

**Características Físico-Químicas e Toxicológicas do  
Pinoxaden e suas Implicações Ambientais**

*Physicochemical and Toxicological Characteristics of  
Pinoxaden and its Environmental Implications*

**Beatriz de Souza Moretti  
Diego Leonardo Campos  
Francisco Alves da Silva  
Lethicia Nicioli  
Sara Estefany Obando Valdivia  
Sarah Dantas Rothéia Carvalho  
Thiago da Silva Ferreira Alves  
Gisela de Aragão Umbuzeiro**

Aceito em 23 de agosto, 2024

Registro DOI: <http://dx.doi.org/10.22280/revintervol17ed3.573>



## RESUMO

O pinoxaden é um herbicida utilizado para controlar a propagação de ervas daninhas em culturas de trigo e cevada. Ele foi recentemente autorizado em 2022 para comercialização no Brasil, mas até o momento ainda não foi produzido e há poucos estudos dessa substância em âmbito internacional e nacional. Dessa maneira, o objetivo deste trabalho foi realizar revisões bibliográficas à procura de dados sobre o pinoxaden, tais como suas propriedades físico-químicas, seus dados toxicológicos e sua ocorrência em água. Para a partir disso, derivar-se o critério de potabilidade e de proteção à vida aquática e realizar a avaliação de risco através da comparação entre os critérios derivados e a ocorrência da substância em água. O valor derivado para o critério de potabilidade foi de 450 µg/L e para o critério de proteção à vida aquática foi de aproximadamente 9,1 µg/L. Não foram encontrados dados de ocorrência do composto em água no Brasil e em outros países, com exceção do Paquistão com concentrações na faixa de 2620 - 4030 µg/L. Com isso, notou-se que nessa localidade há um grande risco para a saúde humana e principalmente para a biota aquática, uma vez que as chances de risco são maiores do que para os seres humanos.

**Palavras-chave:** Pinoxaden. Herbicida. Critério de potabilidade. Critério de proteção à vida aquática. Regulamentação.

## ABSTRACT

The pinoxaden is a herbicide used to contain the spread of weeds in wheat and barley crops. It was recently authorized in 2022 for marketing in Brazil, but so far it has not been produced and there are few studies of this substance at the international and national levels. Thus, the objective of this work was to conduct a literature review in order to find data about pinoxaden, such as its physicochemical properties, its toxicological data and its occurrence in water from which the criterion of potability and protection to aquatic life can be derived and to perform a risk assessment by comparing the derived criteria with the occurrence of the substance in water. The derived value for the potability criterion was 450 µg/L and for the criterion of protection to aquatic life was approximately 9.1 µg/L. No occurrence data of the compound in water were found in Brazil and other countries, with the exception of Pakistan with concentrations in the range 2620 - 4030 µg/L. Thus, it was noted that in this location there is a great risk to human health and especially to aquatic biota.

**Keywords:** Pinoxaden. Herbicide. Potability criterion. Criterion for the protection of aquatic life. Regulation.



## 1 INTRODUÇÃO

O pinoxaden é um herbicida utilizado para controlar a propagação de ervas daninhas em culturas de trigo e cevada. O mesmo é comumente utilizado como um produto técnico, isto é, possui quase sua totalidade formada pelo princípio ativo, mas pode aparecer na formulação de produtos de uso final como concentrado emulsificável. Sua aplicação acontece uma vez durante toda a safra, e pode ser realizada por máquinas agrícolas ou por via aérea (NIH, 2023; USEPA, 2005). De acordo com o Ato nº 64 publicado pela Coordenação Geral de Agrotóxicos e Afins do Ministério da Agricultura, o pinoxaden utilizado como princípio ativo foi aprovado para uso em culturas de trigo e cevada apenas.

No que se refere às quantidades produzidas e/ou vendidas de herbicidas com o princípio ativo de pinoxaden no Brasil, não há informações disponíveis nos relatórios do Instituto Brasileiro de Meio Ambiente (IBAMA).

Todavia, essa ausência de informações pode ser explicada devido à recente autorização de comercialização no ano de 2022 para alguns herbicidas (Almane, Axial, Radis, Sedum e Traxos) com a presença de tal princípio ativo concedida à empresa Syngenta, com a publicação do Ato 64/2022 da Coordenação Geral de Agrotóxicos e Afins do Ministério da Agricultura (PETER, 2022).

O destino do pinoxaden no ambiente pode ocorrer através do escoamento dessa substância nas folhas e canais, na chegada do composto em águas subterrâneas e superficiais da região e através da pulverização, seja por terra ou ar (USEPA, 2005).

## 2 METODOLOGIA

### 2.1. Objetivo geral

Apresentar informações sobre as características físico-químicas e toxicológicas do pinoxaden e suas implicações ambientais.

### 2.2. Objetivos específicos

1. Obter dados de sua ocorrência ambiental em águas superficiais nacionais e internacionais;



2. Calcular o critério de potabilidade e de proteção à vida aquática referente ao composto pinoxaden a partir de dados toxicológicos;
3. Avaliar o risco do composto pinoxaden para o ser humano e para a vida aquática em relação a sua presença em águas;
4. Verificar se a substância em questão é regulamentada em águas do Brasil e/ou internacionalmente e propor recomendações com base na avaliação de risco para vida aquática e humana.

### 3 METODOLOGIA

A metodologia utilizada foi a revisão bibliográfica em livros, legislações brasileiras (IBAMA, ANVISA, Agrofit) e estrangeiras (U. S. Environmental Protection Agency – USEPA, Comunidade Européia), bases de dados científicas nacionais (Biblioteca Digital Brasileira de Teses e Dissertações) e internacionais (Scopus e Web of Science).

Inicialmente, a busca foi realizada nas legislações nacionais a fim de verificar se os produtos aprovados no Brasil possuem pinoxaden em suas composições e em situações afirmativas, obter seus respectivos dados de comercialização. Caso não houvesse os dados disponíveis, seria enviado um e-mail à matriz da Syngenta no Brasil solicitando tais dados, conforme exibido no Apêndice deste trabalho.

Em seguida, verificou-se as características físico-químicas do pinoxaden nas bases de dados PUBCHEM (NIH, 2023), USEPA (2005), University of Hertfordshire (PPDB, 2023) e European Food Safety Authority (EFSA, 2013).

Os dados de ocorrência do composto em meio aquático foram obtidos nas bases científicas da Biblioteca Digital Brasileira de Teses e Dissertações (BDTD), Scopus, Science Direct e Web of Science, cujas palavras-chaves para a busca foram: Hazard, water, groundwater, surfacewater, environmental risks e pinoxaden.

Em relação às informações toxicológicas do pinoxaden, os dados necessários para a derivação dos critérios de potabilidade foram obtidos na EFSA (2013), ANVISA (2022) e na PPDB (2023). De maneira análoga, os dados para calcular os critérios para a vida aquática foram extraídos da EFSA (2013), da PPDB (2023) e do software EPI Suite (USEPA, 2023). Tais critérios, tanto de potabilidade quanto de proteção à vida aquática, foram derivados de acordo com os parâmetros da Sociedade Brasileira de Mutagênese Carcinogênese Teratogênese Ambiental (SBMCTA), descritos no



Protocolo para Derivação de Critérios de Qualidade da Água para o consumo humano no Brasil e no Protocolo para Derivação de Critérios de Qualidade da Água para proteção da Vida Aquática no Brasil, respectivamente (UMBUZEIRO et al., 2011).

## 4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

As informações obtidas acerca da comercialização nacional do pinoxaden são muito recentes visto que o mesmo foi registrado poucos meses atrás e que o herbicida ainda não foi produzido (até o momento em que foi enviado o e-mail de resposta), também evidenciado no Apêndice.

### 4.1. Características físico-químicas

As características físico-químicas são importantes para compreender como a substância se comporta na água, no meio ambiente e no organismo humano, e refletem os significados ambientais analisados em conjunto com o ponto de vista toxicológico. Tais características são: coeficiente de partição octanol-água ( $K_{ow}$ ), solubilidade, coeficiente de adsorção à matéria orgânica ( $K_{oc}$ ), persistência e resistência à degradação química e/ou biológica (tempo de meia-vida - DT50), pressão de vapor (PV) e constante de Henry (H).

O coeficiente de partição octanol-água, comumente chamado de  $K_{ow}$  e expresso como log de  $K_{ow}$ , apresentou um valor de 3,2 a 25°C, sendo considerado alto (>3), como consta na Tabela 1. Isso indica que a substância tem uma alta afinidade por solventes apolares em comparação com a água, caracterizando-a como hidrofóbica. Portanto, esse valor de  $K_{ow}$  pode estabelecer uma relação de maior persistência do pinoxaden no ambiente, pois como é menos propenso a se dissolver na água, tende a permanecer longos períodos em sedimentos, solos e compostos orgânicos apolares (CARVALHO, 2013; NIH, 2023; USEPA, 2005; PPDB, 2023).

Os valores encontrados para a solubilidade da substância foram de 220 mg/L a 25°C e 200 mg/L a 20°C, como podem ser vistos na Tabela 1. Esta diferença destaca a influência da temperatura na capacidade de dissolução da substância, sendo mais solúvel a temperaturas mais elevadas. A classificação da solubilidade como moderada (entre 50 e 500 mg/L) indica que a substância não é altamente solúvel, o que evitaria sua dispersão ampla em corpos d'água, mas também não é tão insolúvel a ponto de se acumular excessivamente em sedimentos ou outras fases sólidas. Além



disso, essa propriedade pode ser influenciada por fatores como pH, pressão e a presença de outras substâncias na água (CARVALHO, 2013; NIH, 2023; USEPA, 2005; PPDB, 2023).

Em relação ao coeficiente de adsorção à matéria orgânica,  $\log K_{foc}$  e  $K_{oc}$ , o pinoxaden apresenta um valor de 2,54 aproximadamente, como consta na Tabela 1. Esse valor classifica a substância como moderadamente móvel (faixa entre 1,87 e 2,7), o que significa que não é altamente retida na matéria orgânica e nem facilmente liberada para a fase líquida do solo. Portanto, devido essa afinidade intermediária, a adsorção aos compostos orgânicos vai ser influenciada por fatores como a quantidade e o tipo de matéria orgânica, a textura e o pH do solo e sua interação com outros componentes do solo (CARVALHO, 2013; EFSA, 2013; PPDB, 2023). A persistência e resistência de um composto a degradação é classificada pelo tempo de meia vida (DT50). Para o composto em estudo, os valores de (DT50) variaram de acordo com o pH do meio, tendo resultados como: em hidrólise aquosa com pH = 7 a 20°C, DT50 = 15 dias; na temperatura de 20°C em pH ácido, como 4 e 5, DT50 = 24 - 25 dias e em pH = 9 a 20°C, DT50 = 1 dia. Desse modo, pode-se destacar que a medida que o pH diminui o DT50 aumenta, porém, em todos os resultados o composto foi classificado como Não persistente ( $< 30$  dias) (CARVALHO, 2013; PPDB, 2023).

A pressão de vapor, definida como a pressão em que um composto se encontra no estado de vapor em equilíbrio com sua fase condensada, foi encontrada no pinoxaden com os valores de  $4,6 \times 10^{-7}$  Pa a 25°C e  $2,0 \times 10^{-7}$  Pa a 20°C, caracterizando-o com baixa volatilidade ( $< 5 \times 10^{-3}$  Pa a 25° C). Isso significa que o composto tem baixa tendência de evaporar em condições normais de temperatura e pressão, portanto sua dispersão no ar é reduzida e, conseqüentemente, os riscos à saúde humana pela exposição e inalação através das vias respiratórias. Entretanto, pode indicar maior persistência da substância em ecossistemas aquáticos e terrestres, influenciando sua disponibilidade para organismos vivos e seu potencial de contaminação (CARVALHO, 2013; USEPA, 2005; PPDB, 2023). Já a constante de Henry, que representa a medida da solubilidade de um composto em um líquido, apresentou o valor de  $9,2 \times 10^{-7}$  Pa  $\times$  m<sup>3</sup>/mol a 25°, classificando o composto como não volátil e expressando sua maior tendência a permanecer em fase aquosa ao invés de se dispersar na atmosfera. (CARVALHO, 2013; PPDB, 2023)



A Tabela 1 apresenta os valores de tais características para o composto pinoxaden.

**Tabela 1:** Características físico-químicas do herbicida pinoxaden

<b>Características</b>	<b>Valor</b>	<b>Referência</b>	<b>Classificação (PPDB, 2023)</b>
log Kow	3,2 a 25°C	(NIH, 2023; USEPA, 2005; PPDB, 2023)	Alto (> 3)
Solubilidade	220 mg/L a 25°C (USEPA, NIH); 200 mg/L a 20°C (PPDB)	(USEPA, 2005; PPDB, 2023; NIH, 2023)	Moderada (50 - 500 mg/L)
log Kfoc e Koc	log Kfoc = 2,1 – 2,9 (PPDB, EFSA); Log Koc = 2,51 (EFSA)	(EFSA, 2013; PPDB, 2023)	Moderadamente móvel (1,87 - 2,70)
Tempo de meia-vida (DT50)	Em hidrólise aquosa com pH = 7 a 20°C, DT50 = 15 dias. Na temperatura de 20°C em pH ácido, como 4 e 5, DT50 = 24 - 25 dias. Em pH = 9 a 20°C, DT50 = 1 dia	(PPDB, 2023)	Não persistente (< 30 dias)
Pressão de vapor (PV)	$4,6 \times 10^{-7}$ Pa a 25°C (USEPA); $2,0 \times 10^{-7}$ Pa a 20°C (PPDB)	(USEPA, 2005; PPDB, 2023)	Baixa volatilidade (< $5 \times 10^{-3}$ Pa a 25°C)
Constante de Henry (H)	$9,2 \times 10^{-7}$ Pa x m <sup>3</sup> /mol a 25°C	(PPDB, 2023)	Não-volátil (< 0,1 Pa x m <sup>3</sup> /mol)



#### **4.2. Levantamento da ocorrência do composto escolhido em águas brasileiras e de outros países incluindo método analítico usado, LD/LQ com o objetivo de verificar os níveis de exposição da biota e dos seres humanos**

Em um estudo realizado pela EFSA (2013), foi mencionado o método de cromatografia líquida de alta eficiência acoplada à espectrometria de massa em tandem (HPLC-MS/MS) para monitorar o pinoxaden e seus metabólitos em água superficial, subterrânea e potável do Reino Unido, apresentando um limite de quantificação (LQ) de 0,05 µg/L. A USEPA (2019), posteriormente descreve esse método como "Syngenta Residue Method GRM017.07A" e apresenta um LQ de 0,05 µg/L e um limite de detecção (LD) de 0,1 µg/L. Ademais, um estudo desenvolvido por McManus *et al.* (2021) analisou amostras de águas subterrâneas para diferentes países da Europa também utilizando a cromatografia líquida de alta eficiência acoplada à espectrometria de massa em tandem e encontrou um LQ de 0,025 µg/L para o composto pinoxaden. Além disso, um método de análise por injeção de fluxo com determinação espectrofotométrica UV-Vis foi desenvolvido por Shah *et al.* (2011) para detectar o pinoxaden em amostras de solo, grãos de trigo e água de torneira, apresentando um LD de 100 ± 10 µg/L e um LQ de 600 ± 50 µg/L.

De maneira geral, os estudos observados até aqui não apresentam dados de ocorrência da substância, somente métodos analíticos capazes de quantificar e/ou detectar a substância em água. Em um estudo realizado por pesquisadores da Universidade de Malakand, no Paquistão, utilizou o método de extração modificado denominado QuEChERS para a extração do Pinoxaden em amostras ambientais e agrícolas, e sua determinação em diferentes matrizes, incluindo na água superficial, foi realizada através da cromatografia líquida de alta eficiência (HPLC). As amostras foram coletadas na aldeia Gumbat, próxima ao local de aplicação do composto e foram detectados valores do pinoxaden na faixa de 2620 a 4030 µg/L com um LD de 480 µg/L e LQ de 1460 µg/L para o método utilizado de determinação (MUHAMMAD *et al.*, 2017).

Não foram encontrados dados sobre a ocorrência do herbicida em águas superficiais brasileiras, de acordo com as bases de dados científicas consultadas.





### 4.3. Identificação do perigo e cálculo do critério de potabilidade

Inicialmente, para o cálculo do critério de potabilidade é necessário que se conheça o NOAEL (*No Observable Adverse Effect level*), traduzido como Nível de Efeito Adverso Não Observado. Esse parâmetro representa a maior dose (quando dentro de um organismo vivo) ou concentração (no meio ambiente) de uma substância ou composto que não causará nenhum efeito adverso, isto é, um efeito negativo, indesejável ou prejudicial ao organismo estudado (UMBUZEIRO, 2012).

De acordo com os dados da ANVISA (BRASIL, 2022), o nível mais alto de exposição ao Pinoxaden em que não são observados efeitos adversos (NOAEL), em um estudo de toxicidade crônica e de carcinogenicidade em ratos, corresponde a  $10,0 \frac{mg}{kg \times dia}$ . A ANVISA (BRASIL, 2022), bem como o estudo exibido na EFSA (2013) e a base de dados de pesticidas da *University of Hertfordshire* (PPDB, 2023), apontam como Ingestão Diária Aceitável (IDA) o valor de  $0,1 \frac{mg}{kg \times dia}$ , o qual foi fundamentado no valor de NOAEL encontrado.

Logo, a fim de se obter o critério de potabilidade, é necessário multiplicar a IDA pelo peso corporal médio do brasileiro, que é 60 Kg (RESENDE *et al.*, 2013), pelo fator de alocação para água, estimado em 15% devido a substância ter uma solubilidade moderada, e dividir toda essa parcela pela quantidade média de água consumida por dia, comumente adotado 2L (UMBUZEIRO, 2012). Efetuando-se os cálculos, encontra-se o critério de potabilidade do pinoxaden igual a 0,45 mg/L ou 450  $\mu$ g/L.

### 4.4. Identificação do perigo e cálculo do critério de proteção à vida aquática

Em relação ao critério para proteção da vida aquática, o pinoxaden pode ser obtido de duas maneiras. Uma das maneiras utiliza o NOEC (*No Observed Effect Concentration*), traduzido como a Concentração de Efeito Não Observado (CENO), a qual é obtida através de testes de toxicidade crônica, enquanto que a outra maneira utiliza valores da Concentração de Efeito agudo para 50% dos organismos-teste ( $CE_{50}$ ) ou da Concentração Letal para 50% dos organismos-teste ( $CL_{50}$ ), ambos adquiridos em testes de toxicidade aguda (UMBUZEIRO *et al.*, 2011). Neste trabalho será somente considerado o critério crônico de proteção à vida aquática.

Todavia, independente da maneira escolhida para se calcular o critério, dentre todos os valores encontrados para cada método, utiliza-se o menor e, é realizada a divisão por um Fator de Avaliação (FA), o qual depende da



disponibilidade de dados. Considerando-se poucos dados, maior será a incerteza no cálculo do critério e, portanto, maior será o valor do fator considerado (UMBUZEIRO *et al.*, 2011). Logo, através da razão entre o menor valor de CENO e FA obtém-se o critério de proteção à vida aquática crônica (também denominado como Concentração Sem Efeito Previsto (CSEP) ou *Predicted No Effect Concentration - PNEC*) (UMBUZEIRO *et al.*, 2011).

Para a derivação do critério de proteção à vida aquática através do CENO, o qual se refere aos dados de testes toxicológicos crônicos, foram utilizados os seguintes dados evidenciados na Tabela 2.

**Tabela 2:** Valores de CENO para os respectivos testes de toxicidade crônica

<b>Espécie</b>	<b>Efeito (End point)</b>	<b>Exposição</b>	<b>CENO (mg/L)</b>	<b>Referência</b>
<i>Oncorhynchus mykiss</i> (peixe)	-	21 dias	3,2	(PPDB, 2023)
<i>Skeletonema costatum</i> (alga)	Crescimento	96 horas	0,91 ( $CE_{50}$ )	(EFSA, 2013)

Especificamente para algas, o valor evidenciado na Tabela 2 é baseado em valores de  $CE_{50}$ . Dessa forma, considera-se o FA equivalente a 50 devido a disponibilidade de somente dois valores de CENO para espécies de diferentes níveis tróficos, estando em concordância com o Protocolo para Derivação de Critérios de Qualidade da Água para proteção da Vida Aquática no Brasil. Deste modo, obteve-se através da razão entre o menor valor de CENO (0,9086 mg/L) e o FA, o valor do critério de proteção à vida aquática crônico equivalente a 18,2  $\mu$ g/L.

Entretanto, na maioria das literaturas consultadas, o teste toxicológico de crescimento de algas é considerado um teste agudo e não crônico (EFSA, 2013; PPDB, 2023; ECHA, 2017), como consta na Tabela 3 os valores de  $CE_{50}$  ou  $CL_{50}$  referentes a testes de toxicidade aguda. Dessa maneira, considerando o teste toxicológico



referente a alga como agudo, logo somente haverá o valor do CENO do peixe. Porém, de acordo com o Protocolo para Derivação de Critérios de Qualidade da Água para proteção da Vida Aquática no Brasil, um FA equivalente a 100 se aplica a um único CENO (peixe ou *Daphnia*) se este foi gerado para o nível trófico que mostrou a menor  $C(E)L_{50}$ . Nesse caso, através da Tabela 3 é evidente que o peixe não é o nível trófico que apresentou a menor  $C(E)L_{50}$ , não podendo ser considerado adequado para proteger outras espécies mais sensíveis. Assim, os efeitos avaliados devem ser baseados em dados gerados em ensaios agudos com um FA de 1000, ou seja, o menor valor de  $CE_{50}$  (0,91 mg/L) referente a alga dividido por 1000, resultando em um critério crônico de proteção à vida aquática de 0,91  $\mu\text{g/L}$ .

**Tabela 3:** Valores de  $CE_{50}$  ou  $CL_{50}$  para os respectivos testes de toxicidade aguda.

Espécie	Efeito (End point)	Exposição	$C(E)L_{50}$ (mg/L)
<i>Daphnia magna</i> (crustáceo)	Imobilidade	48 horas	52
<i>Oncorhynchus mykiss</i> (peixe)	Mortalidade	96 horas	10,3
<i>Skeletonema costatum</i> (alga)	Crescimento	72 horas	0,91

**Fonte:** Adaptado de (EFSA, 2013) e (PPDB, 2023).

O valor de critério equivalente a 0,91  $\mu\text{g/L}$  é o mesmo encontrado na base de dados ecotoxicológicos da NORMAN, que utilizou também a mesma metodologia explicitada no parágrafo anterior. Entretanto, utilizar um fator de avaliação de 1000 acaba sendo restritivo. Com isso, uma possibilidade de se obter um critério crônico de proteção à vida aquática não tão restritivo, utilizando um dado provindo de toxicidade aguda, e também não tão abrangente considerando o teste toxicológico de crescimento de algas como crônico, é utilizar o  $CE_{50}$  dessa espécie e dividir por um FA de 100, obtendo-se, assim, o critério equivalente a 9,1  $\mu\text{g/L}$ .



#### 4.5. Identificação e quantificação do perigo para biota aquática (GHS)

O Sistema Globalmente Harmonizado de Classificação e Rotulagem de Produtos Químicos (GHS) tem como objetivo classificar o perigo de produtos químicos em relação ao meio ambiente e à vida humana, sendo comunicado através dos rótulos e fichas de dados de segurança (NOGUEIRA, 2010).

O GHS considera para sua classificação a toxicidade aguda e crônica para a vida aquática, mas nesse caso somente será analisada a toxicidade aguda. A classificação da toxicidade aguda para a vida aquática é feita com base nos valores de  $C(E)L_{50}$  para cada nível trófico, na qual se pelo menos uma das concentrações for menor que 1 mg/L, o composto é classificado na categoria 1 (muito tóxico para a vida aquática). Caso a substância não se enquadre nessa categoria e alguma das concentrações esteja entre 1 e 10 mg/L, o composto é classificado na categoria 2 (tóxico para a vida aquática). Por fim, caso a substância não se enquadre em nenhuma dessas categorias e alguma das concentrações esteja entre 10 e 100 mg/L, a categoria da substância será a 3 (nociva à vida aquática) (UN, 2021).

Com isso, observando os dados expostos na Tabela 3, nota-se que o pinoxaden é classificado na categoria 1, se considerar que o teste toxicológico de crescimento de algas é agudo, uma vez que o  $C(E)L_{50}$  para alga é menor que 1 mg/L. Portanto, deve ser rotulado com a frase de perigo: muito tóxico para vida aquática, com a palavra de advertência: cuidado, e com o símbolo: perigo ambiental. Porém, considerando-se o teste toxicológico relativo ao crescimento de algas como crônico, o pinoxaden é classificado na categoria 3 devendo ser rotulado com a frase de perigo: prejudicial à vida aquática, sem palavra de advertência e sem símbolo.

#### 4.6. Avaliação de risco para seres humanos e biota aquática com base nas informações dos itens 4.1 a 4.5

Levando-se em consideração a ocorrência do pinoxaden em águas superficiais no Paquistão, onde foram encontrados valores na faixa de 2620 a 4030  $\mu\text{g/L}$  (MUHAMMAD *et al.*, 2017), e o critério de potabilidade (450  $\mu\text{g/L}$ ) bem como o de proteção à vida aquática (9,1  $\mu\text{g/L}$ ) anteriormente derivados, espera-se que o composto presente nessa água superficial apresente riscos para à vida humana e principalmente para a biota aquática, já que a concentração mínima encontrada do composto é bem superior aos valores obtidos para ambos os critérios derivados.



Todavia, de acordo com as bases de dados consultadas esse foi o único caso de ocorrência reportado. Ademais, o limite de detecção (LD) e quantificação (LQ) do método analítico utilizado para determinação do herbicida nesse estudo (cromatografia líquida de alta eficiência), mostrou-se bastante ineficaz em relação às concentrações dos critérios derivados, uma vez que são incapazes de detectá-los e quantificá-los. Dessa maneira, com o intuito de detectar e quantificar o pinoxaden dos valores dos critérios calculados, a opção ideal seria a utilização do método analítico de HPLC-MS/MS também chamado de *Syngenta Residue Method GRM017.07A* (USEPA, 2019), em que o LD e o LQ são inferiores aos valores mencionados.

#### **4.7. Informações se a substância é regulamentada em águas no Brasil e em outros países e possíveis recomendações com base na avaliação do risco**

No Brasil o pinoxaden não é regulamentado em águas, não estando presente na Portaria do Ministério da Saúde nº 888, de 4 de maio de 2021 que dispõe os procedimentos de vigilância e controle da qualidade da água para o consumo humano e seu padrão de potabilidade. Ademais, em outros países também não foram encontrados valores de concentração regulatória para essa substância.

Dessa maneira, com base na avaliação de risco realizada anteriormente e com a informação de que a substância ainda não começou a ser produzida, mas que já está aprovada para comercialização no Brasil, sugere-se, primeiramente, que sejam realizados estudos da ocorrência dessa substância nacionalmente com a técnica analítica *Syngenta Residue Method GRM017.07A*, capaz de identificar e quantificar o composto abaixo das concentrações obtidas como o critério de potabilidade e de proteção à vida aquática neste trabalho.

## **5 CONCLUSÕES**

Considerando a ocorrência pontual do composto no Paquistão e os critérios derivados, nessa localidade há um grande risco tanto para a saúde humana quanto para a proteção da biota aquática. No entanto, no Brasil, onde o composto foi aprovado para comercialização, ainda não se sabe ao certo qual é o seu risco, já que ainda não começou a ser produzido.



Quando a substância começar a ser comercializada será necessário o monitoramento dos corpos hídricos para verificar a ocorrência do composto e, caso haja concentrações maiores ou iguais aos critérios derivados, recomenda-se a inclusão do pinoxaden nas normas brasileiras. Para isso, orienta-se a utilização da técnica analítica denominada Syngenta Residue Method GRM017.07A que possui limites de detecção e quantificação inferiores aos valores dos critérios derivados, viabilizando assim a quantificação "segura" do pinoxaden em meio aquático.

Além disso, em relação ao critério crônico de proteção à vida aquática, são necessários mais dados de CENO advindos de testes de toxicidade crônica para estabelecer o mesmo de maneira mais precisa e confiável.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. BRASIL. Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA). Consulta pública nº 1.119, de 06 de outubro de 2022: Inclusão da Monografia do ingrediente ativo P69: PINOXADEM na Relação de Ingredientes Ativos de Agrotóxicos, Saneantes Desinfestantes e Preservativos de Madeira, publicada por meio da Instrução Normativa - IN Nº 103, de 19 de outubro de 2021. Brasília, 2022. Disponível em: <http://antigo.anvisa.gov.br/documents/10181/6500619/CONSULTA+PÚBLICA+N+1119+GGTOX.pdf/92a53dad-77fa-40f6-8560-04e699c3c7ce>. Acesso em: 14 de abr. 2023;
2. BRASIL. MINISTÉRIO DA AGRICULTURA, PECUÁRIA E ABASTECIMENTO. Ato Nº 64, de 28 de Dezembro de 2022. 246. ed. Brasília, DF: Diário Oficial da União, 30 dez. 2022. Seção 1, p. 29. Disponível em: <https://www.in.gov.br/en/web/dou/-/ato-n-64-de-28-de-dezembro-de-2022-455015990>. Acesso em: 26 mar. 2023;
3. BRASIL. Ministério da Saúde. Gabinete do Ministro. Portaria GM/MS nº 888, de 4 de maio de 2021. Altera o Anexo XX da Portaria de Consolidação GM/MS nº 5, de 28 de setembro de 2017, para dispor sobre os procedimentos de controle e de vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade. Diário Oficial da União, Brasília, DF, 07 maio 2021, p. 127;
4. CARVALHO, Leonardo Bianco de. Herbicidas. 1ª ed. Lages: Editado pelo autor, 2013. e-ISBN 978-85-912712-1-4. Disponível em: [https://www.fcav.unesp.br/Home/departamentos/fitossanidade/leonardobiancodecarvalho/livro\\_herbicidas.pdf](https://www.fcav.unesp.br/Home/departamentos/fitossanidade/leonardobiancodecarvalho/livro_herbicidas.pdf). Acesso em: 22 mar. 2023;
5. ECHA (European Chemicals Agency). Guidance on Information Requirements and Chemical Safety Assessment Chapter R.7b: Endpoint specific guidance. 4º ed. Helsinque: Publications Office, 2017. ISBN: 978-92-9495-837-2. Disponível em:



- [https://echa.europa.eu/documents/10162/13632/information\\_requirements\\_r7b\\_en.pdf/1a551efc-bd6a-4d1f-b719-16e0d3a01919](https://echa.europa.eu/documents/10162/13632/information_requirements_r7b_en.pdf/1a551efc-bd6a-4d1f-b719-16e0d3a01919). Acesso em: 31 out. 2023.
6. EFSA (European Food Safety Authority). Conclusion on the peer review of the pesticide risk assessment of the active substance pinoxaden. *EFSA Journal*, 11(8):3269, p. 1–112, 2013, doi:10.2903/j.efsa.2013.3269;
  7. MUHAMMAD, M., JAN, M.R., SHAH, J. et al. Evaluation and statistical analysis of the modified QuEChERS method for the extraction of pinoxaden from environmental and agricultural samples. *J Anal Sci Technol* 8, 12 (2017). Disponível em: <https://doi.org/10.1186/s40543-017-0123-z>. Acesso em: 03 abril 2023;
  8. MCMANUS, Sarah; PAYVANDI, Sevil; SWEENEY, Paul; JONES, Nick; ANDREWSB, Richard; SCHOFIELD, David; WHITE, Joseph; HAMER, Paul; LANGRIDGE, Garry; OTEYZA, Tirso García de; RINCÓN, Victor J.; DORN, Regina; BIRD, Michael; GRENNER, Mark. Regulatory groundwater monitoring: Realistic residues of pinoxaden and metabolites at vulnerable locations. *ScienceDirect, Science of The Total Environment*, v. 761, 2021, 143313, ISSN 0048-9697. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.143313>. Acesso em: 31 mar 2023;
  9. NIH (National Center for Biotechnology Information). PubChem Compound Summary for CID 210326: pinoxaden. 2023. Disponível em: <https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/compound/pinoxaden#section=Solubility>. Acesso em: 10 mar. 2023;
  10. NOGUEIRA, Gisette. FISPQ e ROTULAGEM GHS. Associação Brasileira da Indústria de Química e de Produtos Derivados (ABIQUIM), 2010. Disponível em: <https://cetesp.sp.gov.br/emergencias-quimicas/wp-content/uploads/sites/22/2017/02/Instituicoes-relacionadas-a-produtos-quimicos-perigosos.pdf>. Acesso em: 28 abr. 2023;
  11. NORMAN. NORMAN Ecotoxicology Database - Lowest PNECs. NORMAN Website, 2023. Disponível em: <https://www.norman-network.com/nds/ecotox/lowestPnecsIndex.php?checkSelect=1>. Acesso em: 30 abr. 2023;
  12. PETER, Schubert. Syngenta obtém autorização para comercializar o herbicida pinoxaden. *Revista Cultura*, 2022. Disponível em: <https://revistacultivar.com.br/noticias/syngenta-obtem-autorizacao-para-comercializar-o-herbicida-pinoxaden>. Acesso em: 11 mar. 2023;
  13. PPDB (Pesticides Properties DataBase). Pinoxaden (Ref: NOA 407855). University of Hertfordshire, 2023. Disponível em: <http://sitem.herts.ac.uk/aeru/ppdb/en/Reports/528.htm>. Acesso em: 21 mar. 2023;
  14. RESENDE, D. D. O. et al. Guia para Comprovação da Segurança de Alimentos e Ingredientes. Brasília. ANVISA - Agência Nacional de Vigilância Sanitária, 2013. Disponível em: <http://nutrimalimentos.com.br/guia.pdf>. Acesso em: 15 abr. 2023;





15. SHAH, Jasmin; JAN, M. Rasul; MUHAMMAD, Mian; SHEHZAD, Farhat-Un-Nisa. Development of a complex-based flow injection spectrophotometric method for determination of the herbicide pinoxaden in environmental samples. *Toxicological & Environmental Chemistry*, [S.L.], v. 93, n. 8, p. 1547-1556, set. 2011. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1080/02772248.2011.604323>. Acesso em: 01 abril 2023;
16. UMBUZEIRO, G. A. (Coord.). Guia de potabilidade para substâncias químicas. São Paulo: Limiar, 2012.
17. UMBUZEIRO, G. A. (Coord.) et al. Protocolo para Derivação de Critérios de Qualidade da Água para o consumo humano no Brasil. 2011. Disponível em: <https://wordpress.ft.unicamp.br/laeg/wp-content/uploads/sites/33/2017/10/Protocolo-CQA-ConsumoHumano.pdf>. Acesso em: 20 abr. 2023;
18. UMBUZEIRO, G. A. (Coord.) et al. Protocolo para Derivação de Critérios de Qualidade da Água para proteção da Vida Aquática no Brasil. 2011. Disponível em: <https://wordpress.ft.unicamp.br/laeg/wp-content/uploads/sites/33/2017/10/Protocolo-Para-Derivação-de-Critérios-de-Qualidade-da-Água-Para-Proteção-da-Vida-Aquática-no-Brasil.pdf>. Acesso em: 25 abr. 2023;
19. UN (United Nations). Global Harmonized System of Classification and Labelling of Chemicals (GHS). New York and Genova: United Nations Economic Commission for Europe (UNECE), ninth revised edition, 2021, p. 3-550. ISBN: 978-92-1-117252-2;
20. USEPA (U. S. Environmental Protection Agency). Analytical method for pinoxaden and its metabolites NOA407854 and NOA447204 in water. 2019. Disponível em: [https://www.epa.gov/sites/default/files/2020-07/documents/der-pinoxaden\\_in\\_water\\_mrid\\_50357801.pdf](https://www.epa.gov/sites/default/files/2020-07/documents/der-pinoxaden_in_water_mrid_50357801.pdf). Acesso em: 30 mar. 2023;
21. USEPA (U. S. Environmental Protection Agency). Estimation Programs Interface Suite™ for Microsoft® Windows, v 4.11. 2023. Disponível em: <https://www.epa.gov/tsca-screening-tools/epi-suite™-estimation-program-interface>. Acesso em: 24 abr. 2023;
22. USEPA (U. S. Environmental Protection Agency). Pesticides - Fact Sheet for Pinoxaden. 2005. Disponível em: [https://www3.epa.gov/pesticides/chem\\_search/reg\\_actions/registration/fs\\_PC-147500\\_01-Jul-05.pdf](https://www3.epa.gov/pesticides/chem_search/reg_actions/registration/fs_PC-147500_01-Jul-05.pdf). Acesso em: 08 mar 2023;
23. YANG, F., WEI, Y., SUN, C. et al. Pinoxaden Degradation Characteristics of Acinetobacter pittobacter and Prediction of Related Genes. *Microbiology*, v. 91, n. 6, p. 818-830, dez. 2022. Disponível em: <https://doi.org/10.1134/S002626172210109X>. Acesso em: 11 mar. 2023.





## APÊNDICE

## Informações de vendas e/ou quantidade produzida de Pinoxaden no Brasil



**Thiago Da Silva Ferreira Alves** <t244710@dac.unicamp.br>  
para faleconosco.casa ▾

ter., 4 de abr., 10:21 (há 6 dias) ☆ ↶ ⋮

Olá, bom dia. Tudo bem?

Me chamo Thiago e atualmente estou cursando Engenharia Ambiental na Unicamp. Estou cursando a disciplina de Toxicologia com a professora Dra. Gisela de Aragão Umbuzeiro e eu conjuntamente com meu grupo recebemos como tema de trabalho a substância Pinoxaden. Fazendo algumas pesquisas notamos que esse herbicida foi recentemente aprovado (final do ano de 2022) para uso no Brasil, então não há informações do mesmo no que se refere a quantidade vendida e/ou produzida. Dessa maneira, venho por meio desse e-mail saber se há a possibilidade da empresa disponibilizar esses dados para utilizarmos em nosso trabalho.

Vale ressaltar que este trabalho está sendo realizado com o objetivo de ser publicado, então caso seja possível a obtenção desses dados, certamente nos ajudará muito.

Atenciosamente,  
Thiago.

**Figura 1:** E-mail enviado à matriz da Syngenta no Brasil.

**CASA FaleConosco BRSP**  
para thaisa.carboso@syngenta.com, mim, rute.feitosa@syngenta.com, fernando.santos@syngenta.com ▾

seg., 10 de abr., 12:16 (há 1 dia) ☆ ↶ ⋮

Thiago,

Segue retorno da area:

Pelo que entendi a dúvidas do Thiago é a seguinte:

1. Quantidade vendida/produzida?

Até o momento não foi produzido o produto. Com relação as vendas estamos iniciando a comercialização do produto Axial que contém Pinoxaden na composição neste ano.

Peço desculpas mas as informações ainda são muito recentes do produto visto que ele foi registrado poucos meses atrás e estamos iniciando este projeto.

Por favor peça ao Thiago que se necessário estou a disposição para ajuda-lo.

Desde ja Gratal

Atenciosamente,

**Mariana Sousa**  
Grupo Pró Recursos Humanos  
à Serviço do c. a. s. a. - Centro Avançado Syngenta de Atendimento

**Figura 2:** E-mail de resposta da empresa Syngenta.