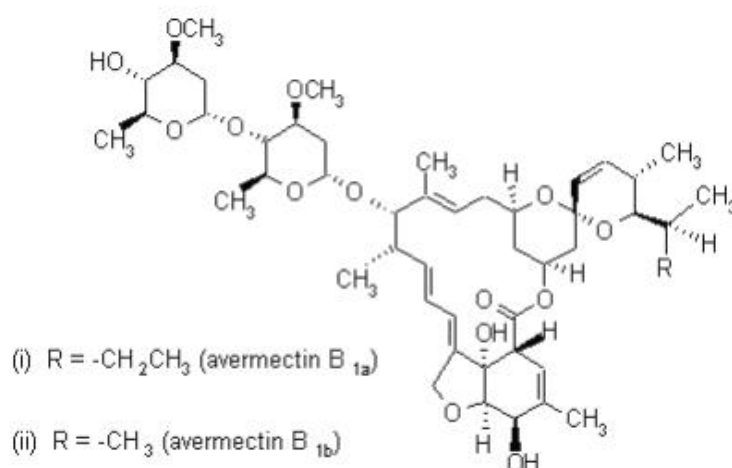


Figura 5 – Estrutura química da Abamectina (NOVELLI, 2010).

A selamectina (Figura 6) é uma avermectina sintética projetada para o uso em animais domésticos. É eficaz contra pulgas, carrapatos, vermes intestinais, ascarídeas e vermes imaturos. É aplicado topicamente em cães e gatos (BISHOP, 2000).

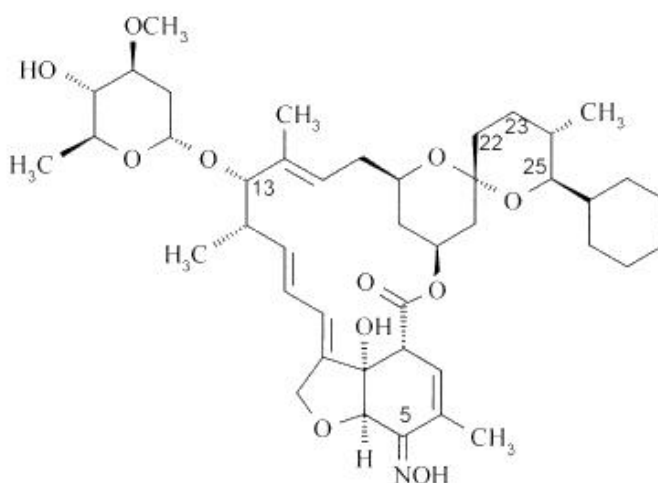


Figura 6 - Estrutura química da Selamectina (BISHOP, 2000).

A doramectina (Figura 7) é outra avermectina sintética usada em suínos e ruminantes. Seu uso pode ser feito de forma tópica ou injetável (GOUDIE, *et al.*, 1993).

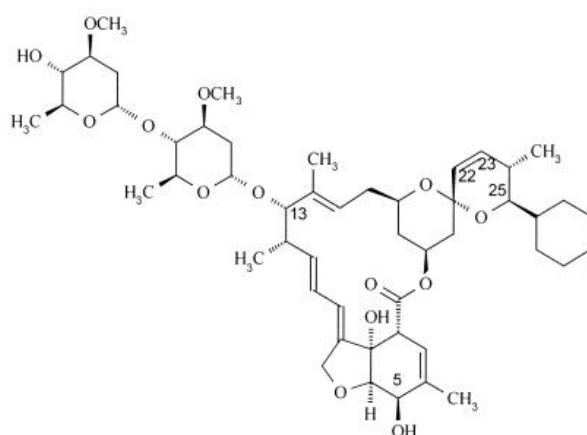
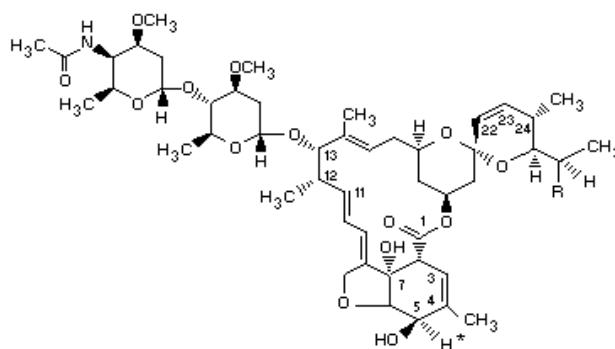


Figura 7 - Estrutura química da Doramectina (BISHOP, 2000)

A eprinomectina (Figura 8) é um composto formado pela mistura de eprinomectina B1a e eprinomectina B1b. Assim como a ivermectina, é um membro semissintético da família das avermectinas e é usado em cães e bovinos de forma tópica (KOZAN, 2008).



B<sub>1a</sub> component: R = C<sub>2</sub>H<sub>5</sub>  
 B<sub>1b</sub> component: R = CH<sub>3</sub>

Figura 8 - Estrutura química da Eprinomectina (INTERNATIONAL PROGRAMME ON CHEMICAL SAFETY, 1998).

Moxidectina (Figura 9) é outra avermectina usada em cavalos e ruminantes em altas concentrações para prevenir vermes cardíacos. Sua administração pode ser feita por rotas diversas.



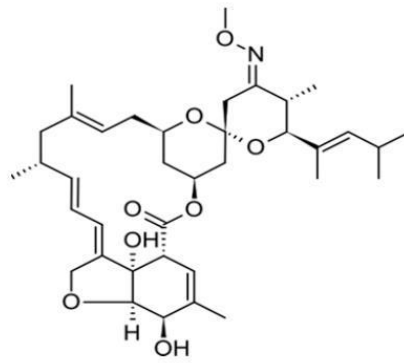


Figura 9 – Estrutura química da Moxidectina (BATIHA, *et al.*, 2019).

O Benzoato de Emamectina, que pode ser visto na Figura 10, é outro composto do grupo das avermectinas obtida por rota sintética, utilizado como inseticida em culturas diversas.

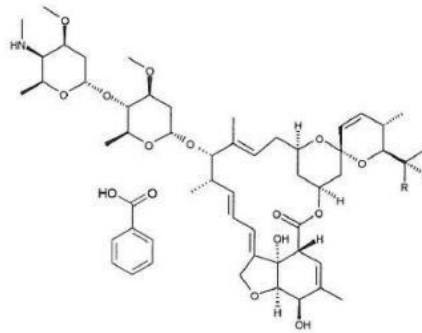


Figura 10 – Estrutura Química do Benzoato de Emamectina (IBAMA, 2009).

Uma outra avermectina, a milbemicina (Figura 11), é usada em cães e gatos na prevenção de vermes cardíacos e ácaros auditivos. Sua administração é feita oralmente.

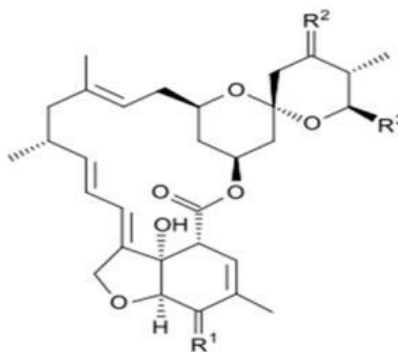


Figura 11 - Estrutura química da Milbemicina (BATIHA, *et al.*, 2019).

#### 4.4. MODO DE AÇÃO

As avermectinas são compostos que apresentam uma vasta atividade antiparasitária podendo ser utilizadas em diversos sistemas biológicos.

De modo geral, elas atuam no sistema nervoso do parasita, causando paralisia em função da inibição do ácido gama-aminobutírico (GABA), um neurotransmissor presente nos sistemas nervosos centrais de vertebrados e, também na maior parte dos invertebrados (LUMARET, *et al.*, 2012).

O composto atravessa a barreira hematoencefálica, se liga aos neuroreceptores de glutamato, produzindo um aumento na permeabilidade de íons cloreto. O aumento da permeabilidade de íons resulta em uma hiperpolarização da membrana celular, abrindo os canais de cloreto controlados pelo GABA (Figura 12). Esse aumento do fluxo de íons cloreto nas sinapses nervosas em vermes, e no sistema neuromuscular em artrópodes, resulta em paralisia, o que os leva a morte (BARBOSA, 2012).

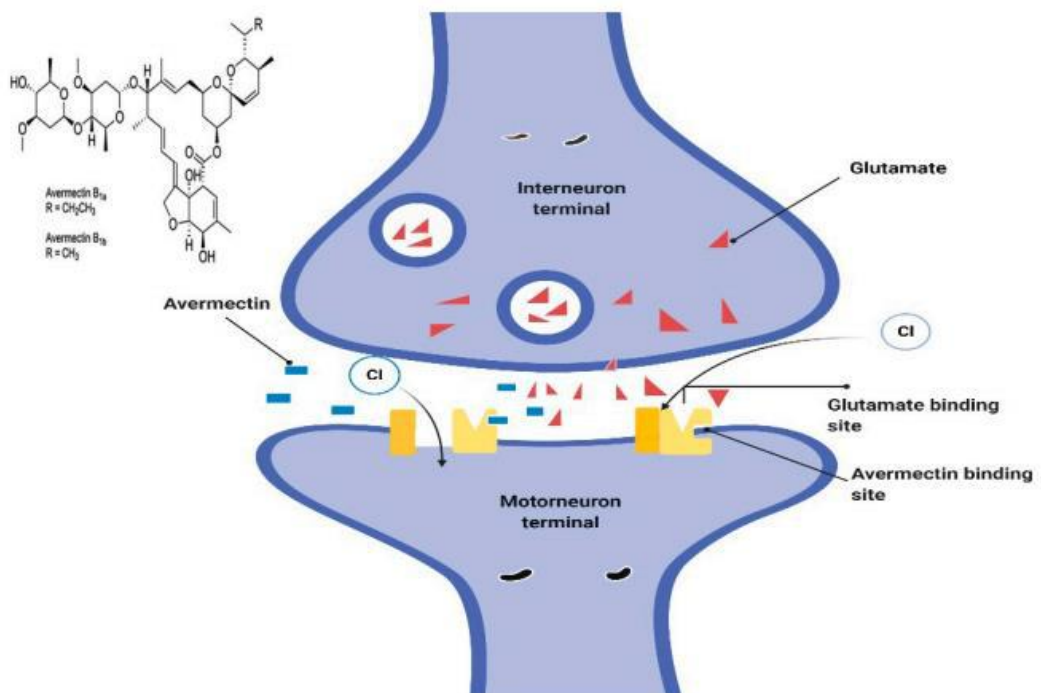


Figura 12 - Modelo proposto para descrever mecanismos de sensibilidade à ivermectina (BATIHA, *et al.*, 2019).

Em vertebrados as reações causadas pelas avermectinas são bem menos agudas, isso porque devido ao sua alta massa molecular, não atravessam facilmente a barreira hematoencefálica no sistema nervoso central (NOVELLI, 2010).

## 5. RESULTADOS E DISCUSSÕES

### 5.1. USOS DAS AVERMECTINAS

As AVMs, devido as suas características anti-helmínticas e inseticidas, vem sendo utilizadas contra uma vasta gama de insetos, ácaros, nematóides e parasitas, desde sua descoberta em 1979. Sua aplicação é feita tanto na agricultura, como na medicina humana, mas o seu uso mais extensivo é no controle de parasitas em animais, principalmente, no gado (LUMARET,2010). É um produto vendido mundialmente e é produzido por importantes indústrias químicas (Tabela 2).

Tabela 2 -Os principais fabricantes, nomes comerciais e formulações para abamectina, Benzoato de Emamectina e ivermectina

COMPOSTO QUÍMICO	NOME COMERCIAL	PRINCIPAIS FABRICANTES	FORMULAÇÃO
Abamectina	Agri-mek	Syngenta	0.15 lb/gal
	Zephyr		0.15 lb/gal
	Avid		0.15 Concentrado emulsionável
Benzoato de Emamectina	Proclaim	Syngenta	5% granulado
	Denim		0.16 lg/gal
Ivermectina	Ivomec	Merck & Co.	Comprimidos
	Mectizan		Injetáveis
	Stromectal		Comprimidos de 3mg

Fonte: STEVENS,2010.

#### 5.1.1. Uso Na Agricultura

O uso de AVMs na agricultura se dá a partir da introdução da abamectina no mercado, em 1985 (RUGG, 2005). As características físico-químicas dessa substância, como um baixo potencial de lixiviação, uma alta taxa de degradação no solo e sensibilidade a luz, foram determinantes para seu uso contra ácaros e insetos no campo, já que, aparentemente, não originaria resíduos duráveis ou contaminação de corpos d'água (NARS, *et al.*, 2016).

Hoje no Brasil existem 29 produtos à base de ABM registrados e aptos para venda (Apêndice A). São classificados como acaricidas, inseticidas e nematicidas e seu uso é

recomendado para uma série de culturas como frutas, vegetais, algodão, plantas ornamentais e no tratamento de sementes para proteger as plantas ainda no início do cultivo (LUMARET, 2010). O uso é feito através de pulverização em concentrações entre 0,15% e 2% ou como isca para atrair insetos (BATIHA, *et al.*, 2019).

Quanto a sua classificação toxicológica, o composto Abamectina é considerado extremamente tóxico - Classe toxicológica I - e em relação ao meio ambiente é considerado um produto perigoso - Grupo III (CARVALHO, *et al.*, 2020). Mas, em função da variação das concentrações e formulações comerciais, os produtos encontrados no mercado possuem classificações diversas.

De acordo com Sistemas de Agrotóxicos Fitossanitários (Agrofit), em relação a classificação toxicológica, mais da metade dos produtos registrados no Brasil são considerados pouco tóxicos, enquanto apenas 7% é considerado extremamente tóxico (Figura 13), ou seja, a maioria dos produtos comercializados no Brasil são classificados como menos tóxicos do que o composto ABM.

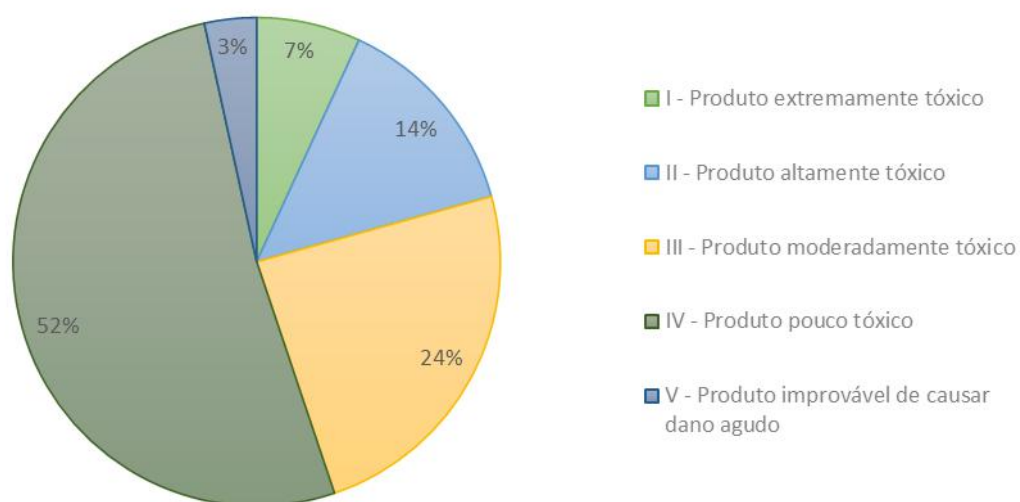


Figure 13 - Classificação Toxicológica dos Produtos a base de ABM registrados no Brasil (Autoria Própria)

Quanto a classificação ambiental, 59% dos produtos que podem ser comercializados no Brasil são classificados como muito perigoso para o meio ambiente (Figura 14). Ou seja, mais da metade dos produtos comercializados são ainda mais nocivos ao meio ambiente do que o composto Abamectina de forma isolada (AGROFIT, 2020).

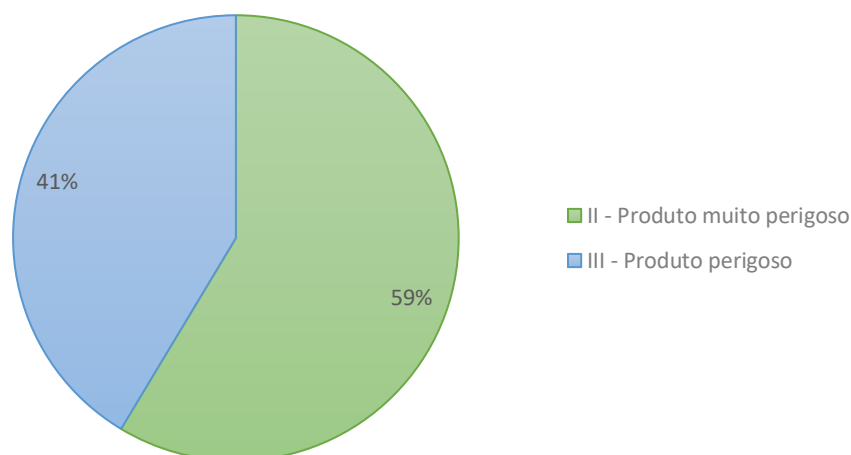


Figure 14 - Classificação Ambiental dos Produtos à base de ABM registrados no Brasil (Autoria Própria)

Outras classificações relevantes da ABM forma incorporadas recentemente à Monografia autorizado desse composto através da RDC N° 442, DE 2 DE DEZEMBRO DE 2020, da ANVISA. Essas novas classificações, presentes nas Tabelas 3 e 4, consideram características que indicam potencial toxicidade reprodutiva relacionada a exposição a esse composto.

Tabela 3 - Classificação toxicológica da Abamectina

Classe de Perigo	Resultado do Estudo	Categoria	Palavra de Advertência	Frase de Advertência	Pictograma
Toxicidade reprodutiva	Coelhos: pé torto congênito	Categoria 2	Atenção	Suspeita-se que prejudique o feto (malformações congênitas)	
-	Ratos: aumento na mortalidade e diminuição no ganho de peso	Categoria adicional para efeitos de lactação	-	Pode ser nocivo às crianças alimentadas com leite materno	-

Fonte: ÍNDICE MONOGRÁFICO – ABAMECTINA (Adaptado ANVISA, 2021)

Tabela 4 - Valores de Referência Toxicológicos

Ingestão Diária Aceitável (IDA)	0,0006 mg/kg peso corporal (pc)	* Baseada no estudo de neurotoxicidade para o desenvolvimento em ratos (LOAEL = 0,12 mg/kg p.c./dia) com efeitos no peso corpóreo e atraso no dia de abertura vaginal. Usado fator adicional de segurança = 2.
Dose de referência aguda (DRfA)	0,0025 mg/kg p.c.	* Baseada no estudo crônico e subcrônico em cães (NOAEL = 0,25 mg/kg p.c./dia) que apresentaram efeitos tóxicos a partir da primeira dose.
Nível Aceitável de Exposição Ocupacional (Acceptable Operator Exposure Level - AOEL)	0,0025 mg/kg p.c./dia	* Baseado no estudo crônico e subcrônico em cães (NOAEL = 0,25 mg/kg p.c./dia) que apresentaram efeitos tóxicos a partir da primeira dose.
Nível Aceitável de Exposição Ocupacional Aguda (Acute Acceptable Operator Exposure Level - AAOEL):	0,0025 mg/kg p.c./dia	* Baseado no estudo crônico e subcrônico em cães (NOAEL = 0,25 mg/kg p.c./dia) que apresentaram efeitos tóxicos a partir da primeira dose

Fonte: ÍNDICE MONOGRÁFICO – ABAMECTINA (Adaptado ANVISA, 2021)

Apesar dessas classificações, a venda desses compostos vem crescendo significativamente no país ao longo dos anos (Figura 15).

Como pode ser visto na Figura 15, considerando os dados a partir de 2009 até 2020, as vendas em toneladas de ABM cresceram cerca de 900%. Outro ponto relevante que pode ser observado, é que a produção nacional de ABM desempenha um papel importante no mercado interno.

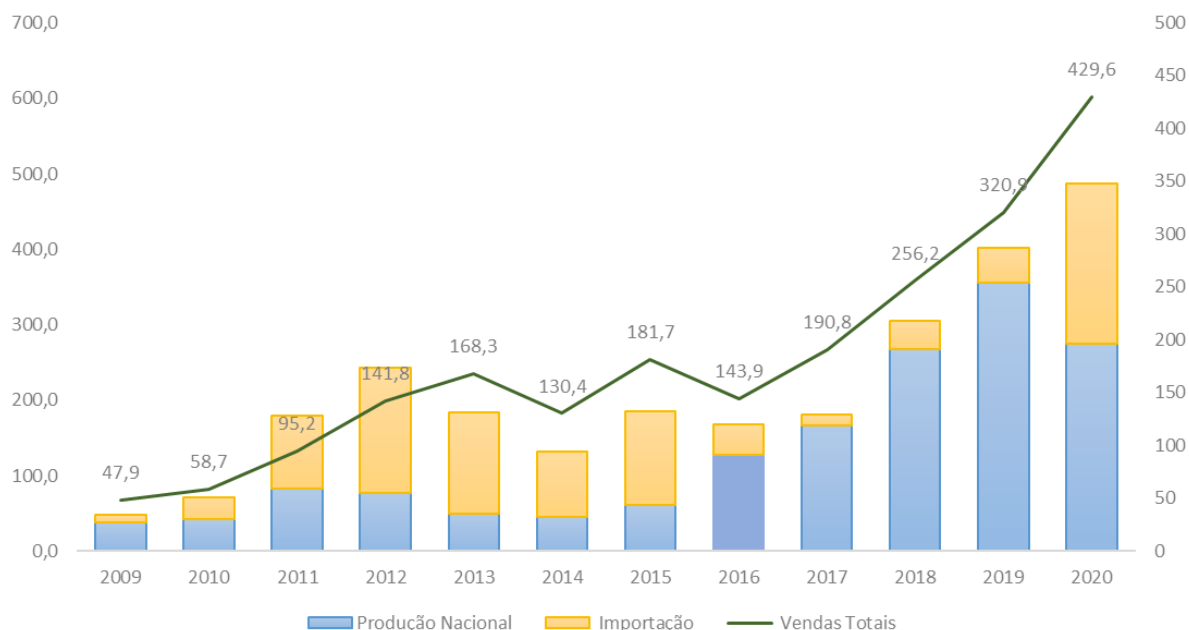


Figura 15 – Toneladas de ABM comercializadas no Brasil entre os anos de 2009 e 2020 (Fonte: IBAMA, 2020).

### 5.1.2. Uso Veterinário

O uso das AVMs na medicina veterinária ocorre a partir da década de 80 com a introdução da Ivermectina no mercado e significou um importante avanço, principalmente, na pecuária. Naquela época, as perdas econômicas devido à infecção parasitária eram na ordem de US\$ 3 bilhões por ano apenas nos Estados Unidos (CAMPBELL, *et al.*, 1983).

Nos dias de hoje, após o desenvolvimento de outras moléculas sintéticas, como Moxidectina, Milbemicina, entre outras, as AVMs são usadas contra vermes intestinais, ácaros e alguns piolhos. É eficaz também contra carrapatos, podendo ser administradas em combinação com outros medicamentos para tratar um amplo espectro de parasitas animais, tanto no campo como em animais domésticos (CRUMP e OMURA, 2011).

No Brasil existem cerca de 179 produtos registrados para uso veterinário (Apêndice B). Estes produtos podem ser classificados como endoparasiticidas, que agem contra parasitas internos, ectoparasiticidas, que agem contra parasitas externos, endectocidas, que agem contra parasitas internos e externos, antimicrobianos, antifúngicos e antiprotozoários. Mas a grande maioria dos medicamentos, cerca de 78% agem contra parasitas internos e externos (Figura 16).

Sua aplicação pode ser feita por via oral, tópica ou subcutânea, e em concentrações que variam de acordo com a espécie do animal tratado (Compêndio de Produtos Veterinário – SINDAN, 2020).

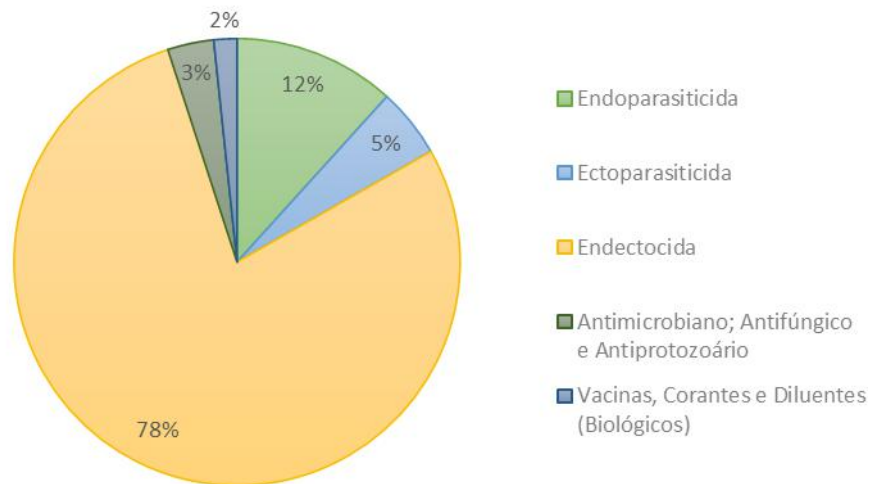


Figure 16 - Classe Terapêutica de medicamentos à base de AVMs (Autoria Própria)

Em relação ao princípio ativo presente, de acordo com SINDAN, 2020, cerca de dois terços dos medicamentos veterinários registrados para uso a base de AVMs no Brasil é composto por ABM ou IVM (Figura 17).

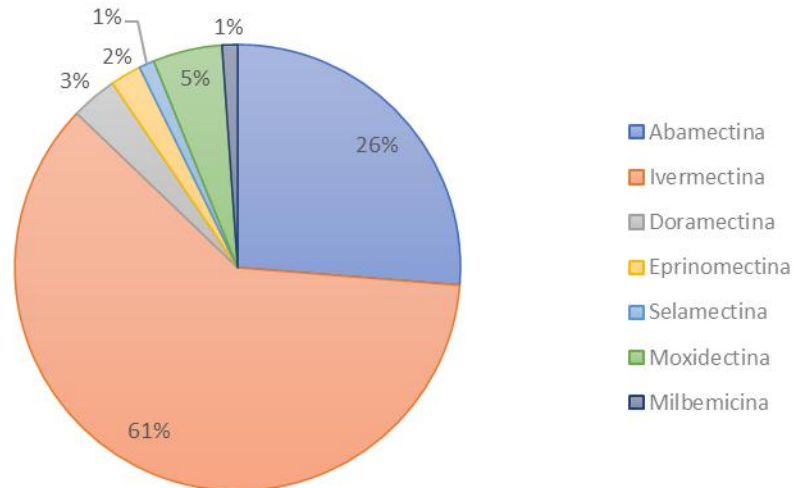


Figura 17 – Princípios ativos presente nos medicamentos veterinários a base de AVM registrados no Brasil (Fonte: SINDAN, 2020)

### 5.1.3. Uso Medicinal

Em relação a medicina humana, o uso de AVMs ocorre a partir da divulgação, pela Merck, em 1987, de estudos demonstrando a efetividade da Ivermectina no tratamento de oncocercose (Figura 18). Juntamente com o lançamento do produto no mercado, iniciou-se um programa de distribuição gratuito da droga em países subdesenvolvidos, idealizado em conjunto



pelo instituto Kitasato e a MSD, com a Organização Mundial da Saúde (OMS), visando atingir, principalmente, doenças negligenciadas (ÔMURA e CRUMP, 2004; CANGA, *et al.*,2008).

Atualmente, a Ivermectina é usada por milhões de pessoas pelo mundo sendo administrada com o objetivo de tratar, principalmente as seguintes doenças (ASHOUR, 2019):

- **Filariose linfática:** uma inflamação transmitida por mosquitos que causa uma disfunção linfática, resultando em inchaço irreversível de membros, seios e genitais;
- **Oncocercose:** a “cegueira dos rios”, uma infecção transmitida pelo verme filarial *Onchoceerca volvulus* que causa danos extensos aos olhos, chegando à cegueira.
- **Estrongiloidíase:** uma infecção causada por *S. stercoralis* que em casos de imunodeficiência pode levar a morte;
- **Triquinelose:** doença causada pela ingestão de carne de porcos ou cavalos, infectados, mal-cozida. Pode resultar em manifestações clínicas variadas, chegando à morte, em casos mais graves;
- **Pediculose:** infestação de piolhos, principalmente em crianças;
- **Sarna:** infestação da pele pelo ácaro *Sarcoptes scabiei*, o que resulta em coceira severa;
- **Mííase:** infestação de tecido por larvas da mosca díptero.



Figura 18 - Homens infectados por doenças combatidas com o uso da Ivermectina. (a) idoso infectado com oncocercose e filariose linfática. Ele é parcialmente cego, com um nódulo de verme em sua perna direita e pele de leopardo em sua perna esquerda. Ele também exhibe elefantíase da perna esquerda (WHO / TDR / Crump, 2011); (b) idoso cego pela oncocercose, com pele de leopardo nas pernas e nódulos no abdômen. (OMS /TDR / Crump, 2011).

Além disso, recentemente, foi identificado que a ivermectina é eficaz contra os mosquitos que transmitem malária, leishmaniose e Tripanossomose. Doenças que causam um grande impacto no mundo, principalmente em populações de baixa renda.

Outras frentes surgem como futuros usos desse composto como, por exemplo, seu uso para promover a morte de células cancerígenas em determinado tipo de leucemia, ou seu uso como bactericida contra determinadas cepas (ÔMURA e CRUMP, 2014).

Uma outra característica descoberta em relação a este composto é o seu potencial antiviral. Um estudo de 2012 (MASTRANGELO, 2012) indica que a ivermectina apresenta atividade antiviral importante contra o vírus da dengue e da febre amarela, o que ampliaria ainda mais o seu uso na medicina humana contra doenças negligenciadas.

Em 2020, com o avanço da pandemia de COVID-19, doença causada pelo vírus SARS-CoV-2 (Figura 19), testes com a ivermectina apresentaram resultados positivos quando feitos em culturas de células (BRAY, *et al.*, 2020). Nesses testes, foi constatado que o uso desta droga evitava que as proteínas do vírus entrassem no núcleo da célula hospedeira.

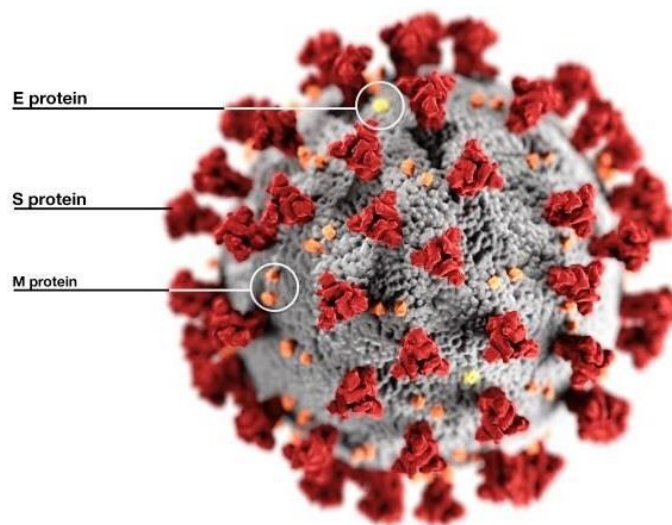


Figura 19 - Ilustração de SARS-CoV-2 (Crédito: Alissa Eckert e Dan Higgins / Centros para Controle e Prevenção de Doenças).

Embora os primeiros resultados tenham sido animadores, as doses empregadas nos testes eram muito superiores as doses recomendadas para o uso habitual da ivermectina. Além disso, à medida que novas avaliações foram sendo feitas, os resultados não eram claros o suficiente para determinar a eficácia desse produto contra o novo Coronavírus (CHACCOUR, *et al.*, 2020; AHMED, *et al.*, 2021).

Apesar da falta de comprovação científica, as vendas desse medicamento explodiram (Figura 20) à medida que a doença avançava (DANTAS, 2021, Portal G1). Em função desse aumento, a Merck emitiu em fevereiro de 2021 uma declaração informando que, até aquele momento, não existiam comprovações científicas que garantissem a segurança e a eficácia do uso da ivermectina no tratamento da COVID-19 (MERCK, 2021).

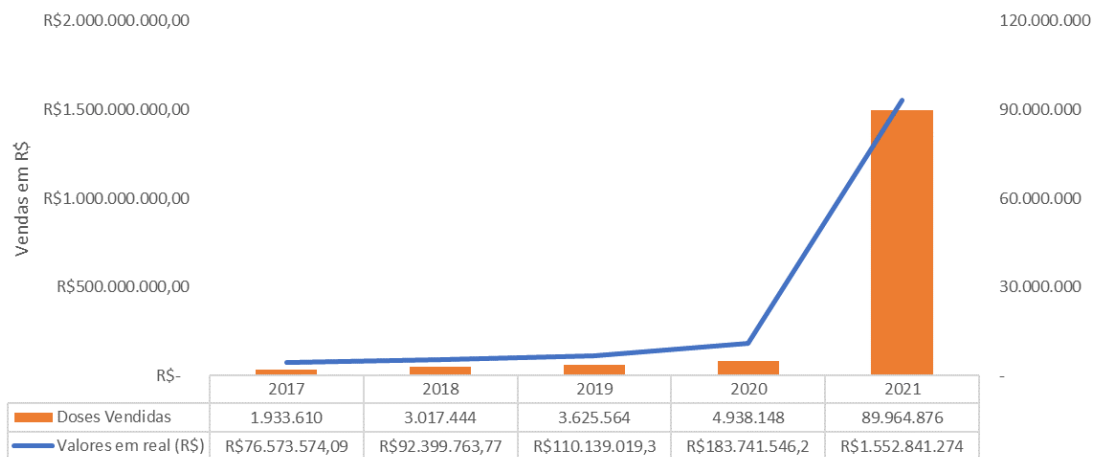


Figura 20 - Consumo de Ivermectina nos anos de 2017 a 2021 (Fonte: Clarivate Analytics, 2021).

## 5.2. AVERMECTINAS E MEIO AMBIENTE

De um modo geral, toda substância, sintética ou natural, usada em grande escala causa questionamentos em relação a sua interação com o meio ambiente. No caso das AVMs, as diversas formas de aplicação não garantem que a totalidade do princípio ativo de suas formulações será, de fato, aproveitada. Além disso, sua propriedade anti-helmíntica, responsável pelo uso em diversas frentes, pode causar efeitos não desejados, uma vez que essa substância não é totalmente seletiva em relação a seu alvo.

## 5.2.1. Portas De Entrada

### 5.2.1.1. Agricultura

O uso de agrotóxicos na agricultura representou um grande avanço relacionado ao aumento de produtividade, permitindo que o crescimento na produção de alimentos acompanhasse a explosão demográfica que ocorreu logo após a segunda guerra mundial.

Mas apesar dos ganhos obtidos pelo uso desses produtos, rapidamente, percebeu-se que seu uso indiscriminado provocaria impactos sobre a saúde humana e o meio ambiente (VEIGA, *et al.*, 2006).

A interação desses compostos com o meio ambiente se dá de formas distintas e após a utilização é difícil controlar sua movimentação e presença nos ecossistemas (Figura 21). Ainda hoje, a forma mais comum de aplicação nas lavouras é a pulverização, ou seja, o emprego direto sobre as culturas. Durante esse processo, estima-se que mais de 99% do ingrediente ativo não atinja seu alvo e seja desperdiçado por escoamento, percolação ou volatilização do produto (NOVELLI, 2010).

A presença dessas substâncias no ar pode afetar uma série de organismos não-alvo, como insetos, aves e animais presentes na região, inclusive seres humanos. Em alguns casos, acabam sendo depositados no solo através de precipitações.

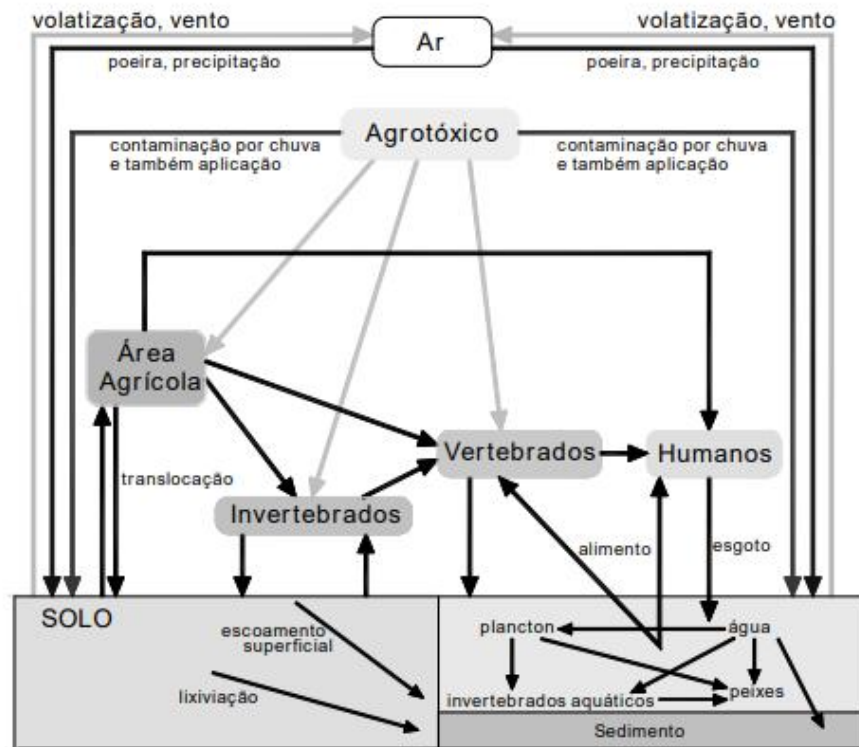


Figura 21 - Transporte de agrotóxico no ambiente. (Adaptado de NOVELLI, 2010).

Uma vez presente no solo, podem atuar sobre a biota atingindo organismos não-alvo, modificando a estrutura biológica daquele local. Pode ocorrer ainda, o acúmulo desses resíduos no solo ou até mesmo uma absorção dos resíduos por plantas cultivadas na área (OLIVEIRA, *et al.*, 2009).

Além disso, o solo contaminado pode resultar na contaminação de recursos hídricos. No caso das AVMs, essa contaminação pode ocorrer devido a penetração de resíduos no solo, atingindo corpos hídricos subterrâneos, ou ainda pelo carreamento de resíduos para águas superficiais – *runoff*<sup>1</sup> – como rios, lagos ou lagoas, pela chuva (TOMITA e BEYRUTH, 2012).

#### 5.2.1.2. Medicina veterinária e humana

Nos últimos anos a presença de resíduos farmacêuticos no meio ambiente vem se transformado em motivo de preocupação por parte de órgãos ambientais e de saúde. O uso dessas substâncias de forma indiscriminada, contribui para um aumento das concentrações no

<sup>1</sup> *Runoff* é um experimento realizado em áreas ao ar livre onde são simuladas as condições climáticas diárias com chuvas e períodos de seca. Essa área é preparada de forma que as águas e efluentes resultantes das simulações de chuva sejam coletadas. Durante o período do experimento, é feita a aplicação de agrotóxicos sobre o solo e, desta forma os dados obtidos são mais próximos dos fenômenos que ocorrem naturalmente (NOVELLI, 2010).

ambiente. Além disso, mesmo em baixas quantidades, esses compostos podem atuar de forma negativa sobre alguns organismos mais sensíveis.

Essas moléculas podem chegar ao meio ambiente tanto em função de descartes irregulares, durante ou após o processo de fabricação, como também através de excreção metabólica (Figura 22) (HERNANDO, *et al*, 2006; REIS FILHO *et al.*, 2007).

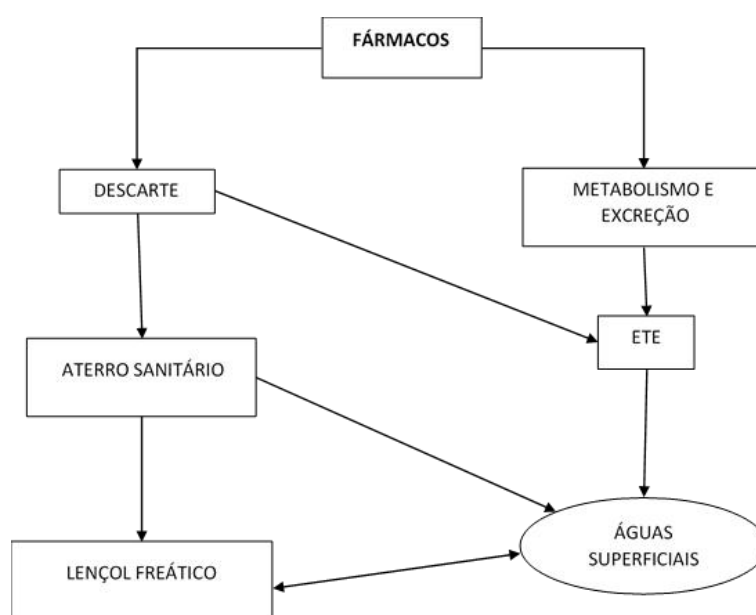


Figura 22 - Rotas simplificadas da entrada de fármacos nos ambientes aquáticos (Adaptado de REIS FILHO *et al.*, 2007).

Em 2020, entrou em vigor no Brasil o Decreto Nº 10.388, de 5 de junho de 2020, que estabelece um sistema de logística reversa de medicamentos domiciliares vencidos ou em desuso, de uso humano, industrializados e manipulados, e de suas embalagens após o descarte pelos consumidores.

Segundo o decreto, é de responsabilidade de fabricantes, importadores, distribuidores, farmácias e drogarias, em conjunto, cada um com suas obrigações, disponibilizar pontos de recebimento desses medicamentos, seguido de um sistema de transporte adequado até sua destinação final e segura. Os custos de cada etapa são de obrigação do agente envolvido, por exemplo, a destinação ambiental correta para os medicamentos deve ser custeada pelos fabricantes e importadores de medicamentos, enquanto o investimento nos pontos de recolhimento é de responsabilidade das farmácias e drogarias (Decreto Nº 10.388, 2020).

O decreto é um desdobramento da Lei nº 12.305 de 2010, que fala sobre a Política Nacional de Resíduos Sólidos, e representa um avanço nessa área.

No caso das AVMs, sua presença no meio ambiente é resultado, principalmente de seu uso na medicina veterinária. Em geral, até 90% da ivermectina administrada é excretada nas fezes do animal. Além disso, o uso de forma incorreta em aplicações tópicas pode resultar em descarte irregular dessas substâncias no meio ambiente (TIŠLER e ERŽEN, 2006).

Semelhantemente ao que ocorre na agricultura, as AVMs presentes no solo oriundas de fármacos, podem contaminar corpos hídricos por percolação ou sendo carregadas até fontes de águas superficiais.

### 5.3. TOXICIDADE DAS AVERMERCINAS

O amplo espectro de uso das AVM fez com que suas vendas crescessem significativamente, à medida que os rebanhos e a população cresciam, assim como a área plantada, fazendo da Avermectina a droga antiparasitária mais vendida do mundo (SHOOP e SOLL, 2002).

O aumento no consumo destes compostos fez crescer também a preocupação em relação a seus impactos sobre o meio ambiente e organismos não-alvos presentes em ambientes aquáticos e no solo (KÖVECSSES e MARCOGLIESE, 2005; GARDENAL, 2011). Essa preocupação se reflete no crescimento, a partir de 2000, do número de artigos publicados relacionando as ABMs, AVMs e toxicidade (Figura 23).

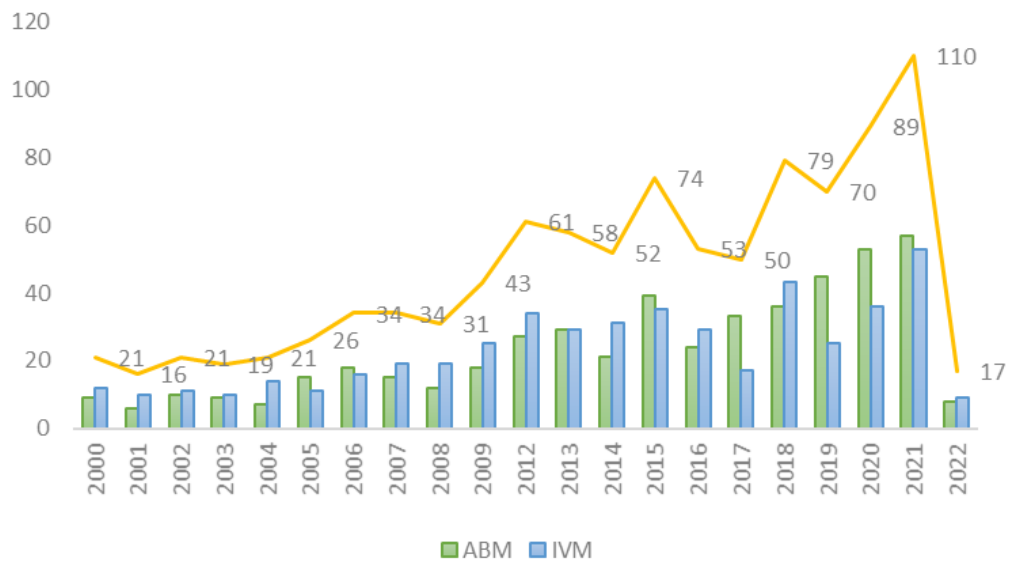


Figura 23 – Número de publicações relacionadas a toxicidade das ABM e IVM desde 2000 (Fonte: Web of Science, 2022).

Analisando as publicações por países, o Brasil se destaca como o terceiro país com maior número de publicações nessa área, atrás apenas de China e EUA. Esse protagonismo brasileiro pode ser associado ao alto consumo de produtos a base desses compostos no país e também as leis ambientais vigentes.

O Brasil é conhecido mundialmente por ter uma legislação robusta na área ambiental, tendo sido o primeiro país da América do Sul a ter uma política ambiental, a Lei Nº 6.938, de 31 de agosto de 1981, que dispõe sobre a Política Nacional do Meio Ambiente (PONTES, 2019).

Outro ponto importante relacionado aos países e regiões de onde partiram as publicações é o fato de que a Europa responde por 30% do total das publicações feitas desde 2000 (Figura 24). Esse número coincide com a crescente preocupação da União Europeia com o Meio Ambiente, e, principalmente com os danos que as AVMs, em especial a ABM pode causar também na saúde humana (ANVISA, 2017).



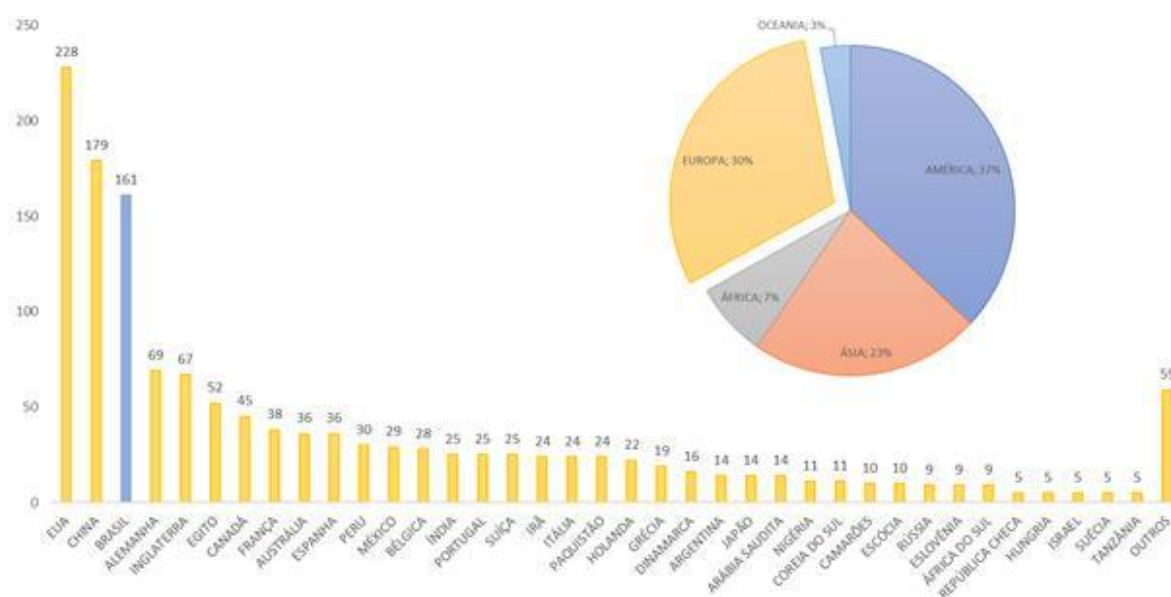


Figura 24 - Publicações sobre a toxicidade das ABMs e IVMs por países e continentes, de 2020 a 2022. (Fonte: Web of Science, 2022).

Quanto a toxicidade que esses compostos apresentam, estudos divulgados nos anos seguintes a sua descoberta (Ali e Nayar, 1986; Wislocki, et al, 1989; e Halley, et al, 1989), já comprovavam que as AVMs eram tóxicas para alguns organismos não alvo, mesmo em baixas concentrações (Tabela 5).

Apesar desses resultados, baseados nas características físico-químicas desses compostos (Tabela 1) e na fotodegradação que essas moléculas sofrem, os autores concluíram que não havia riscos ao meio ambiente, principalmente em função de seu baixo tempo de permanência nos substratos (SOLL, 1989).

Tabela 5 – Dados sobre toxicidade das AVMs obtidos nos anos logo após a descoberta das moléculas (1986 e 1989).

ORGANISMOS TESTE	COMPOSTO	TEMPO	CE <sub>50</sub> /CL <sub>50</sub>	REFERÊNCIA
<b>Zooplâncton</b>				
<i>D. magna</i>	ABM	48h	0,34 µg L <sup>-1</sup>	Wislocki, Gosso e Dybas, 1989
	IVM	48h	2,5 ng L <sup>-1</sup>	Halley, Nessel e Lu, 1989
<b>Inseto</b>				
<i>Chironomus. Xanthus</i>	ABM	96h	1,6 µg L <sup>-1</sup>	Ali e Nayar, 1986
<i>Abelhas</i>	ABM	24h	0,002 µg/abelha	Wislocki, et al, 1989
	ABM	48h	0,017 µ/abelha	Wislocki, et al, 1989
<b>Peixes</b>				
<i>Oncorhynchus punctatus</i>	ABM	96h	3,2 µg L <sup>-1</sup>	Wislocki, Gosso e Dybas, 1989
<i>Lepomis macrochirus</i>	ABM	96h	9,6 µg L <sup>-1</sup>	Wislocki, Gosso e Dybas, 1989
<i>Ictalurus punctatus</i>	ABM	96h	24 µg L <sup>-1</sup>	Wislocki, Gosso e Dybas, 1989
<i>Cyprinus carpio</i>	ABM	96h	40 µg L <sup>-1</sup>	Wislocki, Gosso e Dybas, 1989
<i>O. mykiss</i>	IVM	96h	3 µg L <sup>-1</sup>	Halley, Nessel e Lu, 1989
<i>L. macrochirus</i>	IVM	96h	4,8 µg L <sup>-1</sup>	Halley, Nessel e Lu, 1989

Fonte: Aatoria Própria

Semelhantemente, estudos realizados na década de 2000 (Tišler e Eržen, 2006; Garric et al, 2007; Novelli, 2010; Pereira,2013; Ramos, 2013 e Vanderlei,2015) concluíram que as AVMs apresentavam características tóxicas a organismos não-alvo mesmo em baixíssimas concentrações (Tabela 6). Porém, as análises sobre os efeitos desses compostos sobre o meio ambiente, principalmente para organismos presentes em sistemas aquáticos divergem daquela obtidas na década de 1980 (VANDERLEI, 2015).

Tabela 6 - Dados sobre toxicidade das AVMs obtidos após os anos 2000.

ORGANISMOS TESTE	COMPOSTO	TEMPO	CE <sub>50</sub> /CL <sub>50</sub>	REFERÊNCIA
<b>Zooplâncton</b>				
	ABM	24h	188,23 nLL <sup>-1</sup>	Pereira,2013

<i>Ceriodaphnia silvestrii</i>	ABM	48h	81,64 nLL <sup>-1</sup>	Pereira, 2013
	ABM	48h	2,95ng/L	Vanderlei,2015
<i>D. similis</i>	Kraft®36EC *(ABM)	48h	562 ng/L	Vanderlei,2015
	Vertimec®18CE* (ABM)	48h	5,1 ngL <sup>-1</sup>	Novelli, 2010
<i>D. magna</i>	ABM	48h	0,25 µg L <sup>-1</sup>	Tišler e Eržen, 2006
	IVM	48h	5,7 ngL <sup>-1</sup>	Garric <i>et al</i> , 2007
<i>Ceriodaphnia dubia</i>	ABM	48h	40,28ng/L	Vanderlei,2015
	Kraft®36EC* (ABM)	48h	67ng/L	Vanderlei,2015
<b>Inseto</b>				
<i>Chironomus. Xanthus</i>	Vertimec®18CE* (ABM)	96h	2,67 µg L <sup>-1</sup>	Novelli, 2010
	ABM	96h	3,3 mg L <sup>-1</sup>	Ramos, 2013
<i>Chironomus sancticaroli</i>	Vertimec®18CE* (ABM)	96h	97 ngL <sup>-1</sup>	Ramos, 2013
	ABM	96h	2,31 µg/L	Vanderlei,2015
	Kraft®36EC* (ABM)	96h	3,9 µg/L	Vanderlei,2015
<b>Peixes</b>				
	Vertimec®18CE* (ABM)	48h	33 µg L <sup>-1</sup>	Novelli, 2010
<i>D. rerio</i>	ABM	96h	55,1 µg L <sup>-1</sup>	Tišler e Eržen, 2006
	ABM	48h	91,53 µg/L	Vanderlei,2015
	Kraft®36EC* (ABM)	48h	81,15 µg/L	Vanderlei,2015
<b>Invertebrados</b>				
<i>Hydra virisissima</i>	ABM	96h	0,14 mL L <sup>-1</sup>	Ramos, 2013
<i>Girardia tigrina</i>	ABM	96h	494,0 µgL <sup>-1</sup>	Ramos, 2013
<b>Algas e Microalgas</b>				
<i>P. subcapitata</i>	ABM	96h	16,74 mg/L	Vanderlei,2015
	Kraft®36EC* (ABM)	96h	2,15 mg/L	Vanderlei,2015
* Formula comercial				

Fonte: Autoria Própria

Outro ponto conflitante em relação aos dados divulgados em 1989 sobre as AVMs, está relacionado a sua degradação. Estudos indicam que as AVMs são facilmente degradadas (Tabela 7), apresentando um tempo de meia vida de  $t_{1/2} = 8 - 21$  horas na superfície do solo,  $t_{1/2} = 12$  horas na superfície aquática e de 4 dias na coluna d'água (CAMPBELL, 1989; WISLOCKI, *et al*, 1989). No entanto, resultados obtidos no Brasil, a partir experimentos *in situ*, simulando a contaminação de corpos d'água por escoamento sobre a superfície do solo, *runoff*, com agrotóxicos a base de ABM, indicam que o tempo de permanência destes compostos no ambiente aquático pode ser até 11 vezes maior do que os resultados obtidos em 1989 (Tabela 8). Em alguns casos, os compostos não sofreram degradação mesmo após 10 dias, período que ocorreram os estudos (NOVELLI, 2010). Um outro estudo, realizado no Canadá, considerando mesocosmos aquáticos diversos, também obtiveram resultados divergentes para meia vida em ambientes aquáticos, 3 – 5 dias (SANDERSON, *et al*, 2007).

Em relação a outros substratos, os tempos de meias vidas das avermectinas variam de acordo com condições do local de aplicação), como as condições climáticas, características do solo ou do substrato analisado, além da dose aplicada, (BAI e OGBOURNE, 2016).

Tabela 7 - Dados sobre permanência das AVMs em diferentes substratos obtidos na década de 1980.

SUBSTRATO	COMPOSTO	TAXA	MEIA VIDA	REFERÊNCIAS
Solo	Avermectina B 1a	0,1 ppm	14 dias	Bull <i>at al.</i> (1984)
Solo	Avermectina B 1a	1 ppm	28 dias	Bull <i>at al.</i> (1984)
Solo	Avermectina B 1a	50 ppm	56 dias	Bull <i>at al.</i> (1984)
Planta - Aplicação superficial em folha de algodão	Avermectina B 1a	100 µg folha <sup>-1</sup>	<24h	Bull <i>at al.</i> (1984)
Solo	14 C- Avermectina B 1a	0,025–0,030 ai.acre: três aplicações (25– 50% acima das taxas máximas recomendadas)	102–132 d	Moye <i>at al.</i> (1987)
Água		Não fornecido	0,5 dias	Wislocki <i>at al.</i> (1989)

Fonte: Adaptado de Bai e Ogbourne, 2016.

Tabela 8 - Dados sobre permanência das AVMs em diferentes substratos obtidos na década de 2000.

SUBSTRATO	COMPOSTO	TAXA	MEIA VIDA	REFERÊNCIAS
Fezes	Abamectina	0,2 mg kg <sup>-1</sup> pc <sup>a</sup>	23 dias	Kolar <i>et al.</i> (2006)
Fezes	Doramectina	0,2 mg kg <sup>-1</sup> pc <sup>a</sup>	22 dias	Kolar <i>et al.</i> (2006)
Fezes	Abamectina	0,2 mg kg <sup>-1</sup> pc <sup>a</sup>	30 dias	ErŽen <i>et al.</i> (2005)
Fezes	Doramectina	0,2 mg kg <sup>-1</sup> pc <sup>a</sup>	18 dias	ErŽen <i>et al.</i> (2005)
Solo	Abamectina	Não fornecido	2,7 dias	Liu <i>et al.</i> (2011)
Mistura solo-fezes	Abamectina	0,2 mg kg <sup>-1</sup> pc <sup>a</sup>	23 dias	ErŽen <i>et al.</i> (2005)
Mistura solo-fezes	Ivermectina	Não fornecido	7–14 dias	Halley <i>et al.</i> (1993)
Mistura solo-fezes	Doramectina	0,2 mg kg <sup>-1</sup> pc <sup>a</sup>	27 dias	ErŽen <i>et al.</i> (2005)
Água (água de arroz)	Abamectina	Não fornecido	Até 4,5 dias	Liu <i>et al.</i> (2011)
Água	Ivermectina	1 µg em 300 mL de água	6 horas	Prasse <i>et al.</i> (2009)
Sistema de água/sedimento	Ivermectina	1 µg em 300 mL de água	127 dias	Prasse <i>et al.</i> (2009)
Plantar	Abamectina	Não fornecido	5 horas	Matsuura <i>et al.</i> (2011)
Planta – Algodão (óleo, fiapos e semente)	Abamectina 1,9 EC	0,8, 14,5, 18,5, 22,5, 29,0 g ia ha <sup>-1</sup>	Não detectado pós-colheita	Jasmim <i>et al.</i> (2011)
Leite	Abamectina	0,2 mg kg <sup>-1</sup> pc <sup>a</sup>	1,9–3,8 d	Cerkvenik-Flajs <i>et al.</i> (2007)
Leite	Ivermectina	0,2 mg kg <sup>-1</sup> pc <sup>a</sup>	1,90–2,46 d	Imperiale <i>et al.</i> (2004)
Leite	Ivermectina		1,73 d	
Ovo	Ivermectina	0,4 mg kg <sup>-1</sup> por 5 dias	(detectado apenas na gema)	Moreno <i>et al.</i> (2015)

Fígado e peito de pombos	Ivermectina	3,3 $\mu\text{g mL}^{-1}$ de água potável em pombos pais por 3 dias	Detectado por 1 semana	Bennett e Cheng (2012)
--------------------------	-------------	---	------------------------	------------------------

---

<sup>a</sup>Dose única subcutânea; ai significa ingrediente ativo; pc significa peso corporal.

Fonte: Adaptado de Bai e Ogbourne, 2016.

Essa permanência no ambiente aumenta significativamente o contato dos organismos com as AVMs, potencializando seus efeitos nocivos (SANDERSON, et al, 2007). É importante destacar que os estudos brasileiros (NOVELLI, 2010; PEREIRA, 2013; RAMOS, 2013; VANDERLEI, 2015), fizeram uso das fórmulas comerciais Kraft®36EC e Vertimec®18CE. Esses produtos, à base de AVMs, contém outros diversos componentes em suas fórmulas, que podem ser responsáveis pela maior resistência a degradação, ou ainda potencializar os efeitos negativos das AVMs sobre os organismos aquáticos (RAMOS, 2013).

Outro ponto que deve ser observado é a turbidez da água utilizada nos experimentos *in situ*. Como as AVMs são foto sensíveis (WISLOCKI, et al, 1989), sua degradação está relacionada a exposição direta aos raios solares, e no caso dos experimentos de *runoff*, ocorre um carregamento de materiais presentes no solo. Esse material pode permanecer em suspensão na água, fazendo com que AVMs permaneçam por mais tempo, sem sofrer degradação, no ambiente aquático, diferentemente do que ocorre nos testes feitos em laboratórios que não simulam condições reais.

#### 5.4. TRATAMENTO DE EFLUENTES CONTENDO AVERMECTINA

##### 5.4.1. Composição De Efluentes No Brasil

O Brasil é um país conhecido pelo seu gigantesco potencial hídrico. De acordo com informações do Banco Mundial (The World Bank), quase um quinto de todos os recursos hídricos do mundo estão localizados no Brasil.

Toda essa água é distribuída em um complexo sistema formado por rios, lagos, lagoas, igarapés e aquíferos, que são utilizados na agricultura, na pecuária, no abastecimento das cidades e também na geração de energia.

Quanto a qualidade dessa água, de acordo com um levantamento realizado a partir de dados do Sistema de Informação de Vigilância da Qualidade da Água para Consumo Humano (SISAGUA), do Ministério da Saúde, foram detectados agrotóxicos em mais de 2300 cidades brasileiras (Figura 25), entre os anos de 2014 e 2017 (ARANHA e ROCHA, 2019). O número se torna ainda mais alarmante, considerando que do total de 5570 municípios brasileiros, pouco mais de 2600 fazem testes de detecção de agrotóxicos em suas águas. Ou seja, mais de 87% das cidades brasileiras que monitoram a presença de agrotóxicos em suas águas comprovaram a presença de pelo menos 1 composto deste tipo.

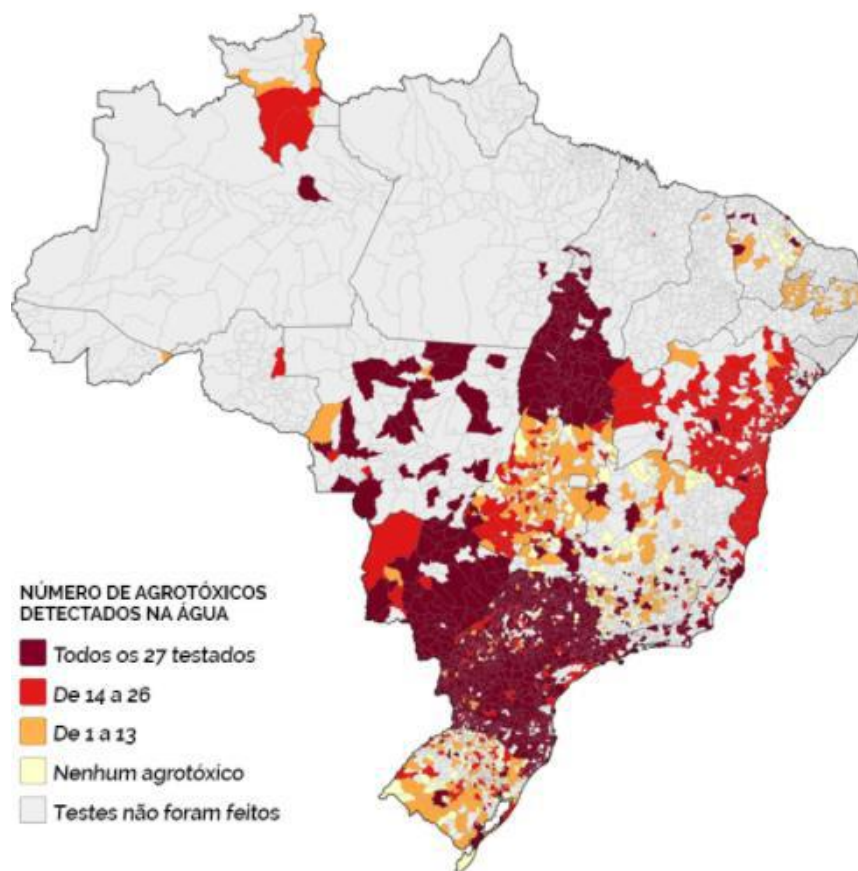


Figura 25 – Número de Agrotóxicos detectados na água. (Sistema de Informação de Vigilância da Qualidade da Água para Consumo Humano – SISAGUA. 2014-2019)..

Outro ponto a ser ressaltado, é que a Portaria GM/MS Nº 888, DE 4 DE MAIO DE 2021, que estabelece quais os processos de controle e de vigilância da qualidade da água para consumo humano, determina que apenas 40 dos mais de 3000 agrotóxicos permitidos no Brasil, sejam monitorados. Ou seja, cerca de 99% dos agrotóxicos não são sequer analisados.

Os dados do SISAGUA mostram ainda a concentração de agrotóxicos nas águas, destacando os limites considerados seguros pela legislação brasileira e europeia, como pode ser visto na Figura 26.

Os estados da Bahia, Mato Grosso do Sul e Mato Grosso, se destacam por apresentarem grande número de cidades com concentrações acima dos limites brasileiros.

No caso do Rio de Janeiro, a maior parte dos municípios não tiveram suas águas analisadas. Considerando a capital, os 27 agrotóxicos analisados foram detectados nas águas, estando 19 deles acima do limite considerado seguro na União Europeiaia.

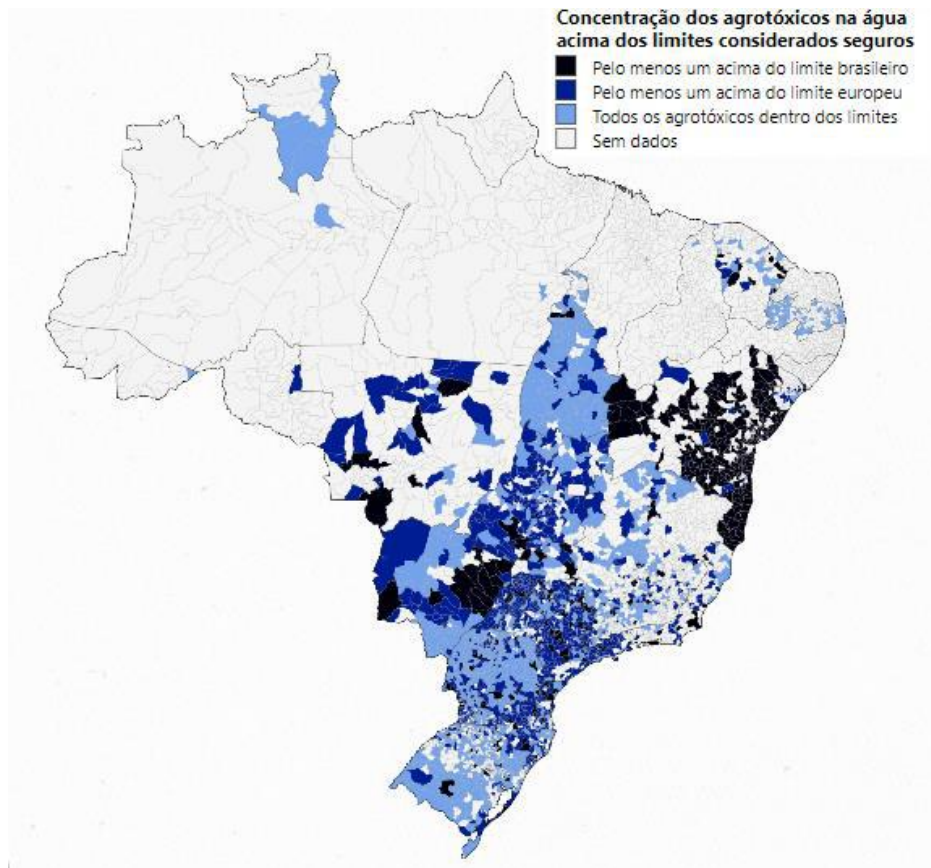


Figura 26 – Concentração dos agrotóxicos acima dos limites considerados seguros. (Sistema de Informação de Vigilância da Qualidade da Água para Consumo Humano – SISAGUA. 2014-2019).

Apesar do uso das Avermectinas ser proibido na Europa, e da publicação de estudos (OGUNGBEMI, 2019; WEICHERT, 2017) indicando problemas em relação à toxicidade aguda, suspeita de toxicidade reprodutiva, com possíveis efeitos sobre a fertilidade, reprodução



e sobre o desenvolvimento embriofetal (ANVISA, 2017), os agrotóxicos a base desse composto não são contemplados pelas análises do SISAGUA.

A existência desses estudos fez com que a ANVISA solicitasse, em 2019, uma reavaliação desse componente ativo. Após uma análise, realizada pelos técnicos da Agência, ficou estabelecido a manutenção do componente ativo no mercado nacional, mas foram adotadas algumas medidas voltadas para a proteção humana, além da inclusão de informações na monografia oficial do produto (Tabelas 13 e 14) (RDC N° 442, DE 2 DE DEZEMBRO DE 2020).

Em relação a presença de fármacos em corpos d'água, existem estudos desde a década de 1990 que indicam a presença desse tipo de composto em águas brasileiras (LIMA *et al*, 2017).

Considerando um panorama mundial (Figura 27), o Brasil está entre os países que apresentam de 31 a 100 diferentes fármacos em corpos d'água (BEEK *et al*, 2016).

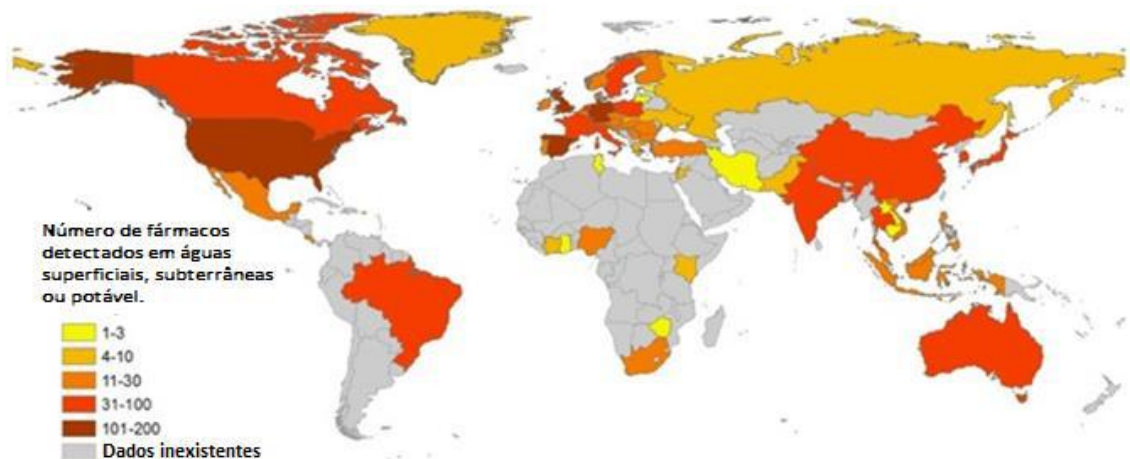


Figura 27 – Número de fármacos detectados em águas superficiais, subterrâneas ou potável. (Adaptado de BEEK *et al*, 2016).

Em relação as AVMs, considerando que o Brasil possui um rebanho de mais de 218 milhões de cabeças de gado (IBGE, 2020) e que uma das principais causas de perdas econômicas nesse setor são as infecções parasitárias, a venda de medicamentos como as AVMs é responsável por cerca de 25% do mercado de fármacos voltados a saúde animal no país (SINDAN, 2021).

A relevância desse número fica ainda mais clara, quando analisamos as vendas de IVM no país, no ano de 2020, cerca de 8,6 milhões de caixas até o mês de junho (SUZUKI, 2021). Ou seja, seu uso na agropecuária representa um risco real de contaminação.

Como uma grande parte do fármaco aplicado nos animais é eliminada nas fezes e urina, a chegada desses compostos à corpos d'água pode acontecer com facilidade. Isso porque os animais são, geralmente, criados em áreas abertas com acesso a rios e lagos para consumo de água, como pode ser visto na Figura 28. Desta forma, os excrementos podem ser eliminados diretamente nos corpos d'água ou em locais muito próximos (GARDENAL, 2011).



Figura 28 - Rebanho próximo da represa de Furnas, em Minas Gerais (Foto: Raquel do Carmo Santos).

Outro ponto que deve ser observado é a compra e o uso de produtos piratas. Com a internet o acesso a esses produtos se tornou mais simples e as imitações são cada vez mais parecidas com o produto original. Mas apesar da semelhança em embalagens e rótulos, não há como garantir que as formulações sejam as mesmas dos medicamentos originais, o que pode fazer com que as concentrações que cheguem aos substratos sejam maiores do que aquelas esperadas (RATH, et al, 2016 b).

#### **5.4.2. Tecnologias de tratamento**

Após o desenvolvimento de métodos analíticos mais robustos, como cromatografia líquida de alta eficiência (HPLC) e Espectrometria de Massas, que permitiram a determinação

de compostos diversos, ainda que em baixas concentrações nos ambientes aquáticos, além da crescente preocupação de órgãos internacionais, como a ONU (Organização das Nações Unidas) em relação aos impactos de certas substâncias tanto na saúde humana quanto no meio ambiente, a busca por metodologias de tratamentos de efluentes eficientes também cresceu (Figura 29).

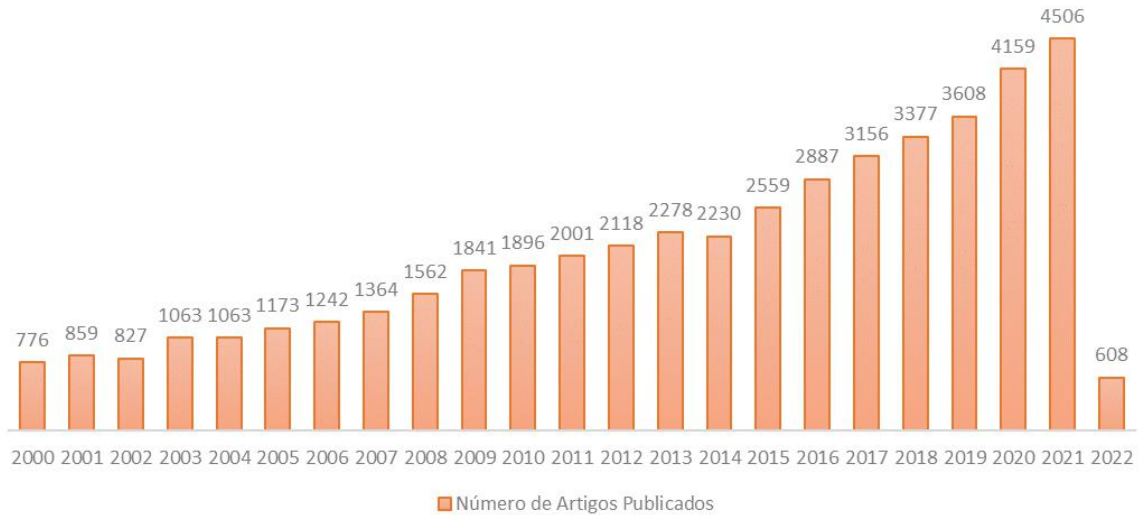


Figura 29 – Número de Artigos sobre tratamentos de efluentes publicados a partir do ano 2000 (Fonte: Web of Science).

Atualmente, existem diversas formas de tratar um efluente, considerando suas características e os padrões exigidos por lei, para que sejam devolvidos ao meio ambiente. Os tratamentos podem ser classificados como físicos, aqueles que removem sólidos em suspensão, sedimentáveis e flutuantes através separações de fases, químicos, aqueles que utilizam produtos químicos para promover a remoção dos contaminantes, e biológicos, aqueles que utilizam microrganismos aeróbios ou anaeróbios na transformação de matéria orgânica em compostos mais simples – Tabela 9 - (GIORDANO, et al, 2004; MARCONDES, 2012).

Tabela 9 – Tipos de Processos aplicados no tratamento de efluentes e algumas técnicas utilizadas.

<b>TIPO DE PROCESSO</b>	<b>TÉCNICAS UTILIZADAS</b>
Processos Físicos	Gradeamento
	Peneiramento
	Sedimentação
	Flotação
	Separação de óleo e gorduras

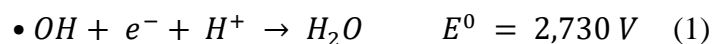
Filtração	
Processos Biológicos	Processos Biológicos Aeróbicos
	Processos Biológicos Anaeróbicos
Processos Químico	Clarificação Química
	Eletrocoagulação
	Precipitação
	Cloração
	Oxirredução
	Precipitação de metais tóxicos
	Troca iônica
	Radiação UV

No caso dos fármacos e agrotóxicos, as moléculas que chegam até os corpos d'água são, geralmente, recalcitrantes e tóxicas, tornando pouco eficaz o uso dos tratamentos convencionais, físico-químicos e biológicos, aplicados em estações de tratamento de efluentes (BARROS, 2018). Desta forma, o uso dos Processos Oxidativos Avançados (POAs) ganhou espaço nessa área e vem sendo objeto de estudo, com o objetivo de viabilizar seus usos (DE ARAUJO, 2016; CARTAXO, et al, 2019).

### 5.5.1. Processos oxidativos avançados (POAs)

Processos Oxidativos Avançados (POAs) são sistemas que geram diferentes agentes oxidativos com elevado potencial de oxidação capazes de mudar as estruturas químicas das moléculas, inclusive moléculas complexas e recalcitrantes, chegando ao ponto de degradá-las (MIRANDA, 2016). O agente de ação mais comum é o radical hidroxila ( $\bullet\text{OH}$ ).

Esse radical, é obtido através de reações resultantes da combinação de agentes oxidantes, como radiação ultravioleta (UV), Ozônio ( $\text{O}_3$ ), peróxido de hidrogênio ( $\text{H}_2\text{O}_2$ ) e alguns íons metálicos, nos casos heterogêneo, ou seja, com catalisadores, e possui um elevado potencial de redução (Equação 1).




Os POAs podem ser classificados, como pode ser visto na Tabela 10, em homogêneos, sem a presença de catalisadores sólidos, e heterogêneos, que contam com a presença de catalisadores sólidos, e ainda em processos com irradiação ou sem irradiação (CARVALHO, 2013).

Tabela 10 - Sistemas típicos de Processos Oxidativos Avançados

SISTEMAS	IRRADIAÇÃO	TIPOS
Homogêneos	Presença	H2O2, O3; Fenton; ultrassom combinado com UV; feixe de elétrons, O3/H2O2/UV
	Ausência	H2O2, O3; O3/H2O2, Fenton;
Heterogêneos	Presença	O2/SC; H2O2/SC/UV
	Ausência	Eletron-Fento; O3/catalisador

Esses processos são utilizados no tratamento de efluentes em função de sua alta capacidade de oxidar outras substâncias, ou seja, na maioria dos casos, os compostos contaminantes são eliminados durante o processo, sendo transformados em dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) e água (H<sub>2</sub>O). Ou então são transformados em estruturas mais simples e muitas vezes com menor potencial tóxico. Essa eliminação é obtida através de mecanismos diversos (Tabela 11), como adição eletrolítica as duplas ligações dos compostos, abstração de átomos de Hidrogênio, ou ainda por reações radicalares (FIOREZE, et al, 2014)

Tabela 10 – Principais reações que ocorrem nos POAs através dos radicais Hidroxilas.

REAÇÃO	EQUAÇÕES
Abstração de átomos de hidrogênio	$RH + \bullet OH \rightarrow R \bullet + H_2O$ (2)
	$R \bullet + O_2 \rightarrow RO_2 \bullet$ (3)
Adição eletrolítica	 $  \begin{array}{c} R & & R \\ & \backslash & / \\ & C=C & \\ & / & \backslash \\ R & & R \end{array} + \bullet OH \rightarrow \begin{array}{c} R & & R \\ & \backslash & / \\ & C-C & \\ & / & \backslash \\ R & & R \end{array} \bullet OH \quad (4)  $
Transferência eletrônica	$RX + \bullet OH \rightarrow RX^- \bullet + OH^-$ (5)
Reações radicalares	$H_2O_2 + h\nu \rightarrow 2 \bullet OH$ (6)
	$H_2O_2 + O_2^- \rightarrow HO \bullet + HO^- + O_2$ (7)
	$RH + HO \bullet \rightarrow +H_2O + R \bullet$ (8) + <i>Produtos Oxidados</i>

Fonte: Adaptado de FIOREZE, et al, 2014.

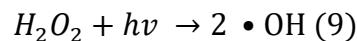
A principal vantagem desse tipo de processo é o fato de que é possível aplicá-los a sistemas com baixas concentrações de contaminantes, mas que ainda apresentam elevada

toxicidade, como é o caso de fármacos e agrotóxicos, e na grande maioria dos casos, não há a transferência do contaminante devido a capacidade de degradar a molécula (oxidação).

#### 5.5.1.1. Principais Processos

- **Peroxidação Assistida por Luz UV (UV/H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>)**

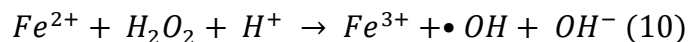
O processo de Peroxidação Assistida consiste na quebra da molécula de H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> pela radiação UV, formando dois radicais hidroxilas (Equação 9).



É o POA mais comum e apresenta bons resultados na degradação de compostos orgânicos, mesmo em baixas concentrações (BARBOSA, 2012).

- **Reagente de Fenton**

O processo Fenton consiste na geração de radicais hidroxila a partir da reação entre o peróxido de hidrogênio (H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>) e o íon Fe (II) em meio ácido, pH < 3,0. Os íons ferrosos (Fe<sup>2+</sup>) agem catalisando a reação de decomposição do peróxido de hidrogênio em radical hidroxila (Equação 10).

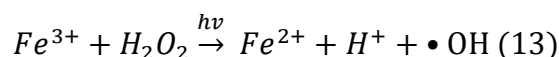
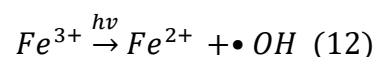
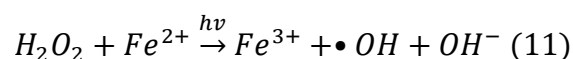


Um grande diferencial do processo Fenton é a geração de radical hidroxila sem a presença de luz, o que pode ser uma vantagem quando comparado a outros processos que utilizam UV. Além disso, em função da grande capacidade reativas das espécies geradas, os contaminantes são mais facilmente transformados em sais inorgânicos, CO<sub>2</sub> e H<sub>2</sub>O (DAL BOSCO, 2012).

Um ponto negativo desse processo é a formação de lodo rico em ferro, que precisa ser separado do efluente. A geração desse lodo acarreta em um aumento no tempo de processo, já que para separá-lo do efluente é necessária uma etapa de neutralização seguida de precipitação (MORAVIA, et al, 2011).

#### **Foto-Fenton**

O processo Foto-Fenton consiste no uso de radiação UV nas reações usando o reagente Fenton. O uso da luz potencializa a mineralização dos compostos contaminantes (BARBOSA, 2012; DEL BOSCO, 2012), isso ocorre porque o uso da radiação UV favorece a redução do Fe<sup>3+</sup> a Fe<sup>2+</sup> e soma mais um radical hidroxila ao meio, como pode ser observado nas Equações 11, 12 e 13, abaixo:

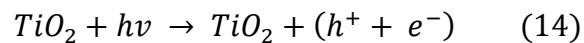


É um processo que apresenta bons resultados no tratamento de diversos tipos de efluentes, desde esgoto doméstico a efluentes industriais vindos da indústria de tintas, pesticidas, alimentícias, entre outras (CARVALHO, 2013). Em contrapartida, o controle rígido do pH pode se caracterizar com um desafio para os processos em escalas industriais (ANDREOZZI, 1999).

- **Fotocatálise com TiO<sub>2</sub> em suspensão**

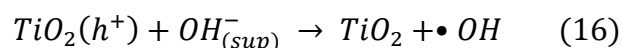
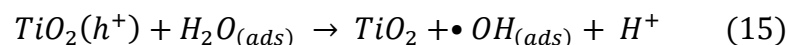
Foto catálise heterogênea é um processo que faz uso de uma espécie semicondutora ativada por radiação em processos de oxirredução, resultando na produção de radicais hidroxilas (DEL BOSCO, 2012; FIOREZE, et al, 2014).

A espécie semicondutora, geralmente o dióxido de titânio (TiO<sub>2</sub>), em sua forma polimórfica anatase - fase mais foto ativa (FELTRIN, 2013) - em função de suas características favoráveis, como a insolubilidade em água, estabilidade química em uma ampla faixa de pH, ausência de toxicidade, e capacidade de ativação através da luz solar, entre outras, é irradiada. Com isso um elétron passa da banda de valência para a banda de condução, formando um par elétron-lacuna (e<sup>-</sup>, h<sup>+</sup>), como pode ser visto na Equação 14.

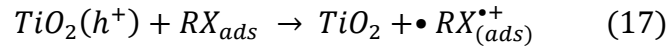


Neste estado são criados sítios redutores e oxidantes, com capacidade de gerar radical hidroxila a partir de moléculas absorvidas na superfície do semicondutor. A geração do radical hidroxila pode ocorrer através de dois mecanismos diferentes (BRITO, 2012; FIOREZE, et al, 2014)

O primeiro deles é através da capacidade de oxidação da lacuna da banda de valência. Nesse caso ocorre a oxidação de moléculas de água adsorvidas na superfície do semicondutor, de acordo com a Equação 15 (FIOREZE, et al, 2014). Ou ainda, pode ocorrer a reação com a água dissociada (OH<sup>-</sup>), também presente na superfície do semicondutor (Equação 16).



O segundo mecanismo se baseia na capacidade de oxidação direta de moléculas orgânicas que as lacunas de valência geradas possuem (Equação 17).



### 5.5.2. O uso de POAS para degradação de compostos a base de avermectinas

O uso de Processos Oxidativos Avançados no tratamento de efluentes vem crescendo à medida que a preocupação com as condições ambientais se torna maior.

Semelhantemente, é possível observar uma tendência de crescimento no número de publicações sobre a degradação de compostos a base de ABM e IVM ao longo dos anos. Considerando as publicações de artigos a partir do ano de 1990, na base de dados Web of Science que tratavam sobre (Figura 30).

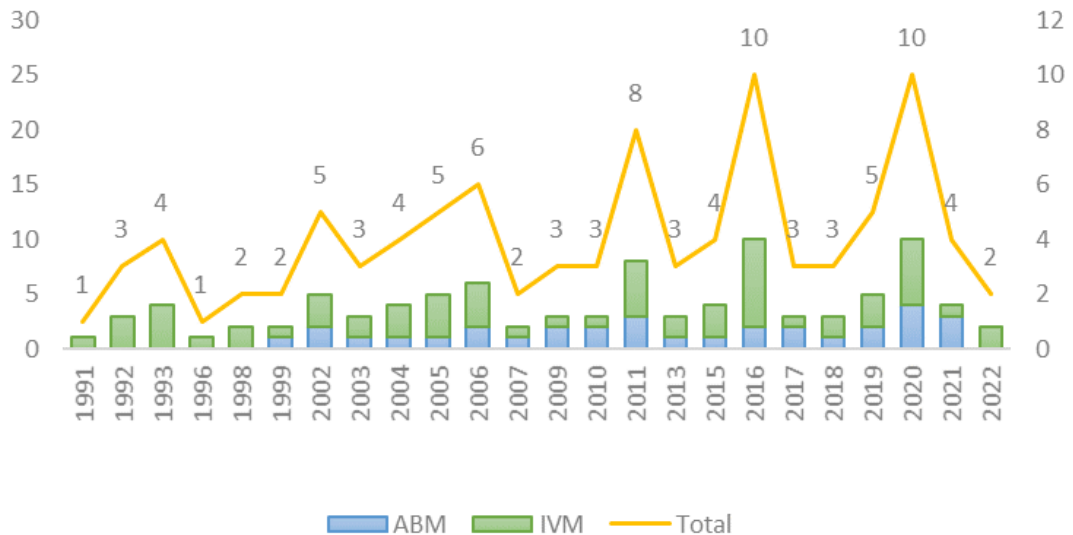


Figura 30 – Número de artigos relacionados a degradação de compostos a base de Ivermectina e Abamectina publicados a partir do ano de 1991. (Fonte: Web of Science, 2022).

Essas publicações estão divididas em várias áreas de estudos (Figura 31), com destaque para as áreas de ciências ambientais, ciências veterinárias, entomologia, farmacologia e parasitologia que abrangem mais da metade das publicações feitas nos últimos anos (1991 a 2022).

Essas áreas de estudos são coerentes com as características desses compostos, uma vez que são usados em larga escala como antiparasitários, no controle de infestações em animais.



Já o fato de área de Ciências Ambientais representar cerca e 14% das publicações de artigos sobre degradação desses compostos indica uma preocupação ambiental em relação aos impactos que as AVMs podem causar no meio ambiente.

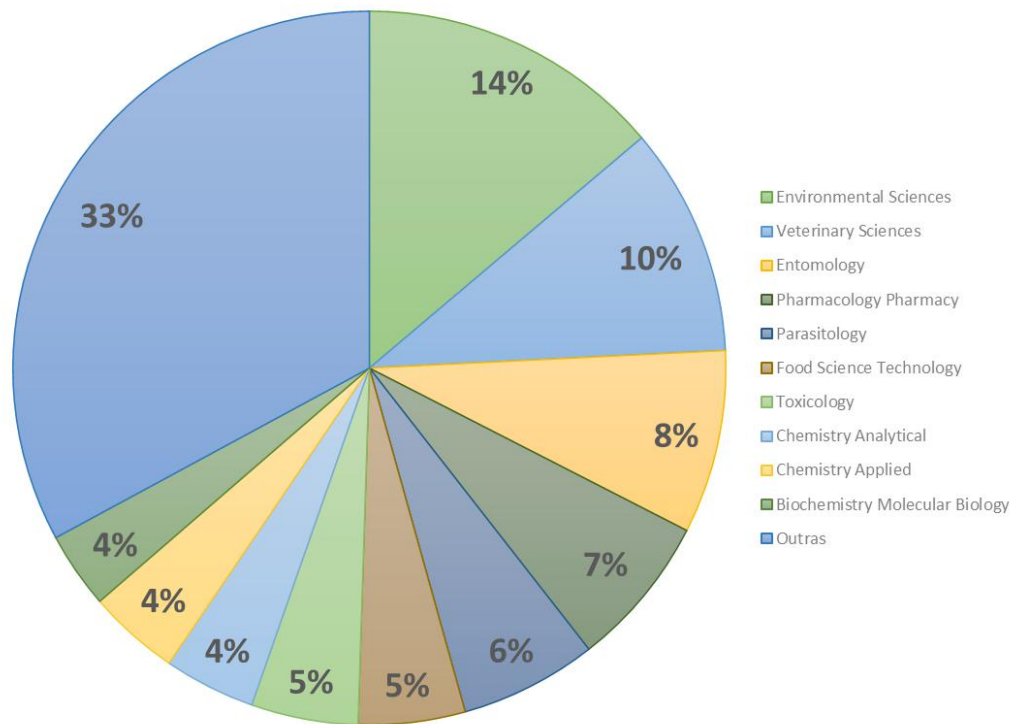


Figura 31 – Principais áreas de estudos relacionadas as publicações sobre degradação de ABM e IVM (Fonte: Web of Science, 2022).

Ainda sobre as publicações sobre a degradação de ABM e IVM, o Brasil aparece como quarto país com maior número de publicações (Figura 32), atrás apenas de EUA, China e Alemanha. Sendo destaque em estudos que relacionam o uso dos POAs com a degradação de AVMs em ambientes aquáticos (DAL BOSCO, 2012; MATOS, 2012; NOVELLI, 2012; MIRANDA, 2016; RATH, *et al*, 2016; BARROS, 2018).

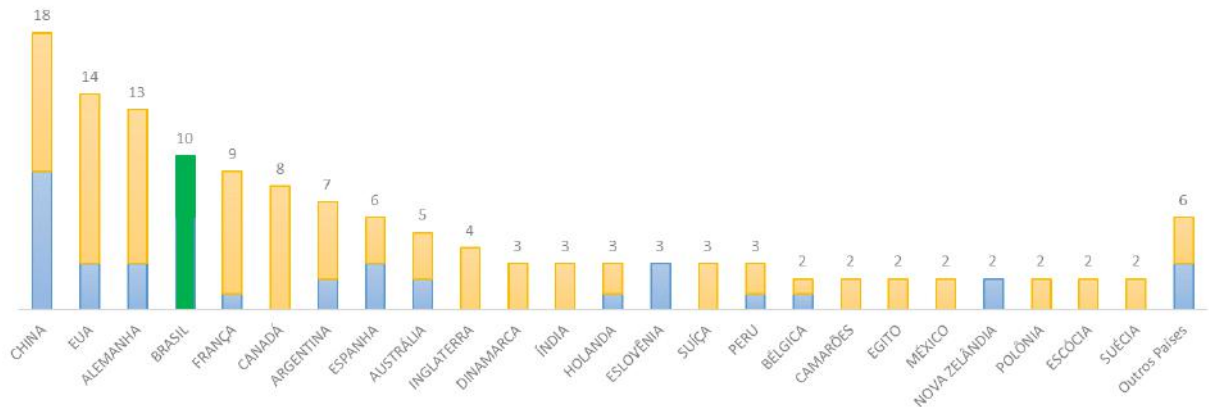


Figura 32 - Publicações sobre degradação de ABM e IVM por país a partir do ano de 1991 (Fonte: Web of Science).

Correlacionando o uso dos POAS na degradação destes compostos, o número de artigos encontrados na literatura não é muito grande (Tabelas 12 e 13), mas os resultados obtidos nesses estudos indicam que o uso dessas tecnologias na degradação de AVM se apresenta como uma alternativa promissora.

Tabela 11 – Artigos sobre o uso de POAs na degradação de compostos a base de AVMs.

PROCESSOS UTILIZADOS	COMPOSTOS	TITULO	AUTOR	ANO
Fotodegradação UV	Benzoato de Emamectina	Photodegradation of Emamectin Benzoate in Aqueous Solutions	Mushtaq, et al, 1998	1998
Fotodegradação UV	Abamectina	Photodegradation of the Acaricide Abamectin: A Kinetic Study.	ESCALADA, et al,2008	2008
UV	Abamectina	Abamectin Degradation by Advanced Oxidation Processes: Evaluation of Toxicity Reduction Using <i>Daphnia similis</i>	GUIMARÃES, et al, 2014	2014
UV/H2O2 Fenton Foto-Fenton	Abamectina	Aspects of decontamination of ivermectin and praziquantel from environmental waters using advanced oxidation technology.	HAVLÍKOVÁ et al, 2016	2016
UV/TiO 2	Ivermectina			

Fonte: Autoria Própria.

Tabela 12 - Teses sobre o uso de POAs na degradação de compostos a base de AVMs.

<b>PROCESSOS UTILIZADOS</b>	<b>COMPOSTOS</b>	<b>TITULO</b>	<b>AUTOR</b>	<b>ANO</b>
<b>Peroxidação (H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>) Fotodegradação UV UV/H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> Fenton + H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> UV/TiO<sub>2</sub> H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>/UV Fotodegradação UV H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>/UV Fenton Foto-Fenton Foto-Fenton Foto-Fenton/H<sub>2</sub>O<sub>2</sub></b>	Ivermectina	Degradação de ivermectina por processos oxidativos avançados.	DAL BOSCO, 2012	2012
<b>Fotodegradação UV H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>/UV Fenton Foto-Fenton</b>	Abamectina	Degradação de Abamectina por Processos Oxidativos Avançados.	BARBOSA, 2012	2012
<b>Foto-Fenton Foto-Fenton/H<sub>2</sub>O<sub>2</sub></b>	Abamectina	Degradation of Abamectin Using the Photo-Fenton Process.	MATOS, <i>et al.</i> 2012	2012
<b>H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>/UV</b>	Ivermectina	Degradação de microcontaminantes emergentes e inativação de <i>E. coli</i> resistentes a antibióticos por processos oxidativos avançados.	MIRANDA, 2016	2016
<b>Fotólise UV/TiO<sub>2</sub></b>	Ivermectina	Fate of ivermectin in the terrestrial and aquatic environment: mobility, degradation, and toxicity towards <i>Daphnia similis</i> .	RATH, <i>et al.</i> , 2016	2016
<b>Fotólise UV/TiO<sub>2</sub> + H<sub>2</sub>O<sub>2</sub></b>	Ivermectina	Degradação de ivermectina em solução aquosa utilizando um reator fotocatalítico com esferas de TiO <sub>2</sub> /Alumina	Barros, 2018.	2018

Fonte: Autoria Própria.

De um modo geral, os POAs apresentam bons resultados na degradação de compostos orgânicos com características recalcitrantes.

Considerando as avermectinas, diversas técnicas vêm sendo testadas ao longo dos anos. Como são substâncias fotossensíveis, o uso da fotodegradação foi analisado por vários autores (ESCALADA, *et al*, 2008; MUSHTAQ, *et al*, 1998; BARBOSA, 2012; DAL BOSCO, 2012; GUIMARÃES, *et al*, 2014; MIRANDA, 2016; RATH, *et al*, 2016 e BARROS, 2018) e os resultados foram positivos.

A degradação da Abamectina usando apenas a luz UV, atingiu valores de aproximadamente 68%, após 9 minutos de exposição (ESCALADA, *et al*, 2008) e maiores que 95% em 10 minutos de exposição (BARBOSA, 2012; GUIMARÃES, *et al*, 2014). De acordo com ESCALADA *et al*, 2008, a luz natural não é capaz de degradar a molécula de ABM, já que esta absorve luz com comprimentos de onda inferiores a faixa UV-B. Com isso, se faz necessário o uso de irradiação artificial para atingir a molécula.

Resultados semelhantes foram encontrados para Ivermectina. Segundo DAL BOSCO, 2012, mais de 95% desse composto é degradado após 10 minutos de exposição a luz UV.

No caso do Benzoato de Emamectina, os resultados obtidos por MUSHTAQ e colaboradores, 1998, indicam que tanto a exposição a luz UV natural quanto a luz artificial é capaz de degradar esse composto e que a degradação é proporcional a intensidade de irradiação.

Considerando a técnica de Peroxidação, BARBOSA, 2012, e DAL BOSCO, 2012, obtiveram, para ABM e IVM, respectivamente, resultados inferiores a 10% de degradação após 10 minutos. Quando comparamos esses resultados com as taxas de degradação obtidas após a aplicação da técnica de Foto-peroxidação, fica evidente a importância da aplicação de luz nos processos de degradação desse tipo de molécula. Para a ABM, foram relatadas taxas de degradação superiores a 99% após 10 minutos de exposição (BARBOSA, 2012; GUIMARÃES, *et al*, 2014). Para Ivermectina, as taxas variam de 40% a 95%, de acordo com as concentrações de H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> aplicada (DAL BOSCO, 2012; MIRANDA, 2016 e BARROS, 2018).

Outro POA aplicado a AVM que obteve resultados positivos foi o Processo de Fenton. BARBOSA, 2012, DAL BOSCO, 2012 e GUIMARÃES, *et al*, 2014, encontraram taxas de degradação superiores a 90%.

Semelhantemente, estudos que utilizaram a técnica de Fenton assistida da utilização de UV, apresentaram resultados superiores a 98% de degradação (BARBOSA, 2012;

GUIMARÃES, *et al*, 2014). MATOS e colaboradores, 2012, estudaram o uso do processo Foto-Fenton na degradação da Abamectina usando água natural, coletada em um rio, com objetivo de identificar a influência que materiais em suspensão e outros componentes possuem sobre a degradação das AVM. Os resultados obtidos mostram uma taxa de degradação de 70% para as amostras com água natural, contra uma taxa de 80% para as demais amostras. Isso indica que as condições naturais dos corpos hídricos influenciam na degradação dos compostos em questão.

Outra técnica utilizada na degradação dos compostos a base de AVM foi a Fotocatálise com  $\text{TiO}_2$  em suspensão. Nesse caso, os resultados obtidos foram superiores a 90% (DAL BOSCO, 2012; HAVLÍKOVÁ *et al*, 2016 e RATH, *et al*, 2016).

Apesar dos resultados indicarem que o uso dos POA's se apresenta como uma alternativa na degradação de compostos a base de AVMs presentes em corpos d'água, o número de publicações correlacionando esses assuntos é muito pequeno, e a linha de pesquisa está concentrada no Brasil (Figura 33).

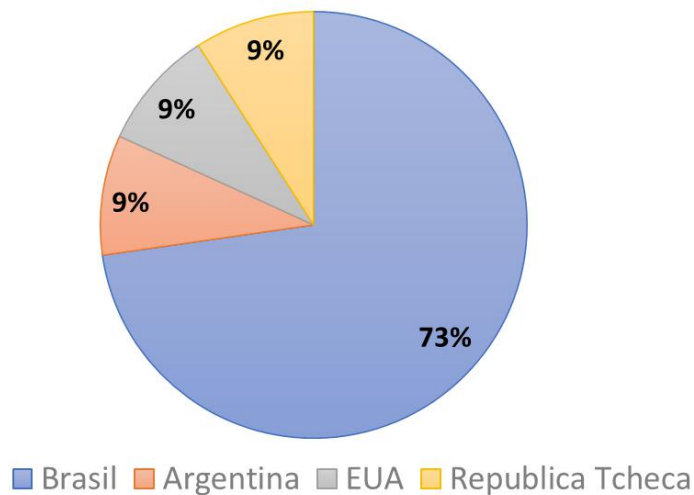


Figura 33 - Países de origem das publicações correlacionando o uso de POAs na degradação de AVMs (Fonte: Web of Science e Scopus)

## 6. CONCLUSÃO

Analisado os dados obtidos através da prospecção tecnológica realizada, foi possível constatar que as AVMs apresentam um potencial tóxico significativo para organismos não alvo mesmo em concentrações baixas. Além disso, seu tempo de permanência em diferentes substratos é maior, até 11 vezes, do que esperado, fazendo com que a exposição de organismos não-alvo a concentrações nocivas seja uma realidade.

Paralelamente, foi possível determinar que, em função dessas características citadas acima, somadas a preocupação em relação ao meio ambiente e a saúde humana, que vem crescendo mundialmente - surgimento de leis específicas sobre o uso, descarte e tratamento de efluentes no mundo – existe uma preocupação real em relação a presença desses compostos no meio ambiente, principalmente em ambientes aquáticos.

Quanto a tecnologia de tratamento, os POAs se apresentam como uma boa alternativa na degradação desse tipo de molécula, apresentando resultados muito satisfatórios - taxas de degradação próximas a 99% - para diferentes tipos AVMs. Mas, apesar desses resultados positivos, o número de estudos relacionados a seu uso no tratamento de efluentes contendo AVMs é ainda baixo, e está muito concentrado em um núcleo de estudos nacional.

## REFERÊNCIAS

- AGROFIT. Sistema de Agrotóxicos Fitossanitários – Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Disponível em: [http://agrofit.agricultura.gov.br/agrofit\\_cons/principal\\_agrofit\\_cons](http://agrofit.agricultura.gov.br/agrofit_cons/principal_agrofit_cons). Acesso em: 05/11/2020.
- AHMED, S. et al. A five day course of ivermectin for the treatment of COVID-19 may reduce the duration of illness. *Int J Infect Dis* (2020).
- ALI A., NAYAR J.K. Activity of an avermectin insecticide, Abamectin (MK-936), against mosquitoes and chironomid midges in the laboratory. *J Am Mosq Control Assoc.* 1985 Sep;1(3):384-6. PMID: 2906680.
- ANDREOZZI, R. Advanced oxidation processes (AOP) for water purification and recovery. *Catalysis Today*, 1999, 53(1), 51–59. doi:10.1016/s0920-5861(99)00102-9.
- ANVISA. Reavaliação Toxicológica de Ingredientes Ativos Agrotóxicos. Agenda 2017 – 2019. Disponível em: <<https://www.gov.br/ANVISA/pt-br/assuntos/regulamentacao/agenda-regulatoria/2017-2020/temas/agrotoxicos/arquivos>>. Acesso em: 20/12/21.
- ANVISA. ÍNDICE MONOGRÁFICO - ABAMECTINA CÓDIGO – A18 - 2021. Disponível em <<https://www.gov.br/anvisa/pt-br/setorregulado/regularizacao/agrotoxicos/monografias/monografias-autorizadas/a/4143json-file-1>>. Acesso em 19/02/22.
- ARANHA, A. ROCHA, L. “Coquetel” com 27 agrotóxicos foi achado na água de 1 em cada 4 municípios. Por trás do alimento, 2019. Disponível em: <<https://portrasdoalimento.info/2019/04/15/coquetel-com-27-agrotoxicos-foi-achado-na-agua-de-1-em-cada-4-municipios/>> Acesso em: 20/12/21.
- ASHOUR, D.S. Ivermectin: From theory to clinical application *Int. J. Antimicrob. Agents*, 54 (2019), pp. 134-142.
- BAI, S.H., OGBOURNE, S. Eco-toxicological effects of the avermectin family with a focus on abamectin and ivermectin. *Chemosphere*. 2016 Jul; Volume 154, pag. 204-214.

BARBOSA, I.M.; Degradação de Abamectina por Processos Oxidativos Avançados. 2012. 96f. Tese (Mestrado em Engenharia Civil). Universidade Estadual De Campinas Faculdade De Engenharia Civil, Arquitetura E Urbanismo. São Paulo. 2012.

BARROS, A. P. R. Degradação de ivermectina em solução aquosa utilizando um reator fotocatalítico com esferas de TiO<sub>2</sub>/Alumina. 2018. 64f. Dissertação (Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia Ambiental - PPGCTA) - Universidade Estadual da Paraíba, Campina Grande, 2018.

BATIHA, G.E.-S. et al. Evaluation of the inhibitory effect of ivermectin on the growth of Babesia and Theileria parasites in vitro and in vivo. *Trop. Med. Health* 2019, 47, 42

BEEK, T. A. D. et al. Pharmaceuticals in the environment – global occurrences and perspectives. *Environmental Toxicology and Chemistry*, v.35, n.4, p. 823-835, 2016.

BISHOP, B.; et al. Selamectin: A novel broad-spectrum endectocide for dogs and cats. *Vet. Parasitol.* 2000, 91, 163–176.

BRASIL. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Diretoria Colegiada. Resolução n° 442, de 2 de dezembro de 2020.

BRASIL. Ministério da Saúde. Gabinete do Ministro. Portaria n° 2.914, de 12 de dezembro de 2011. Brasília, 2011.

BRAY, M., et al. Ivermectin and COVID-19: A report in Antiviral Research, widespread interest, an FDA warning, two letters to the editor and the authors' responses. *Antiviral Res.* 2020; 178:104805. doi:10.1016/j.antiviral.2020.104805.

BRITO, N. N e SILVA, V. B. M. Processo oxidativo avançado e sua aplicação ambiental. *Revista Eletrônica de Engenharia Civil*, nº3, vol. 1, 36 – 47. 2012.

BURG, R. W. *et al.* Avermectins, new family of potent anthelmintic agents: producing organism and fermentation. *Antimicrob. Agents Ch.* **15**, 361–367 (1979).

CAMATTI, Arthur et al. As diferentes formas de tratar um efluente industrial. *Revista Tecnológica*, v. 3, n. 2, p. 72-85, 2015.



CAMPBELL, W. C., and G. W. Benz. "Ivermectin: a Review of Efficacy and Safety." *Journal of Veterinary Pharmacology and Therapeutics*, vol. 7, no. 1, 1984, pp. 1-16.

CAMPBELL, W. C. *Ivermectin and Abamectin*. Springer Verlag p., 363, 1989.

CAMPBELL, W. C. Lessons from the History of Ivermectin and Other Antiparasitic Agents. *Annu Rev Anim Biosci*. 2016; 4:1-14.

CAMPBELL, W.C. et al. Ivermectin: a potent new antiparasitic agent. *Science*. 1983, 221, 823–828.

CAMPBELL, W.C. History of ivermectin and abamectin: with notes on the history of later macrocyclic lactone antiparasitic agents. *Current Pharmacology and Biotechnology*. 2012, 13: 853–865

CAMPBELL, W.C. History of ivermectin and abamectin: with notes on the history of later macrocyclic lactone antiparasitic agents. *Current Pharmacology and Biotechnology*, 2012, 13: 853–865.

CANGA, A. G. et al. The pharmacokinetics and interactions of ivermectin in humans--a mini-review. *AAPS J*. 2008;10(1):42-46. doi:10.1208/s12248-007-9000-9.

CARTAXO, A. S. B, et al. Tecnologias de tratamento para remoção de contaminantes emergentes presentes em águas destinadas ao consumo humano. 2019. Congresso Nacional de Pesquisa e Ensino de Ciências.

CARVALHO, G. M. R. Avaliação do tratamento de efluente farmacêutico endoparasiticida por processos Fenton e Foto-Fenton. Dissertação (Mestrado em Processos Catalíticos e Biocatalíticos) - Escola de Engenharia de Lorena, Universidade de São Paulo, Lorena, 2013. doi:10.11606/D.97.2013.tde-24032015-153633. Acesso em: 2022-01-27.

CARVALHO, N. L. et al. ABAMECTINA: Uma reflexão sob alguns aspectos toxicológicos. v. 6 n. 6 (2020): Salão do Conhecimento UNIJUÍ.

CHABALA, J.C. et al. Ivermectin, a new broad-spectrum antiparasitic agent. *J. Med. Chem.*, 1980, 2(11), 1134-1136.

CHACCOUR, C., CASELLAS, A., BLANCO-DI MATTEO, A., et al. The effect of early treatment with ivermectin on viral load, symptoms and humoral response in patients with non-severe COVID-19: a pilot, double-blind, placebo-controlled, randomized clinical trial *EClinicalMedicine* (2021), 10.1016/j.eclinm.2020.100720.

CONSULTA DE PRODUTOS. Disponível em <<https://consultas.ANVISA.gov.br/#/medicamentos/q/?substancia=5756>>. Acesso em 14/04/2021.

CRUMP, A. and OTOGURO, K. (2005). Satoshi Omura: in pursuit of nature's bounty. *Trends Parasitol.* 21, 126–312

CRUMP, A., and ŌMURA, S. "Ivermectin, 'wonder Drug' From Japan: the Human Use Perspective." *Proceedings of the Japan Academy. Series B, Physical and Biological Sciences*, vol. 87, no. 2, 2011, pp. 13-28.

DAL BOSCO, S. M. Degradação de ivermectina por processos oxidativos avançados. 2012. 103 p. Tese (doutorado) - Universidade Estadual de Campinas, Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo, Campinas, SP. Disponível em: <http://www.repositorio.unicamp.br/handle/REPOSIP/258598>. Acesso em: 5 junho. 2021.

DANTAS, C. Venda de remédios sem eficácia comprovada contra a Covid dispara. G1. 04 de fevereiro, 2021. Disponível em: <<https://g1.globo.com/bemestar/coronavirus/noticia/2021/02/04/venda-de-remedios-sem-eficacia-comprovada-contr-a-covid-dispara.ghtml>>. Acesso em: 08/04/2021.

DE ARAÚJO, K. S., ANTONELLI, R., GAYDECZKA, B., GRANATO, A. C., & MALPASS, G. R. P. (2016). Advanced oxidation processes: a review regarding the fundamentals and applications in wastewater treatment and industrial wastewater. *Ambiente e Água - An Interdisciplinary Journal of Applied Science*, 11(2), 387.

DECRETO Nº 10.388, DE 5 DE JUNHO DE 2020. Regulamenta o § 1º do caput do art. 33 da Lei nº 12.305, de 2 de agosto de 2010, e institui o sistema de logística reversa de medicamentos domiciliares vencidos ou em desuso, de uso humano, industrializados e manipulados, e de suas embalagens após o descarte pelos consumidores. *Diário Oficial*, 06 de junho de 2020.

EL-SABER BATIHA, G. et al. Avermectin Derivatives, Pharmacokinetics, Therapeutic and Toxic Dosages, Mechanism of Action, and Their Biological Effects. *Pharmaceuticals* 2020, 13, 196.

EMBRAPA. O Agro No Brasil e no Mundo: Uma Síntese Do Período De 2000 A 2020. Embrapa SIRE, 2021. Disponível em <<https://www.embrapa.br/documents/10180/62618376/O+AGRO+NO+BRASIL+E+NO+MUNDO.pdf/41e20155-5cd9-f4ad-7119-945e147396cb>>. Consulta em: 12/12/2021.

ESCALADA, J. P. et al. Photodegradation of the Acaricide Abamectin: A Kinetic Study. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 2008. 56(16), 7355–7359.

FELTRIN, J. et al. Photocatalytic surfaces of titania on ceramic substrates: Part I: Synthesis, structure and photoactivity. *Cerâmica*, v. 59, p. 620-632, 2013.

FIGUEIREDO, M.; SANTOS, E. P. dos; SCHMACHTENBERG, N. Advanced Oxidative Processes: fundamentals and environmental application. *Revista Eletrônica em Gestão, Educação e Tecnologia Ambiental*, [S. l.], v. 18, n. 1, p. 79–91, 2014. DOI: 10.5902/2236117010662. Disponível em: <https://periodicos.ufsm.br/reget/article/view/10662>. Acesso em: 27 JAN. 2022.

FONTELLES, Mauro José , Marilda Garcia Simões, Samantha Hasegawa Farias e Renata Garcia Simões Fontelles. Scientific research methodology: Guidelines for elaboration of a research protocol. *Revista Paraense de Medicina*, 23 (3), 2009.

GARDENAL, Isabel. Processos eliminam toxicidade de fármacos veterinários presentes na água. *Jornal da Unicamp*, Campinas, 6 a 12 de junho de 2011 – ANO XXV – Nº 497. Disponível em:<[https://www.unicamp.br/unicamp\\_hoje/ju/junho2011/ju497\\_pag67.php#](https://www.unicamp.br/unicamp_hoje/ju/junho2011/ju497_pag67.php#)>. Acesso em: 20/12/2021.

GIORDANO, Gandhi et al. Tratamento e controle de efluentes industriais. *Revista ABES*, v. 4, n. 76, p. 1-84, 2004.

GOUDIE, A. C., EVANS, N. A., GRATION, K.A., et al. Doramectin--a potent novel endectocide. *Veterinary Parasitology*. 1993 Jul;49(1):5-15.

GUIMARÃES, J. R. et al. "Abamectin Degradation by Advanced Oxidation Processes: Evaluation of Toxicity Reduction Using *Daphnia similis*" *Journal of Advanced Oxidation Technologies*, vol. 17, no. 1, 2014, pp. 82-92. <https://doi.org/10.1515/jaots-2014-0111>.

GUO, J. *et al.* Raising the avermectins production in *Streptomyces avermitilis* by utilizing nanosecond pulsed electric fields (nsPEFs). *Sci. Rep.* **6**, 25949; doi: 10.1038/srep25949 (2016).

HALLEY, B.A., VANDENHEUVEL, W.J., WISLOCKI, P.G. Environmental effects of the usage of avermectins in livestock. *Vet Parasitol.* 1993 Jun;48(1-4):109-25.

HAVLÍKOVÁ, L., ŠATÍNSKÝ, D., & SOLICH, P. MIRANDA Aspects of decontamination of ivermectin and praziquantel from environmental waters using advanced oxidation technology. *Chemosphere*, 2016. 144, 21–28.

HERNANDO M.D.; MEZCUA M.; FERNÁNDEZ-ALBA A.R.; BARCELÓ D. Environmental risk assessment of pharmaceutical residues in wastewater effluents, surface waters and sediments. *Talanta.* 2006 Apr;69(2):334-342. DOI: 10.1016/j.talanta.2005.09.037.

IBAMA. Perfil Ambiental Benzoato De Emamectina (Cas 155569-91-8). 2019. Disponível em [http://www.ibama.gov.br/phocadownload/agrotoxicos/perfis-ambientais/2019/Perfil\\_Benzoato\\_de\\_Emamectina\\_tachado.pdf](http://www.ibama.gov.br/phocadownload/agrotoxicos/perfis-ambientais/2019/Perfil_Benzoato_de_Emamectina_tachado.pdf). Acesso em: 22/12/21.

IBAMA. Relatórios de comercialização de agrotóxicos – Série histórica 2009 - 2020. 2020. Disponível em: [http://ibama.gov.br/index.php?option=com\\_content&view=article&id=594&Itemid=54](http://ibama.gov.br/index.php?option=com_content&view=article&id=594&Itemid=54)>. Acesso em: 22/12/2021.

IBEGE. Pesquisa da Pecuária Municipal (PPM) 2020. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/estatisticas/economicas/agricultura-e-pecuaria/9107-producao-da-pecuaria-municipal.html?=&t=o-que-e>. Acesso em 22/01/22.

KHALIL, M.S. Abamectin and azadirachtin as eco-friendly promising biorational tools in integrated nematodes management programs. *J. Plant Pathol. Microbiol.* 2013, 4, 2–3.

KHALIL, M.S. Abamectin and azadirachtin as eco-friendly promising biorational tools in integrated nematodes management programs. *J. Plant Pathol. Microbiol.* 2013, 4, 2–3.

KLAVARIOTI, M., MANTZAVINOS, D., & KASSINOS, D. Removal of residual pharmaceuticals from aqueous systems by advanced oxidation processes. *Environment International*, 2009, 35(2), 402–417. doi:10.1016/j.envint.2008.07.009.

KÖVECSES, J., MARCOGLIESE, D.J., 2005. Avermectins: potential environmental risks and impacts on freshwater ecosystems in Quebec. Scientific and technical report

KOZAN, E., SEVIMLI, F.K., BIRDANE, F.M. et al. Efficacy of eprinomectin against *Toxacara canis* in dogs. *Parasitol Res* 102, 397–400

LAINING, R.; GILLAN, V., Devaney E. Ivermectin - Old Drug, New Tricks? *Trends Parasitol.* 2017;33(6):463-472.

LASOTA, J.A.; DYBAS, R. A. Avermectins, a novel class of compounds: Implications for use in Arthropod Pest Control. *Annu. Ver. Pharmacol. Toxicol.*, v. 36, p. 91 - 117, 1991.

LIEBIG, M., et al. Environmental risk assessment of ivermectin - A case study. In: *Integrated Environ Assess Manag. Special Issue: Environmental Risk Assessment of Pharmaceuticals (ERAPharm)*: 2010;6(S1):567–587.

LIEBIG, M., FERNANDEZ, Á.A., BLÜBAUM-GRONAU, E. et al. Environmental risk assessment of ivermectin: A case study. *Integr Environ Assess Manag.* 2010; 6(S1) Suppl:567–587.

LIMA, D.R.S. et al. Fármacos e desregulados endócrinos em águas brasileiras: ocorrência e técnicas de remoção. *Engenharia Sanitária*, Rio de Janeiro, v. 22, n. 6, p. 1043-1054, 2017.

LUMARET, J.P. et al. A review on the toxicity and non-target effects of macrocyclic lactones in terrestrial and aquatic environments. *Curr Pharm Biotechnol.* 2012 May;13(6):1004-60.

MARCONDES, J. G. Tratamento de efluentes. Fema-Fundação Educacional do Município de Assis-Instituto Municipal de Ensino Superior de Assis-Campos José Santilli Sobrinho". Assis-SP, p. 49, 2012.

MASTRANGELO, E., et al. Ivermectin is a potent inhibitor of flavivirus replication specifically targeting NS3 helicase activity: new prospects for an old drug. *Journal of Antimicrobial Chemotherapy*, 2012, 67(8), 1884–1894.

MATOS, T.A. et al. Degradation of Abamectin Using the Photo-Fenton Process. *International Journal of Chemical Engineering*, 2012, 1-7.

MERCK. Merck Statement on Ivermectin use During the COVID-19 Pandemic. Disponível em: < <https://www.merck.com/news/merck-statement-on-ivermectin-use-during-the-covid-19-pandemic/>>. Acesso em: 08/04/2021.

MINISTÉRIO DA SAUDE. 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. 2021.

MIRANDA, A. C. Degradação de microcontaminantes emergentes e inativação de E. coli resistentes a antibióticos por processos oxidativos avançados. 2016. 148f. Tese (Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia Ambiental - PPGCTA) - Universidade Estadual da Paraíba, Campina Grande, 2016.

MORAVIA, Wagner Guadagnin; LANGE, Liséte Celina; AMARAL, Míriam Cristina Santos. Avaliação da microfiltração para remoção do lodo gerado no processo oxidativo avançado empregando o reagente de Fenton no tratamento de lixiviado de aterro sanitário. *Engenharia Sanitaria e Ambiental*, v. 16, n. 4, p. 379-386, 2011.

MUSHTAQ, M. et al. Photodegradation of Emamectin Benzoate in Aqueous Solutions†. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 1998, 46(3), 1181–1191.

NASR, H.M., EL-DEMERDASH, F.M. & EL-NAGAR, W.A. Neuro and renal toxicity induced by chlorpyrifos and abamectin in rats. *Environ Sci Pollut Res* 23, 1852–1859 (2016).

NOVELLI, Andréa. Efeito do Vertimec® 18CE e de seu princípio ativo, a abamectina, em ambiente aquático: uma análise laboratorial e in situ. 2010. Tese (Doutorado em Ciências da Engenharia Ambiental) - Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2010.

NOVELLI, Andréa; et al. Field and laboratory studies to assess the effects of Vertimec 18EC on *Daphnia similis*. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, Maryland Heights, MO, USA, v. 75, n. 1, p. 87-93, 2012.

OGUNGBEMI, A., LEUTHOLD, D., SCHOLZ, S. et al. Hypo - or hyperactivity of zebrafish embryos provoked by neuroactive substances: a review on how experimental parameters impact the predictability of behavior changes. *Environ Sci Eur* 31, 88 (2019).

OLIVEIRA, E. et al. Tecnologia de aplicação de defensivos agrícolas e relações com riscos de contaminação da água e do solo. *Pesquisa Aplicada & Agrotecnologia* v2 n3 set.- dez. 2009.

OMURA S, CRUMP A. Ivermectin: panacea for resource-poor communities? *Trends in Parasitology*. 2014 Sep;30(9):445-455.

OMURA, S. “Ivermectin: 25 years and still going strong.” *International journal of antimicrobial agents* vol. 31,2. Pag. 91-8. 2008.

ÔMURA, S., CRUMP, A. The life and times of ivermectin — a success story. *Nat Rev Microbiol* 2, 984–989 (2004).

PEREIRA, M. P. C. Efeitos do agrotóxico Vertimec® 18 EC para o zooplâncton e fitoplâncton: análises laboratoriais com o produto comercial e amostras de mesocosmos artificialmente contaminados. 2013. Dissertação (Mestrado em Ciências da Engenharia Ambiental) - Escola de Engenharia de São Carlos, University of São Paulo, São Carlos, 2013. doi:10.11606/D.18.2013.tde-18102013-094921. Acesso em: 2021-11-16.

PRICHARD, R.; MÉNEZ, C.; LESPINE, A. Moxidectin and the avermectins: Consanguinity but not identity. *Int. J. Parasitol.* 2012, 2, 134–153.

PRONK, M.E.J., SCHEFFERLIE, G.J. (1998) Toxicological evaluation of certain veterinary drug residues in food, WHO Food Additives Series 41. WHO, Geneva.

PONTES, N. Brasil falha na aplicação de leis ambientais, diz ONU. *Deutsche Welle*, 24 de janeiro de 2019. Disponível em: < <https://www.dw.com/pt-br/brasil-falha-na-aplica%C3%A7%C3%A3o-de-leis-ambientais-diz-onu/a-47210135>>. Acesso em 22/01/22.

RAMOS, R. C. Avaliação dos efeitos do agrotóxico Vertimec® 18 CE em ecossistemas de água doce por meio de estudos experimentais em laboratório e in situ. 2013. Tese (Doutorado em Ciências da Engenharia Ambiental) - Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2013. doi:10.11606/T.18.2013.tde-26082013-131250. Acesso em: 2021-11-16.

RATH, S., PEREIRA, L.A., BOSCO, S.M.D. ET AL. Fate of ivermectin in the terrestrial and aquatic environment: mobility, degradation, and toxicity towards *Daphnia similis*. 2016a, *Environ Sci Pollut Res* 23, 5654–5666.

RATH, S., SCHRODER, C.H.K., SILVA, C.R., FERREIRA, F.O., DIONIZIO, A.C., DAL BOSCO, S.M. Avermectinas no agronegócio brasileiro: uma solução ou um problema? 2016b, *Veterinária e Zootecnia* 23, 8-24.

REIS FILHO, R.W.; BARREIRO, J. C.; VIEIRA, E. M.; CASS, Q. B. FÁRMACOS, ETES e corpos hídricos. *Ambiente & Água - Revista Interdisciplinar de Ciências Aplicadas* [en linea]. 2007, 2 (3), 54-61 [fecha de Consulta 28 de Abril de 2021]. ISSN: 1980-993X. Disponível em: <<https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=92820307>>.

RONCALLI R.A. Environmental Aspects of Use of Ivermectin and Abamectin in Livestock: Effects on Cattle Dung Fauna. In: Campbell W.C. (eds) *Ivermectin and Abamectin*. Springer, New York, NY (1989). [https://doi.org/10.1007/978-1-4612-3626-9\\_12](https://doi.org/10.1007/978-1-4612-3626-9_12).

RUGG, S.D., BUCKINGHAM, D.B., SATTELLE, R.K. *Comprehensive Molecular Insect Science*. Elsevier. Cap. 52. Pag. 25 – 52, 2005.

SANDERSON, H., et al. Assessment of the environmental fate and effects of ivermectin in aquatic mesocosms. *Aquatic Toxicology*, 2007, 85(4), 229–240.

SHOOP, W. e SOLL, M. 2002. “Ivermectin, Abamectin and Eprinomectin.” In *Macrocyclic Lactones in Antiparasitic Therapy*, edited by J. Vercruysse and R. S. Rew. CABI Publishing, New York, pp. 1–29.

SINDAN. Produtos usados na medicina veterinária, à base de Avermectinas, registrados no Brasil. *Compêndio de Produtos Veterinário*, 2020. Disponível em: <https://sistemas.sindan.org.br/cpvs/pesquisar.aspx>. Acesso em: 18/11/2020.

SINDAN. Relatório sobre Mercado Saúde Animal 2020 - Dados consolidados do setor de saúde animal no ano de 2020. Disponível em: <https://www.sindan.org.br/mercado/>. Acesso em: 12/01/22.

SOLL, D. M. Use of ivermectin in laboratory and exotic mammals and in birds, fish and reptiles W.C. Campbell (Ed.), *Ivermectin and Abamectin*, Springer, New York (1989), pp. 260-286.



SANTOS, F. S., YOKOYAMA, L. E FONSECA, F.V. Obtenção de nanopartículas de ferro de valência zero suportadas em material sólido para aplicação em processos oxidativos avançados. – Ponta Grossa, PR: Atena, 2020.

ST-233E. Environment Canada – Quebec Region, St. Lawrence Centre, Montreal.

STEVENS, J., BRECKENRIDGE, C. B., & WRIGHT, J. The Role of P-glycoprotein in Preventing Developmental and Neurotoxicity. Hayes' Handbook of Pesticide Toxicology, 2010, 2093–2110. doi:10.1016/b978-0-12-374367-1.00097-5.

SUZUKI, R. Parasitoses de bovinos e o mercado de antiparasitários. Portal do Agronegócio, 2021. Disponível em: < <https://www.portaldoagronegocio.com.br/pecuaria/saude-animal/artigos/parasitoses-de-bovinos-e-o-mercado-de-antiparasitarios>>. Acesso em 20/01/2022.

TIŠLER, T., ERŽEN, N. K. Abamectin in the aquatic environment. *Ecotoxicology* 15, 495–502 (2006). <https://doi.org/10.1007/s10646-006-0085-1>.

TOMITA R.Y., BEYRUTH Z. Toxicologia de agrotóxicos em ambiente aquático. *Biológico* 2002; 64:135-42.

VANDERLEI, M. R. Efeitos dos agrotóxicos Kraft®36EC e Score®250EC (e seus princípios ativos) em ecossistemas aquáticos: análises comparativas e ecossistêmicas. 2015. Dissertação (Mestrado em Ciências da Engenharia Ambiental) - Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2015. doi:10.11606/D.18.2016.tde-30052016-102950. Acesso em: 18/11/2021.

VEIGA, M. M. et al. Análise da contaminação dos sistemas hídricos por agrotóxicos numa pequena comunidade rural do Sudeste do Brasil. *Cad. Saúde Pública*, Rio de Janeiro, v. 22, n. 11, p. 2391-2399, nov. 2006.

WEICHERT, F. G., FLOETER, C., MEZA ARTMANN, A. S., & KAMMANN, U; Assessing the ecotoxicity of potentially neurotoxic substances – Evaluation of a behavioural parameter in the embryogenesis of *Danio rerio*. *Chemosphere*, 2017, 186, 43–50.

WISLOCKI, P.G., GROSSO, L.S., DYBAS, R.A. (1989) Environmental Aspects of Abamectin Use in Crop Protection. In: Campbell W.C. (eds) Ivermectin and Abamectin. Springer, New York, NY.

ZANOLI, Juliana Carla Castanha. Efeitos da abamectina na bioenergética de mitocôndrias isoladas de fígado de rato. 79 f. Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Medicina Veterinária, 2011.

## APÊNDICE A – Produtos usados na agricultura, à base de Abamectina, registrados no Brasil

Tabela 13 - Produtos usados na agricultura, à base de Abamectina, registrados no Brasil.

Fonte: Agrofit 2020.

<b>MARCAS COMERCIAIS</b>	<b>FABRICANTES</b>	<b>CLASSIFICAÇÃO TOXICOLÓGICA</b>	<b>CLASSIFICAÇÃO AMBIENTAL</b>
ABADIN 72 EC ®	Cropchem	III - Produto moderadamente tóxico	II - Produto muito perigoso
ABAMECTIN 400WG NORTOX®	Nortox	II - Produto altamente tóxico	II - Produto muito perigoso
ABAMECTIN 72 EC NORTOX®	Nortox	III - Produto moderadamente tóxico	II - Produto muito perigoso
ABAMECTIN NORTOX®	Nortox	V - Produto improvável de causar dano agudo	III - Produto perigoso
ABAMECTIN PRENTISS ®	Prentiss	III - Produto moderadamente tóxico	III - Produto perigoso
ABAMEX ®	Nufarm Industria	IV - Produto pouco tóxico	III - Produto perigoso
ABAMEX BR 18 ®	Nufarm Industria	IV - Produto pouco tóxico	III - Produto perigoso
ABAMIT ®	FMC	IV - Produto pouco tóxico	III - Produto perigoso
ACARAMIK ®	Rotam	IV - Produto pouco tóxico	III - Produto perigoso
AMPLIGO PRO	Syngenta	IV - Produto pouco tóxico	II - Produto muito perigoso
AVICTA 500 FS®	Syngenta	I - Produto extremamente tóxico	II - Produto muito perigoso
AVICTA 500 FS PRO®	Syngenta	I - Produto extremamente tóxico	II - Produto muito perigoso
BANTER®	UPL do Brasil	IV - Produto pouco tóxico	II - Produto muito perigoso
BATENT®	DVA Agro	IV - Produto pouco tóxico	II - Produto muito perigoso
BOREAL®	Tradecorp do Brasil	III - Produto moderadamente tóxico	II - Produto muito perigoso
EPIMEC ®	Syngenta	IV - Produto pouco tóxico	II - Produto muito perigoso
GRIMECTIN ®	Rotam	IV - Produto pouco tóxico	III - Produto perigoso

INSTIVO®	Syngenta	IV - Produto pouco tóxico	II - Produto muito perigoso
KRAFT 36 EC ®	Cheminova	III - Produto moderadamente tóxico	II - Produto muito perigoso
MANTIS 400 WG ®	Cropchem	II - Produto altamente tóxico	II - Produto muito perigoso
MINECTO PRO	Syngenta	III - Produto moderadamente tóxico	II - Produto muito perigoso
PAUSATO	Sinon	IV - Produto pouco tóxico	III - Produto perigoso
POTENZA SINON	Sinon	IV - Produto pouco tóxico	III - Produto perigoso
ROTAMIK ®	Rotam	IV - Produto pouco tóxico	III - Produto perigoso
SAVIVO®	Syngenta	II - Produto altamente tóxico	III - Produto perigoso
Spitz®	Cheminova	III - Produto moderadamente tóxico	II - Produto muito perigoso
VERTIMEC 18 EC ®	Syngenta	IV - Produto pouco tóxico	II - Produto muito perigoso
VERTIMEC 84 SC®	Syngenta	II - Produto altamente tóxico	III - Produto perigoso
VOLIAM TARGO ®	Syngenta	IV - Produto pouco tóxico	II - Produto muito perigoso

Fonte: Autoria própria.

**APÊNDICE B – Produtos usados na medicina veterinária, à base de Avermectinas, registrados no Brasil**

Tabela 14 - Produtos usados na medicina veterinária, à base de Avermectinas, registrados no Brasil. Fonte: Compêndio de Produtos Veterinário – SINDAN, 2020.

PRINCÍPIO ATIVO	PRODUTO	EMPRESA	INDICAÇÃO	CLASSE TERAPÊUTICA	ROTA DE APLICAÇÃO
Abamectina	Aba Gel Composto	Ouro Fino	Equinos	Endoparasiticida	Via Oral
Abamectina	Aba-Allvet	Allvet	Bovinos	Ectoparasiticida	Via Tópica
Abamectina	Aba-Allvet La	Allvet	Bovinos e Ovinos	Endectocida	Injetável
Abamectina	Abagard	Labgard	Bovinos	Endectocida	Injetável
Abamectina	Abamect Fc	Farmacampo Saude Animal Ltda	Bovinos	Endectocida	Injetável
Abamectina	Abamectan Injetável A 1%	Ucbvet Saúde Animal	Bovinos	Endectocida	Injetável
Abamectina	Abamectin Nortox	Nortox S.A.	Bovinos	Endectocida	Injetável
Abamectina	Abamectina 1% Bayer	Bayer	Bovinos	Endectocida	Injetável
Abamectina	Abamectina 1% Calbos Injetável	Calbos	Bovinos	Endectocida	Injetável
Abamectina	Abamectina 1% Champion	Champion	Bovinos	Endectocida	Injetável
Abamectina	Abamectina 1% Ibravi	Ibravi	Bovinos	Endectocida	Injetável
Abamectina	Abamectina Matsuda	Vetecia	Bovinos	Endectocida	Injetável
Abamectina	Abamectina Pour On	Champion	Bovinos	Endectocida	Via Tópica
Abamectina	Abamectina Pour On J.A.	J.A. Saúde Animal	Bovinos	Endectocida	Via Tópica

Abamectina	Abamectina Pour-On Nortox	Nortox S.A.	Bovinos	Endectocida	Via Tópica
Abamectina	Abamectina Premix	Des-Vet Produtos Veterinários	Suínos	Antimicrobiano; Antifúngico e Antiprotozoário	Via Oral
Abamectina	Abamex	Leivas Leite S/A	Bovinos	Endectocida	Injetável
Abamectina	Abamic	Laboratórios Microsules Do Brasil	Bovinos	Endectocida	Injetável
Abamectina	Abamic Pour On	Laboratórios Microsules Do Brasil	Bovinos	Endectocida	Via Tópica
Abamectina	Abanox	Noxon	Bovinos	Endectocida	Injetável
Abamectina	Abanox Pour On	Noxon	Bovinos	Endectocida	Via Tópica
Abamectina	Abathor	Fabiani Saúde Animal	Bovinos	Endectocida	Injetável
Abamectina	Animax Duo	Agener Uniao	Bovinos, Ovinos, Caprinos e Suínos	Endectocida	Injetável
Abamectina	Animax Gel	Agener Uniao	Equinos	Endectocida	Via Oral
Abamectina	Animax Pour On	Agener Uniao	Bovinos	Endectocida	Via Tópica
Abamectina	Avotan®	Merck Sharp & Dohme Saúde Animal Ltda	Bovinos	Endectocida	Injetável
Abamectina	Bi Atack Af	Noxon	Bovinos	Endectocida	Via Tópica
Abamectina	Bullmectin Injetável	Clarion Biociências Ltda	Bovinos	Endectocida	Injetável
Abamectina	Dispectin	Dispec Do Brasil	Bovinos	Endectocida	Injetável
Abamectina	Duotin	Boehringer Ingelheim	Bovinos	Endectocida	Injetável
Abamectina	Duotin®	Merial	Bovinos	Endectocida	Injetável
Abamectina	Enthal	Pharmalogic/Min enthal	Bovinos	Endectocida	Injetável
Abamectina	Enthal Pour On	Pharmalogic/Min enthal	Bovinos	Endectocida	Via Tópica

Abamectina	Exodus Pour-On	Pearson Saúde Animal	Bovinos	Endectocida	Via Tópica
Abamectina	Fluatac Duo	Ouro Fino	Bovinos	Endectocida	Via Tópica
Abamectina	Goldmac	Noxon	Bovinos	Endectocida	Injetável
Abamectina	Lancer	Vallée	Bovinos	Endectocida	Injetável
Abamectina	Lancer L.A.	Vallée	Bovinos	Endectocida	Injetável
Abamectina	Necaverm	Leivas Leite S/A	Bovinos, Ovinos, Caprinos e Suínos	Endectocida	Injetável
Abamectina	Necaverm 1,13%	Laboratorios Rosenbusch	Bovinos, Ovinos, Caprinos e Suínos	Endectocida	Injetável
Abamectina	Provamectina 0,6% - Premix	Swissbras Chemical	Suínos	Endectocida	Via Oral
Abamectina	Solution® 3,5% La	Merck Sharp & Dohme Saúde Animal Ltda	Bovinos	Endectocida	Injetável
Abamectina	Tridoxin 40	Lema Biologic	Bovinos, Ovinos, Caprinos, Suínos, Equinos, Cães e Gatos.	Antimicrobiano; Antifúngico e Antiprotozoário	Via Oral
Abamectina	Virbamax La	Virbac Do Brasil	Bovinos	Endectocida	Injetável
Abamectina	Vitalmax	Indústria Farmacêutica Vitalfarma Ltda	Bovinos	Endectocida	Injetável
Abamectina	Vitalmax Pour-On	Indústria Farmacêutica Vitalfarma Ltda	Bovinos	Endectocida	Injetável
Abamectina	Voss Produce	Ouro Fino	Bovinos	Endectocida	Injetável
Ivermectina	Allax	Jofadel Indústria Farmacêutica S/A	Aves	Endoparasiticida	Via Tópica
Ivermectina	Altec	Fabiani Saúde Animal	Bovinos, Ovinos, Caprinos e Suínos	Endectocida	Injetável

Ivermectina	Altec Pasta Para Equinos	Fabiani Saúde Animal	Equinos	Endectocida	Via Oral
Ivermectina	Baymec	Bayer	Bovinos e Suínos	Endectocida	Injetável
Ivermectina	Baymec Pour-On	Bayer	Bovinos	Endectocida	Via Tópica
Ivermectina	Bovectin	Pearson Saúde Animal	Bovinos	Endectocida	Injetável
Ivermectina	Bullmec Clássico	Clarion Biociências Ltda	Bovinos, Ovinos e Suínos	Endectocida	Injetável
Ivermectina	Bullmec Gold	Clarion Biociências Ltda	Bovinos	Endectocida	Injetável
Ivermectina	Cardomec® Plus	Merial	Cães	Endoparasiticida	Via Oral
Ivermectina	Centurion	Vallée	Equinos	Endoparasiticida	Via Oral
Ivermectina	Contratack Injetável	Clarion Biociências Ltda	Bovinos	Endectocida	Injetável
Ivermectina	Ectoendo Premix	Interchange Veterinária	Suínos	Antimicrobiano; Antifúngico e Antiprotozoário	Via Oral
Ivermectina	Embramec	Embrasvet	Bovinos	Endectocida	Injetável
Ivermectina	Equimec	Indústria Farmacêutica Vitalfarma Ltda	Equinos	Endoparasiticida	Via Oral
Ivermectina	Equithal Gel	Pharmalogic/Minerthal	Equinos	Endectocida	Via Oral
Ivermectina	Equitina Oral	Dispec Do Brasil	Equinos	Endoparasiticida	Via Oral
Ivermectina	Eqvalan® Gold	Merial	Equinos	Endoparasiticida	Via Oral
Ivermectina	Eqvalan® Pasta	Merial	Equinos	Endoparasiticida	Via Oral
Ivermectina	Evol	Ouro Fino	Bovinos	Endectocida	Via Oral
Ivermectina	Genesis Iver Pour-On	Pearson Saúde Animal	Bovinos	Endectocida	Via Tópica
Ivermectina	Goldmec	Noxon	Bovinos	Endectocida	Injetável
Ivermectina	Handicap Equinos	Marcolab	Equinos	Endectocida	Via Oral
Ivermectina	Hipermec	Allvet	Bovinos	Endectocida	Injetável



Ivermectina	Hipramectin	Hipra Saúde Animal	Bovinos	Endectocida	Injetável
Ivermectina	Horsenox	Noxon	Equinos	Endectocida	Via Oral
Ivermectina	Iver Gel Composto	Ouro Fino	Equinos	Endoparasiticida	Via Oral
Ivermectina	Iver L.A.	Ouro Fino	Bovinos	Endectocida	Injetável
Ivermectina	Iver Pasta Equinos	Ouro Fino	Equinos	Endoparasiticida	Via Oral
Ivermectina	Ivergen®	Biogénesis Bagó	Bovinos, Ovinos e Suínos	Endectocida	Injetável
Ivermectina	Ivergen® Gel Equinos	Biogénesis Bagó	Equinos	Endectocida	Via Oral
Ivermectina	Ivergen® Platinum 3.15	Biogénesis Bagó	Bovinos	Endectocida	Injetável
Ivermectina	Ivergen® Plus Ad3e	Biogénesis Bagó	Bovinos	Ectoparasiticida	Injetável
Ivermectina	Ivergen® Premium 1,13	Biogénesis Bagó	Bovinos, Ovinos e Suínos	Endectocida	Injetável
Ivermectina	Ivergold	Laboratório Prado S/A	Bovinos, Ovinos e Suínos	Endectocida	Injetável
Ivermectina	Ivergold Premix	Laboratório Prado S/A	Suínos	Endectocida	Via Oral
Ivermectina	Iverject Plus	Laboratórios Santa Elena Brasil	Equinos	Endoparasiticida	Via Oral
Ivermectina	Ivermax	Dispec Do Brasil	Bovinos	Endectocida	Injetável
Ivermectina	Ivermax Gold	Dispec Do Brasil	Bovinos	Endectocida	Injetável
Ivermectina	Ivermax-S	Dispec Do Brasil	Suínos	Endoparasiticida	Injetável
Ivermectina	Ivermectan Injetável A 1%	Ucbvet Saúde Animal	Bovinos, Ovinos, Caprinos e Suínos	Endectocida	Injetável
Ivermectina	Ivermectan Pasta Equino	Ucbvet Saúde Animal	Equinos	Endoparasiticida	Via Oral
Ivermectina	Ivermectan Pet	Ucbvet Saúde Animal	Cães	Endectocida	Via Oral
Ivermectina	Ivermethal	Pharmalogic/Minerthal	Bovinos	Endectocida	Injetável

Ivermectina	Ivermectin Nortox	Nortox S.A.	Bovinos	Endectocida	Injetável
Ivermectina	Ivermectina 1%	Vansil Saúde Animal	Bovinos	Endectocida	Injetável
Ivermectina	Ivermectina 1% - Champion	Champion	Bovinos	Endectocida	Injetável
Ivermectina	Ivermectina 1% Bravet	Laboratório Bravet Ltda	Bovinos	Endectocida	Injetável
Ivermectina	Ivermectina 1% Chemitec®	Chemitec	Bovinos, Ovinos, Caprinos e Suínos	Endectocida	Injetável
Ivermectina	Ivermectina 1% J.A.	J.A. Saúde Animal	Bovinos, Ovinos, Caprinos e Suínos	Endectocida	Injetável
Ivermectina	Ivermectina 1% Vencofarma	Venco Saúde Animal	Bovinos	Ectoparasiticida	Injetável
Ivermectina	Ivermectina Comprimidos Microfilaricida -Preventivo Da Filária	Centralvet	Cães	Endoparasiticida	Via Oral
Ivermectina	Ivermectina Gel Matsuda	Vetecia	Equinos	Endoparasiticida	Via Oral
Ivermectina	Ivermectina Jofadel - Pasta Oral	Jofadel Indústria Farmacêutica S/A	Equinos	Endectocida	Via Oral
Ivermectina	Ivermectina Matsuda	Vetecia	Bovinos	Endectocida	Injetável
Ivermectina	Ivermectina Of	Ouro Fino	Bovinos, Ovinos e Suínos	Endectocida	Injetável
Ivermectina	Ivermectina Premix	Ouro Fino	Suínos	Endectocida	Via Oral
Ivermectina	Ivermectina Premix Vansil 0,6%	Vansil Saúde Animal	Suínos	Endoparasiticida	Via Oral
Ivermectina	Ivermectina Vetanco Premix	Vetanco Do Brasil	Suínos	Endectocida	Via Oral

Ivermectina	Ivermic	Laboratórios Microsules Do Brasil	Bovinos, Ovinos e Suínos	Endectocida	Injetável
Ivermectina	Ivermic + A,D3,E	Laboratórios Microsules Do Brasil	Bovinos, Caprinos, Equinos, Ovinos e Suínos	Endectocida	Injetável
Ivermectina	Ivermin	Calbos	Bovinos, Ovinos e Suínos	Endectocida	Injetável
Ivermectina	Ivermin Pasta Oral	Calbos	Equinos	Endectocida	Via Oral
Ivermectina	Ivertop 3,5% Bravet	Laboratório Bravet Ltda	Bovinos	Endectocida	Injetável
Ivermectina	Iver-Vet	Biovet Vaxxinova	Bovinos	Endectocida	Injetável
Ivermectina	Iver-Vet 3,5%	Biovet Vaxxinova	Bovinos	Endectocida	Injetável
Ivermectina	Iver-Vet Ade	Biovet Vaxxinova	Bovinos	Endectocida	Injetável
Ivermectina	Iver-Vet Pasta	Biovet Vaxxinova	Equinos	Endoparasiticida	Via Oral
Ivermectina	Ivomec Gold	Boehringer Ingelheim	Bovinos	Endectocida	Injetável
Ivermectina	Ivomec Pour- On	Boehringer Ingelheim	Bovinos	Endectocida	Via Tópica
Ivermectina	Ivomec Solução Oral	Boehringer Ingelheim	Caprinos e Ovinos	Endectocida	Via Oral
Ivermectina	Ivomec® Injetável	Merial	Bovinos, Ovinos e Suínos	Endectocida	Injetável
Ivermectina	Ivomec® Gold	Merial	Bovinos	Endectocida	Injetável
Ivermectina	Ivomec® Pour- On	Merial	Bovinos	Endectocida	Via Tópica
Ivermectina	Ivomec® Solução Oral	Merial	Caprinos e Ovinos	Endectocida	Via Oral
Ivermectina	Ivomec-F	Boehringer Ingelheim	Bovinos	Vacinas, Corantes e Diluentes (Biológicos)	Injetável
Ivermectina	Ivonox	Noxon	Bovinos	Endectocida	Injetável
Ivermectina	Leivamec Injetável	Leivas Leite S/A	Bovinos, Ovinos e Suínos	Ectoparasiticida	Injetável

Ivermectina	Master Lp	Ouro Fino	Bovinos	Endectocida	Injetável
Ivermectina	Mectimax Duo	Agener Uniao	Bovinos, Ovinos, Caprinos e Suínos	Endectocida	Injetável
Ivermectina	Mectimax Gold	Agener Uniao	Bovinos	Endectocida	Injetável
Ivermectina	Mectimax Plus Pasta	Agener Uniao	Equinos	Endectocida	Via Oral
Ivermectina	Megamectin	Elanco Saúde Animal	Bovinos	Endectocida	Injetável
Ivermectina	Mexiver Minerais	Laboratórios Santa Elena Brasil	Bovinos e Ovinos	Endectocida	Injetável
Ivermectina	Mogimec	Bimeda	Bovinos	Endectocida	Injetável
Ivermectina	Mogimec 3,5%	Bimeda	Bovinos	Endectocida	Injetável
Ivermectina	Noromectina Injetável	Norbrook Do Brasil	Bovinos	Endectocida	Injetável
Ivermectina	Noromectina Pasta Equina	Norbrook Do Brasil	Equinos	Endoparasiticida	Via Oral
Ivermectina	Noromectina Pour On	Norbrook Do Brasil	Bovinos	Endectocida	Via Tópica
Ivermectina	Padock Gel	Ceva	Equinos	Endectocida	Via Oral
Ivermectina	Pró-Bezerro	J.A. Saúde Animal	Bovinos	Antimicrobiano; Antifúngico e Antiprotozoário	Injetável
Ivermectina	Progado Promectina	Progado	Bovinos e Suínos	Endectocida	Injetável
Ivermectina	Ranger	Vallée	Bovinos, Ovinos, Caprinos e Suínos	Endectocida	Injetável
Ivermectina	Ranger L.A. 3,5%	Vallée	Bovinos, Ovinos, Caprinos e Suínos	Ectoparasiticida	Injetável
Ivermectina	Ranger La	Vallée	Bovinos, Ovinos, Caprinos e Suínos	Endectocida	Injetável
Ivermectina	Solution® 3,5% La	Merck Sharp & Dohme Saúde Animal Ltda	Bovinos	Endectocida	Injetável

Ivermectina	Sulfomec	Interchange Veterinária	Bovinos	Antimicrobiano; Antifúngico e Antiprotozoário	Via Oral
Ivermectina	Supramec® Gel	Merck Sharp & Dohme Saúde Animal Ltda	Equinos	Endectocida	Via Oral
Ivermectina	Supramec® Pour On	Merck Sharp & Dohme Saúde Animal Ltda	Bovinos	Endectocida	Via Tópica
Ivermectina	Supremo 3,5%	Noxon	Bovinos	Endectocida	Injetável
Ivermectina	Teniprasol Plus	Laboratórios Santa Elena Brasil	Cães e Gatos	Endoparasiticida	Via Oral
Ivermectina	Top Dog	Ouro Fino	Cães	Ectoparasiticida	Via Oral
Ivermectina	Trimix	Merial	Ovinos	Endectocida	Via Oral
Ivermectina	Vermivet Iver	Biovet Vaxxinova	Cães	Endoparasiticida	Via Oral
Ivermectina	Vertimax 1% Injetável	Swissbras Chemical	Bovinos, Ovinos e Suínos	Endectocida	Injetável
Ivermectina	Virbamec La	Virbac Do Brasil	Bovinos	Endectocida	Injetável
Ivermectina	Virbamec Platinum	Virbac Do Brasil	Bovinos	Endectocida	Injetável
Ivermectina	Vitalmec	Indústria Farmacêutica Vitalfarma Ltda	Bovinos e Suínos	Endectocida	Injetável
Ivermectina	Wormek	Vetoquinol	Bovinos	Endectocida	Injetável
Ivermectina	Wormek Tx 3,5%	Vetoquinol	Bovinos	Endectocida	Injetável
Doramectina	Dectomax®	Zoetis	Bovinos, Ovinos e Suínos	Endectocida	Injetável
Doramectina	Doramec	Pearson Saúde Animal	Bovinos, Ovinos e Suínos	Endectocida	Injetável
Doramectina	Dorax	Agener Uniao	Bovinos e Ovinos	Endectocida	Injetável
Doramectina	Exceller	Vallée	Bovinos e Suínos	Ectoparasiticida	Injetável

Doramectina	FLOK® DORAMECTI NA 1,10% Antiparasitário Interno E xterno	Biogénesis Bagó	Bovinos	Endectocida	Injetável
Doramectina	Treo Ace	Zoetis	Bovinos	Endectocida	Injetável
Eprinomectina	Eprinex Injetável	Boehringer Ingelheim	Bovinos	Vacinas, Corantes e Diluentes (Biológicos)	Injetável
Eprinomectina	Eprino* Injetável	Clarion Biociências Ltda	Bovinos	Endectocida	Injetável
Eprinomectina	Longrange	Boehringer Ingelheim	Bovinos	Vacinas, Corantes e Diluentes (Biológicos)	Injetável
Eprinomectina	Voss Performa	Ouro Fino	Bovinos	Ectoparasiticida	Injetável
Selamectina	Revolution® 12%	Zoetis	Cães	Endectocida	Via Tópica
Selamectina	Revolution® 6%	Zoetis	Cães e Gatos	Endectocida	Via Tópica
Moxidectina	Advocate Cães	Bayer	Cães	Endectocida	Via Tópica
Moxidectina	Advocate Gatos	Bayer	Gatos	Endectocida	Via Tópica
Moxidectina	Cyductin Solução Injetável De Moxidectina À 1%	Zoetis	Bovinos	Endectocida	Injetável
Moxidectina	Equest	Zoetis	Equinos	Endectocida	Via Oral
Moxidectina	Equest® Pramox	Zoetis	Equinos	Antimicrobiano; Antifúngico e Antiprotozoário	Via Oral
Moxidectina	Moxi Duo	Ouro Fino	Equinos	Endectocida	Via Oral
Moxidectina	Onyx®	Zoetis	Bovinos	Ectoparasiticida	Injetável
Moxidectina	Pégasus Trio	Noxon	Equinos	Endectocida	Via Oral

Moxidectina	Proheart® SR-12	Zoetis	Cães	Endectocida	Injetável
Milbemicina	Milbemax C	Elanco Saúde Animal	Cães	Endoparasiticida	Via Oral
Milbemicina	Program Plus	Elanco Saúde Animal	Cães	Endectocida	Via Oral

Fonte: Aatoria própria.

**APÊNDICE C – Produtos usados na medicina humana, à base de Ivermectina, registrados no Brasil**

Tabela 15 - Produtos usados na medicina, à base de Ivermectina, registrados no Brasil.

Fonte: ANVISA, 2021.

<b>NOME COMERCIAL</b>	<b>FARMACÊUTICA</b>	<b>CATEGORIA</b>	<b>CLASSE TERAPÊUTICA</b>	<b>FORMA FARMACÊUTICA</b>
Iverliv	Legrand Pharma Indústria Farmacêutica Ltda	Similar	Antiparasitário	Comprimido Simples
Ivermectina	Brainfarma Indústria Química E Farmacêutica S.A	Genérico	Antiparasitário	Comprimido Simples
Ivermectina	Vitamedic Industria Farmaceutica Ltda	Genérico	Antiparasitário	Comprimido Simples
Iverneo	Brainfarma Indústria Química E Farmacêutica S.A	Similar	Antiparasitário	Comprimido Simples
Revectina	Abbott Laboratórios Do Brasil Ltda	Novo	Antiparasitário	Comprimido Simples
Soolantra	Galderma Brasil Ltda	Novo	Outros produtos dermatológicos	Creme
Ivermectina	Germéd Farmaceutica Ltda	Genérico	Antiparasitário	Comprimido Simples
Ivermectina	Legrand Pharma Indústria Farmacêutica Ltda	Genérico	Antiparasitário	Comprimido Simples
Ivermectina	Nova Química Farmacêutica S/A	Genérico	Antiparasitário	Comprimido Simples
Leverctin	EMS S/A	Similar	Antiparasitário	Comprimido Simples

**APENDICE D – Agrotóxicos analisados nas águas para consumo humano.**



Tabela 16 - Tabela de padrão de potabilidade para agrotóxicos e metabólitos que representam risco à saúde.

<b>Agrotóxicos</b>	<b>Unidade</b>	<b>VMP</b>
2,4 D	µg/L	30
Alacloro	µg/L	20
Aldicarbe + Aldicarbesulfona + Aldicarbesulfóxido	µg/L	10
Aldrin + Dieldrin	µg/L	0,03
Ametrina	µg/L	60
“Atrazina + S-Clorotriazinas (Deetil-Atrazina – Dea, Deisopropil-Atrazina – Dia e Diaminoclorotriazina -Dact)”	µg/L	2
Carbendazim	µg/L	120
Carbofurano	µg/L	7
Ciproconazol	µg/L	30
Clordano	µg/L	0,2
Clorotalonil	µg/L	45
Clorpirifós + clorpirifós-oxon	µg/L	30
DDT+DDD+DDE	µg/L	1
Difenoconazol	µg/L	30
Dimetoato + ometoato	µg/L	12
Diuron	µg/L	20
Epoconazol	µg/L	60
Fipronil	µg/L	1,2
Flutriafol	µg/L	30
Glifosato + AMPA	µg/L	500
Hidroxi-Atrazina	µg/L	120
Lindano (gama HCH)	µg/L	2
Malationa	µg/L	60
Mancozebe + ETU	µg/L	8
Metamidofós + Acefato	µg/L	7
Metolacloro	µg/L	10
Metribuzim	µg/L	25
Molinato	µg/L	6
Paraquate	µg/L	13
Picloram	µg/L	60
Profenofós	µg/L	0,3
Propargito	µg/L	30
Protioconazol + Proticonazol	µg/L	3
Simazina	µg/L	2
Tebuconazol	µg/L	180
Terbufós	µg/L	1,2
Tiametoxam	µg/L	36
Tiodicarbe	µg/L	90

Tiram	µg/L	6
Trifluralina	µg/L	20

Fonte: PORTARIA GM/MS Nº 888/21.

**APÊNDICE E – Processos Oxidativos Avançados usados na degradação de Compostos a base de Avermectinas em sistemas aquáticos.**

Tabela 17 - Processos Oxidativos Avançados usados na degradação de Compostos a base de Avermectinas em sistemas aquáticos.

TÉCNICA	CONDIÇÕES	COMPOSTO	CONCENTRAÇÃO INICIAL	DEGRADAÇÃO	TEMPO	REFERÊNCIAS
Fenton	1,0 mmol L <sup>-1</sup> de Fe (II) e 5,0 mmol L <sup>-1</sup> de H <sub>2</sub> O <sub>2</sub>	ABM	500 µg L <sup>-1</sup>	< 90%	600 seg	BARBOSA, 2012
Fenton	0,25 mmol L <sup>-1</sup> Fe (II)/ 1,0 mmol L <sup>-1</sup> H <sub>2</sub> O <sub>2</sub>	ABM	504 µg L <sup>-1</sup>	94,70%	10 min	GUIMARÃES, et al, 2014
Fenton	0,25 mmol L <sup>-1</sup> Fe (II)/ 5,0 mmol L <sup>-1</sup> H <sub>2</sub> O <sub>2</sub>	ABM	505 µg L <sup>-1</sup>	46,50%	10 min	GUIMARÃES, et al, 2014
Fenton	1,0 mmol L <sup>-1</sup> Fe (II)/ 5,0 mmol L <sup>-1</sup> H <sub>2</sub> O <sub>2</sub>	ABM	503 µg L <sup>-1</sup>	89%	10 min	GUIMARÃES, et al, 2014
Fenton	0,5 mmol L <sup>-1</sup> de Fe (II)/1,0mmol l-1 H <sub>2</sub> O <sub>2</sub> (Razão 1:2)	IVM	500 µg L <sup>-1</sup>	99%	600 seg	DAL BOSCO, 2012
Fenton	0,25 mmol L <sup>-1</sup> de Fe (II)/5,0mmol l-1 H <sub>2</sub> O <sub>2</sub> (Razão 1:20)	IVM	500 µg L <sup>-1</sup>	98,5%	600 seg	DAL BOSCO, 2012
Fenton	1,0 mmol L <sup>-1</sup> de Fe (II)/5,0mmol l-1 H <sub>2</sub> O <sub>2</sub> (Razão 1:5)	IVM	500 µg L <sup>-1</sup>	99,20%	600 seg	DAL BOSCO, 2012
Fotocatálise H <sub>2</sub> O <sub>2</sub>	UV/TiO <sub>2</sub> /H <sub>2</sub> O <sub>2</sub> 0,12/0,01 mmol L <sup>-1</sup>	IVM	500 µg L <sup>-1</sup>	98%	600 seg	DAL BOSCO, 2012
Fotodegradação UV	Luz monocromática de 254 nm , em solução de MeOH	IVM	0.03 mM	68% (aprox.)	9 min	ESCALADA, et al,2008
Fotodegradação UV	Luz artificial (solução tampão 1% etanol)	B. E.	5 ppm	Meia-vida	6.3 dias	Mushtaq, et al, 1998
Fotodegradação UV	Luz artificial (solução tampão 1% etanol)	B.E.	10ppm	Meia-vida	8.5 dias	Mushtaq, et al, 1998

Fotodegradação UV	Luz artificial (solução tampão 1% acetona)	B. E.	10 ppm	Meia-vida	64.5 dias	Mushtaq, et al, 1998
Fotodegradação UV	Luz artificial (solução tampão 1% acetona)	B. E.	30 ppm	Meia-vida	31.8 dias	Mushtaq, et al, 1998
Fotodegradação UV	Luz artificial (solução sensibilizado tampão 1% acetona)	B.E.	12ppm	Meia-vida	0.5 dias	Mushtaq, et al, 1998
Fotodegradação UV	Luz artificial (solução sensibilizado tampão 1% acetona)	B.E.	32 ppm	Meia-vida	1.0 dias	Mushtaq, et al, 1998
Fotodegradação UV	Luz Natural (solução tampão acetona 0,3%)*	B. E.	1 ppm	Meia-vida	22.4 dias	Mushtaq, et al, 1998
Fotodegradação UV	Luz Natural (água de lagoa natural)*	B. E.	1 ppm	Meia-vida	6.9 dias	Mushtaq, et al, 1998
Fotodegradação UV	Luz Natural (solução tampão sensibilizado acetona 0,3%)*	B.E.	1 ppm	Meia-vida	1.4 dias	Mushtaq, et al, 1998
Fotodegradação UV	Luz Natural (solução tampão acetona 0,3%)**	B.E.	1 ppm	Meia-vida	25.4 dias	Mushtaq, et al, 1998
Fotodegradação UV	Luz Natural (água de lagoa natural)**	B. E.	1 ppm	Meia-vida	10.9 dias	Mushtaq, et al, 1998
Fotodegradação UV	Luz Natural (solução tampão sensibilizado acetona 0,3%)**	B. E.	1 ppm	Meia-vida	2.2 dias	Mushtaq, et al, 1998
Fotodegradação UV	Luz Natural (solução tampão acetona 0,3%***)	B.E.	1 ppm	Meia-vida	11.5 dias	Mushtaq, et al, 1998
Fotodegradação UV	Luz Natural (água de lagoa natural)***	B.E.	1 ppm	Meia-vida	3.6 dias	Mushtaq, et al, 1998
Fotodegradação UV	Luz Natural (solução tampão sensibilizado acetona 0,3%***)	B.E.	1 ppm	Meia-vida	0.7 dias	Mushtaq, et al, 1998

Fotodegradação UV	lâmpada ultravioleta de 15 W, com comprimento de onda máximo de emissão em 254 nm	IVM	500 µg L-1	> 95%	600 seg	DAL BOSCO, 2012
Fotodegradação UV	Lâmpada germicida UV (15 W, $\lambda_{max}$ = 254 nm e 2,0 cm de diâmetro	IVM	500 µg L-1	> 95%	600 seg	BARBOSA, 2012
Fotodegradação UV	Lâmpada germicida (15 W, $\lambda_{max}$ = 254 nm)	ABM	500 µg L-1	97,50%	10 min	GUIMARÃES, et al, 2014
Foto-Fenton	Lâmpada germicida (15 W, $\lambda_{max}$ = 254 nm) e 1.0 mmol L-1 Fe (II)/ 5.0 mmol L-1 H <sub>2</sub> O <sub>2</sub>	ABM	506 µg L-1	96,90%	10 min	GUIMARÃES, et al, 2014
Foto-Fenton	Lâmpada germicida (15 W, $\lambda_{max}$ = 254 nm) e 0.25 mmol L-1 Fe (II)/ 1.0 mmol L-1 H <sub>2</sub> O <sub>2</sub>	ABM	507 µg L-1	98,60%	10 min	GUIMARÃES, et al, 2014
Foto-Fenton	Lâmpada germicida (15 W, $\lambda_{max}$ = 254 nm) e 0.25 mmol L-1 Fe (II)/ 5.0 mmol L-1 H <sub>2</sub> O <sub>2</sub>	ABM	508 µg L-1	99,90%	10 min	GUIMARÃES, et al, 2014
Foto-Fenton	Lâmpada UVHg, 125 W, $\lambda_{max}$ = 365 nm) e 0.5 mmol L-1 Fe (II), pH 2,5	ABM	9,0 mg L-1	80%	60 min	MATOS, 2014
Foto-Fenton	1,0 mmol L-1 de Fe (II) e 5,0 mmol L-1 de H <sub>2</sub> O <sub>2</sub>	ABM	500 µg L-1	< 95%	600 seg	BARBOSA, 2012
Foto-Fenton/H <sub>2</sub> O <sub>2</sub>	Lâmpada UVHg, 125 W, $\lambda_{max}$ = 365 nm), 0.5 mmol L-1 Fe (II) e 6.0 mmol L-1 of H <sub>2</sub> O <sub>2</sub>	ABM ****	9,0 mg L-1	70%	60 min	MATOS, 2012
Fotólise UV/TiO <sub>2</sub>	Lâmpadas germicidas acopladas (tipo FL T8 de 15 W cada, que emitem	IVM	10mg/L	> 65%	180 min	Barros, 2018.

	radiação UV no comprimento de onda de 254 nm) pH= 9 e concentração das esferas de 20g/L,					
Fotólise UV/TiO <sub>2</sub>	Lâmpadas germicidas acopladas (tipo FL T8 de 15 W cada, que emitem radiação UV no comprimento de onda de 254 nm) pH= 9 e concentração das esferas de 14g/L,	IVM	10mg/L	60%	180 min	Barros, 2018.
Fotólise UV/TiO <sub>2</sub>	Lâmpadas germicidas acopladas (tipo FL T8 de 15 W cada, que emitem radiação UV no comprimento de onda de 254 nm) pH= 9 e concentração das esferas de 10g/L,	IVM	10mg/L	> 50%	180 min	Barros, 2018.
Fotólise UV/TiO <sub>2</sub>	lâmpadas germicidas acopladas (tipo FL T8 de 15 W cada, que emitem radiação UV no comprimento de onda de 254 nm) concentração das esferas de 15g/L	IVM	10mg/L	70%	10 min	Barros, 2018.
Fotólise UV/TiO <sub>2</sub>	10,0 mg L-1 TiO <sub>2</sub>	IVM	500 µg L-1 (pH 4,5)	> 95%	600 seg	RATH, et al, 2016
Fotólise UV/TiO <sub>2</sub>	40,0 mg L-1 TiO <sub>2</sub>	IVM	500 µg L-1 (pH 4,5)	> 95%	600 seg	RATH, et al, 2016
Fotólise UV/TiO <sub>2</sub>	80,0 mg L-1 TiO <sub>2</sub>	IVM	500 µg L-1 (pH 4,5)	> 90%	600 seg	RATH, et al, 2016
Fotólise UV/TiO <sub>2</sub>	120,0 mg L-1 TiO <sub>2</sub>	IVM	500 µg L-1 (pH 4,5)	>85 %	600 seg	RATH, et al, 2016
Fotólise UV/TiO <sub>2</sub> + H <sub>2</sub> O <sub>2</sub>	10,0 mg L-1 TiO <sub>2</sub> + 0,34 mg L-1 H <sub>2</sub> O <sub>2</sub>	IVM	500 µg L-1 (pH 4,5)	> 95%	600 seg	RATH, et al, 2016
Fotólise UV/TiO <sub>2</sub> + H <sub>2</sub> O <sub>2</sub>	10,0 mg L-1 TiO <sub>2</sub> + 8,5 mg L-1 H <sub>2</sub> O <sub>2</sub>	IVM	500 µg L-1 (pH 4,5)	> 95%	600 seg	RATH, et al, 2016

H <sub>2</sub> O <sub>2</sub>	5,0 mmol L <sup>-1</sup> de H <sub>2</sub> O <sub>2</sub>	ABM	500 µg L <sup>-1</sup>	< 10%	600 seg	BARBOSA, 2012
UV/H <sub>2</sub> O <sub>2</sub>	Lâmpadas fluorescente tubular germicida com potência de 15 W e 4,0 mmol/L H <sub>2</sub> O <sub>2</sub>	IVM	30 mg/L	80%	1 h	MIRANDA, 2016
UV/H <sub>2</sub> O <sub>2</sub>	Lâmpadas germicidas acopladas (tipo FL T8 de 15 W cada, que emitem radiação UV no comprimento de onda de 254 nm)	IVM	10mg/L	> 55%	180 min	Barros, 2018.
UV/H <sub>2</sub> O <sub>2</sub>	Lâmpadas germicidas acopladas (tipo FL T8 de 15 W cada, que emitem radiação UV no comprimento de onda de 254 nm)	IVM	10mg/L	50%	180 min	Barros, 2018.
UV/H <sub>2</sub> O <sub>2</sub>	Lâmpadas germicidas acopladas (tipo FL T8 de 15 W cada, que emitem radiação UV no comprimento de onda de 254 nm)	IVM	10mg/L	40%	180 min	Barros, 2018.
UV/H <sub>2</sub> O <sub>2</sub>	(5mMOLI-1 de H <sub>2</sub> O <sub>2</sub> e Lâmpadas germicidas acopladas (tipo FL T8 de 15 W cada, que emitem radiação UV no comprimento de onda de 254 nm)	IVM	10mg/L	65%	10 min	barros, 2018.
Peroxidação (H <sub>2</sub> O <sub>2</sub> )	0,25 mmol L <sup>-1</sup>	IVM	500 µg L <sup>-1</sup>	< 2%	600 seg	DAL BOSCO, 2012
Peroxidação (H <sub>2</sub> O <sub>2</sub> )	5,0 mmol L <sup>-1</sup>	IVM	500 µg L <sup>-1</sup>	< 10 %	600 seg	DAL BOSCO, 2012
Peroxidação (H <sub>2</sub> O <sub>2</sub> )	10,0 mmol L <sup>-1</sup>	IVM	500 µg L <sup>-1</sup>	< 5%	600 seg	DAL BOSCO, 2012
UV/H <sub>2</sub> O <sub>2</sub>	5,0 mmol L <sup>-1</sup> de H <sub>2</sub> O <sub>2</sub>	ABM	500 µg L <sup>-1</sup>	< 90%	600 seg	BARBOSA, 2012

UV/H <sub>2</sub> O <sub>2</sub>	0,25 mmol L <sup>-1</sup> H <sub>2</sub> O <sub>2</sub>	IVM	500 µg L <sup>-1</sup>	> 95%	600 seg	DAL BOSCO, 2012
UV/H <sub>2</sub> O <sub>2</sub>	5,0 mmol L <sup>-1</sup> H <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	IVM	500 µg L <sup>-1</sup>	> 95%	600 seg	DAL BOSCO, 2012
UV/H <sub>2</sub> O <sub>2</sub>	10,0 mmol L <sup>-1</sup> H <sub>2</sub> O <sub>4</sub>	IVM	500 µg L <sup>-1</sup>	> 95%	600 seg	DAL BOSCO, 2012
UV/H <sub>2</sub> O <sub>2</sub>	Lâmpada germicida (15 W, λ max = 254 nm) e 0,25 mmol L <sup>-1</sup> DE H <sub>2</sub> O <sub>2</sub>	ABM	501 µg L <sup>-1</sup>	98,60%	10 min	GUIMARÃES, et al, 2014
UV/H <sub>2</sub> O <sub>2</sub>	Lâmpada germicida (15 W, λ max = 254 nm) e 0,5 mmol L <sup>-2</sup> de H <sub>2</sub> O <sub>2</sub>	ABM	502 µg L <sup>-1</sup>	99,10%	10 min	GUIMARÃES, et al, 2014
UV/TiO <sub>2</sub>	0,25 a 2,5 g L <sup>-1</sup> de TiO <sub>2</sub> e Luz UV em 366 nm, usando uma lâmpada UV C amag	IVM	10 mg L <sup>-1</sup>	90%	5 h	HAVLÍKOVÁ et al, 2016
UV/TiO <sub>2</sub>	UV/TiO <sub>2</sub> 0,12mmol L <sup>-1</sup>	IVM	500 µg L <sup>-1</sup>	99,70%	600 seg	DAL BOSCO, 2012
Outono; **Inverno; ***Verão; ****Em água coletada em córrego.						
B.M.: Benzoato de Emamectina						

Fonte: Autoria própria.



## APÊNDICE F – Técnicas de Análise utilizadas na determinação de compostos a base de Avermectinas

Tabela 18 - Técnicas de Análise utilizadas na determinação de compostos a base de Avermectinas

TÉCNICA DE ANÁLISE	POA	COMPOSTO	CONCENTRAÇÃO INICIAL	DEGRADAÇÃO	REFERÊNCIAS
Cromatografia líquida de alta eficiência (HPLC), com detecção por ultravioleta e Espectrofotometria na região UV-Visível.	Fenton	ABM	500 µg L-1	< 90%	BARBOSA, 2012
Cromatografia líquida de alta eficiência (HPLC), com detecção por ultravioleta e espectrofotometria na região UV-Visível.	Fenton	ABM	504 µg L-1	94,70%	GUIMARÃES, et al, 2014
Cromatografia líquida de alta eficiência (HPLC), com detecção por ultravioleta e espectrofotometria na região UV-Visível.	Fenton	ABM	505 µg L-1	46,50%	GUIMARÃES, et al, 2014
Cromatografia líquida de alta eficiência (HPLC), com detecção por ultravioleta e espectrofotometria na região UV-Visível.	Fenton	ABM	503 µg L-1	89%	GUIMARÃES, et al, 2014
Cromatografia líquida de alta eficiência (HPLC), com detecção por ultravioleta e espectrofotometria na região UV-Visível.	Fenton	IVM	500 µg L-1	99%	DAL BOSCO, 2012

Cromatografia líquida de alta eficiência (HPLC), com detecção por ultravioleta e Espectrofotometria na região UV-Visível.	Fenton	IVM	500 µg L-1	98,5%	DAL BOSCO, 2012
Cromatografia líquida de alta eficiência (HPLC), com detecção por ultravioleta e Espectrofotometria na região UV-Visível.	Fenton	IVM	500 µg L-1	99,20%	DAL BOSCO, 2012
Cromatografia líquida de alta eficiência (HPLC), com detecção por ultravioleta e Espectrofotometria na região UV-Visível.	Fotocatálise H <sub>2</sub> O <sub>2</sub>	IVM	500 µg L-1	98%	DAL BOSCO, 2012
Cromatografia líquida de alta eficiência (HPLC) e Espectroscopia de Fluorescência	Fotodegradação UV	ABM	0.03 mM	68% (aproximadamente)	ESCALADA, et al, 2008
Espectrometria de MS e NMR	Fotodegradação UV	B.E.	5 ppm	Meia-vida	Mushtaq, et al, 1998
Espectrometria de MS e NMR	Fotodegradação UV	B.E.	10ppm	Meia-vida	Mushtaq, et al, 1998
Espectrometria de MS e NMR	Fotodegradação UV	B.E.	10 ppm	Meia-vida	Mushtaq, et al, 1998
Espectrometria de MS e NMR	Fotodegradação UV	B.E.	30 ppm	Meia-vida	Mushtaq, et al, 1998
Espectrometria de MS e NMR	Fotodegradação UV	B.E.	12ppm	Meia-vida	Mushtaq, et al, 1998
Espectrometria de MS e NMR	Fotodegradação UV	B.E.	32 ppm	Meia-vida	Mushtaq, et al, 1998

Espectrometria de MS e NMR	Fotodegradação UV	B.E.	1 ppm	Meia-vida	Mushtaq, et al, 1998
Espectrometria de MS e NMR	Fotodegradação UV	B.E.	1 ppm	Meia-vida	Mushtaq, et al, 1998
Espectrometria de MS e NMR	Fotodegradação UV	B.E.	1 ppm	Meia-vida	Mushtaq, et al, 1998
Espectrometria de MS e NMR	Fotodegradação UV	B.E.	1 ppm	Meia-vida	Mushtaq, et al, 1998
Espectrometria de MS e NMR	Fotodegradação UV	B.E.	1 ppm	Meia-vida	Mushtaq, et al, 1998
Espectrometria de MS e NMR	Fotodegradação UV	B.E.	1 ppm	Meia-vida	Mushtaq, et al, 1998
Espectrometria de MS e NMR	Fotodegradação UV	B.E.	1 ppm	Meia-vida	Mushtaq, et al, 1998
Espectrometria de MS e NMR	Fotodegradação UV	B.E.	1 ppm	Meia-vida	Mushtaq, et al, 1998
Espectrometria de MS e NMR	Fotodegradação UV	B.E.	1 ppm	Meia-vida	Mushtaq, et al, 1998
Espectrometria de MS e NMR	Fotodegradação UV	B.E.	1 ppm	Meia-vida	Mushtaq, et al, 1998
Cromatografia líquida de alta eficiência (HPLC), com detecção por ultravioleta e Espectrofotometria na região UV-Visível.	Fotodegradação UV	IVM	500 µg L-1	> 95%	DAL BOSCO, 2012
Cromatografia líquida de alta eficiência (HPLC), com detecção por ultravioleta e Espectrofotometria na região UV-Visível.	Fotodegradação UV	ABM	500 µg L-1	> 95%	BARBOSA, 2012

Cromatografia líquida de alta eficiência (HPLC), com detecção por ultravioleta e espectrofotometria na região UV-Visível.	Fotodegradação UV	ABM	500 µg L-1	97,50%	GUIMARÃES, et al, 2014
Cromatografia líquida de alta eficiência (HPLC), com detecção por ultravioleta e espectrofotometria na região UV-Visível.	Foto-Fenton	ABM	506 µg L-1	96,90%	GUIMARÃES, et al, 2014
Cromatografia líquida de alta eficiência (HPLC), com detecção por ultravioleta e espectrofotometria na região UV-Visível.	Foto-Fenton	ABM	507 µg L-1	98,60%	GUIMARÃES, et al, 2014
Cromatografia líquida de alta eficiência (HPLC), com detecção por ultravioleta e espectrofotometria na região UV-Visível.	Foto-Fenton	ABM	508 µg L-1	99,90%	GUIMARÃES, et al, 2014
Cromatografia Líquida com detector por ionização de chama (GC/FID)	Foto-Fenton	ABM	9,0 mg L-1	80%	MATOS, .2014
Cromatografia líquida de alta eficiência (HPLC), com detecção por ultravioleta e Espectrofotometria na região UV-Visível.	Foto-Fenton	ABM	500 µg L-1	< 95%	BARBOSA, 2012
Cromatografia Líquida com detector por ionização de chama (GC/FID)	Foto-Fenton/H <sub>2</sub> O <sub>2</sub>	ABM		70%	MATOS, 2012
Espectrofotômetro UV-vis	Fotólise UV/TiO <sub>2</sub>	IVM	10mg/L	> 65%	Barros, 2018.

Espectrofotômetro UV-vis	Fotólise UV/TiO <sub>2</sub>	IVM	10mg/L	60%	Barros, 2018.
Espectrofotômetro UV-vis	Fotólise UV/TiO <sub>2</sub>	IVM	10mg/L	> 50%	Barros, 2018.
Cromatógrafo Líquido de Ultra Alta Pressão (UHPLC) e Espectrofotômetro UV-vis	Fotólise UV/TiO <sub>2</sub>	IVM	10mg/L	70%	Barros, 2018.
Cromatografia líquida de alta eficiência (HPLC) com detector de arranjo de fotodiodos (DAD) e Cromatografia líquida de alta eficiência (HPLC) com detector de fluorescência (FLD)	Fotólise UV/TiO <sub>2</sub>	IVM	500 µg L <sup>-1</sup> (pH 4,5)	> 95%	RATH, et al, 2016
Cromatografia líquida de alta eficiência (HPLC) com detector de arranjo de fotodiodos (DAD) e Cromatografia líquida de alta eficiência (HPLC) com detector de fluorescência (FLD)	Fotólise UV/TiO <sub>2</sub>	IVM	500 µg L <sup>-1</sup> (pH 4,5)	> 95%	RATH, et al, 2016
Cromatografia líquida de alta eficiência (HPLC) com detector de arranjo de fotodiodos (DAD) e Cromatografia líquida de alta eficiência (HPLC) com detector de fluorescência (FLD)	Fotólise UV/TiO <sub>2</sub>	IVM	500 µg L <sup>-1</sup> (pH 4,5)	> 90%	RATH, et al, 2016

Cromatografia líquida de alta eficiência (HPLC) com detector de arranjo de fotodiodos (DAD) e Cromatografia líquida de alta eficiência (HPLC) com detector de fluorescência (FLD)	Fotólise UV/TiO <sub>2</sub>	IVM	500 µg L <sup>-1</sup> (pH 4,5)	>85 %	RATH, et al, 2016
Cromatografia líquida de alta eficiência (HPLC) com detector de arranjo de fotodiodos (DAD) e Cromatografia líquida de alta eficiência (HPLC) com detector de fluorescência (FLD)	Fotólise UV/TiO <sub>2</sub> + H <sub>2</sub> O <sub>2</sub>	IVM	500 µg L <sup>-1</sup> (pH 4,5)	> 95%	RATH, et al, 2016
Cromatografia líquida de alta eficiência (HPLC) com detector de arranjo de fotodiodos (DAD) e Cromatografia líquida de alta eficiência (HPLC) com detector de fluorescência (FLD)	Fotólise UV/TiO <sub>2</sub> + H <sub>2</sub> O <sub>2</sub>	IVM	500 µg L <sup>-1</sup> (pH 4,5)	> 95%	RATH, et al, 2016
Cromatografia líquida de alta eficiência (HPLC), com detecção por ultravioleta e Espectrofotometria na região UV-Visível.	H <sub>2</sub> O <sub>2</sub>	ABM	500 µg L <sup>-1</sup>	< 10%	BARBOSA, 2012
Espectrofotometria de Massa - UV-Vis	UV/H <sub>2</sub> O <sub>2</sub>	IVM	30 mg/L	80%	MIRANDA, 2016
Espectrofotômetro UV-vis	UV/H <sub>2</sub> O <sub>2</sub>	IVM	10mg/L	> 55%	Barros, 2018.

Espectrofotômetro UV-vis	UV/H <sub>2</sub> O <sub>2</sub>	IVM	10mg/L	50%	Barros, 2018.
Espectrofotômetro UV-vis	UV/H <sub>2</sub> O <sub>2</sub>	IVM	10mg/L	40%	Barros, 2018.
Cromatógrafo Líquido de Ultra Alta Pressão (UHPLC) e Espectrofotômetro UV-vis	UV/H <sub>2</sub> O <sub>2</sub>	IVM	10mg/L	65%	barros, 2018.
Cromatografia líquida de alta eficiência (HPLC), com detecção por ultravioleta e espectrofotometria na região UV-Visível.	Peroxidação (H <sub>2</sub> O <sub>2</sub> )	IVM	500 µg L-1	< 2%	DAL BOSCO, 2012
Cromatografia líquida de alta eficiência (HPLC), com detecção por ultravioleta e espectrofotometria na região UV-Visível.	Peroxidação (H <sub>2</sub> O <sub>2</sub> )	IVM	500 µg L-1	< 10 %	DAL BOSCO, 2012
Cromatografia líquida de alta eficiência (HPLC), com detecção por ultravioleta e espectrofotometria na região UV-Visível.	Peroxidação (H <sub>2</sub> O <sub>2</sub> )	IVM	500 µg L-1	< 5%	DAL BOSCO, 2012
Cromatografia líquida de alta eficiência (HPLC), com detecção por ultravioleta e espectrofotometria na região UV-Visível.	UV/H <sub>2</sub> O <sub>2</sub>	ABM	500 µg L-1	< 90%	BARBOSA, 2012
Cromatografia líquida de alta eficiência (HPLC), com detecção por ultravioleta e espectrofotometria na região UV-Visível.	UV/H <sub>2</sub> O <sub>2</sub>	IVM	500 µg L-1	> 95%	DAL BOSCO, 2012

Cromatografia líquida de alta eficiência (HPLC), com detecção por ultravioleta e espectrofotometria na região UV-Visível.	UV/H <sub>2</sub> O <sub>2</sub>	IVM	500 µg L <sup>-1</sup>	> 95%	DAL BOSCO, 2012
Cromatografia líquida de alta eficiência (HPLC), com detecção por ultravioleta e espectrofotometria na região UV-Visível.	UV/H <sub>2</sub> O <sub>2</sub>	IVM	500 µg L <sup>-1</sup>	> 95%	DAL BOSCO, 2012
Cromatografia líquida de alta eficiência (HPLC), com detecção por ultravioleta e espectrofotometria na região UV-Visível.	UV/H <sub>2</sub> O <sub>2</sub>	ABM	501 µg L <sup>-1</sup>	98,60%	GUIMARÃES, et al, 2014
Cromatografia líquida de alta eficiência (HPLC), com detecção por ultravioleta e espectrofotometria na região UV-Visível.	UV/H <sub>2</sub> O <sub>2</sub>	ABM	502 µg L <sup>-1</sup>	99,10%	GUIMARÃES, et al, 2014
Cromatografia líquida de alta eficiência (HPLC) e Cromatografia Líquida de Ultra Eficiência (UPLC) acoplado a Espectrometria de Massas	UV/TiO <sub>2</sub>	IVM	10 mg L <sup>-1</sup>	90%	HAVLÍKOVÁ et al, 2016
Cromatografia líquida de alta eficiência (HPLC), com detecção por ultravioleta e espectrofotometria na região UV-Visível.	UV/TiO <sub>2</sub>	IVM	500 µg L <sup>-1</sup>	99,70%	DAL BOSCO, 2012

Fonte: Autoria própria.