

UNIVERSIDADE FEDERAL DE VIÇOSA

A amoxicilina em foco: dois olhares

Mariana Santos Leite Quaresma
Magister Scientiae

VIÇOSA - MINAS GERAIS
2026

MARIANA SANTOS LEITE QUARESMA

A amoxicilina em foco: dois olhares

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Viçosa, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Agroecologia, para obtenção do título de *Magister Scientiae*.

Orientador: Ricardo H. Silva Santos

Coorientador: Laercio dos Anjos Benjamin

**VIÇOSA - MINAS GERAIS
2026**

**Ficha catalográfica elaborada pela Biblioteca Central da Universidade
Federal de Viçosa - Campus Viçosa**

T

Q1a
2026

Quaresma, Mariana Santos Leite, 2000-
A amoxicilina em foco: dois olhares / Mariana Santos Leite
Quaresma. – Viçosa, MG, 2026.
1 dissertação eletrônica (97 f.): il. (algumas color.).

Inclui anexo.

Orientador: Ricardo Henrique Silva Santos.

Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Viçosa,
Departamento de Agronomia, 2026.

Referências bibliográficas: f. 81-88.

DOI: <https://doi.org/10.47328/ufvbbt.2026.514>

Modo de acesso: World Wide Web.

1. Toxicologia ambiental. 2. Água - Análise. 3. Tilápia
(Peixe) - Efeito dos antibióticos. I. Santos, Ricardo Henrique
Silva, 1963-. II. Universidade Federal de Viçosa. Departamento
de Agronomia. Programa de Pós-Graduação em Agroecologia.
III. Título.

CDD 22. ed. 571.95

MARIANA SANTOS LEITE QUARESMA

A amoxicilina em foco: dois olhares

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Viçosa, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Agroecologia, para obtenção do título de *Magister Scientiae*.

APROVADA: 4 de março de 2026.

Assentimento:

Mariana Santos Leite Quaresma
Autora

Ricardo Henrique Silva Santos
Orientador

Essa dissertação foi assinada digitalmente pela autora em 10/09/2026 às 16:44:33 e pelo orientador em 10/09/2026 às 17:36:05. As assinaturas têm validade legal, conforme o disposto na Medida Provisória 2.200-2/2001 e na Resolução nº 37/2012 do CONARQ. Para conferir a autenticidade, acesse <https://siadoc.ufv.br/validar-documento>. No campo 'Código de registro', informe o código **PMM1.3SQO.3BO1** e clique no botão 'Validar documento'.

A Deus
Àqueles que caminham ao meu lado
Àqueles que, do céu, me abençoam

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus, em primeiro lugar, pelo presente da vida e a oportunidade de cada amanhecer.

A minha mãe e irmã, minhas fontes de inspiração e coragem, e ao meu pai, que do céu ilumina meus passos.

Ao meu companheiro Marcelo, pelo amor e apoio por tantos anos para que pudesse realizar sonhos e aos seus pais por todo carinho.

A toda minha família, pelas vibrações e incentivo ao estudo.

Aos amigos de Viçosa e Coimbra, obrigada por fazerem parte desse sonho e por toda ajuda para construí-lo.

Ao professor Laércio, por ser mais que um orientador, e por nunca desistir de mim, obrigada por ser meu guia pelos caminhos da vida e por mudar a minha vida.

À Universidade Federal de Viçosa pelo ensino de qualidade e todas as oportunidades desde a graduação.

Ao Programa de Pós-graduação em Agroecologia por mostrar novos caminhos que ultrapassam as quatro pilastras e, em especial, ao professor Ricardo por toda ajuda para que concluísse essa etapa.

À Fundação de Amparo e Pesquisa do Estado de Minas Gerais, pela concessão de bolsa durante todo o tempo de mestrado para que pudesse desenvolver a presente pesquisa, assim como atividades de ensino e de extensão.

Aos colegas do Laboratório de Biologia de Peixes, Iara, Vithoria, Joana e Frederico, que trilharam este caminho para que pudesse segui-lo e a todos que contribuíram para realização desta pesquisa.

Aos Departamentos de Veterinária, Medicina e Enfermagem, Nutrição e Saúde, e Engenharia Civil por todo apoio com instalações e divulgação para sucesso desta pesquisa.

Em especial, ao Laboratório de Biologia de Peixes, por ser minha segunda

casa durante o tempo do mestrado e ao Laboratório de Engenharia Sanitária e Ambiental pela oportunidade de trabalhar com dáfnias.

Agradeço à professora Ann Munteer, aos técnicos Priscila e Marcelo, pela paciência e ensinamentos para realização dos testes com dáfnias.

À professora Rita Márcia, por mostrar como a educação pode ser melhor e diferente.

Aos alunos que acompanhei como monitora de Anatomia Veterinária, pela oportunidade de realizar atividades de formação docente e por todo empenho durante as monitorias.

A cada pessoa que participou de atividades de extensão em que estava envolvida, obrigada pela troca de conhecimentos.

À banca, por aceitarem esse convite e por todas as contribuições para melhoria desse trabalho.

Este trabalho foi realizado com o apoio das seguintes agências de pesquisa brasileiras: Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil (CAPES) – Código de Financiamento 001, Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Minas Gerais (FAPEMIG) e Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq).

RESUMO

QUARESMA, Mariana Santos Leite, M.Sc., Universidade Federal de Viçosa, março de 2026. **A amoxicilina em foco: dois olhares**. Orientador: Ricardo Henrique Silva Santos. Coorientador: Laercio dos Anjos Benjamin.

A presença de contaminantes emergentes em ecossistemas aquáticos é um problema que perturba o equilíbrio da vida existente nesses ambientes. O lançamento constante de esgoto nos cursos d'água, aliado ao uso indiscriminado de medicamentos, como antibióticos, reforçam a necessidade de estudos que avaliem os impactos causados por esses poluentes. Nesse contexto, a Ecotoxicologia é a ciência que examina a interação entre um organismo com o meio no qual está inserido a partir de testes que avaliem a toxicidade de substâncias químicas pela sensibilidade desses organismos. A amoxicilina é um antibiótico penicilânico que entrou em uso na década de 1970 e, nos dias atuais, é ainda uma medicação considerada essencial para o tratamento de doenças em humanos e em animais. Os organismos foco do presente estudo foram analisados pela sua importância: a tilápia, para a produção de peixes no Brasil, compondo mais de 660 mil toneladas no ano de 2024; e a dáfnia, pelo seu uso em ensaios de avaliação da qualidade da água. Assim, o presente trabalho visa analisar como o antibiótico amoxicilina interage com organismos-teste como tilápia-do-Nilo (*Oreochromis niloticus*) e a pulga d'água (*Daphnia similis*) em bioensaios de exposição. Assim, os estudos laboratoriais foram realizados para avaliar se ocorreram danos causados pelo antibiótico às espécies supracitadas. O experimento ocorreu nos Laboratório de Biologia de Peixes e no Laboratório de Engenharia Sanitária e Ambiental da Universidade Federal de Viçosa. Além disso, um questionário digital foi desenvolvido e aplicado para se conhecer as percepções que profissionais e estudantes das comunidades dos Departamentos de Veterinária, Medicina e Enfermagem, e Nutrição e Saúde da mesma instituição possuem sobre a amoxicilina. Os resultados mostraram que a qualidade da água se manteve dentro dos padrões estabelecidos pelo CONAMA e adequada para criação de peixes. Alterações nos parâmetros hematológicos mostraram que o maior valor para contagem de eritrócitos ocorreu no grupo de maior concentração, valores esses acima daqueles de referência, e o leucograma mostrou que tanto para monócitos quanto para neutrófilos ocorreu redução na contagem com valores abaixo dos daqueles de referência. A análise morfológica das brânquias mostrou que houve aumento do comprimento das lamelas secundárias no terço basal e diminuição no terço apical naqueles grupos expostos à amoxicilina. Não houve efeitos sobre as

dáfnias expostas ao antibiótico em ensaio laboratorial agudo. As respostas ao formulário digital indicaram que há preocupação dos profissionais e estudantes da área da saúde com o uso indiscriminado de antibióticos, mas que os efeitos da presença desses medicamentos no ambiente aquático ainda são pouco conhecidos pelos participantes da pesquisa.

Palavras-chave: água; antibiótico; tilápia; brânquias; Daphnia; questionário

ABSTRACT

QUARESMA, Mariana Santos Leite, M.Sc., Universidade Federal de Viçosa, March, 2026. **Amoxicillin in focus: two perspectives**. Adviser: Ricardo Henrique Silva Santos. Co-adviser: Laercio dos Anjos Benjamin.

The presence of emerging contaminants in aquatic ecosystems is a problem that disrupts the balance of existing life in these environments. The constant discharge of sewage into waterways, combined with the indiscriminate use of medications, such as antibiotics, reinforces the need for studies that evaluate the impacts caused by these pollutants. In this context, Ecotoxicology is the science that examines the interaction between an organism and the environment in which it is situated, based on tests that assess the toxicity of chemical substances through the sensitivity of these organisms. Amoxicillin is a penicillin antibiotic that came into use in the 1970s and, today, is still considered an essential medication for the treatment of diseases in humans and animals. The focal organisms of the present study were analyzed due to their importance: tilapia, for fish production in Brazil, accounting for more than 660 thousand tons in the year 2024; and daphnia, for its use in water quality assessment assays. Thus, the present work aims to analyze how the antibiotic amoxicillin interacts with test organisms such as the Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) and the water flea (*Daphnia similis*) in exposure bioassays. Therefore, laboratory studies were conducted to evaluate whether damage was caused by the antibiotic to the aforementioned species. The experiment took place in the Fish Biology Laboratory and the Sanitary and Environmental Engineering Laboratory at the Federal University of Viçosa. A digital questionnaire was developed and administered to understand the perceptions that professionals and students from the communities of the Departments of Medicine and Nursing, Veterinary Medicine, and Nutrition and Health at the same institution have regarding amoxicillin. The results showed that the water quality remained within the standards established by CONAMA and was suitable for fish farming. Changes in hematological parameters showed that the highest value for the erythrocyte count occurred in the highest concentration group, with these values being above the reference ones, and the leukogram showed that for both monocytes and neutrophils, there was a reduction in the count to values below the reference ones. The morphometric analysis of the gills showed an increase in the length of the secondary lamellae in the basal third and a decrease in the apical third in those groups exposed to amoxicillin. There were no effects on the daphnia exposed to the antibiotic in an acute laboratory assay. The responses to

the digital form indicated that there is concern among healthcare professionals and students regarding the indiscriminate use of antibiotics, but that the effects of the presence of these medications in the aquatic environment are still little known by the research participants.

Keywords: water; antibiotics; tilápia; gills; Daphnia; questionnaire

SUMÁRIO

1.	INTRODUÇÃO.....	12
2.	REVISÃO DE LITERATURA.....	13
2.1	Análise da água: qualidade e presença de contaminantes emergentes.....	13
2.2	Panorama sobre o uso de antibióticos	15
2.3	Fármaco de estudo: a amoxicilina.....	17
2.4	Espécies de estudo.....	18
2.4.1	Tilápia-do-Nilo <i>Oreochromis niloticus</i> (Linnaeus, 1758).....	18
2.4.2	Pulga d'água <i>Daphnia similis</i> (Claus, 1876).....	20
2.5	Órgão de estudo: brânquias de tilápia-do-Nilo.....	23
2.6	Estrutura histológica das brânquias na tilápia-do-Nilo.....	25
2.7	Hematologia em peixes teleósteos.....	27
3.	JUSTIFICATIVA E OBJETIVOS.....	28
3.1	Objetivo geral.....	29
3.2	Objetivos específicos.....	29
4.	MATERIAL E MÉTODOS.....	30
4.1	Ensaio com tilápias-do-Nilo.....	30
4.1.1	Análises de água.....	32
4.1.2	Análises hematológicas.....	33
4.1.3	Índices hematimétricos.....	35
4.1.4	Histomorfometria de brânquias.....	35
4.1.4.1	Processamento do material histológico.....	35
4.1.4.2	Análises histomorfométricas.....	36
4.1.5	Análises estatísticas.....	37
4.2	Ensaio com dáfnias.....	38
4.2.1	<i>Daphnia similis</i> e condições laboratoriais.....	38
4.2.2	Descarte dos organismos e das soluções-teste.....	39
4.2.3	Ensaio com substância de referência.....	40
4.2.4	Teste agudo de exposição ao antibiótico amoxicilina.....	40
4.2.5	Análises estatísticas.....	42
4.3	Questionário digital.....	42
4.3.1	Construção do questionário.....	42

4.3.1.1	Descrição do público.....	42
4.3.1.2	Perguntas do questionário.....	43
4.3.2	Divulgação e parcerias.....	45
4.3.3	Análises das respostas.....	46
4.3.4	Aspectos éticos.....	46
5.	RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	47
5.1	Ensaio com tilápia-do-Nilo.....	47
5.1.1	Análises de água.....	47
5.1.1.1	Parâmetros físico-químicos.....	47
5.1.1.2	Compostos nitrogenados.....	49
5.1.2	Parâmetros biométricos.....	54
5.1.3	Análises hematológicas.....	55
5.1.4	Análises histomorfométricas de brânquias.....	58
5.2	Ensaio com dáfnias.....	63
5.3	Percepções dos profissionais e estudantes da área da saúde.....	64
5.3.1	Eixo 1: descrição do público.....	64
5.3.2	Eixo 2: uso da amoxicilina e outros antibióticos.....	68
5.3.3	Eixo 3: antibióticos como poluentes emergentes.....	70
5.3.4	Eixo 4: uso indiscriminado de antibióticos.....	72
5.3.5	Eixo 5: regulamentação e conscientização sobre o uso de antibióticos.....	74
5.3.6	Perspectivas de pesquisa sobre o impacto ambiental dos antibióticos.....	78
6.	CONCLUSÕES.....	80
7.	REFERÊNCIAS.....	81
	ANEXO A.....	89

1. INTRODUÇÃO

A piscicultura é uma das atividades que compõem a produção de alimentos no Brasil. Segundo a FAO (2024) a piscicultura é uma em constante crescimento, possui relevância nacional e internacional, sobretudo na produção de tilápias-do-Nilo, que também possui relevância entre os pequenos agricultores, uma vez que são responsáveis pela produção do início ao fim. A atividade auxilia, ainda, na diversificação de culturas, com produtos que contribuem para a fonte de renda da família. Além disso, peixes têm sido utilizados para avaliação da qualidade da água por meio de estudos ecotoxicológicos.

Sabe-se que o descarte de substâncias químicas como fármacos, agrotóxicos e metais nos corpos d'água está entre as principais causas de contaminação do ambiente aquático, uma vez que os resíduos são descartados no ambiente sem devido tratamento. Além disso, os processos de lixiviação e evapotranspiração, contribuem para o deslocamento de partículas, como por exemplo, os agrotóxicos, que são utilizados nas culturas convencionais. A partir da água da chuva ocorre a lavagem do solo, que descoberto, compactado e com monoculturas, possibilita a chegada desses compostos químicos ao leito dos rios.

Consequentemente, a presença de substâncias químicas no ambiente aquático compromete esse ecossistema, uma vez que estes organismos podem ser sensíveis às mudanças no ambiente que podem causar alterações órgãos cavitários como as brânquias, órgão essencial para processos como respiração, osmorregulação e excreção de compostos nitrogenados.

A partir disso, ensaios ecotoxicológicos em diferentes níveis tróficos contribuem para o entendimento sobre como uma substância em estudo interage com diferentes organismos. As análises da morfologia de brânquias de tilápia-do-Nilo assim como a letalidade e sobrevivência dos microcrustáceos podem demonstrar os efeitos da exposição às concentrações do antibiótico amoxicilina. Por fim, a partir do conhecimento sobre o uso da amoxicilina nos cursos da área da saúde da Universidade Federal de Viçosa, espera-se perceber o entendimento que os alunos, professores e corpo técnico-administrativo possuem sobre o medicamento.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1 Análise da água: qualidade e presença de contaminantes emergentes

O crescimento populacional e o desenvolvimento dos centros urbanos contribuíram para a amplificação da poluição ambiental (Gavrilescu *et al.*, 2015; Giudice *et al.*, 2021). Consequentemente, produtos químicos, microelementos, efluentes de indústrias e resíduos urbanos são comumente encontrados nos corpos d'água (Galindo-Miranda *et al.* 2019). Os antibióticos, por exemplo, estão entre os fármacos mais utilizados na medicina humana e na medicina animal e são contaminantes que, mesmo em baixas concentrações, contribuem para alterações nos ecossistemas como a resistência bacteriana e efeitos subletais a organismos aquáticos (Pnuma, 2017; Cheng *et al.*, 2020).

Os contaminantes de preocupação emergente (CEs) são quaisquer substâncias químicas, naturais ou sintéticas, ou microrganismos presentes no ambiente (Sharma *et al.*, 2023) e que não estão incluídos em programas de monitoramento (EPA, 2008). Uma grande variedade de compostos é caracterizada como CEs, como produtos farmacêuticos (antibióticos, medicamentos psiquiátricos, anti-inflamatórios, hormônios e produtos de uso veterinário), produtos de cuidado pessoal (ingredientes de cosméticos), substâncias industriais (surfactantes) e outros elementos como metais (selênio), pesticidas (herbicidas, inseticidas), agentes biológicos (bactérias patogênicas) e microplásticos, como exemplificados por Morin-Crini *et al.* (2022).

Os contaminantes emergentes estão presentes em águas residuárias domésticas, efluentes hospitalares, águas residuárias industriais, escoamento agrícola, pecuário e da aquicultura, assim como em lixiviado de aterros sanitários. Isso ocorre em função de processos naturais, como a lixiviação, escoamento e evaporação, mas também por ações antrópicas, como o descarte incorreto de resíduos da indústria e agroindústria no ambiente sem devido tratamento (Benjamin *et al.* 2019; Ekeoma *et al.* 2023). Unido a isso, a ausência de tratamentos específicos para retirada dos contaminantes emergentes da água nas unidades de tratamento de água e esgoto, contribui para a ocorrência dos contaminantes emergentes nos corpos d'água (Morin-Crini *et al.*, 2022).

A presença de contaminantes emergentes em corpos d'água impõe a necessidade de metodologias para identificação, mensuração, monitoramento e análise dos impactos causados à flora e à fauna aquáticas, uma vez que no Brasil ainda não há uma legislação que estabeleça

parâmetros de referência máxima para a presença desses compostos na água (Pompêo *et al.*, 2020).

Desse modo, modelos experimentais de toxicidade, como o uso de organismos bioindicadores para avaliação do meio ambiente, são utilizados para avaliação da real qualidade de um ambiente. Os peixes, por exemplo, são indicadores de poluição aquática, possibilitando o entendimento de processos como bioacumulação entre organismos (Domingues e Bertoletti, 2008).

O ambiente aquático é o meio onde os peixes vivem e se desenvolvem, além de estarem em contato com a água de onde retiram oxigênio e liberam gás carbônico, compostos nitrogenados e outros produtos de excreção (Moro *et al.*, 2013, p. 141).

A Ecotoxicologia é uma ferramenta utilizada para avaliação da qualidade ambiental e dos ecossistemas aquáticos a partir da compreensão da integração entre a resposta biológica e os efeitos tóxicos (Pompêo *et al.*, 2020). Como exemplo, o uso de organismos aquáticos como indicadores de qualidade ocorre desde os anos 1970 (Bonada *et al.*, 2006). Estes organismos são caracterizados como bioindicadores, uma vez que fornecem respostas à poluição ou acúmulo de tóxicos na água (Markert *et al.*, 1999). Espécies como a tilápia-do-Nilo (*Oreochromis niloticus*), peixe zebra (*Danio rerio*) e dáfnias (*Daphnia similis*) são exemplos de modelos experimentais utilizados em ensaios ecotoxicológicos (Pires, 2020; Brito *et al.*, 2024; Tominaga *et al.*, 2022).

O Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA), por meio da Resolução 430/2011, estabelece padrões para controle da qualidade da água no Brasil. Dentre os parâmetros avaliados estão a demanda bioquímica de oxigênio (DBO), oxigênio dissolvido (OD), turbidez e potencial hidrogeniônico (pH). Parâmetros como a temperatura e a presença de compostos nitrogenados no meio também são analisados para se avaliar a qualidade da água (Moro *et al.*, 2013a).

A presença de compostos nitrogenados e seus derivados na água, como amônia, nitrito e nitrato se dá pela presença de alimento não digerido, fezes e ureia. Dentre os compostos nitrogenados excretados pelos peixes, cerca de 70% é amônia, que é liberada das brânquias para a água. A toxicidade da amônia é explicada pela presença da água que a diluirá e, assim, a liberação da forma mais tóxica desse composto torna-se uma vantagem, haja vista que o peixe possui baixo gasto energético para a excreção. A presença de amônia em grandes quantidades pode ser tóxica para os peixes, sendo que as concentrações letais estão entre 9,4 e 64,7 $\mu\text{mol/L}$ (Moro *et al.*, 2013b).

2.2 Panorama sobre o uso de antibióticos

Os antibióticos são usados para tratamento de enfermidades humanas e veterinárias. Revisões sobre o uso de antibióticos em 76 países, foi notado um aumento no consumo total de antibióticos de 36% para 39% entre os anos de 2000 a 2016 (Klein *et al.*, 2018; Afzal *et al.*, 2019). Entre os países com maior consumo estão Brasil, China, Rússia, Índia e África do Sul, assim como países europeus e os Estados Unidos, que utilizam para alimentação animal. Desse modo, a tendência é o aumento de 15% do gasto global com antibióticos até o ano de 2030, de acordo com Klein *et al.* (2018). A prescrição da amoxicilina ocorre em altas dosagens medicinais (750-2250 mg.d⁻¹) e, em virtude da sua baixa degradação metabólica, é encontrada nos ambientes aquáticos (Singh *et al.*, 2018).

O desenvolvimento dos antibióticos possibilitou mudanças no tratamento de doenças pelo combate a microrganismos. Assim, milhões de vidas foram salvas desde a década de 1940 (Marti *et al.*, 2014). Em contrapartida, a resistência antimicrobiana (RAM) é um problema que se agrava e impacta diretamente a saúde de humanos e animais, pela baixa sensibilidade dos organismos patogênicos às medicações. O uso excessivo colaborou para seleção de organismos mais resistentes e surgimento de organismos multirresistentes, preocupações essas tanto de médicos quanto de médicos-veterinários, haja vista a diversidade de doenças causadas por esses microrganismos (Castro *et al.*, 2022).

A crise atual dos antibióticos é decorrente de uma falha geral em compreender de forma abrangente a evolução, as fontes, a disseminação e os mecanismos moleculares da resistência, pois os reservatórios ambientais potenciais e suas diversidades genéticas de resistência associadas geralmente não são considerados no desenvolvimento de drogas (Castro *et al.*, 2022).

Resíduos de antibióticos são encontrados no solo e na água, e isso viabiliza o surgimento de cepas multirresistentes. As substâncias antimicrobianas não são degradadas no tratamento comum da água e esgoto, visto que a remoção precisa considerar características de cada composto químico (Resende *et al.*, 2020; Castro, *et al.*, 2022). Nesse sentido, o ambiente aquático faz parte da Saúde Única, visto a conexão com a saúde humana, animal e ambiental, e quando há desequilíbrios, esse meio pode se tornar um ambiente para transmissão de doenças, assim como é o local comumente utilizado para despejo de diferentes contaminantes (Collignon e McEwen, 2019; Salah *et al.*, 2019).

Efluentes de esgoto e efluentes de fazendas e matadouros, onde o gado consome quantidades exorbitantes de antibióticos para promover o crescimento, continuam sendo as fontes mais sérias de genes resistentes a antibióticos (Salah *et al.*, 2019).

Além disso, os antibióticos chegam aos efluentes pelo descarte inadequado no meio a partir do lixo comum, assim como pelos resíduos do metabolismo humano e animal. Essas substâncias, quando expostas a adversidades, como mudanças na temperatura, luz e umidade, podem se transformar em substâncias tóxicas, e assim gerar danos ao ambiente e aos organismos que têm contato, como a alteração nas cadeias alimentares, bem como favorecer a expressividade de bactérias resistentes (Pinto *et al.*, 2014; Silva, *et al.*, 2022).

O uso indiscriminado dos antibióticos está interligado com as ações de profissionais da saúde que prescrevem essas medicações, como médicos, médicos-veterinários e enfermeiros, como também as ações governamentais que são escassas para o controle do uso no Brasil. Isso evidencia a necessidade de educação ambiental, promoção de políticas públicas para o combate ao uso inadequado e proteção ambiental, como mencionaram Silva *et al.* (2022).

O Plano Nacional para Prevenção e o Controle da Resistência Microbiana aos Antimicrobianos nos Serviços de Saúde (PAN- Serviços de Saúde) foi publicado pela Anvisa e entrou em vigor no ano de 2023 com projeção para o ano de 2027. Entre os objetivos estão a detecção, prevenção e redução da resistência aos antimicrobianos em serviços de saúde, assim como a educação em saúde para conscientização da população, vigilância dos serviços de saúde, prevenção e controle de infecções e gerenciamento do uso de antimicrobianos (Brasil, 2023). No entanto, resoluções que definem o controle da qualidade da água e a sua potabilidade, como a Resolução N° 357/2005 do CONAMA e a Portaria GM/MS N° 888/2021, ainda não mencionam quantidades aceitáveis de antibióticos na água (CONAMA, 2011; Brasil, 2021).

Nesse sentido, estudar as percepções que os profissionais da saúde possuem sobre os antibióticos é de grande importância, uma vez que esses profissionais são responsáveis pela prescrição e, consequentemente, pelo uso do fármaco. Pesquisas que analisam essas percepções são fontes de conhecimento imensuráveis para a descrição de aspectos como quais medicamentos são utilizados, a frequência do uso, como é abordada a questão da resistência antimicrobiana, assim como quais os conhecimentos sobre os impactos ambientais gerados por essas medicações, como na presente pesquisa. Ainda, a associação dessas percepções com análises laboratoriais possibilita diferentes olhares sobre o uso dos antibióticos, sobretudo a amoxicilina.

2.3 Fármaco de estudo: a amoxicilina

A amoxicilina é um antibiótico penicilânico utilizado desde a década de 1970 em apresentações comerciais com ou sem a presença do ácido clavulânico. Historicamente, a necessidade de aumentar o espectro bactericida da penicilina foi alicerce para pesquisas com outros componentes para combater bactérias Gram-positivas e Gram-negativas. Entre as descobertas, a ampicilina foi a primeira derivada a ser descrita, o que ocorreu em 1961; a partir dela, em 1972, foi lançada a amoxicilina pelo Laboratório Beecham (Sutherland *et al.*, 1972).

Considerada um medicamento de acesso essencial pela Organização Mundial da Saúde (OMS), compondo no Brasil a lista de medicamentos disponibilizados gratuitamente pelo Sistema Único de Saúde (SUS), a amoxicilina é o antibiótico mais utilizado no tratamento de doenças (Huttner *et al.*, 2020; Brasil, 2025). Segundo análises de registros do Sistema Nacional de Gerenciamento de Produtos Controlados (SNGPC), da Agência Nacional de Vigilância Sanitária (Anvisa), entre os anos de 2014 e 2021, amoxicilina, azitromicina, ciprofloxacino e cefalexina estiveram entre os antibióticos mais vendidos no Brasil (Lopes *et al.*, 2024; Barbosa, *et al.*, 2025).

A amoxicilina possui a ação de dificultar a síntese da parede celular bacteriana, uma vez que essa molécula inibe a produção de peptidoglicano, levando assim, à lise ou morte celular (Bodey e Nance, 1972). Além disso, características como alta lipossolubilidade possibilitam uma maior biodisponibilidade e ação do medicamento, tendo a meia-vida de uma hora em humanos, volume de distribuição no corpo de vinte litros e ligação a proteínas plasmáticas em 20% (Arancibia *et al.*, 1980). Outro ponto importante é a rápida absorção quando administrada oralmente, e a excreção da molécula inalterada pela urina, uma vez que 86% da dose administrada pode ser recuperada, como foi observado em um estudo realizado por Spyker *et al.* (1977).

A bula para profissionais da área da saúde contém informações acerca da composição do medicamento, indicações de uso, eficácia, assim como características farmacológicas. Dentre essas, a via de eliminação descrita são os rins e cerca de 60 a 70% de amoxicilina é excretada de maneira inalterada na urina nas primeiras seis horas após administração de dose padrão. Além disso, 10% a 25% da dose inicial é eliminada como ácido peniciloico inativo entre. Também, pequenas quantidades são excretadas na bile e nas fezes (Anvisa, 2025).

Esse medicamento é utilizado para tratamento de síndromes clínicas em adultos e crianças, uma vez que possui boa distribuição em órgãos como fígado, pulmões e músculos, por exemplo (Thabit *et al.*, 2019). Doenças geradas por patógenos bacterianos, como

pneumonia, faringite, sinusite, otite média e infecção nas vias urinárias são enfermidades tratadas com a amoxicilina, como foi citado na revisão narrativa de Huttner *et al.* (2020).

Analogamente, na Medicina Veterinária, a amoxicilina é utilizada para tratamento de doenças em pequenos animais, como infecções nos órgãos urinários de cães e gatos (Weese *et al.*, 2019). O uso é também observado dentro da Medicina Veterinária de suínos para controle de infecções sistêmicas causadas pela bactéria *Streptococcus suis* e infecções respiratórias causadas por *Actinobacillus pleuropneumoniae* (Burch e Sperling, 2018). Em frangos de corte, é utilizada para combate à *Escherichia coli*, bactéria comum do intestino, mas que pode apresentar variações (cepas) patogênicas e zoonóticas, ou seja, que podem afetar a saúde humana (Liu *et al.*, 2008).

A presença da amoxicilina e outros fármacos (outros antibióticos e hormônios) nos dejetos humanos e animais são vias de contaminação do ambiente aquático, uma vez que os sistemas de tratamento de água e esgoto não realizam a retirada de fármacos e poluentes emergentes durante o tratamento sanitário (Aquino *et al.*, 2013).

A presença de antibióticos residuais nas águas superficiais é um grave problema da atualidade, uma vez que são contaminantes emergentes e, a cada dia, contribuem para o aumento da resistência bacteriana entre patógenos (Bano *et al.*, 2023). As águas residuárias são geradas, em sua maioria, por atividades antropogênicas que ocasionam a contaminação do ambiente aquático, sobretudo em países em desenvolvimento (Tara *et al.*, 2019).

2.4 Espécies de estudo

2.4.1 Tilápia-do-Nilo *Oreochromis niloticus* (Linnaeus, 1758)

A espécie *Oreochromis niloticus* (Linnaeus, 1758), é uma das primeiras espécies de peixes produzidas na história humana. As tilápias pertencem à ordem dos Perciformes, família Cichlidae e são originárias da África, Israel e Jordânia (Moro *et al.*, 2013a).

A partir da década de 1920, a espécie tornou-se uma das principais culturas dentro da aquicultura. Características como rápido crescimento, altas taxas de conversão alimentar, resistência a altas densidades de estocagem, alimentação onívora e a grande adaptabilidade a diversos sistemas de produção possibilitaram a produção e comercialização expansiva da espécie (López-Olmeda *et al.*, 2021). Difundidas mundialmente na década de 1960, passaram a ser produzidas em climas tropical e subtropical e, a partir de 1970, exemplares de *Oreochromis niloticus* (Figura 1), chamada de tilápia-do-Nilo, assim como espécies híbridas

como *O. urolepis hornorum* e *O. mossambicus*, passaram a integrar as espécies produzidas no Brasil (Moro *et al.*, 2013a).

Moro *et al.* (2013a) descrevem sobre as características que mais se destacam nas tilápias. Entre elas, a coloração acinzentada, o corpo comprimido lateralmente e a presença da linha lateral dividida em dois segmentos. Ainda, características como a temperatura de criação e a alimentação são descritas, sendo a temperatura de conforto térmico para a espécie de 14 a 33 °C. A alimentação naturalmente ocorre pela ingestão de fitoplâncton, algas, insetos aquáticos e pequenos crustáceos, mas em sistemas de produção, adaptam-se à ração.

Figura 1 – Exemplos de *Oreochromis niloticus* (tilápia-do-Nilo) utilizados no experimento crônico de exposição ao antibiótico amoxicilina.



Fonte: Presente estudo, 2024.

Economicamente, segundo o relatório de 2024 da Organização das Nações Unidas para Agricultura e Alimentação (FAO), cerca de 44% da produção de peixes são de espécies de água doce, e a tilápia-do-Nilo representou cerca de 5,3 milhões de toneladas da produção no ano de 2022, ficando na 4ª posição entre as dez espécies mais produzidas no mundo (FAO, 2024). No Brasil, em 2024, o valor da produção de tilápias foi mais de quatro milhões de reais e aproximadamente 500 toneladas produzidas. O estado do Paraná obteve destaque com o maior valor produzido, com mais de um milhão de reais (IBGE, 2024).

Devido a sua importância econômica e características específicas, a tilápia-do-Nilo é também utilizada como um modelo experimental para estudos ecotoxicológicos. A presença de misturas complexas nos corpos d'água provenientes de ações antrópicas pode causar danos à biota aquática, assim como riscos à saúde humana (Vasanthi *et al.*, 2013).

A poluição das águas tem diversas consequências para os ambientes aquáticos em si, como elevação da temperatura, aumento dos sólidos totais dissolvidos, de microrganismos patogênicos e da deposição de matéria orgânica, mudanças de pH, e presença de compostos tóxicos e substâncias tensoativas advindas de processos industriais (Benjamin *et al.*, 2019, p.380).

Dessa forma, o uso de organismos bioindicadores como peixes é uma ferramenta para avaliação da qualidade do ambiente, uma vez que são animais dependentes da água no ciclo de vida e sensíveis a fatores estressantes, como a poluição aquática (Benjamin *et al.*, 2019; Silva *et al.*, 2020).

Os peixes fazem parte da biodiversidade aquática e apresentam características que estão ligadas diretamente ao seu modo de vida. Isso favorece os trabalhos de pesquisas científicas ligadas diretamente à contaminação aquática, uma vez que estas espécies têm na água o seu meio de vida (Benjamin *et al.*, 2019, p. 382).

2.4.2 Pulga d'água *Daphnia similis* (Claus, 1876)

O gênero *Daphnia* é composto por mais de 100 espécies de organismos planctônicos de água doce que auxiliam na manutenção da qualidade da água pela sua ingestão de algas, assim como serve de alimento para outros invertebrados e peixes. Morfologicamente, são compostas por 10 pares de apêndices, com antênulas, antenas, maxilas e mandíbulas, como também cinco pares de membros torácicos, e na extremidade do abdômen há garras abdominais. Além disso, possui apenas um único olho que é marcado por dois grandes pares de antenas que são utilizadas para locomoção, como descreveram Tkaczyk *et al.* (2021).

A dáfnia, também conhecida como pulga d'água, é um microcrustáceo que habita ecossistemas de água doce, como rios e lagos (Mergeay *et al.*, 2006). que possui cinco a seis milímetros (mm) de comprimento, é consumidor primário da cadeia de alimentação aquática, e a partir da filtração de partículas de matéria orgânica em suspensão adquire seu alimento (ABNT, 2022). Além disso, outras características são o ciclo de vida curto, alta fecundidade e reprodução por partenogênese, que gera indivíduos de 0,5 mm, chamados neonatos (Tkaczyk *et al.*, 2021).

Essas características viabilizam o uso desses organismos em ensaios ecotoxicológicos, haja vista a facilidade de produção e formação de plantéis para realização dos ensaios ecotoxicológicos em ambiente laboratorial (Koivisto, 1995; Tkaczyk *et al.*, 2021).

Utilizado como bioindicador desde os anos 1940 (Anderson, 1944), é um organismo muito importante para ensaios ecotoxicológicos pela sensibilidade às mudanças no ambiente em que estão. O corpo transparente possibilita a visualização de todos os órgãos e isso viabiliza análises de parâmetros fisiológicos, como frequência cardíaca, atividade alimentar e movimentação dos membros, outro ponto que reflete a importância desse organismo para avaliação de impactos ambientais (Koivisto, 1995; Tkaczyk *et al.*, 2021).

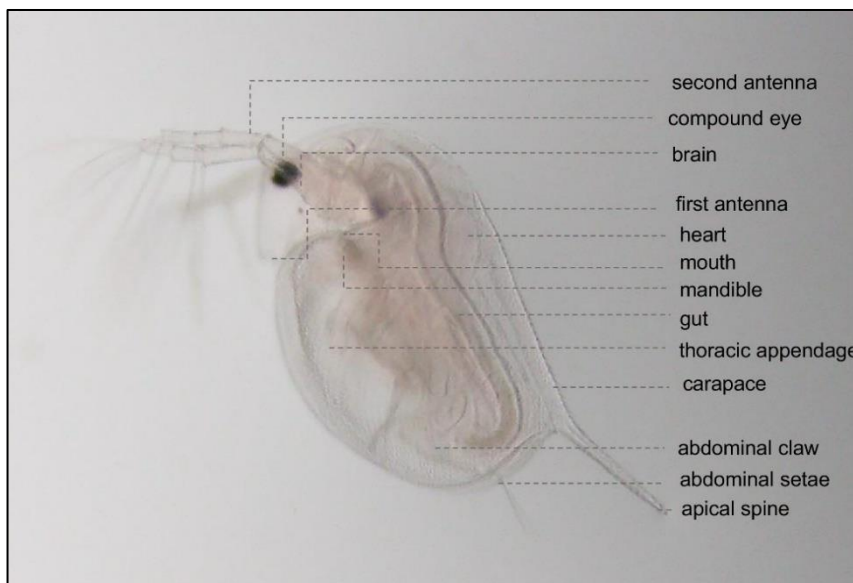
Nesse sentido, as pesquisas são baseadas em instruções normativas como a Norma Técnica 12713 da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) para ensaios de toxicidade água com *Daphnia* spp. (Crustacea, Cladocera) (ABNT, 2022) e a *Organization for Economic Cooperation and Development* (OECD) com o *Guideline for the testing of chemicals: Daphnia magna reproduction test* (OECD, 2012).

A simplicidade de execução e a curta duração do teste agudo justifica o seu uso em diferentes estudos. Esse teste é baseado na exposição dos organismos durante 48 h a uma substância de interesse (medicamento, químico ou efluente). Após esse tempo, é feita a leitura para avaliação de imobilidade dos organismos, a fim de avaliar a toxicidade e definir a Concentração Efetiva Média (CE₅₀), ou seja, a concentração em que 50% dos organismos são afetados (ABNT, 2022). Outrossim, testes crônicos possibilitam a análise de parâmetros como a reprodução e são padronizados pela OECD, como descrito no *guideline* supracitado.

Outras análises também podem compor os testes de toxicidade, como a avaliação do comportamento natatório, velocidade de natação, distância percorrida, quantidade de saltos, capacidade de virar, e atividades fisiológicas como frequência cardíaca, taxa de alimentação, taxa de ingestão, movimentos de membros torácicos e movimento pós-abdominal que permitirão avaliar os efeitos subletais (Tkaczyk *et al.*, 2021).

Diferentes espécies de *Daphnia* são utilizadas para a realização dos ensaios ecotoxicológicos como a *D. carinata*, *D. pulex*, *D. magna* e *D. similis*. No entanto, em virtude da sensibilidade a substâncias tóxicas, somado à compreensão do comportamento e dos processos fisiológicos dessa espécie, estudados desde os anos 1940, a *D. magna* é comumente empregada nas pesquisas (Tkaczyk *et al.* 2021) (Figura 2). No presente trabalho, foram utilizados exemplares de *D. similis* para realização de testes agudos, com o objetivo de conhecer os impactos causados pelo antibiótico amoxicilina.

Figura 2 – *Daphnia magna*: principais estruturas anatômicas observadas em um organismo.



Second antenna – segunda antena; Compound eye – olho composto; Brain – cérebro; First antenna – primeira antena; Heart – coração; Mouth – boca; Mandible – mandíbula; Gut – intestino; Thoracic appendage – apêndice torácico; Carapace – carapaça; Abdominal claw – garra abdominal; Abdominal setae – cerdas abdominais; e Apical spine – espinho apical. **Fonte:** Tkaczyk *et al.* (2021).

Nesse sentido, Tominaga *et al.* (2022) avaliaram os impactos de quatro fármacos sobre exemplares de *Daphnia similis*, para análise dos efeitos agudos e crônicos gerados pelas substâncias aspirina, cloridrato de fluoxetina, cloridrato de metformina e ciprofloxacina, fármacos comumente utilizados no tratamento de doenças e exemplos de poluentes emergentes mais prevalentes em países como Brasil, México, Costa Rica, Colômbia e Argentina. Entre os resultados, foi observado que a fluoxetina teve maior toxicidade aguda, seguida da metformina, ciprofloxacina e aspirina e que houve redução do número de neonatos por indivíduo com o aumento das concentrações no ensaio crônico.

Diante disso, explorar o efeito de outras medicações é complementar os estudos realizados com esses organismos. Tominaga *et al.* (2022) justificam seu trabalho afirmando que o uso de produtos farmacêuticos é benéfico como tratamento de diferentes doenças em humanos e animais, mas que em virtude do aumento constante da produção, prescrição e uso, muitos medicamentos contaminam ecossistemas. O termo contaminante emergente é observado no trabalho desses autores, que afirmam como diferentes classes de medicamentos, como anti-inflamatórios não esteroidais, medicamentos psiquiátricos e antibióticos são relatados na literatura pela taxa de ocorrência, efeitos toxicológicos e avaliação do risco. Assim, ressaltam a importância de estudos que avaliem os impactos gerados por fármacos.

2.5 Órgão de estudo: brânquias de tilápia-do-Nilo

As brânquias são estruturas lamelares, filamentosas e repletas de vasos sanguíneos, localizadas na câmara branquial, caudalmente à cabeça. Esse órgão é composto por oito arcos branquiais em peixes teleósteos, que estão posicionados em quatro pares no interior da cavidade buco-branquial. Além disso, as brânquias são protegidas pelo opérculo, estrutura óssea em forma de aba, presentes nos peixes teleósteos; diferentemente em peixes cartilagosos, há fendas branquiais (Baldiasserotto *et al.*, 2014) (Figura 3).

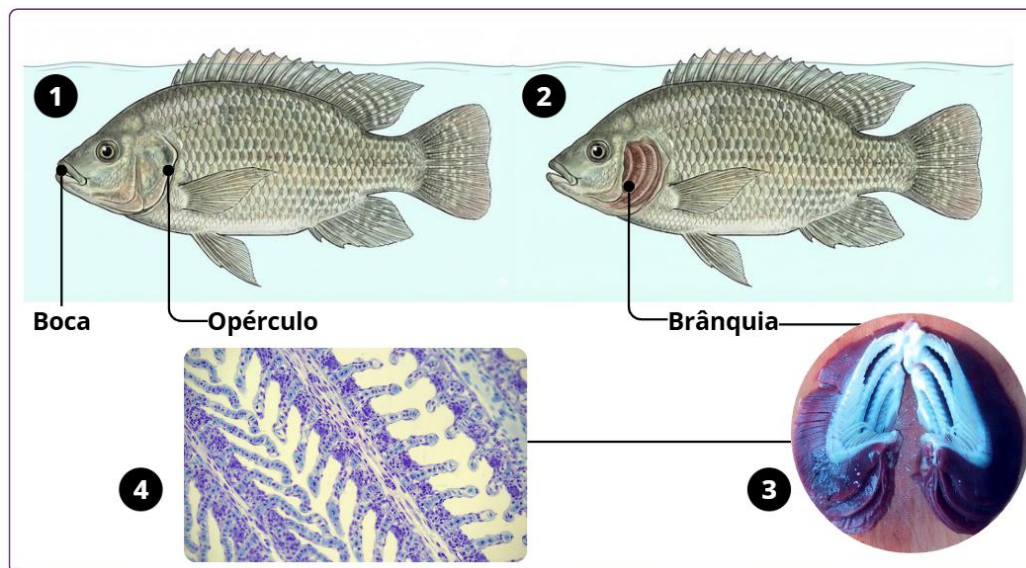
Cada arco branquial possui duas fileiras de filamentos branquiais e cada filamento é composto por inúmeras lamelas branquiais, onde ocorrem as trocas gasosas. O interior das lamelas branquiais é composto por canais pequenos que permitem a passagem de uma célula sanguínea por vez, e isso permite melhor eficiência da troca gasosa (Moro *et al.*, 2013b, p. 79).

A origem e desenvolvimento das brânquias ocorre a partir da faringe, região localizada entre a cavidade oral e o esôfago, que compõem parte do sistema digestório anterior nos peixes. Os arcos branquiais estão presentes a cada lado da faringe e são compostos pelos ossos epibranquial e ceratobranquial. Cada fileira de filamentos, também chamados de lamelas primárias, é chamada de hemibrânquia. Os filamentos são sustentados por uma cartilagem que se articula com o arco branquial que também percorre ao longo do comprimento desses, próximo ao vaso sanguíneo (Baldiasserotto *et al.*, 2014).

Os vasos sanguíneos estão presentes em grande quantidade nas brânquias e compõem um sistema artério-arterial, que está associado às trocas gasosas, e um sistema artério-venoso, relacionado à irrigação das demais estruturas da lamela. Os vasos que compõem esses sistemas são a artéria aferente branquial, artéria aferente primária, artéria eferente primária, artéria eferente branquial e veia branquial, que realizam as trocas gasosas assim como o suprimento do tecido branquial (Baldiasserotto *et al.*, 2014).

A respiração de parte dos peixes depende exclusivamente das brânquias, visto a existência de espécies que possuem adaptações, como a presença de pulmões, para captação de oxigênio atmosférico, como o pirarucu. Nesse sentido, as brânquias surgem com o intuito de melhorar a eficiência da captação de oxigênio do ambiente aquático, haja vista que este possui menor quantidade (4%) em relação ao ar atmosférico (20%). Isso é explicado pela característica principal do órgão que é a maior área de superfície (Moro *et al.*, 2013b).

Figura 3 – Representação das brânquias: localização, aspecto real e histológico do órgão.



1) Representação de tilápia-do-Nilo com a presença do opérculo, estrutura que protege as brânquias; 2) Visualização das brânquias após retirada do opérculo; 3) Aspecto real do órgão, em que se evidenciam os arcos branquiais; e 4) Histologia branquial, com a presença de lamelas primárias e secundárias. **Fontes:** As imagens de tilápia foram criadas por IA (Google Gemini) a partir de comandos; a imagem do órgão pode ser acessada pelo link https://pt.wikipedia.org/wiki/Br%C3%A2nquia#/media/Ficheiro:Tuna_Gills_cut_out.jpg; e a imagem histológica compõe o acervo da presente pesquisa.

A respiração branquial ocorre a partir da entrada de água pela boca e passagem pelos filamentos branquiais que entram em contato com a água e assim realizam as trocas gasosas a partir dos vasos sanguíneos citados previamente. Esse processo acontece de maneira contracorrente, ou seja, o fluxo sanguíneo nas lamelas é contrário ao da água e isso possibilita uma eficiência de 90% na troca gasosa (Moro *et al.*, 2013b). Além da função respiratória, as brânquias também são responsáveis pela regulação iônica, excreção de resíduos metabólicos, e são a primeira barreira de proteção do organismo por evitarem que os demais órgãos absorvam substâncias tóxicas (Bernet *et al.*, 2001; Kumari *et al.*, 2017).

Nesse sentido, a presença de poluentes no ambiente aquático favorece o contato direto do peixe com estressores que podem ocasionar mudanças fisiológicas e comportamentais ao animal (Bernet *et al.*, 2001). As brânquias são o primeiro órgão atingido, uma vez que possuem interação direta com o ambiente externo, sendo alvo dos poluentes presentes na água. A dificuldade respiratória é o principal sinal clínico observado quando ocorre a intoxicação do animal (Kumari *et al.*, 2017).

Mecanismos de regulação são observados como resposta aos estressores ambientais, e dentre eles podemos citar a produção de muco pelos peixes. O muco está presente no tegumento, mas também em órgãos como as brânquias, sendo produzido como uma estratégia de defesa por esses animais com o objetivo de barrar a entrada de substâncias tóxicas. Desse

modo, o aumento da quantidade é um mecanismo de regulação para retorno à homeostase e assim a sobrevivência (Bernet *et al.*, 2001; Moro *et al.*, 2013b).

Em consonância, alterações no epitélio branquial são respostas do organismo em meio aos estímulos presentes no ambiente. A histologia somada à histopatologia são ferramentas que auxiliam na interpretação desses danos a partir da análise de biomarcadores (Poleksic e Mitrovic-Tutundzic, 1994; Bernet *et al.*, 2001).

O termo bioindicador é utilizado para indicadores bioquímicos, fisiológicos ou histológicos de exposição ou efeitos de substâncias químicas xenobióticas no nível suborgânico ou orgânico (Bernet *et al.*, 2001).

Diante disso, analisar os impactos gerados às brânquias de uma espécie produzida mundialmente e amplamente consumida, a tilápia-do-Nilo, pelo antibiótico amoxicilina, fármaco utilizado para tratamento de doenças em animais e humanos, possibilitará a compreensão dos danos teciduais causados por essa medicação, haja vista sua presença no ambiente aquático como poluente emergente.

2.6 Estrutura histológica das brânquias na tilápia-do-Nilo

Alterações na estrutura de tecidos e órgãos demonstram o estado de saúde dos peixes, assim como podem auxiliar no entendimento dos danos causados por um poluente. Órgãos como as brânquias são considerados excelentes indicadores de poluição ambiental a partir de análises histológicas para avaliação de lesões após a exposição a um poluente (Poleksic e Mitrovic-Tutundzic, 1994; Bernet *et al.*, 2001). Diante disso, compreender como o tecido é organizado histologicamente favorece alicerces para visualização de alterações à morfologia.

As brânquias são um órgão constituído por células pavimentosas, células ricas em mitocôndrias ou cloreto, células ‘rodlet’, células mucosas e células indiferenciadas. O epitélio dos filamentos é estratificado e a camada mais externa de células que ficam em contato com o meio aquático são pavimentosas, enquanto as células indiferenciadas estão junto da membrana basal (Baldisserotto *et al.*, 2014, p. 209).

Baldisserotto *et al.* (2014) descrevem características das células que compõem o epitélio branquial. As células pavimentosas possuem citoplasma eletrodenso, complexo de Golgi bem desenvolvido, retículo endoplasmático rugoso abundante, muitos ribossomos e poucas mitocôndrias. As células ricas em mitocôndrias ou células de cloreto, estão presentes no epitélio branquial na região entre as lamelas secundárias, próximas à base. Nessas células há sítios de

absorção ativa de íons Na^+ , Cl^- e Ca^{2+} e, entre as características, são globosas, com núcleo esférico, nucléolo visível, com numerosas mitocôndrias. Células mucosas podem ser localizadas nas bordas do filamento, com presença de grânulos que variam conforme a eletrodensidade. Essas células respondem a alterações no ambiente, como a presença de contaminantes aumentando a quantidade de células e a produção de muco.

Outro aspecto importante das brânquias é a plasticidade que o órgão possui em resposta às mudanças ambientais. A remodelação branquial acontece com o aumento da celularidade ou retração das células presentes entre as lamelas. A quantidade de células impacta diretamente a área de superfície lamelar funcional exposta. Causas como a redução da quantidade de oxigênio disponível e aumento da demanda metabólica por oxigênio são estímulos à exposição das lamelas para melhor captação de oxigênio (Gilmour e Turko, 2024).

Lesões epiteliais, edema intersticial, vasodilatação das lamelas, destacamento do epitélio lamelar e proliferação do epitélio, fusão nas lamelas, rupturas de células pilares, aneurismas e necroses foram observados em exemplares de tilápia-do-Nilo expostas ao cádmio em experimento agudo de quatro dias (Garcia-Santos *et al.*, 2007). Esses achados reforçam a importância da histologia para avaliação dos efeitos tóxicos que afetam o tecido dos animais expostos de maneira direta ou indireta a agentes tóxicos (Benjamin *et al.*, 2019).

A histopatologia gera dados sobre as lesões em níveis teciduais e não especifica a causa pontual da lesão, e dessa maneira, não diagnostica contaminação, mas sim a resposta biológica à agressão ou estresse. Porém, quando associadas a métodos como análises sanguíneas e enzimáticas, pode favorecer dados que auxiliem na compreensão profunda de determinadas situações (Benjamin *et al.*, 2019, p. 389-390).

Poleksic e Mitrovic-Tudundzic (1994) descrevem as principais alterações encontradas em brânquias, após exposição a poluentes ambientais. Os autores citam 26 diferentes tipos de lesões e as classificam em critérios, primeiro o tipo de dano e localização no tecido branquial, e segundo a severidade. O dano causado ao tecido pode ser caracterizado como hipertrofia e hiperplasia do epitélio branquial, alterações nas células mucosas e/ou cloreto, presença de parasitos, alterações em vasos sanguíneos e necrose. Ainda, a severidade é baseada na capacidade de restauração tecidual com a melhoria das condições do ambiente com as lesões sendo classificadas em estádios I, II e III de maneira progressiva.

2.7 Hematologia em peixes teleósteos

A hematologia auxilia na compreensão do estado de saúde do animal, uma vez que detecta doenças e a sua progressão, assim como as respostas à terapia medicamentosa. Nesse sentido, a hematologia em peixes ainda é um desafio, haja vista que a grande quantidade de espécies existentes e escassez de valores de referência significativos geram desafios para as análises sanguíneas. Diante disso, a avaliação hematológica deve ser interpretada considerando fatores intrínsecos e extrínsecos ou doenças que possam afetar as células sanguíneas e as contagens (Claus *et al.*, 2008; Grant, 2015). O sangue é composto por diferentes tipos celulares como eritrócitos, leucócitos e trombócitos.

Os eritrócitos são células com formato oval a elíptico, citoplasma pálido, abundante e eosinofílico, e núcleos centralizados, ovais a elípticos. Os linfócitos são os leucócitos mais comuns, e são células pequenas com nucléolo basofílico e pequena quantidade de citoplasma, com alta relação núcleo:citoplasma, e podem ser arredondados ou irregulares (Clauss *et al.*, 2008).

Ainda, os granulócitos mais comumente encontrados são os neutrófilos. Essas células são arredondadas, com núcleos segmentados, citoplasma pálido a cinza ou azulado. Os eosinófilos são menos frequentes e basófilos são raros. Os grânulos dos eosinófilos são mais evidentes que os dos neutrófilos, e possuem formas arredondadas, em formato de bastonete, eosinofílicos. Basófilos contêm grânulos que, quando corados, dificultam a visualização do núcleo. Os monócitos são as maiores células, possuem formato irregular, núcleo excêntrico, grande e heterocromático, com abundante citoplasma (Clauss *et al.*, 2008).

Os trombócitos são células de formato variável conforme as espécies de peixes, mas se equivalem às plaquetas de mamíferos e são responsáveis pelo processo de coagulação sanguínea (Grant, 2015). Entre as características, são células ovais, oblongas ou fusiformes, com citoplasma claro e núcleo basofílico condensado (Clauss *et al.*, 2008).

O resultado das análises sanguíneas está diretamente ligado à forma como o sangue é coletado. A contenção física e química são as principais formas de realizar esse procedimento, mas depende da reação do animal ao manejo, assim como o estado de saúde, além de técnica e cuidado para reduzir o estresse do animal. Peixes pequenos podem ser manejados com as mãos de forma a segurá-los próximo à base da cauda com o apoio de uma mão, enquanto a outra apoia o corpo. Em contrapartida, o uso de produtos químicos é utilizado quando a contenção física não é possível (Grant, 2015).

3. JUSTIFICATIVA E OBJETIVOS

A contaminação dos corpos d'água é um problema que se agrava com o passar dos anos e pelo surgimento de novos produtos químicos, bem como pelas atividades antrópicas que contaminam o ambiente aquático, como o despejo de resíduos urbanos nos cursos de água, uso de insumos químicos na agricultura e a administração indiscriminada de fármacos na Medicina Humana e na Medicina Veterinária.

Nesse sentido, a presença de contaminantes emergentes na água, como antibióticos, agrotóxicos e substâncias industriais, tornou-se comum. Assim, a necessidade de estudos sobre o real impacto desses compostos é imprescindível. Dessa forma, estudos com organismos bioindicadores, como peixes e dáfias, possibilitam o fornecimento de dados científicos que auxiliam na compreensão e avaliação dos impactos totais ou pontuais da poluição em um ecossistema.

As respostas biológicas às alterações ambientais podem ser observadas desde alterações no indivíduo, como modificações celulares, fisiológicas, bioquímicas, genéticas, histológicas e comportamentais, mas também alterações em nível de comunidade, que podem alterar a organização da espécie pela presença de estressores no ambiente. Os impactos ocorrem quando a exposição a estressores químicos excede a capacidade que o organismo possui de reajustar a homeostase e, como consequência, ocorre a morte do indivíduo.

O presente trabalho é justificado pela importância de avaliar os danos subletais a uma espécie comumente produzida e consumida, assim como verificar possíveis alterações na água em virtude da presença do antibiótico amoxicilina, foco deste estudo, isso porque tanto a água quanto o peixe são elementos essenciais para manutenção da saúde humana e da saúde animal. Somado a isso, entender a interação da medicação com outros níveis tróficos, como a exposição de microcrustáceos é fundamental para análise mais robusta e entendimento do efeito dessa medicação no ecossistema.

Por outro lado, as percepções que profissionais e estudantes da saúde possuem sobre o antibiótico amoxicilina é outro ponto chave. Isso porque o antibiótico é amplamente prescrito para tratamento de doenças humanas e animais além de ser um dos antibióticos mais utilizados e comercializados no Brasil e no mundo. Diante disso, pesquisas que analisem o conhecimento desses profissionais que lidam ou que lidarão direta ou indiretamente com medicação é de extrema relevância, porque a partir desses conhecimentos será possível não somente caracterizar o uso, mas também avaliar como esses profissionais percebem a medicação como um poluente ambiental.

3.1 Objetivo geral

Avaliar os danos causados pela exposição ao antibiótico amoxicilina na morfologia de brânquias de tilápia-do-Nilo e em exemplares de *Daphnia similis*, além de se obter dados acerca do conhecimento de docentes, corpo técnico-administrativo e estudantes sobre o uso desse antibiótico nos cursos da área da saúde da Universidade Federal de Viçosa.

3.2 Objetivos específicos

- Avaliar se os parâmetros físico-químicos da água assim como os compostos nitrogenados mantiveram a qualidade desejável para a manutenção da tilápia-do-Nilo;
- Avaliar alterações hematológicas e a morfometria de brânquias de tilápia-do-Nilo a fim de detectar possíveis danos causados pelo antibiótico amoxicilina;
- Avaliar os danos ao microcrustáceo *Daphnia similis* após exposição à amoxicilina; e
- Interpretar as percepções que profissionais e estudantes da área da saúde possuem sobre o antibiótico amoxicilina e a contaminação ambiental por esse produto a partir de um questionário digital.

4. MATERIAL E MÉTODOS

O presente trabalho constituiu-se de três momentos: o primeiro, a análise morfológica de brânquias de *Oreochromis niloticus* (tilápias-do-Nilo) que foram expostas ao antibiótico amoxicilina; o segundo, a exposição de *Daphnia similis* (pulga d'água) à mesma medicação para avaliação da sobrevivência; e o terceiro, a aplicação de um formulário digital a profissionais e estudantes da área da saúde para análise das percepções sobre o uso da medicação.

4.1 Ensaio com tilápias-do-Nilo

O trabalho constituiu-se da análise histomorfométrica de brânquias coletadas a partir de um projeto de pesquisa apreciado pela Comissão de Ética com o Uso de Animais (CEUA) da UFV (protocolo 49/2024). Nesta seção, serão descritos os procedimentos iniciais realizados, desde o manejo dos peixes após a chegada, aclimação e ambientação, à montagem e execução do experimento crônico, assim como as análises de água e análises hematológicas.

A realização do experimento laboratorial foi feita com base nas normas da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT, 2015) para padronização de testes ecotoxicológicos, assim como na Resolução nº. 430 do Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA, 2011) como referência para os parâmetros de qualidade da água, e nas normas da CEUA/UFV, e diretrizes do Conselho Nacional de Controle de Experimentação Animal (CONCEA, 2024) para a utilização de animais em pesquisa.

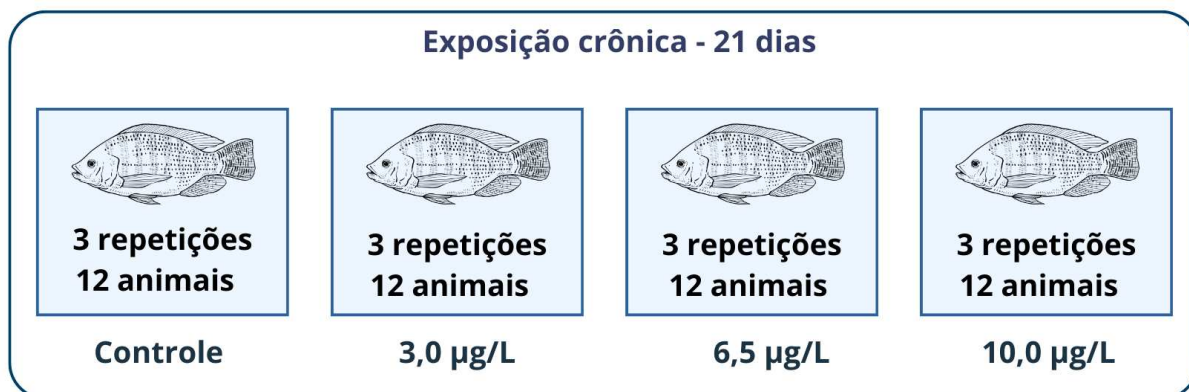
Ao todo, 144 exemplares de *Oreochromis niloticus* (tilápias-do-Nilo) doados pela Piscicultura Prata, localizada no município de Eugenópolis, Minas Gerais, foram transportados em ambiente adequado até o Laboratório de Biologia de Peixes (LBP), localizado no Departamento de Veterinária da Universidade Federal de Viçosa (DVT/UFV).

Após chegada, foi realizada triagem inicial para separação dos lotes experimentais, seguida de distribuição dos animais em 12 aquários com 12 peixes cada, conforme o desenho experimental observado na figura 4.

Previamente à chegada dos animais, a preparação dos aquários compôs a primeira etapa para a aclimação do ambiente. Para isso, os aquários foram limpos e preenchidos com 150 litros de água sem cloro, proveniente de reservatório específico, utilizado para realização de experimentos ecotoxicológicos. Também, no interior dos aquários, foram colocadas bombas de

oxigenação submersas, para aeração, que se mantiveram ligadas 24 h/dia durante todo o tempo de aclimação e realização do experimento

Figura 4 – Desenho experimental da exposição de tilápias-do-Nilo às concentrações do antibiótico amoxicilina e o grupo controle.



Fonte: Presente estudo, 2026.

Outros equipamentos utilizados foram termostatos e termômetros, respectivamente, para regulação (26°C) e mensuração da temperatura que também permaneceram ligados 24 h durante a aclimação, ambientação e todo período experimental. A partir da aeração e movimentação das partículas de água pelas bombas de oxigenação foi possível a evaporação do cloro, condição imprescindível para manutenção do ambiente adequado para a espécie em questão.

Após esse procedimento, os peixes foram alocados dentro dos aquários mantendo-os no recipiente inicial que foram transportados, de forma que a água desse recipiente pudesse equilibrar com a temperatura e características físico-químicas da água do aquário. Assim, periodicamente uma quantidade de água do aquário foi colocada dentro do recipiente inicial, até que se pudesse liberar os animais dentro do aquário. Realizar essa etapa com cautela, respeitando a adaptação dos animais e mantendo o ambiente adequado à espécie, a partir do ajuste dos parâmetros físico-químicos da água, proporciona melhor taxa de sobrevivência pela redução do estresse (Fujimoto, 2012).

A manutenção dos aquários ocorreu diariamente e foi caracterizada pela retirada de dejetos, como fezes e restos de ração, por sifonamento. Além disso, anteriormente à manutenção dos aquários a alimentação dos exemplares com ração comercial com teor proteico de 32% *ad libitum* foi realizada durante todas as fases do experimento.

Entre o período de 30 de novembro e 21 de dezembro de 2023 realizou-se a exposição crônica dos exemplares de tilápia-do-Nilo ao antibiótico amoxicilina. As concentrações de exposição foram 3µg/L, 6,5µg/L e 10µg/L além de um grupo controle. As concentrações empregadas neste estudo levaram em consideração os valores descritos por Aquino *et al.* (2013), que detectaram a presença de fármacos e desreguladores endócrinos em águas brasileiras, de forma a classificar o risco à saúde humana. Este estudo analisou a ocorrência destes compostos em água bruta e em água potável, valores de referência para a saúde e os riscos de exposição pela ingestão de água pela população.

A amoxicilina, fármaco escolhido para o estudo em questão, foi preparada previamente à exposição, e esta etapa consistiu na diluição do medicamento em água, a partir da abertura da cápsula, cujo conteúdo foi colocado em béquer de um litro e diluição em água destilada durante o período de uma hora, com auxílio de agitador magnético. Ao final, a solução estoque era 500 mg/L e, a partir dessa, quantidades proporcionais às concentrações estudadas eram retiradas do recipiente com ajuda de seringas graduadas de 1 e 3 mL, para posteriormente ser adicionada aos aquários. A cada manutenção, o volume de água com a medicação retirado dos aquários para limpeza dos mesmos, era repostado conforme cada grupo experimental.

Ao final dos 21 dias, ocorreu a coleta de sangue seguida de anestesia e eutanásia dos animais em solução de Eugenol (1:10.000), coleta de dados biométricos como peso e medidas de comprimentos total e padrão, além da coleta de amostras brânquias para análises histomorfométricas (Figura 5).

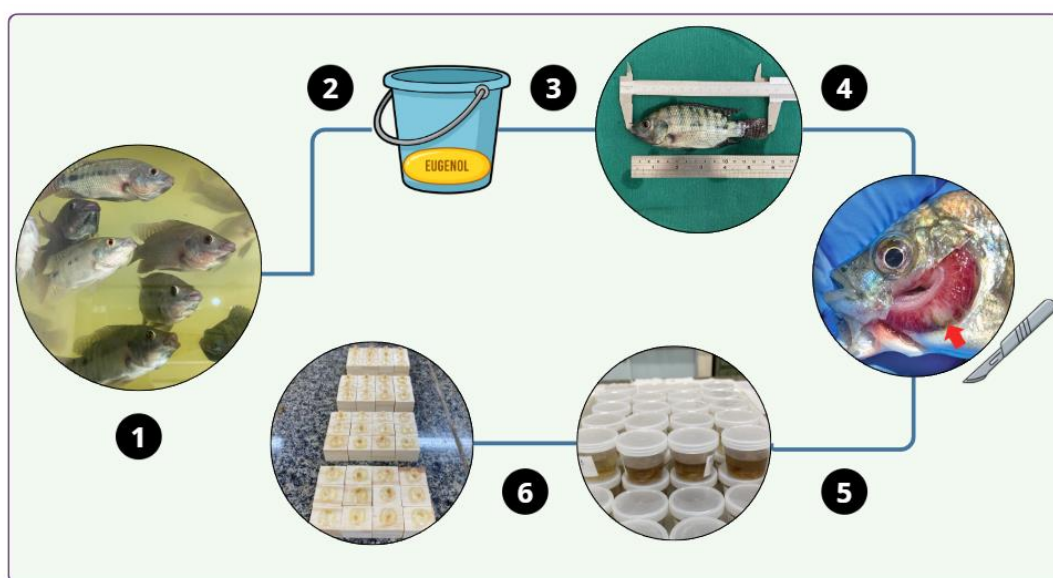
4.1.1 Análises de água

As análises de água para avaliação da qualidade, foram feitas desde a chegada dos animais à fase experimental, de maneira que se fizesse a mensuração de parâmetros no período pré-exposição (aclimatação e ambientação) e no período de exposição (21 dias). Esses parâmetros representam características físico-químicas da água, como pH, temperatura e oxigênio dissolvido, com auxílio de medidor multiparâmetro marca Sanxin, modelo SX751.

A avaliação dos compostos nitrogenados ocorreu por meio de espectrofotometria de luz. A espectrofotometria foi realizada em aparelho Biochrom Libra S22 e as coletas ocorreram no primeiro e último dia do experimento para mensuração do nitrato NO₃, e a cada três dias para mensuração de amônia e nitrito. Para isso, foram seguidas metodologias aplicadas no Laboratório de Biologia de Peixes conforme Procedimento Operacional Padrão (POP) para determinação da concentração desses compostos e recomendações da literatura para essas

análises (Bendschneider; Robinson, 1952; UNESCO, 1983; Monteiro *et al.*, 2003). A coleta de amostras de água para análise de nitrato ocorreu no primeiro e no último dia do experimento e as coletas para avaliação da amônia e nitrito, em seis dias distintos durante o tempo experimental.

Figura 5 – Esquema representativo das etapas de coleta e processamento histológico das brânquias.



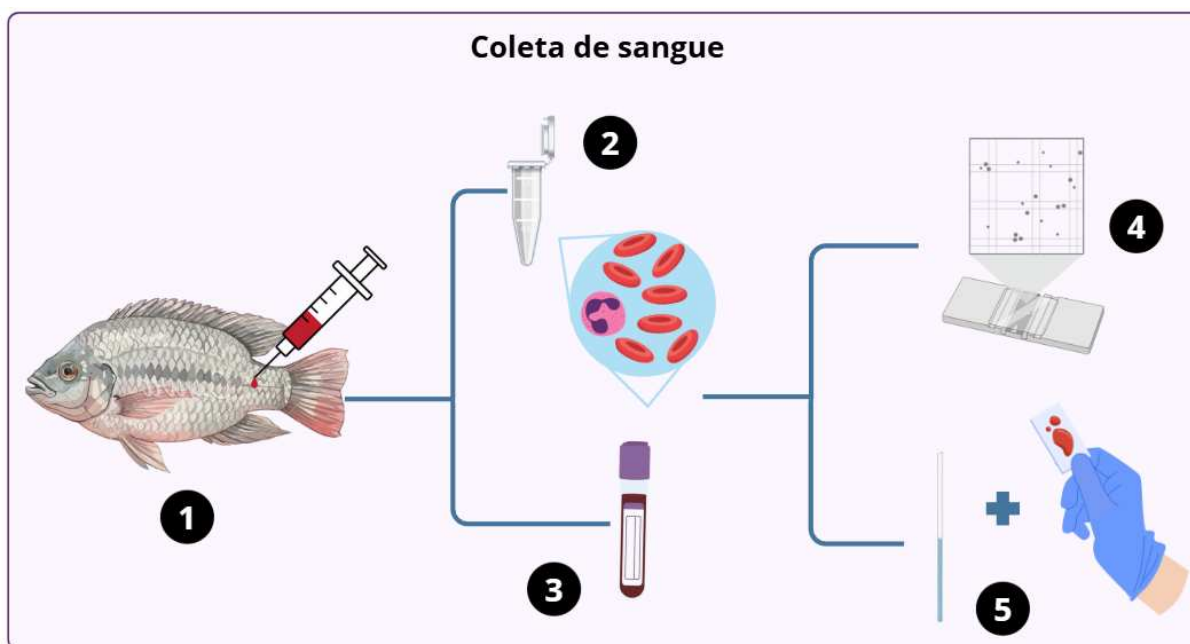
1) Exemplares de tilápia-do-Nilo utilizados na exposição ao antibiótico amoxicilina. Ao final dos 21 dias, quatro exemplares de cada aquário foram coletados e eutanasiados em solução com Eugenol (2); 3) Mensuração de comprimento total e comprimento- padrão; 4) Dissecção para retirada das brânquias (apontadas pela seta vermelha); 5) Material após coleta em recipiente apropriado com solução de paraformaldeído a 4% em tampão fosfato; e 6) Emblocamento em historesina. **Fonte:** Presente estudo, 2026. Imagem de tilápia-do-Nilo com brânquia exposta, Panorama Aquicultura - <https://panoramadaaquicultura.com.br/tag/branquia/>.

4.1.2 Análises hematológicas

O sangue de quatro exemplares de tilápia-do-Nilo de cada aquário foi coletado previamente à eutanásia dos animais, totalizando 48 peixes, perfazendo 12 animais por grupo experimental. A metodologia utilizada foi a punção veno-caudal com seringas de 3 mL acopladas a agulhas hipodérmicas 25x7, ambas descartáveis, e embebidas com heparina para evitar hemólise.

Após coleta do sangue, uma alíquota de 10 μ L foi depositada em *Eppendorf* com 2 mL de solução formol-citrato-azul de toluidina, seguindo a diluição 1:200, para contagem de hemácias e leucócitos em câmara de Neubauer, seguindo metodologia proposta por Oliveira-Junior *et al.* (2009). A figura 6 representa as etapas da metodologia.

Figura 6 – Esquema representativo das etapas de coleta de sangue e processamento para análises sanguíneas.



1) Coleta veno-caudal em exemplar de tilápia-do-Nilo; 2) Fração do sangue depositada em *Eppendorf* com formol-citrato-azul de toluidina para contagem celular em câmara de Neubauer, representado por 4; 3) Fração utilizada para montagem de esfregaço sanguíneo e determinação do hematócrito utilizando tubo microhematócrito, representado por 5. **Fonte:** Presente estudo, 2026.

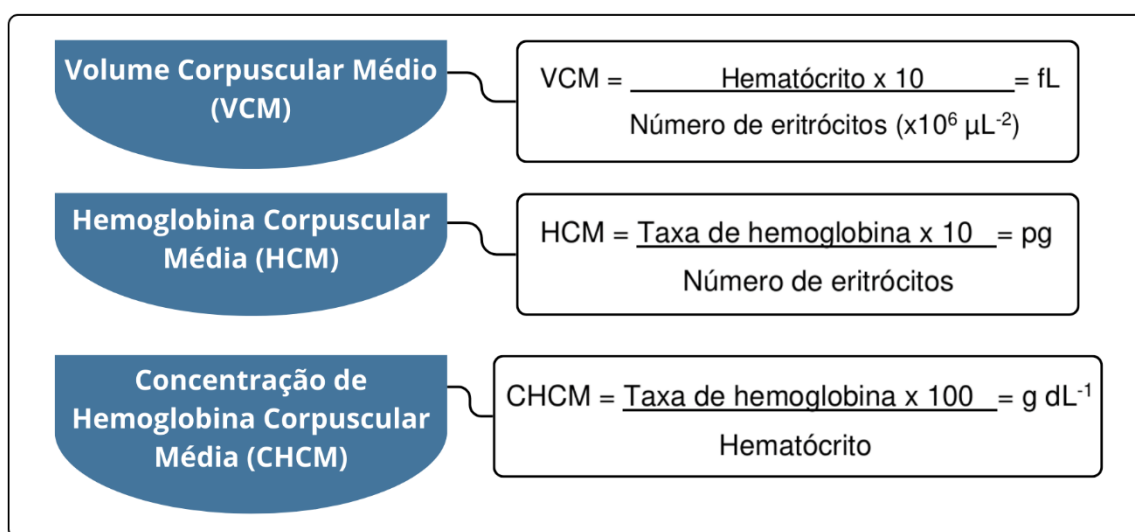
Após essa etapa, fez-se a contagem dos eritrócitos e leucócitos em câmara de Neubauer seguindo metodologias de Ranzani-Paiva *et al.*, (2013), que descrevem a contagem de leucócitos nos quadrantes laterais e de eritrócitos nos quadrantes centrais (5 quadrados apenas) da referida câmara. A outra fração do sangue foi utilizada para determinação do hematócrito (Goldenfarb *et al.*, 1971) e esfregaço sanguíneo para avaliação morfológica, caracterização e contagem das células sanguíneas.

A partir do método cianometahemoglobina foi possível avaliar a concentração de hemoglobina. Esse método consiste na conversão de compostos de hemoglobina em cianometahemoglobina, sob ação de ferrocianeto de potássio e cianeto de potássio (Collier, 1944). Para isso, uma alíquota de 10 µL da amostra de sangue foi diluída em 2,5 mL de solução Drabkin (kit comercial Bioclin®). Após 30 minutos, a leitura das amostras foi feita em espectrofotômetro Biochrom Libra S22 a 540 nm (nanômetros). Para comparação dos resultados com valor de referência, utilizou-se solução comercial com 11,3 mg/dL de hemoglobina (Bioclin®). Ao final, os resultados encontrados foram corrigidos e ajustados conforme curva-padrão (Ranzani-Paiva *et al.*, 2013).

4.1.3 Índices hematimétricos

Os índices avaliados com o sangue coletado foram Volume Corpuscular Médio (VCM), Hemoglobina Corpuscular Média (HCM) e Concentração de Hemoglobina Corpuscular Média (CHCM), calculados a partir dos valores encontrados anteriormente para contagem de eritrócitos e quantificação da hemoglobina e hematócrito, seguindo metodologia de Ranzani-Paiva *et al.* (2013). As fórmulas para os cálculos podem ser observadas na figura 7.

Figura 7 – Fórmulas utilizadas para cálculo dos índices hematimétricos.



Fonte: Adaptado de Ranzani-Paiva *et al.* (2013).

4.1.4 Histomorfometria de brônquias

4.1.4.1 Processamento do material histológico

A eutanásia dos animais foi realizada conforme diretrizes estabelecidas pelo Conselho Nacional de Controle de Experimentação Animal (CONCEA) (Brasil, 2023), como também por orientações do Guia Brasileiro de Boas Práticas para Eutanásia de Animais (CFMV, 2013).

Após eutanásia dos animais, realizou-se a coleta do segundo arco branquial do antímero esquerdo, como padronização de coleta das amostras. Os fragmentos foram devidamente fixados em solução de paraformaldeído a 4% em tampão fosfato. Após fixação do material, o processamento das amostras foi feito com base nos protocolos de rotina do LBP, como descrito nos tópicos a seguir:

1. Lavagem do material em álcool 70% por duas vezes;
2. Após lavagem, o material foi mantido em álcool 90% por 4 horas;

3. Em seguida, os fragmentos foram transferidos para solução resina:álcool, proporção 1:1 onde permaneceram por 24h;
4. Finalizadas as 24h, os fragmentos foram imersos em resina pura para infiltração por 48h;
5. Após esse passo, fez-se o início do processo de emblocamento, em que os fragmentos foram colocados em moldes com pocinhos contendo resina e endurecedor Leica (10 mL de resina para 1,1 mL de endurecedor);
6. Os moldes foram então colocados em estufa a 60°C por 24h para polimerização;
7. Após completa polimerização, o material foi retirado dos moldes e colado com cola epóxi Araldite em blocos de madeira de 2 cm x 2 cm, identificados com o número do aquário, o número do peixe que foi coletado e a concentração do aquário (A1-1 C3, por exemplo);
8. Após secagem da cola, antes dos cortes histológicos, os blocos permaneceram em estufa a 60°C por 4h, para endurecimento da resina, a fim de evitar a quebra do bloco ou obtenção de cortes que impossibilitassem a leitura posteriormente;
9. Os cortes foram realizados na espessura de 4 µm e, a cada quatro cortes, o quinto corte era utilizado para montagem da lâmina. Os cortes foram obtidos em micrótomo LEICA 2055 Multicult® utilizando-se navalha de vidro;
10. Os cortes são transferidos para lâminas de vidro e duas lâminas foram produzidas para cada exemplar de tilápia;
11. A coloração das lâminas foi feita com Azul de Toluidina e a montagem das lâminas com lamínulas e Entellan®;
12. Por fim, após o processamento, foram obtidas imagens digitais com câmera acoplada ao microscópio Optcam 0400S para análises histomorfométricas por meio do programa ImageJ.

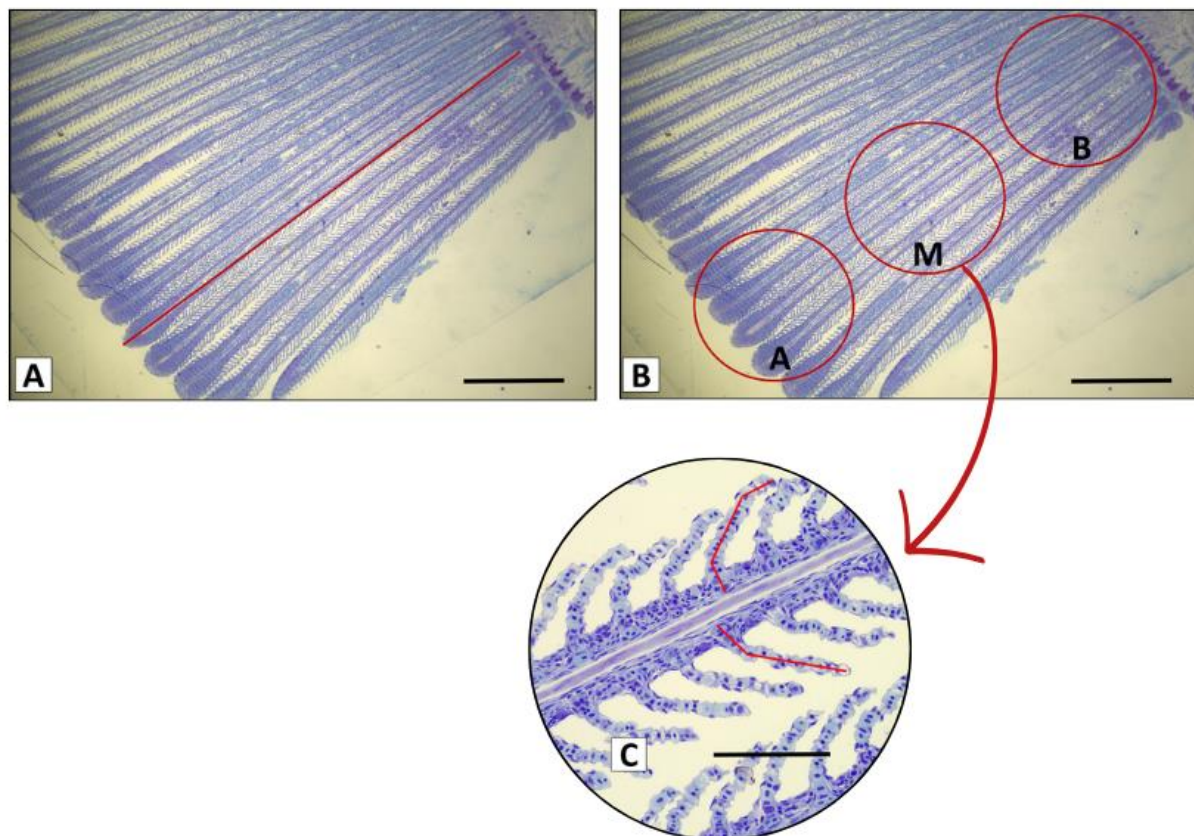
4.1.4.2 Análises histomorfométricas.

A avaliação histomorfométrica desse órgão foi realizada a partir dos biomarcadores comprimento de lamelas primárias e comprimento de lamelas secundárias.

Para isso, foram selecionados aleatoriamente seis animais de cada grupo experimental e grupo controle, e os tecidos, fotografados com objetivas de 4X e 40X com fotomicroscópio Optcam 0400S. O aumento de 4X foi utilizado para mensuração do comprimento das lamelas primárias, e o aumento de 40X, para mensuração do comprimento das lamelas secundárias (Figura 8).

No total, foram medidos os comprimentos de cinco lamelas primárias em cada animal, e após, um par de lamelas secundárias nos terços basal, médio e apical, com apoio do programa ImageJ. Os dados foram tabulados para posteriores análises estatísticas.

Figura 8 – Fotomicrografias de brânquias de *Oreochromis niloticus* expostas às concentrações do antibiótico amoxicilina demonstrando a mensuração das estruturas avaliadas.



A) Aumento de 4x para mensuração dos comprimentos de lamelas primárias, indicada pela linha vermelha; B) Aumento de 4x para visualização dos terços basal (B), médio (M) e apical (A) das lamelas primárias, indicada pelos círculos em vermelho; e C) Aumento de 40x para mensuração dos comprimentos de lamelas secundárias, indicada pelas linhas vermelhas. Barras: 1000 μm (A e B) e 100 μm (C). Fonte: Presente estudo, 2026.

4.1.5 Análises estatísticas

A análise estatística foi realizada para comparar a variável resposta entre quatro grupos definidos por concentrações de exposição (ao antibiótico amoxicilina) e grupo controle. Primeiro, foi verificado se os dados de cada grupo seguiam uma distribuição normal pelo teste de Shapiro-Wilk. Como parte dos resultados apresentou normalidade não atendida, optou-se por um método de comparação entre grupos mais tolerante a diferenças de variabilidade entre eles.

Considerando que os grupos poderiam ter variâncias diferentes (e também tamanhos de amostra distintos), foi aplicada a ANOVA de Welch, que permite comparar as médias dos grupos sem exigir que todos tenham a mesma variância. Assim, testou-se se havia diferença nas médias da variável resposta entre os grupos ($p \leq 0,05$).

Quando a ANOVA apontou diferença global significativa, foi feito um teste *post hoc* para identificar quais grupos diferiam entre si. Para isso, utilizou-se o teste de Games-Howell, adequado quando as variâncias não são iguais. Por fim, os resultados foram apresentados por grupo como média $\pm$ desvio-padrão, acompanhados dos valores de p e, quando pertinente, das diferenças estimadas entre grupos ($<0,05$).

4.2 Ensaio com dáfnias

A pesquisa foi realizada conforme Norma Técnica 12713 da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) para ensaios de toxicidade aguda com *Daphnia* spp. (Crustacea, Cladocera) (ABNT, 2022).

O estudo ocorreu no Laboratório de Engenharia Sanitária e Ambiental (LESA) da Universidade Federal de Viçosa.

A pesquisa consistiu na exposição aguda de exemplares de *Daphnia similis*, pulgas d'água, a diferentes concentrações do antibiótico amoxicilina durante 48 horas para avaliação de imobilidade dos organismos e avaliação das concentrações de efeito que causem alterações em porcentagens dos organismos expostos empregando-se o *software* CETIS (*Comprehensive Environmental Toxicity Information System*) para análise dos dados.

Previamente aos ensaios ecotoxicológicos, a limpeza dos materiais utilizados para a montagem dos ensaios, como béqueres, balões volumétricos, ponteiras e pipetas de Pasteur, foi realizada seguindo uma ordem de lavagem em solução de ácido clorídrico a 10%, água corrente e água destilada, ambas etapas sucessivas vezes, a fim de remover possíveis contaminantes do material a ser utilizado. No total, foram realizados 4 testes de ecotoxicidade e uma carta controle, durante os meses de maio, junho e julho de 2025. Para isso, as etapas subsequentes estão descritas a seguir:

4.2.1 *Daphnia similis* e condições laboratoriais

Os testes de toxicidade aguda com *Daphnia similis* são estruturados conforme três eixos principais: os organismos, as condições laboratoriais específicas e a substância a ser estudada.

No que diz respeito aos organismos, o tempo de vida é de extrema relevância para sucesso experimental, uma vez que para realização dos testes ecotoxicológicos é necessário que os microcrustáceos tenham o tempo de vida entre 6 a 24 horas, chamados de neonatos. A geração dos neonatos ocorre a partir da partenogênese de linhagens parentais, as matrizes, que devem conter idade entre 7 e 28 dias. As populações são cultivadas em condições laboratoriais específicas, como meio de cultivo, temperatura, luz e alimentação adequados.

As dáfias são organismos encontrados em corpos d'água e, para o cultivo em laboratório, é necessário a coleta destes organismos do ambiente. Essa etapa foi realizada pela equipe do LESA, que mantém um plantel de organismos para estudos ambientais. Para isso, é necessário um meio de cultivo, chamado água de cultivo, a qual é frequentemente coletada pela mesma equipe em fontes de água superficiais do município de Viçosa/MG, para manutenção dos organismos e, após esse procedimento, parâmetros físico-químicos são ajustados conforme as condições necessárias à manutenção dos organismos, como dureza total e pH, seguindo a Normativa ABNT NBR 12713 (ABNT, 2022).

Os organismos são mantidos em béqueres de 1000 a 2000 mL, com luminosidade difusa, fotoperíodo de 12 a 16 horas-luz, e temperatura entre 20 ± 2 °C. O manuseio é feito com o uso de uma pipeta de Pasteur com diâmetro adequado ao tamanho desses organismos, haja vista que em um mesmo recipiente há organismos adultos e neonatos. A manutenção e troca do meio de cultivo ocorrem três vezes a cada semana e, junto a isso, há a retirada de neonatos para manutenção das linhagens parentais, além da observação da presença de efípios.

A presença de efípios inviabiliza o uso das linhagens parentais e há necessidade de substituição das matrizes de origem bem como os descendentes não devem ser utilizados para testes ecotoxicológicos. Nesse sentido, a cada 28 dias as linhagens parentais são substituídas por novos organismos e uma nova cultura é originada. Além da troca do meio, a alimentação é realizada a partir de algas verdes unicelulares da espécie *Raphidocelis subcapitata*, que são fornecidas por suspensão seguindo o padrão de 1 a 5×10^6 células/organismo, mas também pode ocorrer a partir de ração comercial para peixes. A quantidade de alimento fornecida ocorre conforme a quantidade de organismos presentes no meio; excessos podem ocasionar a morte e o desenvolvimento de efípios.

4.2.2 Descarte dos organismos e das soluções-teste

O descarte de qualquer organismo não deve ser feito diretamente no meio ambiente. Para descarte, o meio de cultivo em que os organismos estão presentes deve ser filtrado

previamente ao descarte e, após, o filtro deve ser lavado com solução de álcool etílico a 92,8° INPM para morte dos organismos ali presentes.

O descarte das soluções-teste contendo o antibiótico amoxicilina foi realizado conforme o descarte de substâncias químicas realizado pelo LBP/DVT seguindo recomendações estabelecidas pela UFV. Para isso, foi preenchida ficha para descrição da substância a ser descartada e o descarte da substância ocorreu em ambiente apropriado, em galões de dois e cinco litros de plástico com tampa.

4.2.3 Ensaio com substância de referência

O ensaio com substância de referência cloreto de sódio (NaCl) foi utilizado para avaliação da sensibilidade dos organismos e para comparação com a sensibilidade da substância de interesse (ABNT, 2022). Seguindo as instruções da Norma Técnica 12713 da ABNT (2022), realizou-se a exposição aguda de 120 exemplares de *Daphnia similis* a concentrações em g/L (grama por litro) de NaCl, como substância de referência.

O ensaio de referência é organizado semelhantemente ao ensaio definitivo e houve a organização dos organismos em um grupo controle e cinco grupos experimentais, com concentrações exponenciais de fator de multiplicação igual a dois. Os materiais utilizados são béqueres de 50 mL, pipetas de Pasteur e incubadora para manutenção dos parâmetros estabelecidos pela normativa supracitada, como temperatura e luminosidade. Em cada béquer foram distribuídos cinco organismos e cada concentração e o grupo controle foram constituídos por quadruplicata, como observado na figura 9.

O tempo de exposição à substância de referência equivale a 48 ± 1 h, e após foi realizada a contagem dos organismos móveis para análise de CE_{50} e FT, a partir do *software* CETIS.

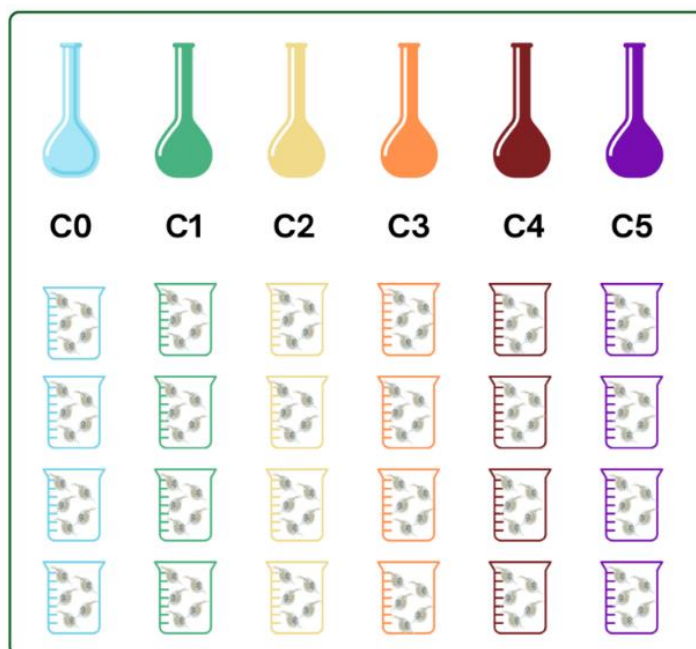
4.2.4 Teste agudo de exposição ao antibiótico amoxicilina

Após realizado o teste com a substância de referência, o teste definitivo foi organizado de maneira semelhante (Figura 9). As concentrações escolhidas para condução dos ensaios seguiram referências descritas por Aquino *et al.* (2013), Lee *et al.*, (2021) e Yisa *et al.* (2023).

No total, foram utilizados 120 organismos que foram distribuídos em quadruplicatas das concentrações de estudo e um grupo controle, totalizando 24 béqueres de 50 mL contendo cada cinco organismos. Após definidas as concentrações a serem testadas, uma série de soluções-

teste foi organizada mantendo o fator de diluição entre 1,2 e 2, seguindo a normativa estabelecida para ensaios com *Daphnia similis* (ABNT, 2022).

Figura 9 – Desenho experimental para testes agudos de toxicidade com *Daphnia similis*.



Cinco grupos com diferentes concentrações (C1 a C5) e um grupo controle (C0), representados por diferentes cores. Em cada béquer, observam-se cinco organismos, que representam as dáfias. Para cada grupo há quatro béqueres, representados da mesma cor equivalente aos balões volumétricos. **Fonte:** Presente estudo, 2026.

Para o ensaio definitivo, são necessárias cinco soluções-teste e o controle. O controle é organizado seguindo as mesmas condições das concentrações testadas; no entanto, o meio utilizado é a água de diluição. Além disso, pH e oxigênio dissolvido devem ser avaliados no início e final de cada teste. As soluções-teste foram preparadas a partir de uma solução estoque inicial, e para os ensaios de toxicidade do presente estudo, cápsulas de amoxicilina foram diluídas em água destilada em balões volumétricos. A concentração dessa solução-estoque variou conforme cada teste, visto a necessidade de aumento gradativo da quantidade de amoxicilina, evidente para definição das soluções-teste.

Na sequência, os organismos-teste foram transferidos com auxílio de pipeta de Pasteur, e colocados nos béqueres da menor para a maior concentração. Ao final, os béqueres foram tampados e colocados em incubadora a 20 ± 2 °C durante 48 ± 1 h, com fotoperíodo de 12 a 16 h de luz difusa, sem alimentação. Após o tempo de exposição, foi realizada a contagem dos organismos que sobreviveram e tabulação dos dados para análise posterior. A partir desses dados, é possível estabelecer a concentração de exposição em que há letalidade de 50% dos organismos e o fator de toxicidade (FT) da substância de estudo em questão.

4.2.5 Análises estatísticas

Os dados referentes à contagem de organismos sobreviventes foram analisados pelo *software* CETIS, tanto para o teste com a substância de referência, para definição de uma carta-controle, quanto para os testes de toxicidade, para determinação da CE₅₀.

4.3 Questionário digital

A última etapa da pesquisa foi apreciada pelo Comitê de Ética de Pesquisa com Seres Humanos (CEP) da Universidade Federal de Viçosa, parecer 7.700.970, e consistiu na elaboração, aplicação e análise de um questionário digital aplicado a docentes, corpo técnico-administrativo, alunos de mestrado, doutorado e residência, pós-doutorandos, e alunos de graduação com idade superior a 18 anos dos Departamentos de Veterinária, Medicina e Enfermagem, e Nutrição e Saúde. Ao todo, 1500 indivíduos foram contabilizados para participação da pesquisa, a qual foi realizada em ambiente virtual.

4.3.1 Construção do questionário

4.3.1.1 Descrição do público

A partir da pergunta principal “Quais são os conhecimentos que docentes, corpo técnico-administrativo e estudantes dos cursos da área da saúde da UFV possuem sobre do antibiótico amoxicilina?”, foi elaborado um questionário pela ferramenta *Google Forms* intitulado “Avaliação do uso do antibiótico amoxicilina nos cursos da área da saúde da Universidade Federal de Viçosa”.

O estudo é caracterizado como quali-quantitativo e possibilitou a observação de similaridades e diferenças entre as respostas dos participantes para que, ao final, fosse possível responder à pergunta da pesquisa.

O formulário anônimo coletou apenas o e-mail para posterior envio dos resultados da pesquisa. Os dados foram tratados com privacidade e sob nenhuma hipótese os participantes foram identificados.

4.3.1.2 Perguntas do questionário

A elaboração das perguntas ocorreu em parceria com a Liga Acadêmica de Anatomia Veterinária (LAANATO), coordenada pelo professor Laércio dos Anjos Benjamin. A LAANATO faz parte do Departamento de Veterinária da UFV e é constituída por estudantes de graduação e uma estudante de pós-graduação. Diante disso, as perguntas foram organizadas em cinco eixos:

Eixo 1: Descrição do público

As perguntas consistiram na identificação do público como vínculo institucional (estudante de graduação, estudante de pós-graduação, docente, servidor técnico-administrativo, residente ou outro tipo de vínculo), assim como informações sobre o período do curso no qual o estudante se encontra, para os pós-graduandos se estão no mestrado ou doutorado, e para os servidores técnico-administrativos qual a área de atuação. Por fim, com qual departamento da instituição os participantes têm vínculo (Departamentos de Veterinária, Medicina e Enfermagem ou Nutrição e Saúde).

Eixo 2: Uso da amoxicilina e outros antibióticos

As perguntas que compõem esse eixo foram construídas para avaliar o uso do antibiótico amoxicilina para o tratamento de doenças que afetassem a saúde dos participantes, assim como a frequência com a qual a medicação foi utilizada para isso. Além dessa informação, buscou-se compreender quais outras medicações foram usadas pelos participantes. Ademais, outro aspecto avaliado foi a frequência de prescrição da amoxicilina e de outros antibióticos e, para isso, a escala numérica foi escolhida para analisar as respostas. Os participantes que não prescrevem poderiam selecionar a opção “Não se aplica”.

Outro aspecto avaliado nesse eixo foi o uso indiscriminado da medicação. A partir de uma pergunta norteadora, foi possível abordar sobre a existência ou não de preocupação quanto ao uso indiscriminado de antibióticos. Essa pergunta foi direcionada a todos os participantes da pesquisa e se relacionou com as possíveis atividades realizadas pelo público alvo, como participação em disciplinas, estágios, projetos de extensão e de iniciação científica para os estudantes, o ambiente da sala de aula e laboratórios para os docentes e o ambiente de trabalho para o corpo técnico-administrativo. Além disso, como o uso indiscriminado é abordado nesses ambientes foi outro questionamento realizado.

Eixo 3: Antibióticos como poluentes emergentes

Os antibióticos são exemplos de poluentes do ambiente aquático e, dessa maneira, enquadram-se como poluentes emergentes. Diante disso, no eixo três, questões relacionadas aos efeitos da presença de antibióticos no ambiente aquático, assim como a introdução do termo “Contaminante emergente” compuseram as perguntas iniciais desse eixo. As maneiras pelas quais um antibiótico pode chegar no ambiente aquático foi outra pergunta que possibilitava ao participante a marcação de várias respostas. Da mesma maneira, quais seriam as consequências da presença dos antibióticos nesse ambiente e quais os possíveis riscos para a saúde humana.

Eixo 4: Uso indiscriminado de antibióticos

A heterogeneidade dos participantes possibilitou a compreensão de percepções de profissionais que atuam e de futuros profissionais que atuarão na área da saúde. A formação de estudantes e a atuação de profissionais possibilitam visões diferentes acerca do uso indiscriminado de antibióticos. Dessa forma, perguntas que induzissem uma reflexão acerca do uso indiscriminado constituíram esse eixo, bem como quais os cuidados para evitar a resistência microbiana aos antibióticos e como a prescrição indiscriminada contribui com a presença de antibióticos no ambiente aquático. A existência e o conhecimento acerca de protocolos e regulamentações que padronizem o uso também estiveram entre as perguntas do questionário.

Eixo 5: Regulamentação e conscientização sobre o uso de antibióticos

Perguntas que incentivaram os participantes a demonstrarem a sua opinião sobre o tema constituíram esse eixo. Nele, o público foi questionado sobre a existência de conscientização da população sobre a presença de contaminantes emergentes na água, e caso fosse existente, como essa conscientização era realizada. Ainda, como a área de atuação ou futura área de atuação poderá contribuir para minimizar os impactos ambientais dos antibióticos.

Ao final do questionário foi perguntado aos participantes quais sugestões eles fariam para pesquisas futuras sobre o impacto ambiental dos antibióticos em organismos aquáticos. O questionário pode ser observado no Anexo A. O acesso ao formulário foi realizado por intermédio do *QRCode*, observado na figura 10.

Figura 10 – Convite para participação da pesquisa a partir do *QrCode*.

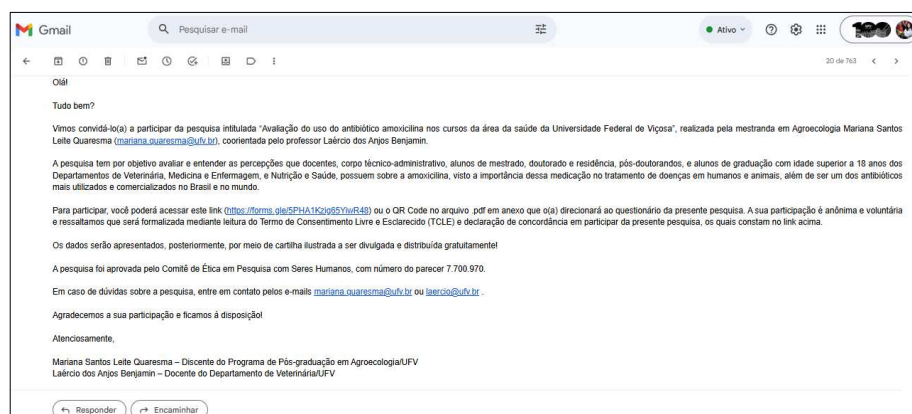


Fonte: Presente estudo, 2025.

4.3.2 Divulgação e parcerias

A divulgação e o convite para a pesquisa ocorreram a partir de parcerias com os Departamentos de Veterinária, Medicina e Enfermagem, e Nutrição e Saúde, que por meio das chefias e secretarias, a pesquisa foi enviada aos docentes, corpo técnico-administrativo e estudantes por e-mail institucional. O envio do e-mail foi realizado com lista oculta, para assegurar a privacidade dos participantes. Exemplo de convite enviado às chefias e às secretarias pode ser observado na figura 11.

Figura 11 – Corpo de e-mail enviado às chefias e às secretarias dos Departamentos participantes da pesquisa.



Fonte: Presente estudo, 2025.

Ademais, o convite também foi realizado de maneira presencial. A partir da colaboração de professores dos departamentos envolvidos, a presente autora desta dissertação teve a oportunidade de conversar pessoalmente com estudantes da graduação, pós-graduação e ter

contato direto com docentes e servidores técnico-administrativos. Esses momentos serviram para estabelecer conexões, demonstrar a importância da participação e colaboração dos convidados com a pesquisa, bem como a relevância que o estudo tem. Além disso, cartazes foram fixados nos Departamentos com *QRCode* disponível para acesso pelos participantes.

4.3.3 Análises das respostas

Os dados foram analisados à semelhança da análise de conteúdo proposta por Bardin em 1977 (Santos, 2012), que consiste na divisão em categorias de análise: 1. Descrição do público; 2. Uso da amoxicilina e outros antibióticos; 3. Antibióticos como poluentes emergentes; 4. Uso indiscriminado de antibióticos; e 5. Regulamentação e conscientização sobre o uso de antibióticos. Além disso, as sugestões para novas pesquisas foram analisadas para compreensão dos questionamentos do público participante, fontes para novos estudos. Essas categorias surgiram a partir da pergunta inicial da pesquisa somadas às contribuições da LAANATO. Diante disso, explorar recortes de cada tema-objeto, de maneira a costurá-los como uma colcha de retalhos, à semelhança do trabalho desenvolvido por Mendes e Miskulin (2017), proporcionou a análise dos dados, e assim, o diagnóstico do uso da amoxicilina nos cursos da área da saúde da UFV.

4.3.4 Aspectos éticos

O Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE), elaborado conforme orientação da Plataforma Brasil foi a primeira parte presente no formulário digital. O convidado pode decidir em participar ou não da pesquisa, e assim, assinalou a declaração de participação. No TCLE continha também o passo a passo para salvar uma cópia deste documento, assim como para encerramento da pesquisa. O termo está apresentado no Anexo A.

Os dados coletados foram armazenados em dispositivo do pesquisador responsável e foram tratados seguindo os padrões de sigilo e confiabilidade, de forma a atender a Resolução 466/2012 do Conselho Nacional de Saúde do Brasil (Brasil, 2012), e as informações coletadas foram utilizadas somente para fins acadêmicos e científicos. Ademais, foi exposto ao participante que a qualquer momento ele poderia deixar de participar da pesquisa, sem a ocorrência de danos ou diferença de tratamento pelos pesquisadores, assim como os pesquisadores responsáveis estariam disponíveis para sanarem dúvidas por meio dos contatos descritos no TCLE.

5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1 Ensaio com tilápia-do-Nilo

5.1.1 Análises de água

5.1.1.1 Parâmetros físicos-químicos

Os parâmetros físicos da água foram mensurados durante os 21 dias do experimento para manutenção do ambiente favorável à sobrevivência da tilápia-do-Nilo. Para isso, a Resolução N° 430/2011 do CONAMA foi considerada como referencial para as análises dos valores encontrados em cada aquário, assim como os trabalhos realizados por Boyd e Tucker, (1998), Kubitza (2011) que definiram esses parâmetros para produção de peixes.

A temperatura (T°C), o oxigênio dissolvido (OD - mg/L) e o potencial hidrogeniônico (pH) foram os parâmetros avaliados. A temperatura média dos aquários do grupo controle, bem como os aquários de concentração 3µg/L e 6,5µg/L de amoxicilina, foi mantida em 27°C. Nos aquários de concentração 10µg/L a temperatura média foi de 26,7°C. O valor médio encontrado para oxigênio dissolvido variou de 5,50 a 5,87 mg/L entre os grupos, e o pH variou de 6,19 a 6,37 (Tabela 1).

Tabela 1 – Parâmetros da qualidade de água durante o período experimental nos grupos de tilápias-do-Nilo expostas à amoxicilina e no grupo controle.

Parâmetros de qualidade	Controle	3,0 µg/L	6,5 µg/L	10,0 µg/L	F	p	Referência
T (°C)	27,20±0,365a	27,0±0,367a	27,0±0,451ac	26,7±0,375bc	8,69	0,0001096	27-32°C** 26-28°C***
OD (mg/L)	5,73±0,504 cd	5,60±0,334cd	5,87±0,398ac	5,50±0,358bd	3,61	0,01998	>6,0mg/L* 5-6mg/L***
pH	6,19±0,159b	6,37±0,147a	6,13±0,126b	6,21±0,176b	11,61	0,000008487	6,0-9,0* 6,00-8,50**

Valores médios e desvios-padrão nas diferentes concentrações de amoxicilina e no grupo controle, de acordo com os testes Welch ANOVA e Games-Howell ($p \leq 0,05$). Letras diferentes na mesma linha indicam diferenças estatísticas. T – temperatura; OD – oxigênio dissolvido; e pH – potencial hidrogeniônico. *Resolução n° 357/2005 CONAMA e ** Kubitza (2011); e *** Boyd e Tucker, (1998).

Valores esperados para oxigênio dissolvido segundo o CONAMA não devem ser inferiores a 6mg/L e o pH deve permanecer entre 6,0 e 9,0 (CONAMA, 2011), mas valores para criação de peixes consideram o intervalo de 5 a 6 mg/L para OD (Boyd e Tucker, 1998) e pH entre 6,00 e 8,50 (Kubitza, 2011). A temperatura é variável e depende da espécie escolhida para o estudo e o estágio de desenvolvimento (Moro *et al.*, 2013a). Kubitza (2011) demonstrou que a faixa de conforto térmico ideal para a tilápia está entre 27 e 32°C.

As diferenças estatísticas encontradas para as medidas de temperatura ocorreram entre o grupo controle e grupo 3,0µg/L com o grupo de concentração 10µg/L. Para o parâmetro de oxigênio dissolvido, as diferenças estão presentes apenas entre o grupo de 6,5µg/L e 10µg/L. Por fim, os valores de pH apresentaram diferenças entre o grupo de concentração 3,0µg/L com os grupos controle, 6,5µg/L e 10µg/L.

A temperatura é o parâmetro fundamental para manutenção da alimentação e, assim, o crescimento dos peixes. Valores acima ou abaixo da faixa de temperatura adequada inibem o apetite e o crescimento, favorecem o desenvolvimento de doenças, assim como influenciam em outros parâmetros de qualidade da água, desenvolvimento de microrganismos e toxicidade de contaminantes (Moro *et al.*, 2013b).

Ademais, a quantidade de oxigênio disponível para respiração é outro fator relevante para manutenção da qualidade da água. Nesse sentido, fatores como a presença de matéria orgânica e nutrientes, quantidade de sólidos em suspensão, turbidez, grau de eutrofização do ambiente, taxa de reposição da água, consumo de oxigênio durante a noite, e variação da quantidade de oxigênio entre dia e noite, estão entre as causas de variação do OD (Queiroz e Boeira, 2016). Valores abaixo do esperado dificultam a alimentação e crescimento dos peixes (Moro *et al.*, 2013b).

O pH mede a concentração de íons H^+ e OH^- presentes na água que definirão um ambiente ácido, neutro ou alcalino. Desse modo, o funcionamento das brânquias e, conseqüentemente, o equilíbrio osmótico e a respiração são afetados quando ocorrem alterações no pH da água. Isso influenciará no crescimento e no desenvolvimento dos peixes, assim como influenciam no equilíbrio dos compostos nitrogenados (Kubitza, 2003; Ishikawa *et al.*, 2020). Além disso, sinais clínicos como o excesso de muco podem ser observados nos peixes quando há o desequilíbrio nos valores de pH, sendo essa característica um ponto de observação importante para análise do bem-estar (Ishikawa *et al.*, 2020).

A entrada de fertilizantes agrícolas, poluentes domésticos, industriais e esgotos no interior de viveiros podem causar aumento repentino da densidade de fitoplâncton, redução da concentração de oxigênio dissolvido, redução do pH, estresse aos peixes e aumento da incidência de parasitos e ocorrência de doenças (Ishikawa *et al.*, 2020).

Diante desses resultados, as variações encontradas nos parâmetros físicos de qualidade da água entre os grupos experimentais e o grupo controle foram mantidas dentro dos padrões de referência. A limpeza diária dos aquários, o uso de equipamentos como termostato, termômetro e bombas de oxigenação, assim como o monitoramento diário possibilitaram a manutenção de um ambiente favorável à espécie, haja vista que não houve mortalidade entre os grupos. Essas ações possibilitaram a boa gestão da qualidade da água e a garantia de bem-estar dos peixes, como afirmaram Ishikawa *et al.* (2020).

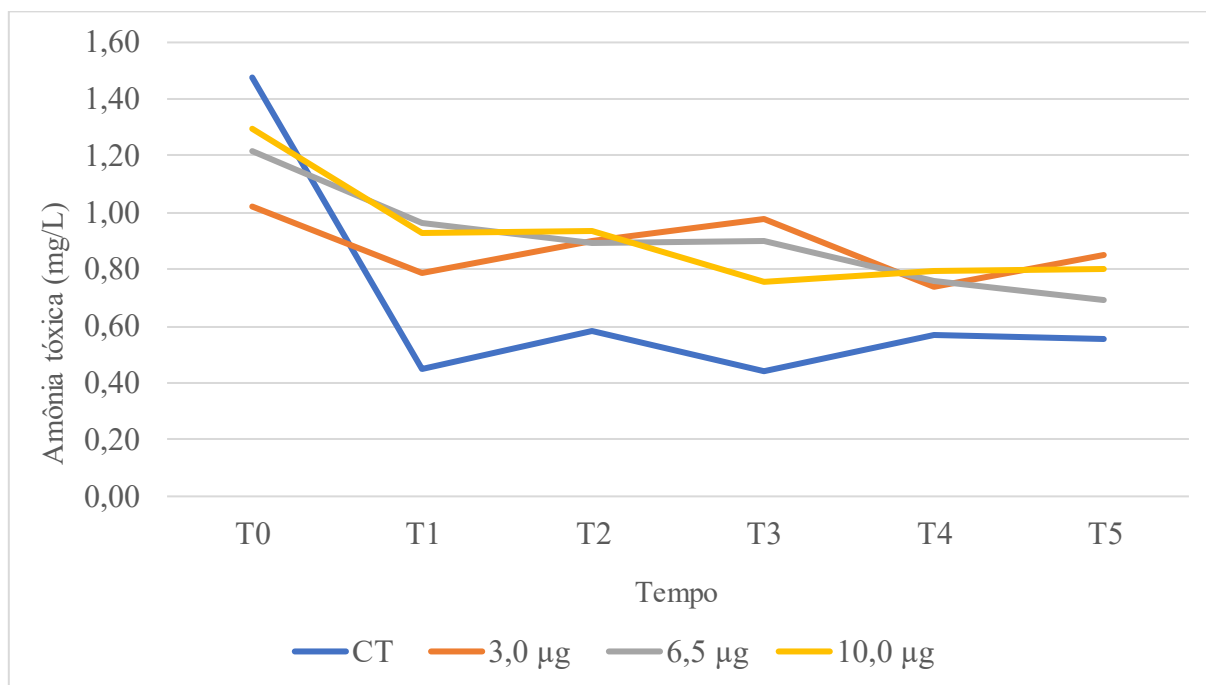
5.1.1.2 Compostos nitrogenados

As médias encontradas para os valores de amônia nos grupos experimentais e no grupo controle demonstraram que no primeiro dia de coleta da água para mensuração deste composto, todos os grupos apresentaram os valores de amônia elevados, sendo o grupo controle com maior média observada. No entanto, com a análise nos dias subsequentes, com intervalos de três dias a cada coleta, os valores comportaram-se de maneira decrescente, e o grupo controle mostrou os menores valores para concentração de amônia, como observado na figura 12 e tabela 2. A maioria dos valores observados para amônia durante o tempo experimental estiveram acima do valor de referência, mas, não ultrapassaram as concentrações letais para os organismos, o que foi refletido pela ausência de mortalidade nos grupos experimentais e no grupo controle.

A concentração de amônia excretada pelos peixes está relacionada diretamente com fatores como o estado nutricional, fisiológico momentâneo, temperatura do meio, ingestão de alimento, concentração de amônia presente no meio, assim como o pH. Concentrações letais de amônia estão entre 2,0 a 3,0 mg/L, e alterações como o aumento do fluxo de água pelas brânquias, observada pela movimentação do opérculo, assim como sinais clínicos como convulsões, coma e morte, são observados quando os níveis estão elevados (Moro *et al.*, 2013b). No presente estudo, os valores para a amônia tóxica estiveram sempre inferiores às concentrações letais para a espécie.

A ocorrência de valores elevados no primeiro dia pode ser justificada pela adaptação dos animais ao manejo dos aquários para limpeza e reposição de água, assim como a exposição ao fármaco.

Figura 12 – Médias dos valores de amônia tóxica (NH₃) (mg/L) em diferentes tempos durante o período experimental nos grupos de tilápias-do-Nilo expostas à amoxicilina e no grupo controle.



CT – Grupo controle. Valores médios de cada grupo experimental e do grupo controle a cada três dias do tempo experimental.

Tabela 2 – Amônia tóxica (mg/L) em diferentes tempos durante o período experimental nos grupos de tilápias-do-Nilo expostas à amoxicilina e no grupo controle.

Tratamentos	T0	T1	T2	T3	T4	T5
Controle	1,48±0,02	0,45±0,19	0,58±0,22	0,44±0,13	0,57±0,24	0,55±0,23
3,0 µg/L	1,02±0,31	0,79±0,11	0,90±0,09	0,97±0,27	0,74±0,06	0,85±0,07
6,5 µg/L	1,22±0,23	0,97±0,35	0,89±0,11	0,90±0,14	0,76±0,17	0,69±0,21
10 µg/L	1,30±0,26	0,93±0,11	0,93±0,19	0,76±0,23	0,79±0,21	0,80±0,06

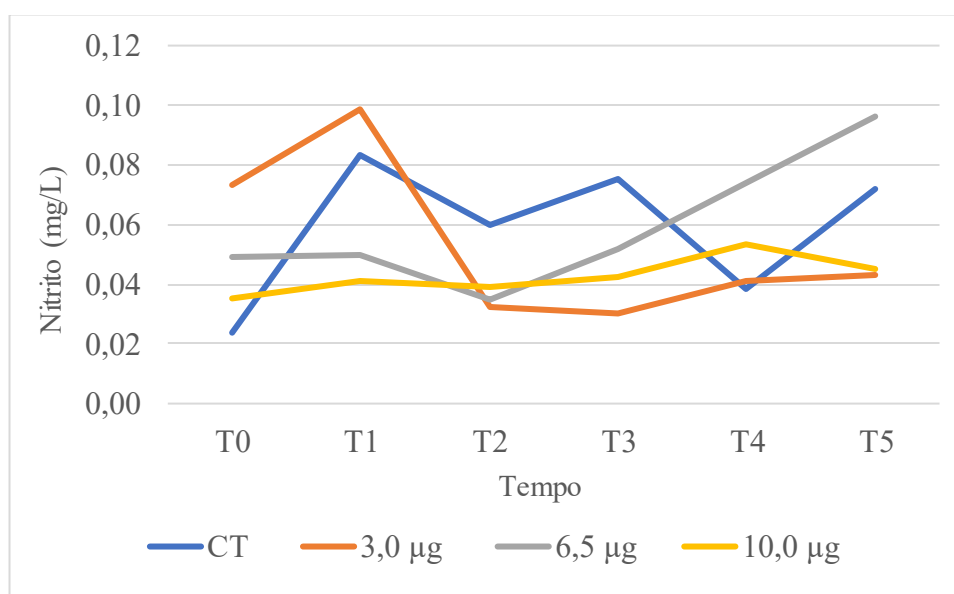
Comparação direta de médias e desvios-padrão entre as concentrações mensuradas durante as coletas para os aquários de cada grupo experimental. T0 – 06/12/2023; T1 – 08/12/2023; T2 – 12/12/2023; T3 – 15/12/2023; T4 – 18/12/2023; e T5 – 20/12/2023. Valores de referência de amônia tóxica (não ionizada) para cultivo de peixes: <0,6 mg/L segundo Boyd e Tucker (1998) e <0,2mg/L conforme Moro *et al.* (2013).

Em consonância às análises de amônia, o nitrito também foi quantificado nos mesmos dias. Os valores médios de nitrito nos grupos experimentais e no grupo controle estiveram abaixo do valor de referência, apesar do comportamento variável nos dias de coleta (Figura 13

e Tabela 3). O valor máximo de nitrito tolerado pela maioria das espécies de peixes é de 0,50 mg/L e valores superiores a este geralmente causam a morte dos peixes (Moro *et al.*, 2013b, p. 156). Esse composto é derivado da nitrificação da amônia por bactérias do gênero *Nitrossomonas* e, posteriormente, transformado em nitrato pelas bactérias do gênero *Nitrobacter* (Kubitza, 1998; Moro *et al.*, 2013b).

A retirada parcial de água para limpeza dos aquários pode ter reduzido a quantidade de bactérias nitrificantes, responsáveis por transformar o nitrito em nitrato, forma menos tóxica (Moro *et al.*, 2013b). Assim, valores mais elevados são observados quando há a insuficiência desses organismos, visto que as sobras de ração eram retiradas do aquário após a alimentação dos peixes.

Figura 13 – Média dos valores de nitrito (NO_2^-) (mg/L) determinados em diferentes tempos durante o período experimental nos grupos de tilápias-do-Nilo expostas à amoxicilina e no grupo controle.



CT – Grupo controle. Valores médios de cada grupo experimental e grupo controle a cada três dias do tempo experimental.

Tabela 3 – Nitrito (mg/L) em diferentes tempos durante o período experimental nos grupos de tilápias-do-Nilo expostas à amoxicilina e no grupo controle.

Tratamentos	T0	T1	T2	T3	T4	T5
Controle	0,02±0,02	0,08±0,04	0,06±0,03	0,08±0,07	0,04±0,02	0,07±0,06
3,0 µg/L	0,07±0,06	0,10±0,06	0,03±0,01	0,03±0,01	0,04±0,02	0,04±0,02
6,5 µg/L	0,05±0,05	0,05±0,05	0,03±0,01	0,05±0,00	0,07±0,03	0,10±0,06
10 µg/L	0,04±0,03	0,04±0,01	0,04±0,02	0,04±0,01	0,05±0,01	0,05±0,01

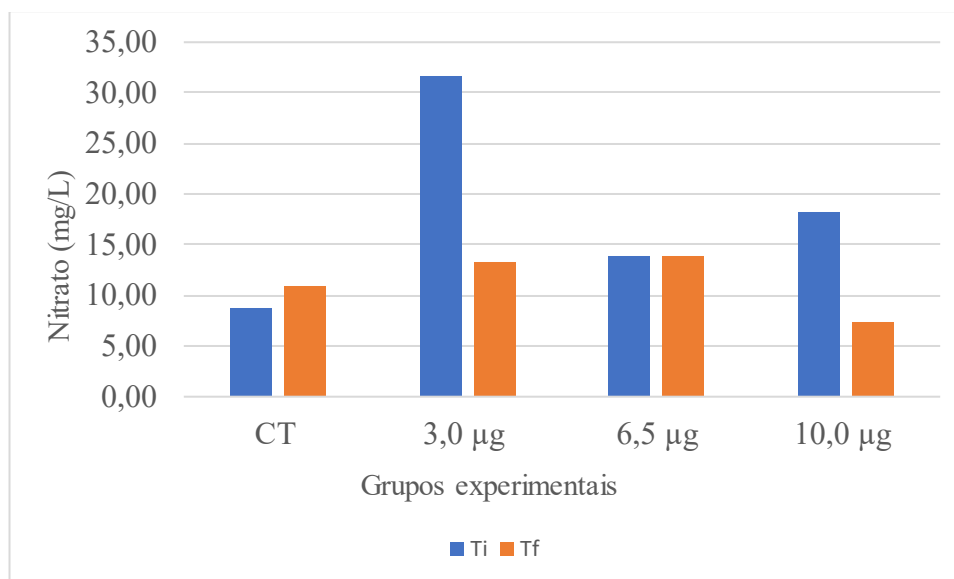
Comparação direta de médias e desvios-padrão entre as concentrações mensuradas durante as coletas para os aquários de cada grupo experimental e grupo controle. T0 – 06/12/2023; T1 – 08/12/2023; T2 – 12/12/2023; T3 – 15/12/2023; T4 – 18/12/2023; e T5 – 20/12/2023. Valores de referência para nitrito: <0,5 mg/L conforme Moro *et al.* (2013).

O nitrato é o último composto nitrogenado formado pela transformação do nitrito, tendo sido quantificado no primeiro e no último dia do experimento.

Os valores observados para nitrato no primeiro dia estão em acordo com a quantidade de amônia presente nos aquários. A maior concentração de nitrato foi observada na concentração 3µg/L no primeiro dia do experimento, e no último dia deste experimento as concentrações apresentaram-se menores, como observadas na figura 14 e na tabela 4.

Valores entre 1000 a 3000 mg/L causam mortalidade dos organismos. Níveis altos de nitrato na água são consequência de elevada concentração de amônia, que será convertida em nitrito, e este em nitrato (Arana, 1997; Moro *et al.*, 2013b, p. 156). Concordando com os valores da literatura, no presente experimento mesmo os maiores valores tendo sido encontrados no 1º dia, eles são inferiores àqueles de referência.

Figura 14 – Nitrato (NO_3^-) (mg/L) no início e no final do período experimental nos grupos de tilápias-do-Nilo expostas à amoxicilina e no grupo controle.



CT – Grupo controle. Valores médios de cada grupo experimental e grupo controle medidos no primeiro dia do experimento (Ti) e no último dia (Tf).

Tabela 4 – Valores para nitrato (mg/L) no início e no final do período experimental nos grupos de tilápias-do-Nilo expostas à amoxicilina e no grupo controle.

Tratamentos	Ti	Tf
Controle	8,67±1,59	10,92±3,88
3,0 µg/L	31,71±40,06	13,28±8,75
6,5 µg/L	13,82±5,48	13,82±3,93
10 µg/L	18,32±9,44	7,28±1,13

Comparação direta de médias e desvios-padrão entre as concentrações mensuradas durante as coletas para os aquários de cada grupo experimental e grupo controle. Ti – primeiro dia do experimento e Tf – último dia do experimento. Valores de referência conforme Arana (1997) e Moro *et al.* (2013b) que citaram valores de CL_{50} entre 1000 a 3000 mg/L para nitrato.

Diante dos resultados expostos, os compostos nitrogenados são importantes para avaliação da interação entre o organismo e o ambiente pelas quantidades presentes nos aquários, assim como a qualidade da água, a partir de parâmetros físico-químicos de temperatura, pH e OD. A transformação da amônia em nitrito e nitrato aumenta a demanda de oxigênio dissolvido e, por consequência, há a acidez do meio em que os peixes estão (Ishikawa *et al.*, 2020). O

ambiente ácido causa danos ao epitélio branquial, presença de muco em excesso nas brânquias, crescimento reduzido dos peixes, falha reprodutiva, inibição respiratória, impactos ionorregulatórios, número reduzido de espécies e indivíduos, mortalidade, e substituição de espécies sensíveis por espécies tolerantes ao ácido (EPA, 2026).

5.1.2 Parâmetros biométricos

Os exemplares dos diferentes grupos não apresentaram diferenças estatísticas em relação a peso, comprimento total e comprimento-padrão, e os lotes mantiveram-se homogêneos durante todo o tempo experimental (Tabela 5). Mesmo não havendo diferenças significativas, os maiores valores para esses parâmetros foram registrados no grupo com concentração 6,5 µg/L de amoxicilina.

Tabela 5 – Dados biométricos de peso corporal e comprimentos padrão e total de exemplares tilápias-do-Nilo expostas à amoxicilina e no grupo controle.

Parâmetros biométricos	Controle	3,0 µg/L	6,5 µg/L	10,0 µg/L	F	p
Peso corporal (g)	49,49±8,90	52,91±8,97	56,51±11,47	50,65±4,76	1,12	0,36
Comprimento total (cm)	13,48±0,64	13,99±0,75	13,98±0,95	13,69±0,54	1,31	0,29
Comprimento padrão (cm)	11,23±0,51	11,60±0,53	11,72±0,78	11,30±0,35	1,85	0,16

Valores médios nas diferentes concentrações de amoxicilina e grupo controle, de acordo com os testes Welch ANOVA e Games-Howell ($p \leq 0,05$). Letras diferentes na mesma linha indicam diferenças estatísticas.

O crescimento das tilápias-do-Nilo em peso e comprimento durante os 21 dias do experimento foi considerado homogêneo entre os grupos, uma vez que a espécie é considerada um peixe rústico e que pode suportar condições adversas. Variações sazonais podem ocorrer, com diminuição e até mesmo uma interrupção, devido a baixas temperaturas. As temperaturas registradas no presente experimento não comprometeram o crescimento de modo a causarem diferenças estatísticas, o que mais uma vez confirma a rusticidade da espécie (Silva *et al.*, 2017). De um modo geral, ganhos de peso e de comprimento não foram afetados pelos parâmetros físico-químicos nem pelos compostos nitrogenados mensurados na água dos aquários.

5.1.3 Análises hematológicas

No presente estudo realizou-se a contagem das células da linhagem vermelha do sangue, a quantificação de hemoglobina, e a determinação de hematócrito, VCM, HCM e CHCM. Os valores encontram-se discriminados na tabela 6.

Tabela 6 – Eritrograma de exemplares de tilápias-do-Nilo expostas à amoxicilina e no grupo controle.

Eritrograma	Controle	3,0 µg/L	6,5 µg/L	10,0 µg/L	F	P	Referência
Ht (%)	20,00±3,64	21,80±5,29	20,20±4,75	24,40±4,06	2,91	0,055	27-37* 27,85±1,65**
Hb (g.dL ⁻¹)	4,87±0,686	5,46±1,47	4,65±1,42	5,86±1,11	2,79	0,063	7,0-9,8* 7,04±0,38**
RBC (Eri x10 ⁶ .µL ⁻¹)	1,88±0,97bd	2,73±1,71cd	2,37±1,16cd	3,26±1,20ac	3,12	0,045	1,91-2,83* 2,35±0,12**
VCM (fL)	208,00±114,00	173,00±107,00	191,00±63,00	168,00±59,90	0,51	0,676	115-183* 118,6±3,53**
HCM (pg)	51,40±29,40	41,60±23,90	45,00±20,20	39,80±13,40	0,56	0,646	28,3-42,3* 30,31±1,64**
CHCM (g/dL)	24,90±4,59	25,30±4,32	22,90±3,91	24,10±2,85	0,74	0,535	22-29* 25,78±1,72**

Valores médios nas diferentes concentrações de amoxicilina e grupo controle, de acordo com os testes Welch ANOVA e Games-Howell ($p \leq 0,05$). Letras diferentes na mesma linha indicam diferenças estatísticas. Ht – hematócrito; Hb – hemoglobina; RBC – eritrócitos; VCM – volume corpuscular médio; HCM – hemoglobina corpuscular média; CHCM – concentração de hemoglobina corpuscular média. Valores de referência – * Hrubec *et al.* (2000) e ** Ueda *et al.* (1997).

O hemograma dos peixes expostos às concentrações do antibiótico amoxicilina e o grupo controle apresentaram variações para o eritrograma. Os resultados observados nos grupos experimentais e no grupo controle indicaram valores abaixo do intervalo de referência para hematócrito e hemoglobina para todos os grupos, o que poderia indicar anemia se associados ao valor de eritrócitos. Entretanto, a contagem de eritrócitos totais (RBC) diferiu entre o grupo controle (com menor valor entre os grupos experimentais) e o grupo com maior concentração (10 µg/L). Ainda assim, é possível considerar o grupo controle como atendendo os valores de

referência para a espécie. Quanto ao VCM, HCM e CHCM não houve diferenças entre os grupos, apesar de maiores valores terem sido encontrados para VCM e HCM no grupo controle.

O diagnóstico da anemia é feito avaliando-se parâmetros como a quantidade de hemácias, a hemoglobina e o hematócrito, enquanto a classificação do tipo de anemia depende de fatores como o tamanho dos eritrócitos, o teor de hemoglobina, a resposta da medula óssea e a fisiopatogênese (Trhall *et al.*, 2015). Assim, o grupo controle, apesar de apresentar menores valores para a contagem de hemácias, não se enquadra nesse distúrbio, uma vez que há a necessidade de alteração em outros parâmetros sanguíneos, como citado anteriormente.

O aumento da quantidade de hemácias (policitemia) ocorre como mecanismo de compensação do animal pela presença de poluentes na água que reduzem o oxigênio dissolvido, como foi observado em estudo realizado por Pimpão *et al.* (2005), que expuseram exemplares de jundiá ao inseticida deltametrina. Assim, os resultados encontrados para quantidade de hemácias no grupo de maior concentração do antibiótico, corroboraram os achados de Pimpão *et al.* (2005), que também observaram policitemia no seu estudo com a deltametrina.

O uso de antibióticos para tratamento profilático é uma prática comum na produção de peixes (Monteiro, 2014) e, diante dessa realidade, quando o peixe permanece em um ambiente sem a presença desses compostos, o desafio enfrentado pelo animal é maior, assim como a exposição dos peixes a poluentes gera danos às células sanguíneas. As alterações nas contagens de células sanguíneas nos grupos experimentais estão relacionadas com a exposição ao antibiótico, como foi observado por Bojarski *et al.* (2020) em revisão de literatura.

A exposição dos peixes a antibióticos pode induzir diversas alterações hematológicas – aumento nos parâmetros dos glóbulos vermelhos (RBC, Ht, Hb) ou resposta anêmica. Da mesma forma, a contagem de leucócitos pode diminuir (geralmente) ou aumentar (raramente). Contudo, os dados são escassos e, portanto, é impossível formular conclusões definitivas (Bojarski *et al.*, 2020).

Como visto previamente, mudanças em parâmetros físico-químicos da água ocasionam alterações hematológicas. A redução do oxigênio dissolvido presente na água dificulta as trocas gasosas nas brânquias, e isso prejudica a respiração pela dificuldade de transporte do oxigênio e liberação do gás carbônico. Além disso, valores elevados de compostos nitrogenados como o nitrito, induzem a transformação da hemoglobina em metahemoglobina, evidente quando o sangue apresenta coloração marrom (Ishikawa *et al.*, 2020). Para a presente pesquisa, a manutenção dos parâmetros físico-químicos da água e o controle das concentrações de compostos nitrogenados garantiu condições desejáveis para sobrevivência dos peixes.

O leucograma quantifica as células responsáveis pela defesa do organismo assim como contribui para o entendimento dos mecanismos imunológicos estabelecidos frente a estressores presentes no ambiente. O leucograma dos peixes expostos às concentrações do antibiótico amoxicilina e o grupo controle apresentaram variações quanto ao exame laboratorial das células brancas. Diante disso, os animais de todos os grupos apresentaram monocitopenia e neutropenia, estados fisiológicos em que os valores de monócitos e neutrófilos estão abaixo dos valores referenciais para a espécie (Tabela 7).

Tabela 7 – Leucograma de exemplares tilápias-do-Nilo expostas à amoxicilina e no grupo controle.

Leucograma	Controle	3,0 µg/L	6,5 µg/L	10,0 µg/L	F	p	Referência
Linfócitos (x10 ⁶ .µL ⁻¹)	64,70±3,39b	60,70±9,20b	107,00±14,7a	46,30±7,63c	52,46	4,483×10 ⁻¹⁰	43,42 (%) * 6,78-136,39 (/µL)**
Monócitos (x10 ⁶ .µL ⁻¹)	1,50±0,798b	6,42±1,83a	2,33±1,07bc	1,08±0,90bd	27,71	6,055×10 ⁻⁰⁸	6,37 (%) * 400-4.286 (/µL)**
Neutrófilos (x10 ⁶ .µL ⁻¹)	66,80±4,51b	67,20±8,14b	66,30±4,50b	111,00±17,3a	24,01	2,700×10 ⁻⁰⁷	50,08 (%) * 557-9.873 (/µL)**
Eosinófilos (x10 ⁶ .µL ⁻¹)	0,08±0,29	0	0	0	-	-	0,04 (%) * 35-1.645 (/µL)**

Valores médios nas diferentes concentrações de amoxicilina e grupo controle, de acordo com os testes Welch ANOVA e Games-Howell ($p \leq 0,05$). Letras diferentes na mesma linha indicam diferenças estatísticas. Valores de referência - * Hrubec *et al.*, 2000; e ** Ueda *et al.*, 1997.

A neutropenia acontece em decorrência de lesões inflamatórias graves e agudas que consomem rapidamente os neutrófilos em comparação a reposição desse tipo celular (Thrall *et al.*, 2015).

O sufixo-penia refere-se à diminuição da contagem do tipo celular no sangue. O termo geral, citopenia, refere-se à diminuição da contagem das células de maneira inespecífica. As citopenias importantes para a interpretação incluem neutropenia, linfopenia e eosinopenia. Citopenia não se aplica a monócitos, pois a diminuição da contagem desse tipo celular não é importante. O termo também não se aplica a neutrófilos bastonetes, metamielócitos, basófilos e metarrubricitos, pois a ausência dessas células é um achado normal (Thrall *et al.*, 2015, p. 276).

Fatores externos como variações no meio ambiente (qualidade da água e temperatura), estado nutricional dos peixes (avitaminose e desnutrição), estresse oriundo de práticas de manejo e desafios naturais afetam diretamente os mecanismos de defesa e comprometem o estado fisiológico dos peixes. A maneira encontrada pelos peixes para reagir a esses desafios químicos, físicos e biológicos é desencadear mudanças fisiológicas na tentativa de compensar tais alterações. Esta reação do corpo é denominada resposta ao estresse (Iwashita e Maciel, 2013, p. 219).

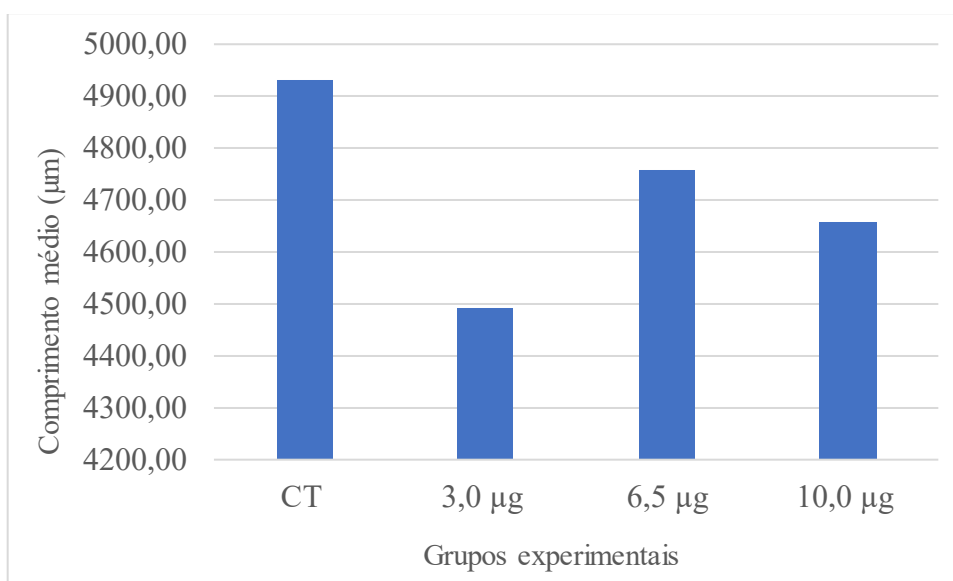
A contaminação do ambiente aquático induz à necessidade de se averiguar biomarcadores que demonstrem o nível de degradação ambiental. As análises hematológicas são o alicerce para a compreensão dos danos causados por contaminantes aos peixes, visto que alterações nos parâmetros sanguíneos podem ser observadas mesmo em doses baixas de poluentes (Ventura *et al.*, 2015). Nesse sentido, o estudo das células vermelhas e brancas possibilita a avaliação da resposta biológica do organismo para manutenção da sua homeostase, frente a fatores estressores e a partir da contagem celular e avaliação morfoestrutural, é possível avaliar o estado de saúde geral do animal (Adeyemo *et al.*, 2009; Grant *et al.*, 2015).

Diante disso, o hemograma é o exame laboratorial de escolha, uma vez que organiza os dados sanguíneos para a interpretação dos resultados encontrados a partir de mensurações diretas, procedimentos microscópicos e variáveis calculadas. As mensurações diretas são feitas para parâmetros como volume globular, concentração de hemoglobina, concentração de eritrócitos, volume corpuscular médio (VCM), concentração de leucócitos, proteínas plasmáticas, concentração de plaquetas e volume plaquetário médio (VPM). Os procedimentos microscópicos são empregados para contagem diferencial de leucócitos, morfologia de eritrócitos, morfologia de plaquetas e contagem de reticulócitos. Por fim, as variáveis calculadas como o hematócrito, os índices hematimétricos, os valores absolutos da contagem diferencial dos leucócitos e a contagem de reticulócitos também compõem esse exame (Thrall *et al.*, 2015).

5.1.4 Análises histomorfométricas de brânquias

Foram medidas cinco lamelas primárias de cada um dos seis animais selecionados ao acaso em cada grupo, e os valores médios observados de comprimento ficaram entre 4492 e 4931 μm . O grupo controle apresentou o maior valor médio de comprimento, seguidos respectivamente pelos grupos 6,5 $\mu\text{g/L}$, 10,0 $\mu\text{g/L}$ e 3,0 $\mu\text{g/L}$ (Figura 15). Estatisticamente, não houve diferenças de comprimento entre os grupos experimentais para lamelas primárias (Tabela 8).

Figura 15 – Comprimento (μm) das lamelas primárias de exemplares de tilápias-do-Nilo expostas à amoxicilina e no grupo controle.



CT – Grupo controle. Médias dos valores coletados de seis animais por grupo experimental e grupo controle.

Tabela 8 – Comprimento de lamelas primárias de exemplares de tilápias-do-Nilo expostas à amoxicilina e no grupo controle.

Comprimento da lamela primária	Controle	3,0 $\mu\text{g/L}$	6,5 $\mu\text{g/L}$	10,0 $\mu\text{g/L}$	F	p
Comprimento (μm)	4931,97 $\pm$ 497,01	4492,12 $\pm$ 685,51	4759,11 $\pm$ 496,55	4656,48 $\pm$ 663,53	0,58	0,63

Valores médios nas diferentes concentrações do antibiótico amoxicilina e o grupo controle, de acordo com os testes Welch ANOVA e Games-Howell ($p \leq 0,05$). Letras diferentes na mesma linha indicam diferenças estatísticas.

As lamelas secundárias foram medidas uma a cada lado da lamela primária nos terços basal, médio e apical. O comprimento das lamelas secundárias apresentou diferenças em cada terço estudado (Tabela 9). No terço basal, o grupo de concentração 3,0 $\mu\text{g/L}$ apresentou maior comprimento em relação aos demais (Figura 16); já no terço médio, o grupo que se destacou foi o grupo de concentração 10 $\mu\text{g/L}$ (Figura 17); e no terço apical, o grupo controle apresentou maior comprimento das lamelas secundárias (Figura 18).

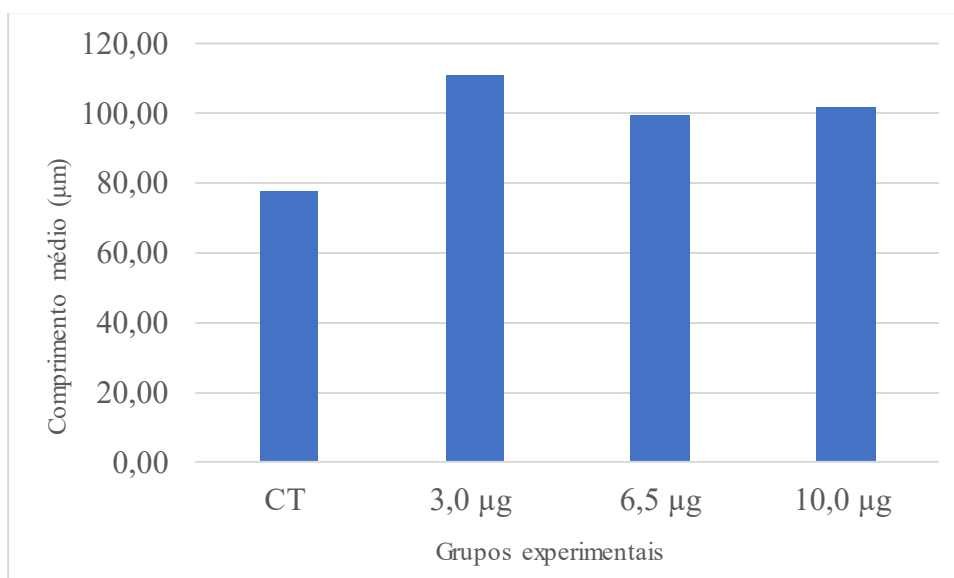
Diante disso, diferenças estatísticas foram observadas no terço basal e no terço apical entre todos os grupos, exceto entre os grupos de concentração 6,5 $\mu\text{g/L}$ e 10 $\mu\text{g/L}$ que não apresentaram diferenças estatísticas. No terço médio, as diferenças ocorreram entre o grupo de concentração 3,0 $\mu\text{g/L}$ com os grupos de concentração 6,5 $\mu\text{g/L}$ e 10 $\mu\text{g/L}$ (Tabela 9).

Tabela 9 – Comprimento de lamelas secundárias de exemplares de tilápias-do-Nilo expostas à amoxicilina e no grupo controle.

Comprimento da lamela secundária	n	Controle	n	3,0µg/L	n	6,5 µg/L	n	10,0 µg/L	F	p
Terço basal (µm)	42	77,96±39,12c	54	111,14±19,04a	60	99,38±23,30b	60	101,62±28,54b	11,75	$3,721227 \times 10^{-7}$
Terço médio (µm)	58	111,90±34,86d	56	105,97±24,06bd	60	116,11±21,25cd	58	126,93±54,06ad	3,46	0,016959
Terço apical (µm)	58	131,60±23,72a	58	109,22±28,04c	60	118,73±19,62b	60	119,36±19,21b	9,33	$7,468758 \times 10^{-6}$

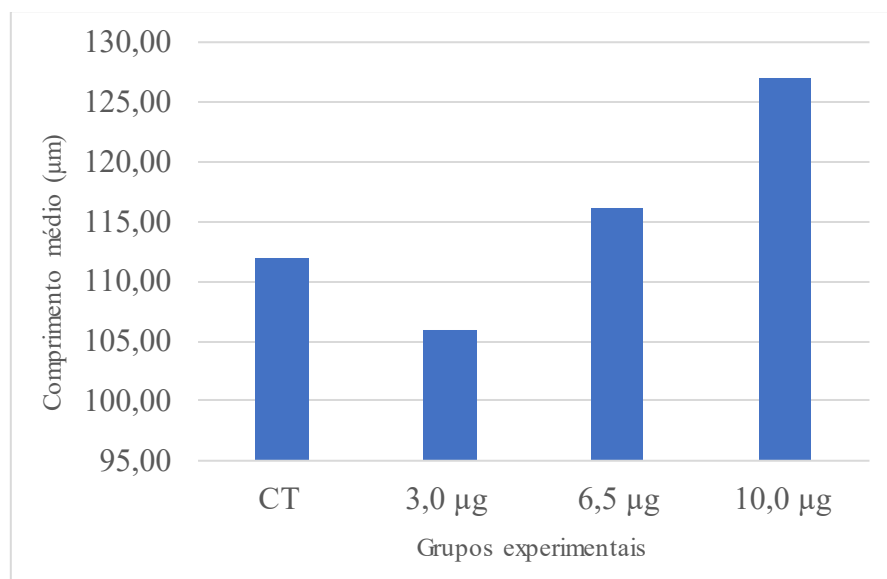
Valores médios nas diferentes concentrações de amoxicilina e grupo controle, de acordo com os testes Welch ANOVA e Games-Howell ($p \leq 0,05$). Letras diferentes na mesma linha indicam diferenças estatísticas.

Figura 16 – Comprimento (µm) de lamelas secundárias no terço basal das lamelas primárias de exemplares de tilápias-do-Nilo expostas à amoxicilina e no grupo controle.



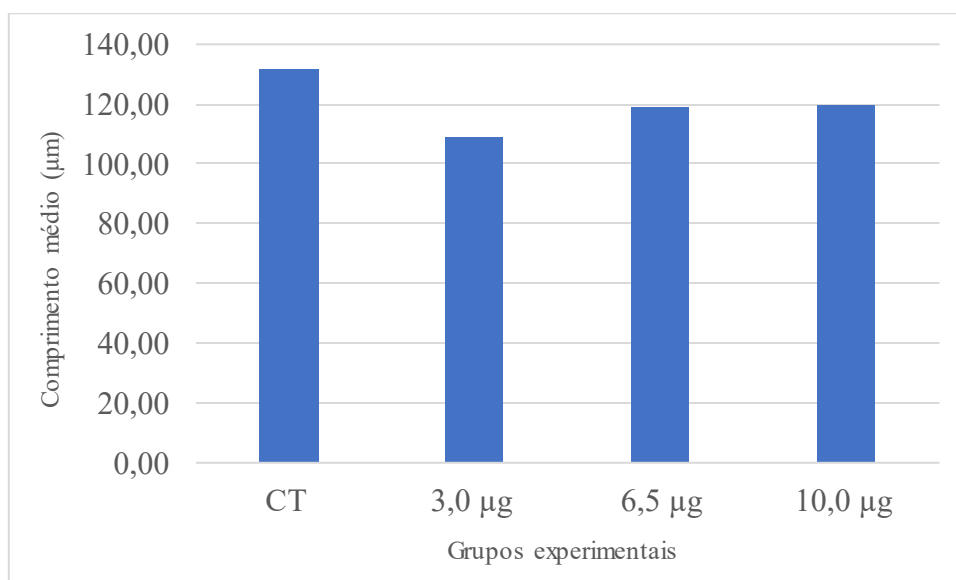
CT – Grupo controle. Médias dos valores coletados de seis animais por grupo experimental e grupo controle.

Figura 17 – Comprimento (μm) de lamelas secundárias no terço médio das lamelas primárias de exemplares de tilápias-do-Nilo expostas à amoxicilina e no grupo controle.



CT – Grupo controle. Médias dos valores coletados de seis animais por grupo experimental e grupo controle.

Figura 18 – Comprimento (μm) de lamelas secundárias no terço apical das lamelas primárias de exemplares de tilápias-do-Nilo expostas à amoxicilina e no grupo controle.



CT – Grupo controle. Médias dos valores coletados de seis animais por grupo experimental e grupo controle.

Os menores valores para comprimento das lamelas secundárias foram observados no terço basal para todas as concentrações, sendo o menor valor encontrado para o grupo controle. Para o terço apical, o maior valor foi registrado também no grupo controle (Tabela 9). O comprimento das lamelas secundárias é uma das mensurações que auxilia no dimensionamento

da distância entre o tecido e o ambiente, importante para as trocas gasosas (Hughes e Perry, 1976; Koca e Kara, 2021), uma vez que o mesmo pode estar diminuído como consequência do aumento da espessura da lamela primária, evento observado nas maiores concentrações do presente experimento.

Diante disso, a redução do comprimento das lamelas secundárias é classificada como uma lesão de estágio I, que é caracterizada pela hipertrofia e hiperplasia do epitélio branquial como mecanismo de proteção do animal frente às alterações ambientais. A persistência dessas lesões pode ocorrer em casos de exposição a longo prazo e o grau de dano ao tecido é mais expressivo (Poleksic e Mitrovic-Tutundzic, 1994).

Trabalhos realizados por Marcon *et al.* (2016) e por Koca e Kara (2021), mostraram o encurtamento das lamelas secundárias a partir da exposição de peixes a contaminantes emergentes. Diferenças estatísticas foram observadas no comprimento das lamelas secundárias mensuradas nos terços basal, médio e apical por Marcon *et al.* (2016), que avaliaram os danos causados pelo inseticida Dimilin® a exemplares de *Hyphessobrycon eques* nas concentrações de 0,01; 0,1 e 1,0 mL/L (Marcon *et al.*, 2016) e Koca e Kara (2021) estudaram os efeitos do acaricida yoksorrum nas concentrações de 0,01; 0,02 e 0,03 mL/L de exposição a peixes-zebra e observaram, entre os resultados, o encurtamento das lamelas secundárias nos grupos experimentais expostos ao acaricida em comparação ao grupo controle. Os resultados encontrados no presente estudo corroboram os resultados observados por esses autores.

As brânquias são órgãos comumente afetados pela exposição direta a contaminantes presentes na água, e alterações na morfometria das estruturas que compõem esse órgão auxiliam na compreensão dos impactos gerados ao ecossistema e da intensidade da poluição (Ishikawa *et al.*, 2020). Diante disso, a mensuração do comprimento das lamelas primárias e secundárias possibilitou a comparação entre os grupos expostos ao antibiótico amoxicilina com o grupo controle. Entretanto, outras análises podem ser realizadas para melhor compreensão dos danos teciduais causados pelo antibiótico amoxicilina, como a mensuração da espessura da lamela secundária, espessura do vaso central, quantificação de celularidade entre as lamelas secundárias, bem como análises histopatológicas conforme classificação de Poleksic e Mitrovic-Tutundzic (1994), como realizado por Moraes (2011), Goulart (2012), Lopes (2015), Rocha (2019) e Dias (2022).

5.2 Ensaio com dáfnias

De acordo com as concentrações do presente experimento, observou-se a baixa mortalidade nos testes 01, 02 e 03, e assim as concentrações de 250 mg/L, 500 mg/L, 1 g/L, 2g/L e 4 g/L foram escolhidas a partir da concentração de CE_{50} para *D. similis*, seguindo o fator de multiplicação dois para definição de duas concentrações menores e duas concentrações maiores. Conforme Lee *et al.* (2021), os valores de CE_{50} após 48 horas de exposição para *D. magna* são maiores que 1000 mg/L.

Os resultados apresentaram baixa mortalidade dos indivíduos nas maiores concentrações após as 48h de exposição, e apenas as concentrações letais em que 5%, 10%, 15%, 20% e 25% dos organismos são afetados pela presença do medicamento foram mensuradas após análise pelo software CETIS. O valor de CE_{50} não foi calculado e isso indica que a concentração letal está superior a 4000 mg/L (Tabela 10).

A interação entre as dáfnias e o antibiótico foi baixa, e isso indica que essa medicação não causou efeitos deletérios a essa espécie, haja vista que nas maiores concentrações (2,0 e 4,0 g/L) os organismos permaneceram vivos e houve baixa taxa de mortalidade. Diferentemente, os resultados observados para o teste com o cloreto de sódio, substância de referência, demonstraram a mortalidade total nas maiores concentrações. O cloreto de sódio interagiu com o organismo e causou o extravasamento do líquido celular, uma vez que essa é uma espécie de água doce. Esse processo não foi observado nos ensaios com a amoxicilina.

Nas maiores concentrações (2,0 e 4,0 g/L) o meio apresentou ponto de saturação para o antibiótico e a opacidade esteve presente, fatores que dificultaram a execução do teste, devido à baixa visualização dos organismos no ambiente. Após 48 horas, notou-se a sedimentação do antibiótico no fundo dos recipientes e parte dos organismos apresentavam “nuvens” de sedimento ao redor do corpo, que reduziram sua mobilidade, mas não os deixavam imóveis. Assim, entende-se que o efeito mecânico da amoxicilina dificultou a mobilidade e a sobrevivência de parte dos organismos, devido ao acúmulo de partículas.

Os resultados corroboram àqueles observados por Lee *et al.* (2021) que afirmam o valor de CE_{50} ser superior a 1000 mg/L e um baixo potencial tóxico da medicação para *D. similis*, como mencionado também por Park e Choi (2008). Diante disso, a necessidade de estudos que proporcionem o entendimento do mecanismo de ação da amoxicilina sobre esses organismos - teste é imprescindível para compreensão dessa baixa interação.

Tabela 10 – Concentrações letais de exposição de amoxicilina para *Daphnia similis*.

Concentração letal (%)	Estimativa (mg/L)	95%LCL	95% UCL
CL5	2000	816	2476
CL10	2297	1161	2844
CL15	2639	1617	3496
CL20	3031	2213	4581
CL25	>4000	2436	N/A
CL40	>4000	N/A	N/A
CL50	>4000	N/A	N/A
CL60	>4000	N/A	N/A
CL75	>4000	N/A	N/A

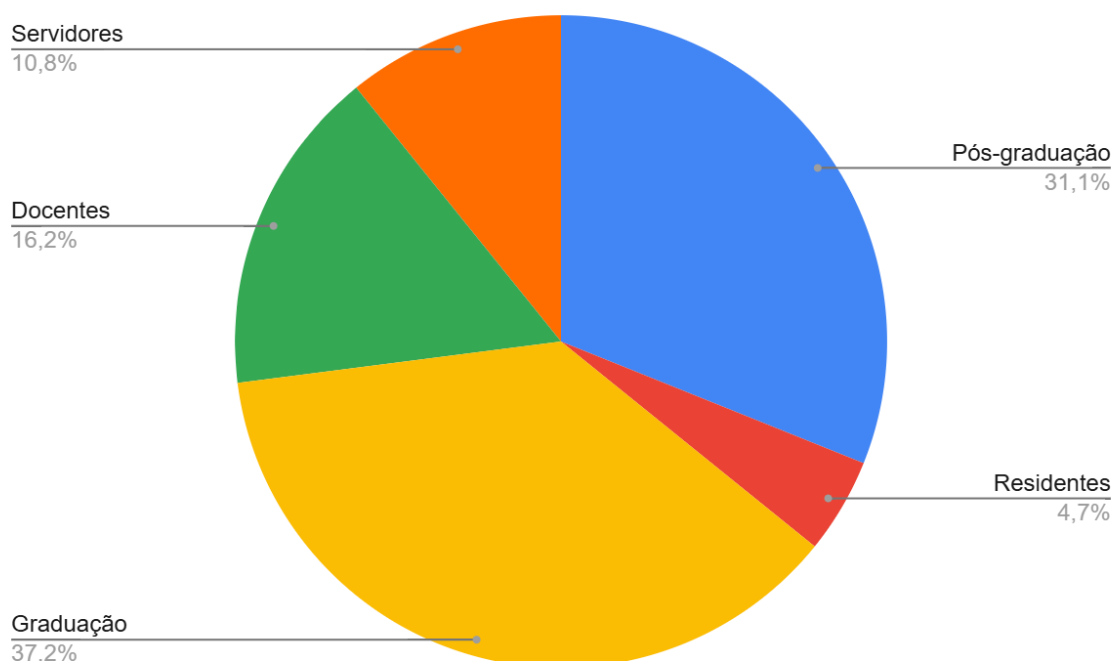
Concentração letal; LCL – Limite de confiança inferior; UCL – Limite de confiança superior; e N/A – Não aplicável. Resultados gerados pelo *software* CETIS.

5.3 Percepções dos profissionais e estudantes da área da saúde

5.3.1 Eixo 1: descrição do público

Durante dos meses de agosto de 2025 a janeiro de 2026, foram registradas 149 respostas dos Departamentos de Veterinária, Medicina e Enfermagem, e Nutrição e Saúde ao formulário da pesquisa “Avaliação do uso do antibiótico amoxicilina nos cursos da área da saúde da Universidade Federal de Viçosa” Os participantes da pesquisa foram compostos por estudantes de graduação (55), estudantes de pós-graduação (46), docentes (24), servidores técnico-administrativos (16) e residentes (7) que estão representados na figura 19.

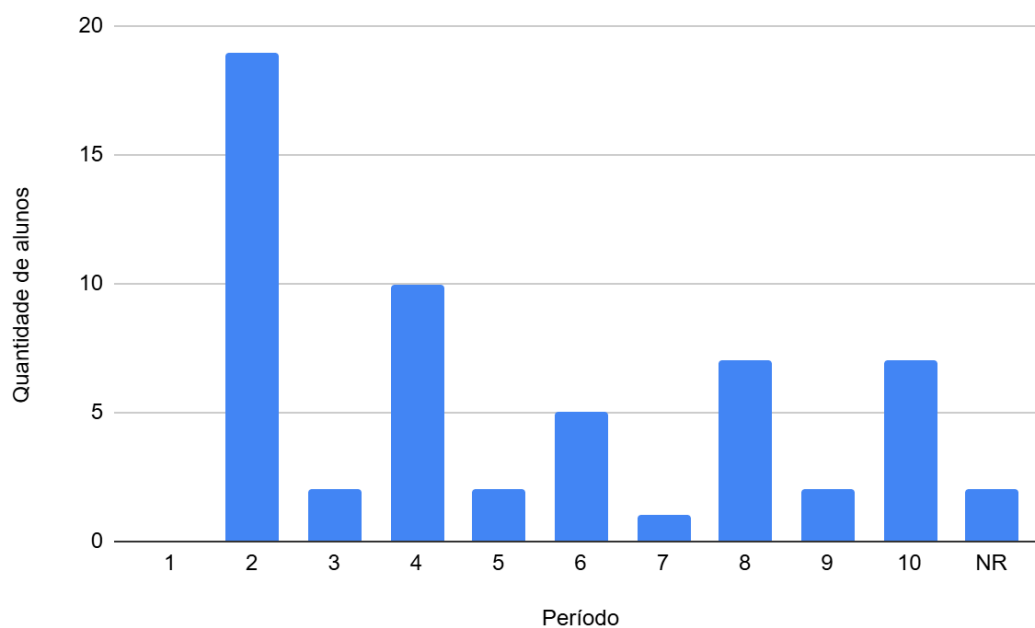
Figura 19 – Porcentagem de participação de cada grupo dos Departamentos de Medicina e Enfermagem, Veterinária, e Nutrição e Saúde nas respostas ao formulário digital.



Entre os 57 alunos da graduação que responderam à pergunta “Se for estudante de graduação, está cursando qual período?”, 19 estudantes responderam que estão no segundo período do curso, maior número observado em relação aos outros períodos. Não houve respostas para o primeiro período, visto que a pesquisa foi realizada no segundo semestre, ou seja, após o ingresso de novos alunos na instituição (Figura 20). O maior número de estudantes do segundo período infere que os conhecimentos trazidos por eles estão mais relacionados à bagagem anterior à universidade, mas que pela vivência do primeiro semestre, à curiosidade e novos questionamentos, além da abertura para novos conhecimentos são expressivos.

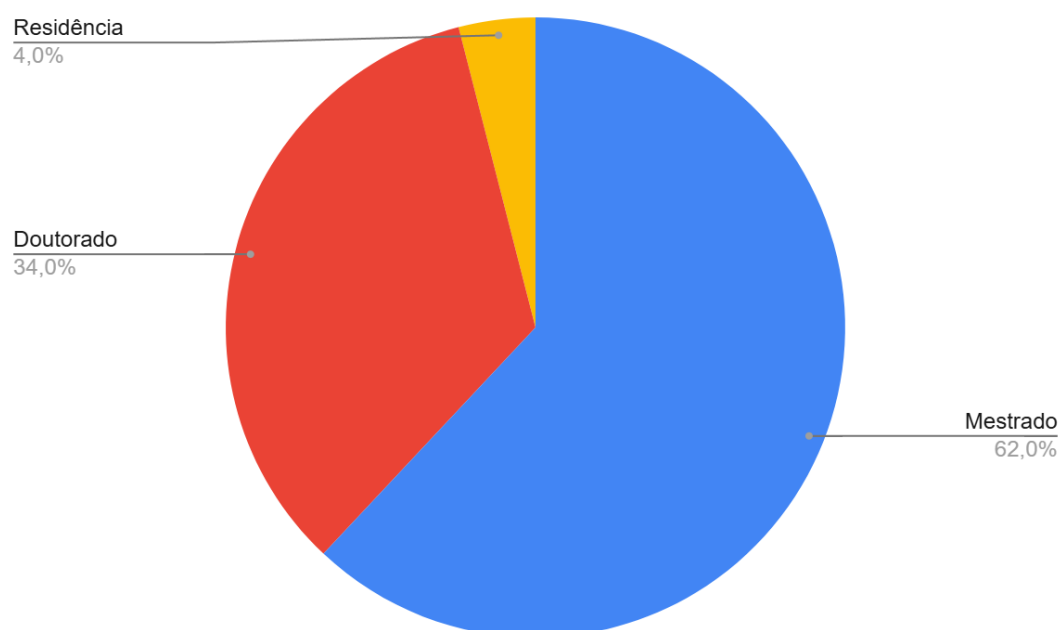
Alunos de pós-graduação representaram o segundo maior percentual da pesquisa. Ao todo foram 50 respostas à pergunta “Se for estudante de pós-graduação, está no mestrado ou doutorado?”. Os alunos de mestrado representaram 62% das respostas, seguido dos alunos de doutorado (34%) e residentes (4,0%) (Figura 21). As percepções sobre o uso dos antibióticos pela pós-graduação diferem das percepções dos alunos da graduação, devido à formação profissional finalizada somada à experiência do mercado de trabalho e da pós-graduação.

Figura 20 – Períodos em que se encontravam os alunos de graduação dos Departamentos de Medicina e Enfermagem, Veterinária, e Nutrição e Saúde que participaram da pesquisa.



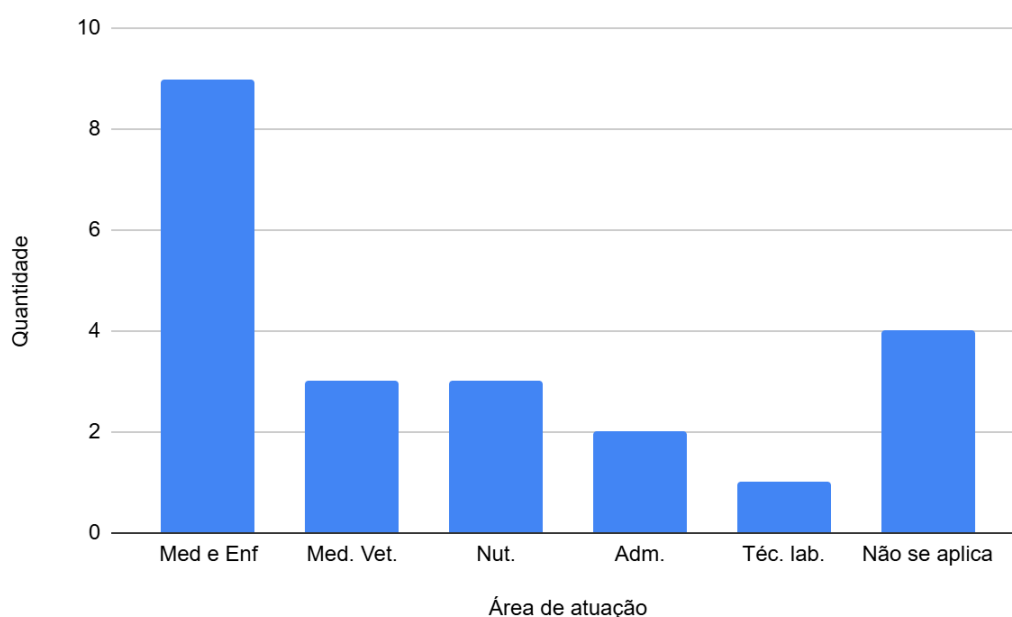
NR – Não responderam.

Figura 21 – Nível de pós-graduação dos estudantes dos Departamentos de Medicina e Enfermagem, Veterinária, e Nutrição e Saúde que responderam à pesquisa.



A área de atuação dos servidores técnico-administrativos também foi outro ponto importante para descrição do público participante da pesquisa. No total, houve 22 respostas à pergunta “Se for servidor técnico-administrativo, qual a sua área de atuação?”. Entre as respostas, observou-se uma amplitude de áreas, como Anatomia Humana, Radiologia Veterinária, Alimentos e Nutrição, assim como áreas administrativas. No entanto, as respostas relacionadas às áreas de Medicina e Enfermagem foram mais evidentes. As percepções desse público são importantes pela importância que essa classe tem dentro do ambiente institucional, uma vez que são o alicerce dos cursos de graduação e pós-graduação, e assim participam diretamente da formação de novos profissionais (Figura 22).

Figura 22 – Áreas de atuação dos servidores técnico-administrativos dos Departamentos de Medicina e Enfermagem, Veterinária, e Nutrição e Saúde envolvidos na pesquisa.



Med. e Enf. – Medicina e Enfermagem; Med. Vet. – Medicina Veterinária; Nut. – Nutrição; Adm. – Administração; e Tec. lab. – Técnico em laboratório.

A maior participação de professores, técnico-administrativos e alunos ocorreu no Departamento de Veterinária (DVT), com 96 respostas à pesquisa, seguido do Departamento de Nutrição e Saúde (DNS), com 30 respostas e Departamento de Medicina e Enfermagem (DEM) com 24 respostas. A pesquisa teve sua origem no DVT e isso explica o maior número de participações desse departamento, haja vista a divulgação constante nas salas de aula e o contato mais próximo com esse público, facilitando a divulgação da pesquisa. Não obstante, a

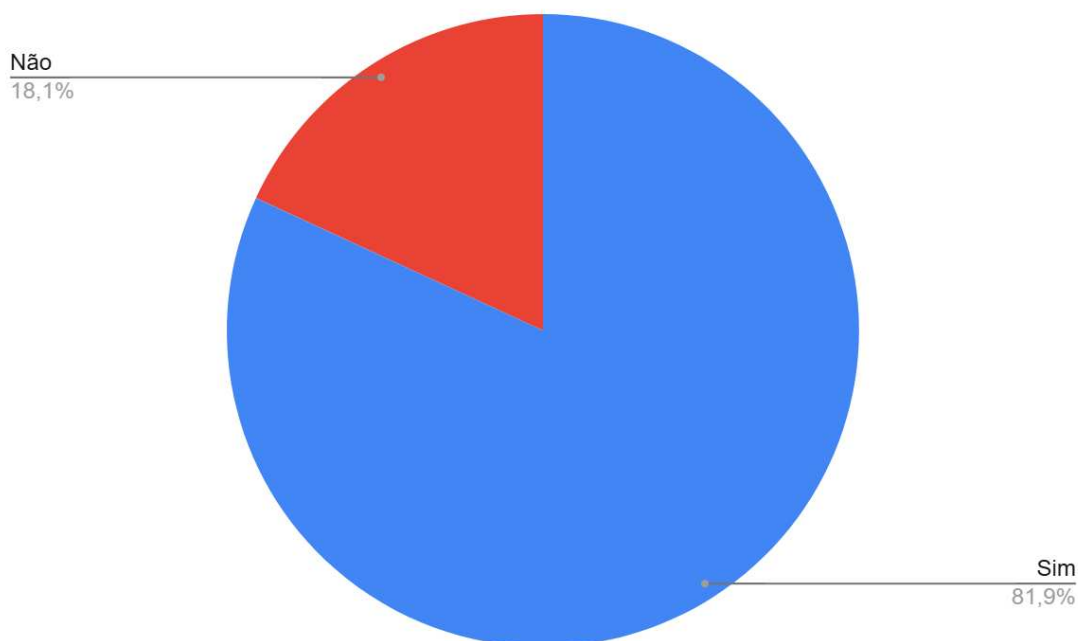
divulgação e convite aos demais departamentos foi semelhante, e as parcerias estabelecidas para realização dessa pesquisa possibilitaram a colaboração de profissionais e estudantes de diferentes áreas da saúde.

5.3.2 Eixo 2: uso da amoxicilina e outros antibióticos

A primeira pergunta desse eixo teve o objetivo de mensurar a quantidade de indivíduos que utilizaram o antibiótico amoxicilina para tratamento de alguma doença que afetasse a saúde desses. As respostas demonstraram que mais de 80% dos participantes já utilizaram o antibiótico amoxicilina (Figura 23). Esse dado confirma que a medicação está entre as mais utilizadas para o tratamento de doenças.

A frequência também foi relatada, e as respostas variaram entre nenhuma vez, raramente, poucas vezes, frequentemente, assim como o uso em intervalos de tempo, por exemplo semestralmente, anualmente ou em épocas distintas como infância, adolescência e vida adulta. Outro aspecto percebido na resposta dos participantes foi o uso da medicação para tratamento de amigdalites, sinusites e dores de garganta.

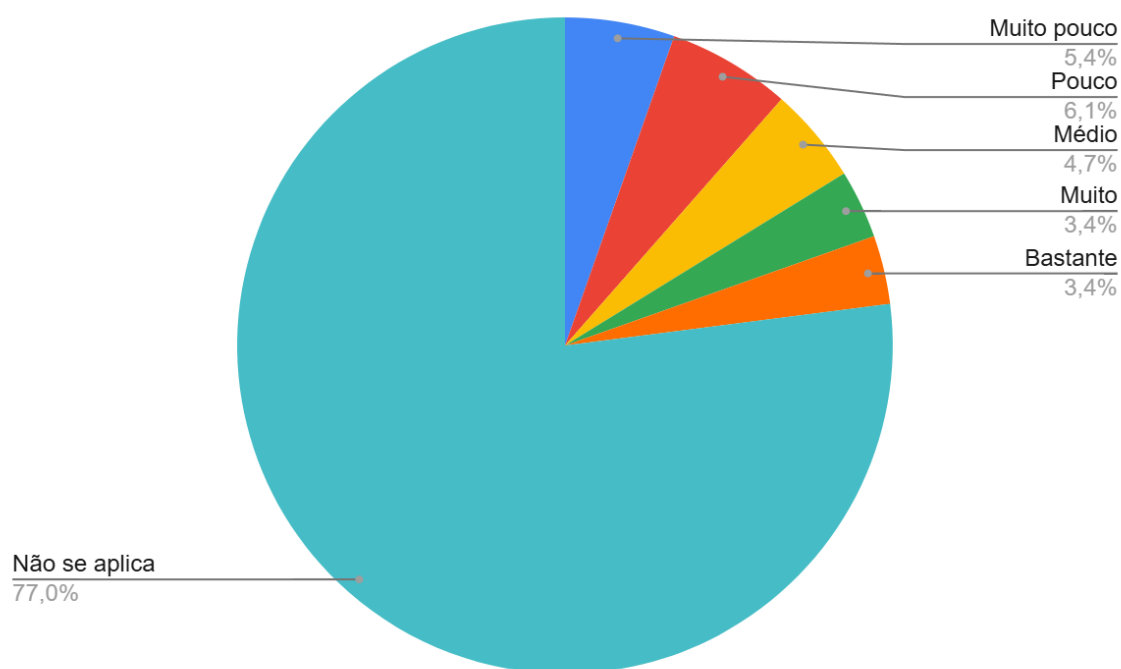
Figura 23 – Porcentagens de participantes da pesquisa dos Departamentos de Medicina e Enfermagem, Veterinária, e Nutrição e Saúde que já utilizaram ou não o antibiótico amoxicilina.



Outra pergunta foi “Quais outros medicamentos você já utilizou para tratar de alguma condição que afetasse sua saúde?” e uma amplitude de respostas foram observadas, como o uso de analgésicos, anti-inflamatórios, outros antibióticos, antidepressivos, antialérgicos, ansiolíticos, antiepiléticos, probióticos e medicamentos para distúrbios hormonais, como problemas na tireoide. Em contrapartida, respostas como “*Raramente, depende do grau de passar mal. Chutaria por volta de 1x a cada 4 meses*”, “*Não me recordo*”, “*Nenhuma ou não sei*” estiveram entre os relatos. Poucos participantes relataram o uso sob prescrição médica, e a variedade de classes medicamentosas indica a presença expressiva de medicamentos no cotidiano. Isso pode ser associado ao reflexo da automedicação, assim como o uso indiscriminado e pouco consciente.

A prescrição do antibiótico amoxicilina e de outras medicações para tratamento de doenças também foi foco desse questionário a partir de perguntas como “Com qual frequência você prescreve o antibiótico amoxicilina?” e “Quais outros antibióticos você prescreve?”, direcionadas aos profissionais da saúde que prescrevem medicações, tanto para humanos, quanto para animais. Entre as 148 respostas para essa pergunta, 114 participantes descreveram que não prescrevem a medicação, representando 77% dos participantes. Analisando as demais porcentagens, o antibiótico foi pouco prescrito pelos profissionais da saúde participantes da pesquisa (Figura 24).

Figura 24 – Frequência de uso do antibiótico amoxicilina pelos participantes dos Departamentos de Medicina e Enfermagem, Veterinária, e Nutrição e Saúde envolvidos na pesquisa.



Entre outros medicamentos, florfenicol, penicilina, ceftiofur, gentamicina, ampicilina, metronidazol, enrofloxacin, marbofloxacin, clindamicina, penicilina, ceftriaxona, cefalozina, azitromicina, sulfametoxazol-trimetoprima, doxiciclina, ampicilina com sulbactam, meropenem e nitrofurantoína estiveram entre os fármacos prescritos pelos participantes.

5.3.3 Eixo 3: antibióticos como poluentes emergentes

As respostas desse eixo revelaram que 69,7% das 145 participantes afirmaram não conhecer os impactos causados pela presença dos antibióticos no ambiente aquático, 17,9% demonstraram conhecer esses impactos e 12,4% conhecem pouco sobre o tema.

“Sim, pode levar resíduos contaminantes tanto a animais aquáticos, quanto terrestres e contaminação do solo.”

“Sim. Nossa água em tese é pura, mas isso conforme a sua fonte e análise realizada apenas. Ainda que não utilizemos o medicamento diretamente podemos ingeri-lo a partir de alimentos, água, etc. Por meio de seus resíduos...”

“Sim, eles afetam a saúde dos rios, seja pelo consumo indevido dele pela fauna, podendo prejudicar a vida dos animais marinhos.”

O termo “Contaminante Emergente” foi pouco conhecido entre os participantes, apenas 35 das 147 respostas afirmaram conhecer esse termo. Nesse sentido, a introdução de termos como esse induz a curiosidade e o desejo pela busca por novos conhecimentos, assim como ressalta a importância para a temática pesquisada no presente trabalho. Ademais, entre as rotas escolhidas para chegada do antibiótico no ambiente aquático, o descarte incorreto das medicações teve destaque entre as respostas escolhidas pelos participantes (95,5%), seguido dos sistemas de esgoto (86,5%) e da urbanização (47,3%). O ciclo da água teve a menor porcentagem de escolha entre as rotas (31,1%), como também somente 0,7% afirmaram que nenhuma dessas alternativas são rotas de chegada dos antibióticos no ambiente aquático.

Nessa perspectiva, 87,2% das 148 respostas à pergunta “Qual (quais) poderia(m) ser a(s) consequência(s) da presença dos antibióticos no ambiente aquático?” afirmaram que a existência de antibióticos nesse ambiente causa danos aos organismos aquáticos, seguida da resistência aos antimicrobianos (86,5%), alterações na organização das populações dos ecossistemas (80,4%), acúmulo do medicamento em diferentes espécies em um mesmo ambiente (63,5%) e nenhuma das alternativas (2,7%).

Por fim, foi feita a pergunta “Na sua opinião, quais os principais riscos da presença de antibióticos no ambiente aquático (rios, lagos e mares) para a saúde humana?” e entre as respostas verificou-se que a resistência aos antibióticos, intoxicação, desenvolvimento de bactérias resistentes, bioacumulação, consumo de alimentos contaminados, contaminação da água e comprometimentos ambiental e da saúde humana, foram as respostas mais frequentes.

“Exposição a bactérias oportunistas ou patogênicas já multirresistentes, comprometimento da qualidade/oferta da proteína advinda desse habitat por doenças originárias de eventuais desequilíbrios no microbioma ou em espécies específicas da cadeia alimentar, desequilibrando a base ou topo da pirâmide.”

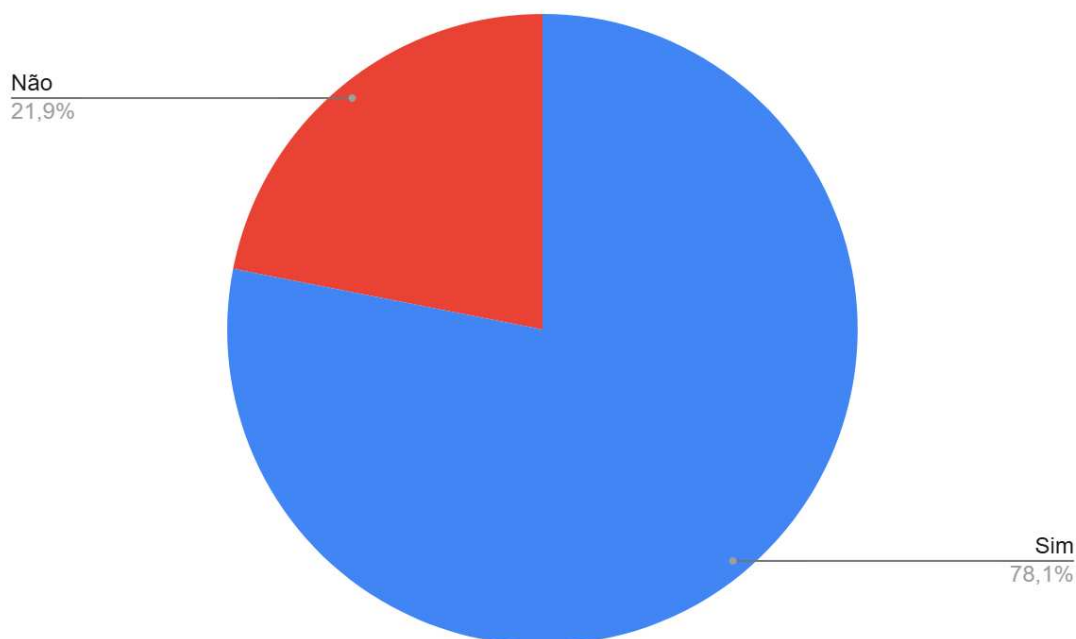
“O risco de resistência antimicrobiana pode gerar outros problemas relacionados à saúde humana, como episódios frequentes de infecções e, por consequência, comprometer o sistema imunológico.”

Diante de tudo isso, as respostas categorizadas nesse eixo indicam a existência de lacunas de conhecimentos sobre os impactos dos antibióticos no ambiente aquático em um primeiro momento. Acredita-se que com o desenvolvimento do formulário, a associação das perguntas anteriores com as opções de respostas para perguntas de múltipla escolha auxiliaram na compreensão da temática pelos participantes. Isso porque, em contrapartida à primeira resposta desse eixo temático, na última pergunta sobre os possíveis impactos da medicação à saúde humana, os participantes apresentaram expressivo conhecimento acerca do tema. O formulário, além de coletar informações para compreensão do uso da amoxicilina, também conduz o participante a associar os conhecimentos que já possui e atentar-se a questões pouco comentadas como as consequências para o ambiente aquático.

5.3.4 Eixo 4: uso indiscriminado de antibióticos

Os antibióticos estão presentes no cotidiano dos profissionais da saúde, mas o contato com essa classe medicamentosa ocorre durante a formação profissional. Desse modo, perguntas como “Durante suas atividades enquanto estudantes (disciplinas, estágios, projetos de extensão e de iniciação científica), docentes ou servidores técnico-administrativos há preocupação quanto ao uso indiscriminado de antibióticos?” e “Se sim, como essa questão é abordada?”. Entre as respostas, 78,1% afirmaram ter a preocupação com o uso indiscriminado e 21,9% indicaram que essa não é uma preocupação (Figura 25).

Figura 25 – Preocupação quanto ao uso indiscriminado de antibióticos a partir da percepção dos participantes da pesquisa.



A abordagem dessa temática segundo os participantes ocorre pela atenção ao uso racional dos antibióticos, pelo conhecimento da existência de bactérias resistentes a diferentes medicações, por meio de palestras sobre a temática, em pesquisas com seres humanos para análise de alterações sanguíneas, pela orientação dos estudantes para o uso adequado da medicação em aulas teóricas e práticas, pela relação dos antibióticos com o sistema imunológico, pela importância da realização de antibiogramas e de culturas microbianas previamente à prescrição de antibióticos, pelas complicações à saúde como consequência do uso indiscriminado, pela aplicação de medidas de biossegurança para redução da necessidade de uso do antibiótico e pelo descarte correto.

“É um tópico mais discutido no ambiente acadêmico do que nos serviços privados. A abordagem sobre a "não necessidade" para todos os casos e não necessariamente uma discussão sobre o impacto do uso indiscriminado ou a influência sobre o contexto de saúde única.”

“Orientação a estudantes para sempre tomar medicamentos prescritos por um profissional de saúde, uma vez que o uso indiscriminado favorece bactérias resistentes e contaminação do meio ambiente (água de abastecimento de municípios).”

“Nos estudos, considera-se preocupante por diversas razões, entre elas: a automedicação, pois pode ser que a questão não seja referente a infecção bacteriana; o uso exacerbado, que traz uma série de complicações corporais; o uso errado, sem considerar as horas e o momento oportuno, podendo gerar resistência bacteriana. Tudo isso é abordado quando se trata do conhecimento acerca dos antibióticos e seus efeitos.”

“Muitas das vezes não é abordada, mas quando se fala, é abordada como ética e cuidados que devemos ter na nossa profissão.”

“Tem uma lógica nas escolhas do antibiótico que leva em consideração os antibióticos a serem usados nos pacientes da rotina. O antibiótico é escolhido em discussão com a preceitoria. A decisão leva em conta: cultura e antibiograma (se tiver), afecção, clínica do paciente, custo, classe, posologia e possibilidade de gerar resistência.”

No total, 107 respostas foram apresentadas à pergunta sobre como o uso indiscriminado de antibióticos é abordado, e as respostas evidenciaram que a preocupação é existente entre os profissionais e estudantes da área da saúde, e que diferentes maneiras são empregadas para tratar desse assunto. A educação sobre o uso racional mostrou-se evidente, assim como o uso consciente dos profissionais da saúde, bem como o conhecimento das principais consequências do mau uso, como a resistência bacteriana e a formação de organismos multirresistentes. Poucas respostas foram contrárias a esse raciocínio, e o público participante da pesquisa demonstrou conhecimento acerca do tema.

5.3.5 Eixo 5: regulamentação e conscientização sobre o uso de antibióticos

As respostas a esse eixo inferiram que entre os participantes da presente pesquisa 66,9% das 145 respostas à pergunta “Você conhece algum protocolo que regulamenta o uso?” não conhecem protocolos que regulamentam o uso dos antibióticos. Analogamente, 95,2% das 146 respostas à pergunta “Você conhece alguma regulamentação que normatiza o uso de antibióticos e a presença de concentrações desses medicamentos na água?” afirmaram não conhecer regulamentações que normatizem o uso e a presença de concentrações desses medicamentos na água. Além disso, foi questionado nesse eixo sobre quais os cuidados que devem ser considerados para evitar a resistência microbiana aos antibióticos. Observações

como evitar o uso indiscriminado e ações conscientes para escolha, prescrição e utilização dessa medicação foram mencionadas nas respostas.

“Uso apenas com prescrição médica, completar todo o tratamento indicado, higienização das mãos, evitar a prescrição de antibióticos em quadros virais, uso de EPI adequados na área da saúde, implantação de programas para controle de antimicrobianos, descalonamento guiado por cultura sempre que possível, etc”.

“Uso racional, preferivelmente utilizar drogas de espectro reduzido, realizar a escolha da droga guiada por cultura e antibiograma, favorecer medidas de biossegurança de forma a reduzir a demanda pelo uso de antibióticos.”

“Maior conscientização sobre automedicação, descarte e a própria resistência microbiana em diferentes contextos (animal e humano), prescrição e utilização de tais medicamentos apenas com base em diagnóstico feito por profissionais qualificados, e cultura e antibiograma quando necessário e possível.”

“Diagnóstico correto, embora pareça básico; muitos colegas medicam "no olho"

Dosagem correta

Droga correta

Realização de antibiograma

Compreensão dos sistemas biológicos, para conseguir identificar a flora residente e a flora potencialmente causadora de enfermidades.”

As percepções dos participantes do estudo em resposta à pergunta “Como a prescrição indiscriminada pode contribuir para a presença de antibióticos no ambiente aquático?” revelaram que descarte inadequado, uso e prescrição excessivos e desnecessários dos antibióticos, excreção do antibiótico pelas fezes e urina que contaminam o ambiente aquático, excesso de antibióticos no esgoto, contaminação por dejetos, água utilizada na produção animal e ausência de controle e fiscalização estiveram entre as consequências da prescrição indiscriminada de antibióticos.

“Pelo aumento de massa de consumo deles. Como por qualquer ocasião, o medicamento é utilizado, quando o cidadão cura-se da enfermidade e sobra o antibiótico, ele o descarta (descarte esse que não é adequado e polui o ambiente aquático, por meio dos lençóis freáticos, por exemplo).”

“Pessoas consomem mais, indústria atende à demanda, descarte pela indústria, descarte pelas pessoas, fluidos/excrementas com resíduos no esgoto ou solo.”

“Acho que o uso repetido e desnecessário (sem indicação) pode levar a uma maior pressão ambiental. Muitos antimicrobianos não são metabolizados, ou são parcialmente metabolizados durante seu uso, levando a uma concentração de antibióticos ativos no esgoto. Descarte inadequado também contribui com isso.”

“A prescrição indiscriminada aumenta o consumo desses fármacos e, conseqüentemente, sua eliminação parcial pela urina e fezes, muitas vezes na forma ativa. Esses compostos alcançam os o ambiente aquático por meio dos sistemas de esgoto, uma vez que grande parte do esgoto urbano no Brasil não é adequadamente tratado. Além disso, o descarte inadequado de medicamentos também contribui para a contaminação ambiental.”

As percepções dos profissionais e estudantes da saúde sobre a conscientização da população refletem a importância de ações de educação em saúde para aumentar o conhecimento populacional sobre essa temática, o que é uma das responsabilidades dos profissionais da saúde. Desse modo, foi perguntado para os participantes da pesquisa se há a conscientização da população em geral sobre a presença dos antibióticos na água. Cerca de 97,2% das 143 respostas indicaram que não há a conscientização da população. Em seguida, foi questionado como era feita essa conscientização, e nas 14 respostas a essa pergunta observou-se que a maioria não soube citar exemplos ou nunca observou esse tipo de conhecimento sendo transferido para a população. Entre as respostas que afirmaram conhecer ações de conscientização, foi citado o Sistema Único de Saúde (SUS) e o Ministério da Saúde, diálogos em ambiente escolar, notícias em jornais sobre poluentes ambientais, educação continuada e exposição de riscos, e por fim, o foco na resistência antimicrobiana, segundo as percepções dos participantes.

Para pergunta “De que forma você acredita que a sua área de atuação pode contribuir para minimizar o impacto ambiental dos antibióticos?”, as respostas que mais se destacaram

foram a conscientização da população e dos profissionais da saúde sobre a importância da prescrição e uso adequados, a educação em saúde, a prescrição consciente, o descarte correto e a orientação ao paciente/tutor sobre a forma correta de administração da medicação. Ainda, resposta como o incentivo à alimentação adequada para melhoria do sistema imunológico como estratégia para redução do uso de antibióticos, este entre as percepções.

“Ao incentivar uma alimentação saudável e segura, o indivíduo fica menos susceptível às infecções, necessitando, portanto, utilizar menos antibióticos, o que implicará em um menor impacto ambiental.”

“Trabalhando com os estudantes de graduação de diferentes cursos da área da saúde e também de áreas afins (biologia, engenharia ambiental, florestal) a respeito dos riscos desse impacto ambiental. Para o médico, que é prescritor, trabalhar os efeitos na saúde em nível individual e coletivo/ambiental. Para a população, devem ser também divulgados esses impactos na saúde individual e coletiva/ambiental.”

“Foco principal na gestão responsável, na prevenção de doenças e no descarte adequado de resíduos utilizados nas tarefas realizadas no dia a dia, seja com a medicação ou com o cuidado de feridas nos animais.”

“Acredito que as ações e os projetos de extensão voltados para o público em geral, e realizados de maneira contínua, formam uma etapa crucial para levar as devidas informações sobre o uso consciente dos antibióticos e seu impacto na minimização de seus efeitos negativos ao meio ambiente. Além disso, as pesquisas e outros projetos que enfatizem a abordagem "One Health" têm a sua importância na educação em saúde, pois ampliam a percepção de que uso indevido dos antibióticos pode influenciar na vida humana, animal e ambiental de forma simultânea”.

“Prescrevendo menos, orientando o uso.”

Com base nos resultados apresentados, as percepções dos participantes indicaram uma realidade em que o conhecimento sobre as consequências do uso dos antibióticos é restrito ao ambiente acadêmico, e a população geral é pouco informada sobre essa temática. As respostas referentes a esse eixo demonstraram que o público participante reconhece a importância das

ações de cada profissão e as consequências existentes em cada decisão, como a resistência aos antibióticos pelo uso excessivo de medicações sem devida justificativa. Além disso, protocolos e regulamentações que padronizem o uso de antibióticos são pouco evidentes no Brasil, outro fator que influencia diretamente as ações dos profissionais da saúde.

5.3.6 Perspectivas de pesquisas sobre o impacto ambiental dos antibióticos

Os participantes finalizaram sua participação na pesquisa respondendo à pergunta “Quais sugestões você daria para futuras pesquisas sobre o impacto ambiental dos antibióticos em organismos aquáticos?”. No total, foram registradas 77 respostas, das quais houve destaque para as propostas que vislumbram mensurar a quantidade de resíduos de antibióticos acumulados em seres aquáticos e no ser humano; a identificação de organismos multirresistentes nos corpos d’água que abasteçam regiões de produção animal; o estudo sobre resíduos de outras classes medicamentosas e as consequências para a saúde; os prejuízos aos ecossistemas aquáticos, como a extinção de espécies nativas; maneiras de reverter os impactos causados pela presença dos antibióticos no ambiente aquático, assim como estratégias de remoção dessa medicação; analisar as percepções da população que utiliza os antibióticos quanto as formas de descarte adequadas; e pesquisas que relacionem a contaminação do ambiente com a existência de resíduos na carcaça.

“Correlacionar a quantidade de antibiótico de uso mg/kg na produção com a quantificação da presença de antibióticos em diferentes etapas e presença na água da fonte até a saída do dejetos ou efluente.”

“Tentar entender a forma que os medicamentos chegam de forma não prescrita por um médico, muito pelo uso indevido de genéricos ou farmácias que vendem remédios de forma indiscriminada, pois elas espalham o comportamento do uso cotidiano e sem cuidados dos remédios.”

“Explorar o conhecimento da população geral, análise dos ambientes aquáticos da cidade e explorar como é feito o monitoramento do uso e descarte de antibióticos na cidade e dentro da universidade.”

“Avaliar a presença de resíduos de ATB em organismos aquáticos vivos

e nos comercializados em feiras, supermercados etc.”

As sugestões propostas pelos participantes para novas pesquisas sinalizam a necessidade de pesquisas que integrem diferentes áreas de atuação com o objetivo de mitigar problemas, como a contaminação dos ambientes aquáticos. A contaminação dos ambientes aquáticos é parte de um desequilíbrio que começa com a produção de novos compostos químicos, o incentivo do mercado ao consumo de medicamentos sem prescrição, à prescrição incorreta por profissionais da saúde e, sobretudo, ao saneamento deficitário do Brasil.

Diante dessa realidade, as perspectivas apresentadas pelos participantes podem ser usadas para novos estudos que auxiliem na compreensão dos impactos gerados pelos antibióticos no ambiente aquático.

6. CONCLUSÕES

A pesquisa trouxe dois olhares diante da diversidade de abordagens sobre o antibiótico amoxicilina. O olhar laboratorial possibilitou o entendimento dos efeitos desse antibiótico a espécies de diferentes níveis tróficos a partir de alterações teciduais e hematológicas em brânquias de tilápia-do-Nilo como o encurtamento das lamelas secundárias e alterações no eritrograma e leucograma, bem como a baixa interação do antibiótico com as dáfnias, que sobreviveram nas maiores concentrações experimentais.

O olhar sobre as percepções de profissionais e estudantes da área da saúde permitiu identificar o que é conhecido e o que ainda não é sobre o antibiótico amoxicilina por esse público, como a presença e impactos desse fármaco no ambiente aquático. O questionário, além de coletar dados, também estimulou o pensamento crítico sobre a temática ao levar os participantes a refletirem sua atuação/futura atuação e ações comumente empregadas que agravam a contaminação dos ambientes aquáticos e problemas como a resistência aos antibióticos.

Desse modo, a pesquisa abre possibilidades para novos olhares acerca do antibiótico amoxicilina, como a quantificação tecidual após exposição, tanto do peixe quanto da água, por cromatografia líquida de alta eficiência para estudo da bioacumulação. Ademais, pesquisas que analisem as percepções do público que consome o antibiótico para avaliação das lacunas no conhecimento e direcionamento de estratégias de educação em saúde podem mitigar a realidade do uso dos antibióticos, descoberta que salvou milhões de vidas, mas que pode afetar negativamente milhões de outras se usado de maneira incorreta.

7. REFERÊNCIAS

- ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR 12713: Ecotoxicologia aquática aguda** – Método de ensaio com *Daphnia* spp. (Crustacea, Cladocera) 5. ed. Rio de Janeiro, 2022. 38 p.
- ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR 15499: Ecotoxicologia aquática** – Toxicidade crônica de curta duração - Método de ensaio com peixes. 1. ed. Rio de Janeiro, 2015. 21 p.
- ADEYEMO, O. K.; OKWILAGWE, O. O.; AJANI, F. Comparative assessment of sodium EDTA and heparin as anticoagulants for the evaluation of haematological parameters in cultured and feral African catfish (*Clarias gariepinus*). **Brazilian Journal of Aquatic Science and Technology**, v. 13, n. 1, p. 19-24, 2009.
- AFZAL, M.; ARSLAN, M.; MÜLLER, J. A.; SHABIR, G.; ISLAM, E.; TAHSEEN, R.; ANWAR-UL-HAQ, M.; HASHMAT, A. J.; LQBAL, S.; KHAN, Q. M. Pântanos de tratamento flutuantes como uma opção adequada para tratamento de águas residuais em larga escala. **Nature Sustainability**, v. 2, n. 9, p. 863–871, 2019. DOI: 10.1038/s41893-019-0350-y.
- ANDERSON, B. G. The toxicity thresholds of various substances found industrial wastes as determined by use of *Daphnia magna*. **Sewage Works Journal**, v. 6, p. 1156-65, 1944. Disponível em: <https://www.jstor.org/stable/25029937> .
- ANVISA - Agência Nacional de Vigilância Sanitária. **Bulário eletrônico: antibiótico amoxicilina**. Disponível em: <https://consultas.anvisa.gov.br/#/bulario/q/?nomeProduto=AMOXICILINA>, 2025. Acesso em 14 de fevereiro de 2026.
- AQUINO, S. F.; BRANDT, E. M. F.; CHERNICHARO, C. A. L. Remoção de fármacos e desreguladores endócrinos em estações de tratamento de esgoto: revisão da literatura. **Engenharia Sanitária e Ambiental**, v. 18, n. 3, p. 187-204, 2013.
- ARANA, L. V. **Princípios químicos da qualidade da água em aquicultura: uma revisão para peixes e camarões**. Florianópolis: Editora da UFSC, 166 p, 1997.
- ARANCIBIA, A.; GUTTMANN, J.; GONZÁLEZ, G.; GONZÁLEZ, C. Absorption and disposition kinetics of amoxicillin in normal human subjects. **Antimicrobial Agents and Chemotherapy**, 1980 Feb;17(2):199-202. doi: 10.1128/AAC.17.2.199. PMID: 7387142; PMCID: PMC283758.
- BALDISSEROTTO, B.; CYRINO, J. E. P.; URBINATI, E. C. (2014). **Biologia e fisiologia de peixes neotropicais de água doce**. Jaboticabal: Ed. FUNEP, 336p.
- BANO, S.; TAHIRAM S. A.; NAQVI, S. N.; TAHSEN, R.; SHABIR, G.; LQBAL, S.; AFZAL, M.; AMIN, M.; BOOPATHY, R.; MEHMOOD, M. A. Improved remediation of amoxicillin-contaminated water by floating treatment wetlands intensified with biochar, nutrients, aeration, and antibiotic-degrading bacteria. **Bioengineered**, v. 14, n. 1, 15 set. 2023.
- BARBOSA, J. R.; FRANÇA, G. V. A.; ANDRADE, A. M.; ARAÚJO, B. T.; HENRIQUES, C. M. P.; VEROSSI, M. P. Perfil de venda de antimicrobianos no Brasil de 2014 a 2021: análise dos registros do Sistema Nacional de Gerenciamento de Produtos Controlados. **Revista Brasileira de Epidemiologia**. 2025; 28. DOI: <https://doi.org/10.1590/1980-549720250040.2>

BIANCHI, M.; PARAVANI, E. V.; ACOSTA, M. G.; ODETTI, L. M.; SIMONIELLO, M. F.; POLETTA, G. L. Pesticide-induced alterations in zebrafish (*Danio rerio*) behavior, histology, DNA damage and mRNA expression: an integrated approach, *Comparative Biochemistry and Physiology Part C: Toxicology & Pharmacology*, Volume 280, 2024, 109895, ISSN 1532-0456, <https://doi.org/10.1016/j.cbpc.2024.109895>.

BENDSCHNEIDER, K.; ROBINSON, R. J. New spectrophotometric method for the determination of nitrite in water. **Fresenius Environmental Bulletin**. v.1, p. 1-18, 1952.

BENJAMIN, L. A.; SOUZA, J. D. S.; ALMEIDA, F. B.; PIRES, L. G.; GOULART, A. M. A.; LIMA, G. V. P. Peixes como bioindicadores de contaminação aquática. **Pesquisa em Agroecologia: conquistas e perspectivas**. cap. 22, p. 378- 397, 2019.

BERNET, D.; SCHMIDT, H.; MEIER, W.; BURKHARDT-HOLM, P.; WAHLI, T. Histopathology in fish: proposal for a protocol to assess aquatic pollution. **Journal of Fish Disease**, Volume 22, Issue 1. 24 December 2001.

BODEY, G. P.; NANCE, J. Amoxicillin: in vitro and pharmacological studies. **Antimicrobial Agents and Chemotherapy**, v. 1, p. 358-362, 1972.

BOJARSKI, B.; KOT, B.; WITESKA, M. Antibacterials in aquatic environment and their toxicity to fish. **Pharmaceuticals**, v. 13, n. 8, 2020. <https://doi.org/10.3390/ph13080189>.

BONADA, N.; PRAT, N.; RESH, V. H.; STATZNER, B. Developments in aquatic insect biomonitoring: a comparative analysis of recent approaches. **Annual Review of Entomology**, v. 51, p. 495–523, 2006.

BOYD, C. E.; TUCKER, C. S. **Pond aquaculture water quality management**. Boston: Kluwer Academic, 1998. 700 p.

BRASIL. ANVISA - Agência Nacional de Vigilância Sanitária. **Plano Nacional para a Prevenção e o Controle da Resistência aos Antimicrobianos nos Serviços de Saúde (PAN-Serviços de Saúde) 2023-2027**. Brasília, DF, 43 p., 2023.

BRASIL. Ministério da Saúde. Portaria GM/MS nº 888, de 4 de maio de 2021. Dispõe sobre os procedimentos de controle e de vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade. **Diário Oficial da União – DOU**, Brasília, DF, 2021. v. 1, p. 127-136.

BRASIL. Ministério da Saúde. **Relação Nacional de Medicamentos Essenciais**. Brasília, DF: Ministério da Saúde, 2025. p, 265.

BRASIL, CONCEA – Conselho Nacional de Experimentação Animal. **Guia Brasileiro de Manutenção ou Utilização de Animais em Atividades de Ensino ou Pesquisa Científica**. 2023. Disponível em: https://www.gov.br/mcti/pt-br/composicao/colegiados/concea/arquivos/arquivo/publicacoes-do-concea/guia_concea_led_animais-_ensino_ou_pesquisa_2023.pdf. Acesso em 01 de setembro de 2026.

BRASIL. Conselho Nacional de Saúde. **Resolução nº 466, de 12 de dezembro de 2012**. Aprova diretrizes e normas regulamentadoras de pesquisas envolvendo seres humanos, 2012. Disponível em: <https://www.gov.br/conselho-nacional-de-saude/pt-br/atos-normativos/resolucoes/2012/resolucao-no-466.pdf>. Acesso em 01 de setembro de 2026.

BURCH, D. G. S.; SPERLING, D. Amoxicillin - current use in swine medicine. **Journal of Veterinary Pharmacology and Therapeutics**, v. 41, p. 356-368, (2018).

CASTRO, I. R. R.; CASTRO, L. R.; LIMA, A. C. S. Bactérias resistentes a antibióticos em ambiente aquático: efeito na produção animal. Antibiotic resistant bacteria in aquatic environment: effect on animal production. **Ciência Animal**, v. 32, n. 1, p. 84-99, 2022.

CFMV. Conselho Federal de Medicina Veterinária. **Guia Brasileiro de Boas Práticas para Eutanásia de Animais: conceitos e procedimentos recomendados**, 2013. Disponível em: <https://www.cfmv.gov.br/guia-brasileiro-de-boas-praticas-para-a-eutanasia-em-animais/comunicacao/publicacoes/2020/08/03/#1>. Acesso em 01 de setembro de 2026.

CHENG, S.; DU, L.; GEORGE, C. Understanding the interfacial behavior of typical perfluorocarboxylic acids at surfactant-coated aqueous interfaces. **Journal of Geophysical Research Atmospheres**, v. 125, n. 13, 2020.

CLAUSS, T. M.; DOVE, A. D. M.; ARNOLD, J. E. Hematologic Disorders of Fish. *Veterinary Clinics of North America: Exotic Animal Practice*. V. 11, n. 3, September 2008.

COLLIER, H. B. The standardizations of blood haemoglobin determinations. **Canadian Medical Association Journal**, v.50, n.6, p.550-552, 1944.

COLLIGNON, P. J.; MCEWEN S. A. One Health- Its importance in helping to better control antimicrobial resistance. **Tropical Medicine and Infectious Disease**, v. 4, n. 1, p. 22, 2019. DOI: 10.3390/tropicalmed4010022.

CONAMA - Conselho Nacional do Meio Ambiente. **Resolução nº 430 de 13 de maio de 2011**. Dispõe sobre as condições e padrões de lançamento de efluentes. Diário Oficial da União, nº 92, de 16/05/2011, p. 89.

CONCEA - Conselho Nacional de Controle de Experimentação Animal. **Diretriz Brasileira para o Cuidado e a Utilização de Animais em Atividades de Ensino ou de Pesquisa Científica**. Brasília, 2024. 64 p.

DIAS, P. P. **Saberes do rio Gualaxo do Norte: etnoindicadores e ecotoxicologia para monitoramento ambiental**. 2022. Dissertação (Mestrado em Medicina Veterinária) – Universidade Federal de Viçosa, 2022.

DOMINGUES, D. F.; BERTOLETTI, E. Seleção, manutenção e cultivo de organismos aquáticos. In: ZAGATTO, A. P.; BERTOLETTI, E. **Ecotoxicologia aquática: princípios e aplicações**. São Carlos: Editora RiMa, cap. 8, p. 153-184, 2008.

EKEOMA, B. C.; EKEOMA, L. N.; YUSUF, M.; HARUNA, A.; IKEOGU, C. K.; MERICAN, Z. M. A.; KAMYAB, H.; PHAM, C. Q.; VO, D. N.; CHELLIAPAN, S. Avanços recentes na mitigação biocatalítica de poluentes emergentes: uma revisão abrangente. **Revista Brasileira de Biotecnologia**, v. 369, p. 14-34, 2023. DOI: 10.1016/j.jbiotec.2023.05.003.

EPA - Environmental Protection Agency. **Aquatic life criteria for contaminants of emerging concern**, (2008). Disponível em <<https://www.epa.gov/wqc/contaminants-emerging-concern-including-pharmaceuticals-and-personal-care-products>>. Acesso em 20 de fevereiro de 2026.

EPA - Environmental Protection Agency. pH. **Causal Analysis/Diagnosis Decision Information System (CADDIS)**, 2026. Disponível em: <https://www.epa.gov/caddis/ph>. Acesso em 16 de fevereiro de 2026.

FAO – Food and Agriculture Organization. **The state of world fisheries and aquaculture: blue transformation in action**. Rome, 264 p., 2024.

FUJIMOTO, R. Y. **Aclimação e quarentena: manejos muitas vezes esquecidos quando não realizados, podem representar grandes perdas**. Embrapa Tabuleiros Costeiros, 2012. Disponível em: <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/bitstream/doc/1014607/1/12aclimatacaoequarentena.pdf> Acesso em 25 de fevereiro de 2026.

GALINDO-MIRANDA, J. M.; GUÍZAR-GONZÁLEZ, C.; BECERRIL-BRAVO, E. J.; MOELLER-CHÁVEZ, G.; LEÓN-BECERRIL, E.; VALLEJO-RODRÍGUEZ, R. Occurrence of emerging contaminants in environmental surface waters and their analytical methodology - a review. **Water Supply**, v. 19, n. 7, p. 1871-1884, 2019.

GARCIA-SANTOS, S.; MONTEIRO, S. M.; CARROLA, J.; FONTAINHA-FERNANDES, A. Alterações histológicas em brânquias de tilápia nilótica *Oreochromis niloticus* causadas pelo cádmio. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v. 59, n. 2, 2007. <https://doi.org/10.1590/S0102-09352007000200017>

GAVRILESCU, M.; DEMNEROVÁ, K.; AAMAND, J.; AGAATHOS, S.; FAVA, F. Emerging pollutants in the environment: present and future challenges in biomonitoring, ecological risks and bioremediation. **New Biotechnology**, v. 32, n. 1, p. 147–156, 2015.

GILMOUR, K. M., TURKO, A. J. Effects of structural remodelling on gill physiology. **Journal of Comparative Physiology B**, v. 194, p. 595–609, 2024.

GIUDICE, L. C.; LHAMAS-CLARK, E. F.; DENICOLA, N.; PANDIPATI, S.; ZLATNIK, M. G.; DECENA, D. C. D.; WOODRUFF, T. J.; CONRY, J. A. Comitê da FIGO sobre mudanças climáticas e exposições ambientais tóxicas Climate change, women's health, and the role of obstetricians and gynecologists in leadership. **International journal of gynaecology and obstetrics: the official organ of the International Federation of Gynaecology and Obstetrics**, v. 155, n. 3, p. 345-356, 2021.

GOLDENFARB, P. B.; BOWYER, F. P.; HALL, E.; BROSIUS, E. Reproducibility in the hematology laboratory: the microhematocrit determination. **American Journal of Clinical Pathology**, v. 56, n. 1, p.35-39, jul. 1971.

GOULART, A. M. A. **Efeitos toxicológicos do Dimilin® em machos adultos de *Hyphessobrycon eques* (Steindachner, 1882) (Teleostei: Characidae)**. 2012. 65 f. Dissertação (Mestrado em Medicina Veterinária) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2012.

GRANT, K. R. Fish Hematology and Associated Disorders. **Clinics in Laboratory Medicine**, v. 35, n.3, p. 681–701, set. 2015.

HRUBEC, T. C.; CARDINALE, J. L.; SMITHS A.; Hematology and plasma chemistry reference intervals for cultured tilapia (*Oreochromis hybrid*). **Veterinary Clinical Pathology**, v. 29, n. 1, p. 7-12. 2000. DOI: 10.1111/j.1939-165x.2000.tb00389.x.

HUGHES, G. M.; PERRY, S. F Morphometric study of trout gills: a light-microscope method suitable for the evaluation of pollutant action. **Journal of Experimental Biology**, v. 64, p. 447–460, 1976.

HUTTNER, A.; BIELICKI, J.; CLEMENTS, M. N.; FRIMODT-MØLLER, N.; MULLER, A. E.; PACCAUD, J.-P.; MOUTON, J. W. Oral amoxicillin and amoxicillin–clavulanic acid: properties, indications and usage. **Clinical Microbiology and Infection**, v. 26, n. 7, p. 871-879, 2020.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Produção de tilápia no ano de 2024. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/explica/producao-agropecuaria/tilapia/br>. Acesso em 11 de fevereiro de 2026.

ISHIKAWA, M. M.; QUEIROZ, J. F.; NASCIMENTO, J. L.; PÁDUA, S. B.; MARTINS, M. L. **Uso de biomarcadores em peixe e boas práticas de manejo sanitário para a piscicultura**. Documentos 126, ISSN 1516-4691, 2020.

IWASHITA, M. K. P.; MACIEL, P. O. **Princípios básicos de sanidade de peixes**. In: Embrapa. Piscicultura de água doce: multiplicando conhecimentos. Brasília, DF: Embrapa, p. 216–272. 2013.

KLEIN, E. Y.; VAN BOECKEL, T. P.; MARTINEZ, E. M.; PANT, S.; GANDRA, S.; LEVIN, S. A.; GOOSSENS, H.; LAXMINARAYAN, R. Global increase and geographic convergence in antibiotic consumption between 2000 and 2015. **Proceedings of the National Academy of Sciences USA**. 2018 Apr 10;115(15):E3463-E3470. doi: 10.1073/pnas.1717295115. Epub 2018 Mar 26. PMID: 29581252; PMCID: PMC5899442.

KOCA, Y. B.; KARA, N. Alterations in gills and intestine of *Danio rerio* after exposure to acaricide yoksorrun-5EC (hexythiazox): histopathologic and morphometric evaluation. **Drug and Chemical Toxicology**, 2021. DOI: 10.1080/01480545.2021.1880428.

KOIVISTO S. Is *Daphnia magna* an ecologically representative zooplankton species in toxicity tests?, **Environmental Pollution**, volume 90, 1995, pági 263-267, ISSN 0269-7491, Disponível em: [https://doi.org/10.1016/0269-7491\(95\)00029-Q](https://doi.org/10.1016/0269-7491(95)00029-Q). Acesso em 14 de fevereiro de 2026.

KUBITZA, F. **Qualidade da Água na Produção de Peixes – Parte I. Panorama da aquicultura**. 1998.

KUBITZA, F. **Qualidade da água no cultivo de peixes e camarões**. Ed. F. Kubitza: Jundiaí. 229p. 2003.

KUBITZA, F. **Tilápia: tecnologia e planejamento na produção comercial**. 2. ed. rev. e ampl. Jundiaí: Acqua Supre Com. Suprim. Aquicultura, 2011. 316 p.

KUMARI, B.; KUMAR, V.; SINHA, A.K. Toxicology of arsenic in fish and aquatic systems. **Environmental Chemistry Letters**, v. 15, p. 43–64 (2017).

LEE, S.; KIM, C.; LIU, X., LEE, S; KHO, Y; KIM, W.; KIM, P.; CHOI, K., Ecological risk assessment of amoxicillin, enrofloxacin, and neomycin: are their current levels in the freshwater environment safe? **Toxics**, 2021, 9(8), 196; <https://doi.org/10.3390/toxics9080196>.

LIU, C. H.; LEE, S.; M.; VANLARE, J. M.; KASPER, D., L; MAZMANIAN, S., K. Regulation of surface architecture by symbiotic bacteria mediates host colonization. **Proceedings of the National Academy of Sciences USA**. 2008 Mar 11;105(10):3951-6. doi: 10.1073/pnas.0709266105. Epub 2008 Mar 4. PMID: 18319345; PMCID: PMC2268772.

LOPES, D. S. **Efeitos do inseticida Dimilin® na morfologia de brânquias de machos e fêmeas de *Hyphessobrycon eques* adultos (Steindachner, 1882)**. 2015. Dissertação (Mestrado em Medicina Veterinária) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2015.

LOPES, L. C.; MOTTER, F. R.; CARVALHO-SOARES, M. L. Consumo de antibióticos no Brasil – uma análise dos dados de vendas entre 2014 e 2019. **Antimicrobial Resistance and Infection Control**, v. 13, n. 60, 2024.

LOPÉZ-OLMEDA, J. F.; SÁNCHEZ-VÁZQUEZ, F. J.; FORTES-SILVA, R. **Biology and aquaculture of tilapia**. Boca Raton, Florida: CRC Press, 2021.

MARCON, L.; LOPES, D. S.; MOUNTEER, A. H.; GOULART, A. M. A.; LEANDRO, M. V.; BENJAMIN, L. A. 2016. Pathological and histometric analysis of the gills of female *Hyphessobrycon eques* (Teleostei:Characidae) exposed to different concentrations of the insecticide Dimilin®. **Ecotoxicology and Environmental Safety**, v. 131, 135-142.

MARKERT, B.; WAPPELHORST, O.; WECKERT, V.; HERPIN, U; SIEWERS, U.; BREULMANN, F. The use of bioindicators for monitoring the heavy-metal status of the environment. **Journal of Radioanalytical and Nuclear Chemistry**, v. 240, p. 425-429, 1999.

MARTI, E.; VARIATZA, E.; BALCÁZAR, J.L. The role of aquatic ecosystems as reservoirs of antibiotic resistance. **Trends in Microbiology**, v. 22, n. 1, p. 36–41, 2014. DOI:10.1016/j.tim.2013.11.001.

MENDES, R. M.; MISKULIN, R. G. S. A análise de conteúdo como uma metodologia. Content analysis as a methodology; L'analyse de contenu comme méthodologie; El análisis de contenido como una metodología. SciELO Brazil, 2017.

MERGEAY, J.; DECLERCK, S.; VERSCHUREN, D.; DE MEESTER, L. Análise da comunidade de *Daphnia* em lagos e lagoas rasas do Quênia usando ovos dormentes em sedimentos superficiais. **Freshwater Biology**, v. 51, p. 399–411, 2006. DOI: <https://doi.org/10.1111/j.1365-2427.2005.01494.x>

MONTEIRO, M. I. C.; FERREIRA, F. N.; OLIVEIRA, N. M. M.; ÁVILA, A. K. Simplified version of the sodium salicylate method for analysis of nitrate in drinking waters. **Analytica Chimica Acta**, v. 477, p. 125–129, 2003.

MONTEIRO, S. H. **Ocorrência de antibióticos e estudo de resistência microbiana em sistemas aquaculturais do Rio Paraná, reservatório de Ilha Solteira, na região de Santa Fé do Sul, estado de São Paulo**, 2014. 113 f. Tese (Doutorado em Ciências) - Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2014.

MORAES, J. C. **Efeitos do Thiodan® (endossulfan) nas brânquias de *Astyanax aff. bimaculatus***. 2011. Dissertação (Mestrado em Medicina Veterinária) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2011.

MORIN-CRINI, N.; LICHTFOUSE, E.; LIU, G.; BALARAM, V.; RIBEIRO, A. R. L.; LU, Z.; STOCK, F.; CARMONA, E.; TEIXEIRA, M. R.; PICOS-CORRALES, L. A.; MORENO-PIRAJÁN, J. C.; GIRALDO, L.; LI, C.; PANDEY, A.; HOCQUET, D.; TORRI, G.; CRINI, G. 2022. Worldwide cases of water pollution by emerging contaminants: a review. **Environmental Chemistry Letters**, 20, 2311–2338. <https://doi.org/10.1007/s10311-022-01447-4>.

MORO, G. V.; REZENDE, F. P.; ALVES, A. L.; HASHIMOTO, D. T.; VARELA, E. S.; TORATI, L. S. **Espécies de peixe para piscicultura**. In: Embrapa. Piscicultura de água doce: multiplicando conhecimentos. Brasília, DF: Embrapa, 2013a. p. 29–68

MORO, G. V.; RODRIGUES, A. P. O.; TORATI, L. S.; BARROSO, R. M.; LUNDSTEDT, L. M. **Anatomia e fisiologia de peixes de água doce**. In: Embrapa. Piscicultura de água doce: multiplicando conhecimentos. Brasília, DF: Embrapa, 2013b. p. 71–95.

OCDE – Organisation for Economic Co-operation and Development (2012), Teste nº 211: Teste de reprodução de *Daphnia magna*, **Diretrizes da OCDE para o teste de produtos químicos**, Seção 2, OCDE Publishing, Paris, <https://doi.org/10.1787/9789264185203-en>.

OLIVEIRA-JÚNIOR, A. A.; TAVARES-DIAS, M.; MARCON, J. L. Biochemical and hematological reference ranges for Amazon freshwater turtle, *Podocnemis expansa* (Reptilia: Pelomedusidae), with morphologic assessment of blood cells. **Research in Veterinary Science**, v. 86, p.146–151, 2009.

PARK, S.; CHOI, K. Hazard assessment of commonly used agricultural antibiotics on aquatic ecosystems. **Ecotoxicology**, v.17, p. 526–538, 2008.

PIMPÃO, C. T.; BOND, G. B.; BUDZIAK, C.; CONDAS, L. A. Z.; KAISELER, P. H. S. Avaliação da estimulação de LPS na migração celular em *Rhamdia quelen* expostos à deltametrina. **Revista Acadêmica: Ciência Animal**, Curitiba, v. 3, n. 4, p. 11–17, 2005. Disponível em: <https://periodicos.pucpr.br/cienciaanimal/article/view/9189/8841>. Acesso em 20 fevereiro de 2026.

PINTO, G. M. F.; SILVA, R. K.; PEREIRA, F. R. A. B.; SAMPAIO, S.I. Estudo do descarte residencial de medicamentos vencidos na região de Paulínia (SP), Brasil. **Engenharia Sanitária e Ambiental**, v. 19, n. 3, p. 219–224, 2014. DOI:10.1590/S1413-41522014019000000472.

PIRES, L. G. **A água não está para peixe: etnohidrologia e os indicadores de qualidade da água**. 2020. Dissertação (Mestrado em Agroecologia) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2020.

PNUMA (2017). **Fronteras**. Nuevos temas de interés ambiental. Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente, Nairobi. <https://www.unenvironment.org/resources/frontiers-2017-emerging-issues-environmental-concern>. Acesso em 20 de fevereiro de 2026.

POLEKSIC, V.; MITROVIC-TUTUNDZIC, V. Fish gills as monitor of sublethal and chronic effects of pollution. In: MÜLLER, R.; LLOYD, R. (Eds.). **Sublethal and chronic effect of pollutants on freshwater fish**. Oxford: FAO, Fishing News Books, 1994. p. 339–352.

POMPÊO, M.; MOSCHINI-CARLOS, V.; LÓPEZ-DOVAL, J. C. **Ecotoxicologia aquática prática: metodologia de ensaios com peixes**. São Carlos: RiMa, 2020.

QUEIROZ, J. F.; BOEIRA, R. C. **Boas práticas de manejo para manter concentrações adequadas de oxigênio dissolvido em viveiros de piscicultura**. Comunicado Técnico 54, Embrapa, 9 p., 2016.

RANZANI-PAIVA, M. J. T.; PÁDUA, S. B.; TAVARES-DIAS, M.; EGAMI, M. I. **Métodos para análise hematologia de peixes**. 1 ed. Editora da Universidade Estadual de Maringá, 142p., 2013.

RESENDE, J. V.; SILVA, V. L.; DINIZ, C. G. Ambientes aquáticos no contexto da Saúde Única: modulando o fenômeno da resistência antimicrobiana. **Acta Limnologica Brasiliensia**, v. 32, e102, 2020. DOI:10.1590/S2179-975X4719.

ROCHA, P. T. **Alterações morfológicas branquiais em lambaris *Astyanax bimaculatus* machos expostos ao Dimilin®**. Dissertação (Mestrado em Medicina Veterinária) – Universidade Federal de Viçosa, 2019.

SALAH, D. M. M.; LAFFITE, A.; POTÉ, J. Occurrence of Bacterial Markers and Antibiotic Resistance Genes in Sub-Saharan Rivers Receiving Animal farm Wastewaters. **Scientific Reports**, v. 9, n. 1, p. 14847, 2019. DOI: 10.1038/s41598-019-51421-4.

SANTOS, F. M. Análise de conteúdo: a visão de Laurence Bardin. **Revista Eletrônica de Educação**, v. 6, n. 1, p. 383-387, 2012.

SHARMA, A. K.; SHARMA, M.; SHARMA, A. K.; SHARMA, M. Mapping the impact of environmental pollutants on human health and environment: A systematic review and meta-analysis. **Journal of Geochemical Exploration**, p. 107325, 2023.

SILVA, C. L.; CARDOSO, A. M.; VIEIRA, M. B. D. V. Dispersion of Antimicrobial Resistance in the Environment Under the One Health Concept. **Concilium**, v. 22, n. 6, p. 937-948, 2022. DOI: 10.5281/zenodo.15333172.

SILVA, E. P.; BENVINDO-SOUZA, M.; COTRIM, C. F. C.; MOTTA, A. G. C.; LUCENA M. M.; ANTONIOSI F. N. R.; PEREIRA, J.; FORMIGA, K. T. M.; MELO e SILVA D. Efeito genotóxico de metais pesados sobre *Astyanax lacustris* em riacho urbano. **Heliyon**, v. 6., 9 ed., 2020.

SINGH, V.; PANDEY, B.; SURTHAR, S. Phytotoxicity of amoxicillin to the duckweed *Spirodela polyrrhiza*: Growth, oxidative stress, biochemical traits and antibiotic degradation. **Chemosphere**, v. 201, p. 492-502, 2018.doi: 10.1016/j.chemosphere.2018.03.010

SPYKER, D. A.; RUGLOSKI, R. J.; VANN, R. L.; O'BRIEN, W. M. Pharmacokinetics of amoxicillin: dose dependence after intravenous, oral, and intramuscular administration. **Antimicrobial Agents and Chemotherapy**, v. 11, p. 132-41, 1977. doi: 10.1128/AAC.11.1.132. PMID: 836010; PMCID: PMC351932.

SUTHERLAND, R.; CROYDON, E. A.; ROLINSON, G. N. Amoxycillin: a new semi-synthetic penicillin. **British Medical Journal**. 1972 Jul 1;3(5817):13-6. doi: 10.1136/bmj.3.5817.13. PMID: 4402672; PMCID: PMC1788503.

TARA, N.; IQBAL, M.; KHAN, Q. M.; AFZAL, M. Bioaugmentation of floating treatment wetlands for the remediation of textile effluent. **Water and Environment Journal**, v. 33, p. 124-134, (2019).

THABIT, A. K.; FATANI, D. F.; BAMAKHRAMA, M. S.; BARNAWI, O.; BASUDAN, L. O.; ALHEJAILI, S. F. Antibiotic penetration into bone and joints: an updated review. **International Journal of Infectious Diseases**, v. 81, p. 128-136, 2019.

THRALL, M. A.; WEISER, G.; ALLISON, R. W.; CAMPBELL, T. W. **Hematologia e Bioquímica Clínica Veterinária**. 2 ed., 2015.

TKACZYK, A.; BOWNIK, A.; DUDKA, J.; KOWAL, K.; ŚLASKA, B., *Daphnia magna* model in the toxicity assessment of pharmaceuticals: a review. **Science of the Total Environment**, v. 763, 2021, 143038, ISSN 0048-9697. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.143038>.

TOMINAGA, F. K.; BOIANI, N. F.; SILVA, T. T.; GARCIA, V. S. G.; BORRELY, S. I. Acute and chronic ecotoxicological effects of pharmaceuticals and their mixtures in *Daphnia similis*. **Chemosphere**. v. 309, 2022. 136671. doi: 10.1016/j.chemosphere.2022.136671. Epub 2022 Oct 6. PMID: 36209851.

UEDA, I.K.; EGAMI, M.I.; SASSP, W.S.; MATUSHIMA, E.R. Estudos hematológicos em *Oreochromis niloticus* (Linnaeus, 1758) (Cichlidae, Teleostei) - Parte I. **Brazilian Journal of Veterinary Research and Animal Science**. v. 34, p. 270-275, 1997.

UNESCO – United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization. **Chemical Methods for Use in Marine Environmental Monitoring**. Manuals and Guides: IOC – Intergovernmental Oceanographic Commission. 53p., 1983.

VASANTHI, L. A.; REVATHI, P.; MINI, J.; MUNUSWAMY, N. Uso integrado de biomarcadores histológicos e ultraestruturais em *Mugil cephalus* para avaliar a poluição por metais pesados no estuário de Ennore, Chennai. **Chemosphere** v. 91 p. 1156-1164, 2013. ><https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0045653513000982>

VENTURA, A. S.; CORSINI, F. E.; GABRIEL, A. M. A. Hematology as a biomarker of environmental contamination in fish. **Revista Nutri-Time**, v. 12, 2015. ISSN:1983-900.

WEESE, J. S.; BLONDEAU, J.; BOOTHE, D.; GUARDABASSI, L. G.; GUMLEY, N.; PAPICH, M.; JESSEN, L. R.; LAPPIN, M.; RANKIN, S.; WESTROPP, J. L.; SYKES, J. International Society for Companion Animal Infectious Diseases (ISCAID) guidelines for the diagnosis and management of bacterial urinary tract infections in dogs and cats. **The Veterinary Journal**, v. 247, p. 8-25, 2019, ISSN 1090-0233, <https://doi.org/10.1016/j.tvjl.2019.02.008>.

YISA, A. G.; CHIA, M. A.; GADZAMA, I. M. K.; ONIYE, S. J.; SHA'ABA, R. I.; GAUJE, B. Immobilization, oxidative stress and antioxidant response of *Daphnia magna* to amoxicillin and ciprofloxacin. **Environmental Toxicology and Pharmacology**, v. 98, 2023, 104078. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.etap.2023.104078>.

ANEXO A

Avaliação do uso do antibiótico amoxicilina nos cursos da área da saúde da Universidade Federal de Viçosa

TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO (TCLE)

Você está sendo convidado(a) como voluntário(a) a participar da pesquisa “**Avaliação do uso do antibiótico amoxicilina nos cursos da área da saúde da Universidade Federal de Viçosa**”.

A sua participação é de extrema importância para a realização deste estudo. No entanto, a qualquer momento, você poderá se recusar a responder às perguntas do questionário. Ao final da leitura deste termo, e após a leitura da declaração de participação, apresentada a seguir, será solicitado que você selecione a alternativa que melhor represente seu consentimento para participar da pesquisa.

OBJETIVO: Compreender como o medicamento amoxicilina é usado por docentes, estudantes com idade superior a 18 anos e corpo técnico-administrativo dos cursos Medicina Veterinária, Medicina, Enfermagem e Nutrição.

JUSTIFICATIVA: A contaminação crescente de nascentes, rios, lagos e mares por substâncias que contaminam a água, como antibióticos, agrotóxicos e substâncias industriais, evidencia a necessidade de pesquisas que avaliem os impactos reais desses compostos nos ambientes aquáticos. Dessa forma, avaliar o conhecimento acerca do uso de antibióticos, nesse caso a Amoxicilina, é relevante, pois essa substância é amplamente utilizada no tratamento de doenças humanas e de doenças em animais, além de estar entre os medicamentos mais vendidos no mundo.

PROCEDIMENTOS DO ESTUDO: Você será solicitado a preencher, de forma *on-line*, em uma plataforma digital, um formulário composto por perguntas que caracterizam o uso da amoxicilina, o entendimento sobre os impactos ambientais causados por essa medicação, e como a área de atuação pode contribuir para reduzi-los, respondendo questões abertas, fechadas e em escala numérica. O formulário coletará o seu e-mail como participante da pesquisa para que você receba uma cópia do Termo de Consentimento Livre e Esclarecido, assim como as

respostas a este formulário, que também serão enviadas automaticamente ao seu e-mail após o envio do formulário. Solicitamos também que salve uma cópia deste documento em seu computador, celular, *tablet* ou *notebook*, clicando neste link em azul descrito como "Baixar TCLE" para *download* de uma cópia deste Termo de Consentimento Livre e Esclarecido que consta também a assinatura do pesquisador responsável (**Baixar TCLE**). Ao final da pesquisa por intermédio do mesmo e-mail, você receberá os resultados da presente pesquisa, mas a qualquer momento poderá solicitar os resultados ao pesquisador responsável. Este dado será tratado de forma sigilosa e sob nenhuma hipótese será divulgado. Para preenchimento do formulário, estima-se um tempo de vinte minutos.

RISCOS E DESCONFORTOS: Os riscos envolvidos na pesquisa estão relacionados a possíveis desconfortos ou constrangimentos a você em responder às perguntas sobre o uso da amoxicilina, como a frequência de utilização desta para tratamento de doenças em animais, assim como para tratamento de condições de saúde que afetam ou afetaram a sua saúde, bem como demonstrar sua opinião acerca de perguntas que se relacionem diretamente com a sua atuação dentro da universidade, pelo receio de divulgação das respostas, exposição e vazamento de dados, perda de confiabilidade e quebra de anonimato, riscos que são inerentes à pesquisa realizada em ambiente *on-line*. Além disso, durante a leitura e resposta às perguntas propostas para este estudo, você poderá sentir-se estressado, cansado ou também envergonhado ou com medo de responder ou poderá sentir medo de não saber responder ou, ainda, receio de ser identificado a partir de suas respostas. Também, as perguntas poderão gerar estados negativos a você, como ansiedade, culpa, raiva ou medo.

Para minimizar estes riscos, você poderá visualizar todas as perguntas deste questionário, no entanto, solicitamos a você que leia atentamente este TCLE assim como a declaração como participante antes de responder ao questionário. As perguntas do formulário serão feitas por meio de plataforma digital e não haverá a identificação do seu nome, garantindo o anonimato na análise das respostas posteriormente pelo pesquisador. Nenhuma das perguntas será de resposta obrigatória e elas poderão ser visualizadas abaixo da declaração como participante. Caso você sinta algum desconforto ou apresente mal-estar, você poderá finalizar a pesquisa clicando no botão X que representa o encerramento de uma guia/aba/janela, tanto em computadores quanto em celulares, *tablets* e *notebooks*. Esse botão fica localizado em cada guia/aba/janela individual e quando selecionado, realiza o fechamento daquela guia em específico. Outra opção para encerramento da pesquisa é a seleção do botão X para fechamento do navegador de internet, utilizado para abertura do formulário. Esse botão se localiza no canto

superior direito da tela do seu computador, telefone, *tablet* ou *notebook* e ao selecionar, todas as guias/abas/janelas serão fechadas. Também, você poderá acessar este tutorial de como encerrar a pesquisa clicando no link descrito como “Encerrar a pesquisa” em azul (**Encerrar a pesquisa**). Ainda, você poderá entrar em contato com o pesquisador responsável para esclarecimento de dúvidas a qualquer momento.

Serão necessários aproximadamente vinte minutos para que você responda a esta pesquisa e não haverá a identificação do seu nome, garantindo, posteriormente, o anonimato na análise das respostas pelo pesquisador. Além disso, para minimizar riscos de vazamento de dados, associados à pesquisa *on-line*, somente o pesquisador responsável terá acesso à plataforma *on-line* e utilizará de seu e-mail institucional para acessá-la. O computador onde serão digitalizados os dados possui ferramentas de monitoração e controle de acesso, senha e ferramentas de proteção dos dados. Ao final da pesquisa, será feito o *download* de todos os dados coletados para o dispositivo eletrônico local, pertencente ao pesquisador responsável, e qualquer registro de qualquer plataforma virtual, ambiente compartilhado ou "nuvem" será apagado.

Por fim, será garantida a plena liberdade de recusar-se a participar ou retirar seu consentimento, em qualquer fase da pesquisa, sem necessidade de aviso prévio. A qualquer momento você poderá fechar este formulário e automaticamente deixará de participar da pesquisa. Para isso, você poderá encerrar a guia/aba/janela ou o navegador de internet, como foi descrito anteriormente. Você não terá nenhum custo, nem receberá qualquer vantagem financeira. Apesar disso, diante de eventuais danos, identificados e comprovados, decorrentes da pesquisa, você tem assegurado o direito à indenização. A sua participação é voluntária e a recusa em participar não acarretará qualquer penalidade ou modificação na forma como que você é atendido(a) pelo pesquisador. Os resultados da pesquisa estarão à sua disposição quando finalizada e a qualquer momento você poderá entrar em contato com o pesquisador responsável.

A divulgação da pesquisa foi feita nos Departamento de Veterinária, Medicina e Enfermagem, e Nutrição e Saúde e, previamente à realização dessa, foi solicitada a autorização do chefe de departamento para divulgação e convite aos alunos com idade superior a dezoito anos, docentes e corpo técnico-administrativo. Você poderá ter recebido o convite para participação dessa pesquisa através do seu e-mail institucional, visto que os convites foram encaminhados pela secretaria do seu departamento. A fim de reduzir os riscos de vazamento de dados e quebra de sigilo, os convites foram enviados utilizando-se lista oculta, de forma que dados como e-mail, nome e telefone não estarão disponíveis aos demais convidados. Essa solicitação foi feita às secretarias dos departamentos previamente à divulgação da pesquisa.

Caso seja necessário o pesquisador responsável ter acesso à lista de e-mails será apresentado o Termo de Sigilo e Confiabilidade às secretarias/chefias dos departamentos, de forma que você continuará assegurado sobre seus direitos dentro dessa pesquisa.

BENEFÍCIOS: A pesquisa contribuirá para conscientização sobre o impacto da presença de antibióticos, como a amoxicilina, no ambiente aquático, pelo do uso indiscriminado dessa medicação, e assim, a partir da análise das respostas ao formulário, será produzida uma cartilha ilustrada constituindo-se em benefício à sociedade, visto a divulgação de dados que contribuirão para ações de educação e conscientização sobre a importância da preservação do ambiente.

CONFIDENCIALIDADE DA PESQUISA: Todas as informações coletadas neste estudo são estritamente confidenciais. Somente o pesquisador responsável terá acesso aos dados. Informações confidenciais como e-mail não serão divulgadas, sob nenhuma hipótese. Os demais dados serão avaliados de forma comparativa, para escrita futura de uma cartilha ilustrada que será enviada aos participantes da pesquisa como um retorno dos resultados encontrados. Dessa forma, os dados serão arquivados durante cinco anos em armazenamento externo, pertencente ao professor responsável pela pesquisa, e após esse tempo, serão destruídos. Os pesquisadores tratarão a sua identidade com padrões profissionais de sigilo e confidencialidade, atendendo à legislação brasileira, em especial à Resolução 466/2012 do Conselho Nacional de Saúde, e utilizarão as informações somente para fins acadêmicos e científicos.

IMPORTANTE: Solicitamos a você que salve uma cópia deste documento em seu computador, celular, *tablet* ou *notebook*, clicando neste link em azul descrito como "Baixar TCLE", para *download* de uma cópia deste Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (**Baixar TCLE**). Ressaltamos a você a importância de guardar uma cópia deste termo, uma vez que este documento descreve seus direitos como participante, assim como os procedimentos aos quais você será submetido para participação nesta pesquisa, além do esclarecimento dos riscos, benefícios e informações descritivas da pesquisa.

Agradecemos sua participação!

Nome do Pesquisador Responsável: Professor Laércio dos Anjos Benjamin

Endereço: Departamento de Veterinária, Universidade Federal de Viçosa. Bela Vista, 36570-900 Viçosa, MG - Brasil.

Telefone: (31) 3612-5651

Email: laercio@ufv.br

Em caso de discordância ou irregularidades sob o aspecto ético desta pesquisa, você poderá consultar:

CEP/UFV - Comitê de Ética em Pesquisa com Seres Humanos

Endereço: Universidade Federal de Viçosa, Edifício Arthur Bernardes - subsolo, Av. PH Rolfs, s/n - *Campus* Universitário, 36570-900 Viçosa, MG - Brasil.

Telefone: (31) 3612-2316

Email: cep@ufv.br www.cep.ufv.br

Declaração como participante:

Declaro que li as informações presentes no Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE) e fui informado(a) dos objetivos da pesquisa “**Avaliação do uso do antibiótico amoxicilina nos cursos da área da saúde da Universidade Federal de Viçosa**”, dos procedimentos a serem utilizados para realização da pesquisa, assim como riscos, desconfortos e custos ou indenizações à minha participação de maneira clara e detalhada, e esclareci minhas dúvidas. Sei que a qualquer momento poderei solicitar novas informações pelo e-mail laercio@ufv.br ou pelo telefone (31) 3612-5651, e que a qualquer momento posso retirar meu consentimento, sem qualquer penalidade, e modificar minha decisão de participar se assim desejar.

Ao selecionar uma das opções a seguir, declaro que estou ciente de todas as informações descritas e que poderei consultar o pesquisador responsável, identificado anteriormente, ou o Comitê de Ética em Pesquisa com Seres Humanos da Universidade Federal de Viçosa, localizado na Universidade Federal de Viçosa, Edifício Arthur Bernardes, subsolo, Av. PH Rolfs, s/n - *Campus* Universitário, Viçosa/MG CEP: 36570-900, e-mail: cep@ufv.br, telefone: (31) 3612-2316, no horário de segunda a sexta-feira de 08:00 às 12:00.

Os resultados obtidos durante este estudo serão mantidos em sigilo, mas concordo que sejam divulgados em publicações científicas, desde que meus dados pessoais não sejam mencionados.

1. Vínculo com a Universidade Federal de Viçosa:

- ☐ Estudante de graduação
- ☐ Estudante de pós-graduação
- ☐ Docente
- ☐ Corpo técnico-administrativo
- ☐ Residente
- ☐ Outro:

2. Se for estudante de graduação, está cursando qual período?

(Resposta aberta)

3. Se for estudante de pós-graduação, está no mestrado ou doutorado?

(Resposta aberta)

4. Se for servidor técnico-administrativo, qual a sua área de atuação?

(Resposta aberta)

5. Qual departamento da universidade possui vínculo?

- ☐ Departamento de Veterinária (DVT-UFV)
- ☐ Departamento de Medicina e Enfermagem (DEM-UFV)
- ☐ Departamento de Nutrição e Saúde (DNS-UFV)
- ☐ Outro:

6. Você já utilizou o antibiótico amoxicilina para tratar de alguma condição que afetasse a sua saúde?

- ☐ Sim
- ☐ Não

7. Com que frequência você utilizou o antibiótico amoxicilina para tratamento de alguma condição que afetasse a sua saúde?

(Resposta aberta)

8. Quais outros medicamentos você já utilizou para tratar de alguma condição que afetasse a sua saúde?

(Resposta aberta)

9. Com que frequência você prescreve o antibiótico amoxicilina? Caso não prescreva, marque “Não se aplica”. (Escala de 1 a 5, sendo 1 muito pouco e 5 bastante).

☐ 1 ☐ 2 ☐ 3 ☐ 4 ☐ 5 ☐ Não se aplica

10. Quais outros antibióticos você prescreve? Caso não prescreva, favor responder “Não se aplica”.

(Resposta aberta)

11. Durante suas atividades enquanto estudantes (disciplinas, estágios, projetos de extensão e de iniciação científica), docentes ou servidores técnico-administrativos há preocupação quanto ao uso indiscriminado de antibióticos?

☐ Sim

☐ Não

12. Se sim, como essa questão é abordada?

(Resposta aberta)

13. Você conhece efeitos da presença de antibióticos no ambiente aquático?

(Resposta aberta)

14. O termo Contaminante Emergente é familiar a você?

☐ Sim

☐ Não

15. Dentre as opções a seguir, qual(uais) você considera como rotas de chegada dos antibióticos no ambiente aquático?

☐ Sistemas de esgoto

☐ Descarte incorreto de medicações

☐ Ciclo da água

☐ Urbanização

☐ Nenhuma das alternativas

16. Dentre as alternativas a seguir, qual (quais) poderia(m) ser a(s) consequência(s) da presença dos antibióticos no ambiente aquático?

- ☐ Alterações na organização das populações do ecossistema
- ☐ Resistência aos antimicrobianos
- ☐ Danos aos organismos aquáticos
- ☐ Acumulação em diferentes espécies de um mesmo ambiente
- ☐ Nenhuma das alternativas

17. Na sua opinião, quais os principais riscos da presença de antibióticos no ambiente aquático (rios, lagos e mares) para a saúde humana?

(Resposta aberta)

18. Na sua formação ou atuação, o uso de antibióticos de maneira indiscriminada é uma preocupação?

- ☐ Sim
- ☐ Não

19. Você conhece algum protocolo que regulamenta o uso?

- ☐ Sim
- ☐ Não

20. Você conhece algum protocolo que regulamenta o uso?

- ☐ Sim
- ☐ Não

21. Você conhece alguma regulamentação que normatiza o uso de antibióticos e a presença de concentrações desses medicamentos na água?

- ☐ Sim
- ☐ Não

22. Quais cuidados devem ser considerados para evitar a resistência microbiana aos antibióticos?

(Resposta aberta)

23. Como a prescrição indiscriminada pode contribuir para a presença de antibióticos no ambiente aquático?

(Resposta aberta)

24. Para você há conscientização da população em geral sobre a presença de contaminantes na água?

☐ Sim

☐ Não

25. Se sim, como essa conscientização é feita?

(Resposta aberta)

26. De que forma você acredita que a sua área de atuação pode contribuir para minimizar o impacto ambiental dos antibióticos?

(Resposta aberta)

27. Quais sugestões você daria para futuras pesquisas sobre o impacto ambiental dos antibióticos em organismos aquáticos?

(Resposta aberta)