

LETICIA GAMARANO PIRES

**A ÁGUA NÃO ESTÁ PARA PEIXE:
ETNOHIDROLOGIA E OS INDICADORES DE QUALIDADE DA ÁGUA**

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: Laércio dos Anjos Benjamin

Coorientadora: Irene Maria Cardoso

**VIÇOSA - MINAS GERAIS
2020**

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

T

P667a Pires, Leticia Gamarano, 1994-
2020 A água não está para peixe : etnohidrologia e os indicadores de
qualidade da água / Leticia Gamarano Pires. - Viçosa, MG, 2020.
77 f. : il. (algumas color.) ; 29 cm.

Orientador: Laércio dos Anjos Benjamin.
Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Viçosa.
Inclui bibliografia.

1. Água - Contaminação. 2. Indicadores biológicos. 3.
Toxicologia ambiental. I. Universidade Federal de Viçosa.
Departamento de Veterinária. Programa de Pós-Graduação em
Agroecologia. II. Título.

CDD 22. ed. 628.529

LETÍCIA GAMARANO PIRES

**A ÁGUA NÃO ESTÁ PARA PEIXE:
ETNOHIDROLOGIA E OS INDICADORES DE QUALIDADE DA ÁGUA**

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: 30 de outubro de 2020.

Assentimento:



Letícia Gamarano Pires
Autora



Laércio dos Anjos Benjamin
Orientador

Dedico este trabalho aos agricultores e às agricultoras agroecológicos da Zona da Mata mineira, que cuidam todos os dias do solo e da água. Que resistem no campo produzindo e abastecendo nossas mesas com alimentos saudáveis.

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus por ter me dado força para terminar e vencer mais uma etapa. Em meio a uma pandemia que despertou insegurança e medo, Deus me tornou ainda mais forte.

Aos meus pais, Otacílio e Marcília, por todo amor, conselhos e proteção. Aos meus irmãos Mário Vitor e Júnior por me fazerem sentir capaz e merecedora. Foi por nós que eu consegui.

Ao meu orientador, Laércio dos Anjos Benjamin, por compartilhar o conhecimento, exercer de forma exemplar o papel de educador e, principalmente, por respeitar meus limites e contribuir para que eu os ultrapasse. Jamais esquecerei de todo apoio, amizade, bons momentos e boas risadas durante meu mestrado.

À Irene Maria Cardoso, fonte inesgotável de admiração, por sempre apontar o caminho e oportunizar que ele seja agroecológico, participativo e justo. Meu eterno sentimento de carinho e gratidão.

À Paula Bevilacqua, que desde a graduação me incentiva e me ajuda a me tornar uma profissional melhor e uma mulher mais forte. Agradeço pela lealdade e disposição de sempre.

Aos meus amigos do Laboratório de Biologia de Peixes - UFV, Clementino, Fred, Joana e Paloma. Com vocês foi mais fácil, prazeroso e possível. Serei eternamente grata a cada um de vocês por tudo.

Ao Luiz Carlos da Silva Rodrigues (Lula) um grande amigo que me ajudou durante as entrevistas, coletas de água e principalmente em um momento difícil da minha vida. Obrigada por tudo, Lula. Foi bom demais fazer campo com você.

À Marines, por ser incentivadora desse trabalho, me apresentar as mulheres da comunidade do Deserto. Por confiar em mim.

Aos meus amigos e amigas da Agroecologia, pois ninguém soltou a mão de ninguém.

Às famílias que me receberam em suas casas durante essa pesquisa: vocês foram essenciais para esse trabalho.

Aos(às) professores(as) e à Rosângela, do Programa de Pós-graduação em Agroecologia da UFV, pelas experiências compartilhadas e apoio.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pela concessão da bolsa de mestrado.

RESUMO

PIRES, Leticia Gamarano, M.Sc., Universidade Federal de Viçosa, outubro de 2020. **A água não está para peixe: etnohidrologia e os indicadores de qualidade da água.** Orientador: Laércio dos Anjos Benjamin. Coorientadora: Irene Maria Cardoso.

A contaminação da água por agrotóxicos tem preocupado a população, principalmente as que residem em comunidades rurais onde são utilizadas práticas agrícolas degradantes. No Brasil, a utilização de agrotóxicos na produção de alimentos tem aumentado crescentemente, favorecendo a contaminação do solo, da água e das pessoas do campo. Outro fator preocupante é a disponibilidade da água, uma vez que os rios estão cada vez mais assoreados e contaminados, comprometendo os ecossistemas aquáticos. O monitoramento de resíduos químicos da qualidade da água é um desafio, dada sua dinâmica e onerosidade. Além disso, as populações rurais muitas vezes não são atendidas por sistemas de abastecimento de água tratada, e assim, utilizam sistemas de abastecimentos alternativos como os poços rasos, estando sujeitas a exposições a agentes químicos e micro-organismos patogênicos. Por isso, é necessário articular pesquisas com demandas sociais, incorporando saberes tradicionais como parte equitativamente importante no processo de construção do conhecimento. Nesse sentido, o presente estudo objetivou identificar indicadores etnohidrológicos utilizados pela população para qualificar a água; caracterizar uso e ocupação do solo que possam interferir na qualidade da água; analisar a qualidade física, química e microbiológica da água de poços de abastecimento residenciais; analisar a qualidade física e química de diferentes pontos do rio Turvo Limpo; identificar alterações em brânquias de peixes que possam ser atribuídas à qualidade da água do rio Turvo Limpo; e relacionar indicadores etnohidrológicos com indicadores físico-químicos e microbiológicos da água. Foram realizadas entrevistas com oito famílias individualmente, guiadas por roteiro para caracterização do uso do solo e da água e identificação por meio da análise de conteúdo dos indicadores etnohidrológicos. Brânquias de tilápias (*Oreochromis niloticus*) mantidas em aquários contendo água coletada de três diferentes pontos do rio Turvo Limpo foram utilizadas analisadas. Os principais indicadores etnohidrológicos identificados foram organolépticos. Outros indicadores foram relacionados à observação de mudanças da paisagem, como urbanização

desordenada, plantio de eucalipto e pastagens, presença de espuma na água, presença de fossas próximas à fonte de captação de água, e adoecimento e morte dos peixes. Análises físico-químicas dos pontos do rio mostraram que alguns padrões estão fora do recomendável pela resolução nº 357/2005 (CONAMA), corroborando a hipótese que atividades agropecuárias influenciam na qualidade da água. Análises histológicas das brânquias dos peixes expostos à água do rio Turvo Limpo mostraram que a qualidade da água difere no decorrer do rio, sendo alguns pontos mais prejudiciais às lamelas branquiais. Após análise microbiológica, as águas de apenas dois poços estavam apropriadas para consumo humano. A pesquisa quando incorpora as pessoas envolvidas como parte ativa do processo de investigação, tende a ser beneficiada com inúmeras informações e uma vasta riqueza de detalhes. A articulação científica com o saber tradicional é possível, vantajosa e enriquecedora. Os trabalhadores e trabalhadoras que cuidam da terra e da água, carregam consigo um acúmulo de sabedoria repassado de geração a geração e, por isso, a etnohidrologia é uma ferramenta metodológica que possibilita uma visão holística e ampla para a compreensão de questões relacionadas ao uso e gestão da água.

Palavras-chave: Etnoindicadores. Bioindicadores. Etnohidrologia. Ecotoxicologia.

ABSTRACT

PIRES, Leticia Gamarano, M.Sc., Universidade Federal de Viçosa, October, 2020. **Water is not for fish: ethnohydrology and water quality indicators.** Adviser: Laércio dos Anjos Benjamin. Co-adviser: Irene Maria Cardoso.

The contamination of water by pesticides is alarming and has worried the population, especially those who reside in rural communities where degrading agricultural practices were used. Brazil has continually increased the consumption of pesticides in food production, favoring the contamination of the soil, water, and farmworkers. Other concerning factors are the availability of water, with rivers increasingly silted and contaminated, consequently compromising aquatic ecosystems. The monitoring of water quality is a challenge, given its dynamics and multiple uses. Analyses of chemicals residues in water are costly, making it difficult to carry out routine monitoring of the standards established for human consumption. Furthermore, rural populations often do not have access to treated water supply and distribution systems, thus they use alternative supply systems like shallow wells, which are subject to harmful chemical and microbiological agent exposure. Due to these challenges, social demanded research is necessary, incorporating traditional knowledge as an equally important part in the knowledge construction process. On this manner, we aimed to identify ethnohydrological indicators in water qualification and relate those indexes to fish physiology parameters. To archive those goals, we characterized the soil use and occupation linked to water quality. We described the physical, chemical, and microbiological features of sampled water from residential supply wells and different spots of Turvo Limpo River. In this manner, we analyzed attributed water quality fish gills parameters, and correlate to the ethnohydrological indicators. To understand such indicators, we conducted individual interviews with eight families, guided by a script to understand and identify ethnohydrological indexes. Furthermore, tilapia (*Oreochromis niloticus*) gills' maintained in aquariums containing water from three different Turvo Limpo River points were analyzed. The primary ethnohydrological indicators identified were organoleptics. Beside this, indicators were identified and related to the observations, mainly in the landscape changes, with the disorderly urbanization process, eucalyptus plantation and pasture, presence of foam in the water and pits near the water intake source, and fish sickness and death. The physicochemical

analyses of the river's water showed that some standards are outside of the recommendation of CONAMA resolution no 357/2005. In addition, to corroborate the hypothesis that agricultural activities influence water quality. The gills histological analyses of the fish exposed to river water showed that water quality differs along the river and the point three the most damaging for branchial lamellae, after the meeting point of the Turvo Limpo and Turvo Sujo River. According to the well samples microbiological result, the water only of two wells were appropriate for human consumption. When research incorporates the people involved as an active part of the investigation process, it tends to benefit from a wealth of information and a richness of details. Scientific articulation with traditional knowledge is possible, advantageous, and enriching. The workers who care for the soil and water, and feels need to be heard, carry with them an accumulation of wisdom passed on from generation to generation. Fetching up, ethnohydrology is a methodological tool that allows for a broad and holistic vision on the use and management of water.

Keywords: Ethnohydrological indicators. Bioindicators. Traditional knowledge.

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO GERAL	11
2. REFERÊNCIAS.....	16
CAPÍTULO 1	19
ETNOHIDROLOGIA E CONSTRUÇÃO DE INDICADORES DE QUALIDADE E DISPONIBILIDADE DA ÁGUA: UM RIO DE SABERES.....	19
RESUMO.....	19
ABSTRACT	20
1. INTRODUÇÃO	21
2. MATERIAL E MÉTODOS	24
2.1 Local de estudo	24
2.2 Amostragem dos/as participantes	26
2.3 Indicadores etnohidrológicos e uso e ocupação do solo	27
2.4 Amostragem da água de consumo humano	29
3. RESULTADOS E DISCUSSÃO	30
3.1 Caracterização das pessoas/ famílias entrevistadas.....	30
3.2 Uso e ocupação do solo	30
3.3 Indicadores etnohidrológicos.....	34
3.4 Análise de similitudes.....	37
3.5 Análise microbiológica de poços de abastecimento residencial	40
4. CONCLUSÕES	42
5. REFERÊNCIAS.....	43
CAPÍTULO 2	47
QUALIDADE DA ÁGUA E UTILIZAÇÃO DE TILÁPIAS COMO BIOINDICADORES DE IMPACTOS AMBIENTAIS.....	47
RESUMO.....	47
ABSTRACT	48
1. INTRODUÇÃO	49
2. MATERIAL E MÉTODOS	51
2.1 Amostragem da água do rio Turvo Limpo	51
2.2 Aquários experimentais e animais - água do rio Turvo Limpo.....	54
2.3 Normas de conduta para utilização de animais na pesquisa	55
2.4 Análise de água dos aquários experimentais.....	56

2.5	Análises histológicas de brânquias	56
2.6	Análises estatísticas.....	58
3.	RESULTADOS E DISCUSSÃO	58
3.1	Avaliação da qualidade da água do rio Turvo Limpo.....	58
3.2	Acompanhamento da água dos aquários experimentais.....	62
3.3	Análise histomorfométrica de brânquias	63
4.	CONCLUSÕES	70
5.	REFERÊNCIAS.....	71
	CONSIDERAÇÕES FINAIS	75
	ANEXOS	76
	ANEXO 1.....	76
	ROTEIRO DE ENTREVISTA.....	76
	ANEXO 2.....	77
	TABELAS ESTATÍSTICAS.....	77

1. INTRODUÇÃO GERAL

Em 2010, a Organização das Nações Unidas (ONU) declarou a água de consumo limpa e segura e o saneamento básico como direitos humanos para uma vida digna. Isto porque o acesso à água potável é básico para a sobrevivência de todos os seres e favorece o desenvolvimento em níveis local, regional e nacional. Os investimentos na qualidade da água reduzem gastos com problemas de saúde provocados pelo consumo de água inapropriada (WHO, 2011).

Entretanto, este direito não é assegurado a todos. Segundo o relatório do Programa de Monitoramento Conjunto, “Progress on household drinking water, sanitation and hygiene 2000-2017: special focus on inequalities”, publicado em 2019, 2,2 bilhões de pessoas não contam com serviços de distribuição de água potável, 4,2 bilhões não dispõem de esgotamento sanitário seguro e 3 bilhões de pessoas não possuem instalações para higiene pessoal (WHO, 2017).

Ainda segundo o relatório, há discrepâncias entre as regiões do mundo, bem como entre as áreas urbanas e rurais, e entre grupos socioeconômicos. Mundialmente, das 161 milhões de pessoas que utilizam água sem tratamento para abastecimento doméstico, 150 milhões de pessoas residem na zona rural (WHO, 2018).

O tratamento da água faz parte de um conjunto de serviços que inclui instalações e infraestruturas de abastecimento e tratamento de água, esgotamento sanitários, limpeza urbana, manejo de resíduos sólidos e drenagem de águas pluviais urbanas (Brasil, 2017).

No Brasil, segundo a Constituição Federal, o Estado é responsável em elaborar e executar planejamentos nacionais e regionais, a fim de garantir o desenvolvimento econômico e social e a instituição de diretrizes para o desenvolvimento urbano, que contempla a garantia de condições adequadas de saneamento (Brasil, 1988). Com a publicação da Lei de Saneamento Básico (11.445/2007), a garantia do saneamento rural torna-se uma das premissas do Plano Nacional de Saneamento Básico, a fim de garantir serviços de esgotamento e distribuição de água potável na zona rural brasileira (Brasil, 2006).

Para ser considerada apropriada para consumo, a água deve estar dentro do padrão de potabilidade, obedecendo a um conjunto de valores permitidos como parâmetros (físicos, químicos e microbiológicos) de qualidade da água. Estes

parâmetros auxiliam o monitoramento da água, a fim de mitigar riscos à população (Brasil, 2017).

A qualidade da água pode variar nos mananciais de abastecimento devido à poluição dos cursos d'água. A contaminação pode ocorrer de forma pontual, por meio de descargas de esgotos, ou de forma difusa, como é o caso do escoamento superficial e infiltração de resíduos contaminados por agrotóxicos e fertilizantes (Brasil, 2006).

O uso e a ocupação do solo agrícola estão intimamente relacionados com a qualidade de águas superficiais e subterrâneas. No Brasil, os agrotóxicos e fertilizantes foram incentivados a partir da década de 1970 pelo modelo de agricultura moderna ou industrial que utiliza o pacote tecnológico da Revolução Verde, que tem entre outros componentes os fertilizantes químicos e agrotóxicos (Caporal, 2003). Além das substâncias químicas, o uso das tecnologias da Revolução Verde levou ainda à perda da biodiversidade, à destruição dos solos e ao assoreamento de rios, o que também afeta a qualidade da água para o consumo humano e de todo ecossistema aquático.

A exposição humana aos agrotóxicos ocorre de forma direta (através da manipulação) ou forma indireta (consumo de água e alimentos contaminados) e pode haver contaminação múltipla pelas diferentes formas concomitantemente. A contaminação de mananciais próximos às áreas de cultivos expõe a população a diferentes tipos de agrotóxicos pelo consumo desta água (Neto, 2009).

A busca por metodologias que possibilitem a identificação de riscos à saúde, relacionados a diferentes formas de abastecimento de água para consumo humano precocemente, é desafiadora para pesquisadores e profissionais da área da Vigilância de Qualidade da Água para Consumo Humano (Carmo, Bevilacqua e Bastos, 2008).

A abordagem da ecotoxicologia aquática estuda os efeitos de substâncias químicas na biota por meio de ensaios ecotoxicológicos para avaliar e monitorar a qualidade da água, assim como o uso de bioindicadores capazes de responder previamente ao potencial tóxico de agentes químicos e de seus mecanismos de ação em organismos (Magalhães, 2008; Sousa, 2016; Rietzler, 2019).

Entre as características importantes e desejáveis dos bioindicadores, tem-se que devem permitir a identificação das interações que ocorrem entre os contaminantes e os organismos vivos, e possibilitar a mensuração de efeitos subletais. Esta última característica permite colocar em prática ações preventivas e, se for o

caso, ações remediadoras. Por isso, atualmente há muito interesse em incorporar análise de bioindicadores em programas de avaliação da contaminação ambiental (Arias *et al.*, 2007).

Os peixes, componentes comuns e familiares nos ecossistemas aquáticos, são considerados bons bioindicadores. Eles refletem os distúrbios da água em diversas escalas, devido às suas características de mobilidade e estilo de vida por estarem próximos ao topo da cadeia alimentar. Além disso, são componentes comuns e de fácil amostragem, o que também os qualifica como bons indicadores (Freitas *et al.*, 2009).

Estes animais apresentam, ainda, modificações em suas estruturas quando expostos a agentes tóxicos em doses subletais. Uma das principais características de um animal saudável é a sua habilidade de reagir na presença de estressores, pois as respostas gerais aos estímulos estressores são necessárias para o animal sobreviver e enfrentar as variáveis ambientais (Lappivaara e Oikari, 1999).

Alterações em nível molecular, celular e comportamental podem ser utilizadas como indicadores de distúrbio em biomonitores (Rainbow, 2002). Como indicadores biológicos, processos, espécies ou comunidades são utilizados para entender a qualidade do ambiente e sua dinâmica ao passar do tempo. Essas mudanças são atribuídas a ações antropogênicas como poluição e mudanças na paisagem (Holt e Miller, 2010). A combinação de biomarcadores histológicos, por exemplo, mostra-se uma abordagem útil na investigação de efeitos subletais de contaminantes ambientais (Marcon *et al.*, 2015).

Estudos histopatológicos em peixes expostos a poluentes mostram que as brânquias são indicadoras eficientes da qualidade da água, pois são vulneráveis a poluentes presentes na água pela sua grande área de superfície de contato e localização externa, sendo um dos primeiros órgãos a estabelecer contato com o ambiente aquático. Além disso, as brânquias executam numerosas funções, que incluem respiração, osmorregulação, excreção de resíduos nitrogenados e equilíbrio ácido-básico (Cengiz, 2006).

Os parâmetros laboratoriais são importantes no monitoramento da qualidade da água. Porém, estes parâmetros não abordam aspectos sociais e culturais que estão imbricados nas práticas cotidianas relacionadas ao uso da água. Por isso, compreender as relações e percepções dos indivíduos com a natureza sobre seus territórios e reconhecer a experiência, o conhecimento e a sabedoria de homens e

mulheres que dia após dia trabalham com a natureza (Toledo e Barrera-Bassols, 2008) podem contribuir para a compreensão das fontes e causas das contaminações da água e para a busca de soluções para os problemas relacionados a tais contaminações. Portanto, a articulação entre conhecimentos científicos (por exemplo, utilizando parâmetros laboratoriais) e populares fortalece ações coletivas que podem contribuir para as soluções de problemas relacionados à contaminação da água. Entretanto, os conhecimentos populares não possuem a mesma respeitabilidade, uma vez que a autoridade do conhecimento científico não decorre do que foi dito, mas por quem disse (Santos, 2007).

A articulação entre os conhecimentos científicos e populares é um princípio epistemológico da Agroecologia, mas para isso, exige uma pesquisa contextualizada e que utilize metodologias específicas que oportunizem o diálogo entre os diferentes saberes (Laranjeira *et al.*, 2019). O movimento agroecológico da Zona da Mata mineira é um dos exemplos de como a construção do conhecimento pode acontecer de forma dialética, por meio da articulação da ciência com os saberes tradicionais.

As famílias agricultoras da Zona da Mata mineira têm, desde a década de 1980, buscado por alternativas e resistindo ao modelo da Revolução Verde, implantada no Brasil com a ditadura militar. Após o período da ditadura, os movimentos sociais começaram a se reorganizar, o que levou à criação e/ou fortalecimento dos Sindicatos dos Agricultores Rurais, especialmente apoiados pelas Comunidades Eclesiais de Base e Comissão Pastoral da Terra. Nesta época, os estudantes da Universidade Federal de Viçosa começaram a se organizar em torno do movimento da agricultura alternativa, embrião da Agroecologia no Brasil. Estes dois movimentos se encontraram, o que levou à criação, em 1987, do Centro de Tecnologias Alternativas da Zona da Mata mineira (CTA-ZM) que atua desde então em parceria com a UFV e famílias agricultoras construindo a agroecologia. A base metodológica do trabalho do CTA e parceiros tem como premissa o protagonismo das experiências e saberes populares da agricultura familiar (Cardoso e Ferrari, 2006).

A descrição destas experiências e saberes, de um sistema de significados culturais de um determinado grupo, é proposto pela etnografia que, de acordo com Ludke e André (2011), “é uma abordagem de investigação científica pela observação participante, pesquisa interpretativa, pesquisa hermenêutica, dentre outras”. A etnografia “estuda preponderantemente os padrões mais previsíveis das percepções e comportamentos manifestos na rotina diária dos sujeitos estudados. Estuda, ainda,

os fatos e eventos menos previsíveis ou manifestados particularmente em determinado contexto interativo entre as pessoas ou grupos” (Mattos, 2011). A etnografia pode ser utilizada em estudos de etnohidrologia, definida como o ramo das etnociências que estuda de forma ampla a gestão da água por povos antigos e tradicionais (Back, 1981). De acordo com Sangkhmanee (2007), a etnohidrologia oportuniza o reconhecimento de saberes tradicionais relacionados à água e ao seu uso, por meio da investigação, análise e sistematização de tais conhecimentos adquiridos e repassados pelos povos tradicionais de geração a geração.

A sistematização de tais conhecimentos pode apontar etnoindicadores para avaliar a qualidade da água. A identificação e o uso destes indicadores, além de serem uma forma de reconhecer e visibilizar o conhecimento das pessoas, permitem uma avaliação mais contextualizada do uso e do cuidado com a água.

Associados com os bioindicadores, os indicadores etnohidrológicos podem favorecer a identificação rápida da poluição da água que coloque em riscos pessoas que possam consumir água e peixes de mananciais contaminados. O monitoramento da qualidade da água de mananciais por meio da utilização de peixes como bioindicadores é uma forma rápida e viável de entender os efeitos que a poluição pode causar nos ecossistemas aquáticos e, conseqüentemente, nas pessoas.

Desta forma, esta dissertação propõe identificar indicadores etnohidrológicos e avaliar a saúde de peixes expostos em amostras de água do rio Turvo Limpo. Assim, a dissertação está estruturada em Introdução Geral e dois capítulos. O capítulo 1, intitulado “Etnohidrologia e construção de indicadores de qualidade e disponibilidade da água: um rio de saberes”, objetivou identificar indicadores etnohidrológicos de qualidade da água utilizados pela população; caracterizar o uso e a ocupação do solo e avaliar se os mesmos interferem na qualidade da água; e analisar a qualidade física, química e microbiológica da água de poços rasos. O capítulo 2, intitulado “Padrão de qualidade da água e utilização de peixes como bioindicadores ambientais”, objetivou avaliar parâmetros físico-químicos da água do rio Turvo Limpo que possam interferir na sobrevivência de espécies de peixes; e avaliar histologicamente a integridade das brânquias de peixes expostos às águas de diferentes regiões do rio Turvo Limpo, por meio das medidas de comprimento das lamelas secundárias, e de espessura e celularidade da lamela primária, como também do diâmetro de vaso central na lamela primária.

2. REFERÊNCIAS

- ARIAS, A. R. L.; BUSS, D. F.; ALBURQUERQUE, C. D.; INÁCIO, A. F.; FREIRE, M. M.; EGLER, M.; BAPTISTA, D. F. Utilização de bioindicadores na avaliação de impacto e no monitoramento da contaminação de rios e córregos por agrotóxicos. **Ciência & Saúde Coletiva**, v. 12, p. 61-72, 2007.
- BACK, W. Hydromythology and ethnohydrology in the New World. **Water Resource Research**, v. 17, p. 257-287, 1981.
- BIERNACKI, P.; WALDORF, D. Snowball sampling: Problems and techniques of chain referral sampling. **Sociological Methods & Research**, v. 10, p. 141-163, 1981.
- Brasil de 1988. Brasília, DF: Presidência da República. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/Constituicao/Constituicao.htm>. Acesso em: 20 jun. 2020.
- BRASIL. Ministério da Saúde. Secretaria de Vigilância em Saúde. **Vigilância e controle da qualidade da água para consumo humano**, 2006.
- BRASIL. Ministério da Saúde. Portaria de Consolidação nº 5, de 28 de setembro de 2017. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF.
- CALDAS, E. D.; SOUZA, L. C. K. R. Avaliação de risco crônico da ingestão de resíduos de pesticidas na dieta brasileira. **Revista de Saúde Pública**, v. 34, p. 529-537, 2000.
- CAPORAL, F. R. **Superando a revolução verde: a transição agroecológica no estado do Rio Grande do Sul, Brasil**. EMATER/RS-Ascar. Rio Gande do Sul, 2003.
- CARDOSO, I. M.; FERRARI, E. A. Construindo o conhecimento agroecológico: trajetória de interação entre ONG, universidade e organizações de agricultores. **Revista Agriculturas**, v.3, p. 28-32, 2006.
- CARMO, R. F.; BEVILACQUA, P. D.; BASTOS, R. K. X. Vigilância da qualidade da água para consumo humano: Abordagem qualitativa da identificação de perigos. **Engenharia Sanitária e Ambiental**, v.13, p.426-434, 2008.
- CENGIZ, E. I.; UNLU, E. Sublethal effects of commercial deltamethrin on the structure of the gill, liver and gut tissues of mosquitofish, *Gambusia affinis*: a microscopic study. **Environmental Toxicology and Pharmacology**, v. 21, p. 246-253, 2006.
- DEBUS, J.; HUG, E. B.; LIEBSCH, N. J.; O'FARREL, D., FINKELSTEIN, D., EFIRD, J.; MUNZENRIDER, J. E. Brainstem tolerance to conformal radiotherapy of skull base tumors. **International Journal of Radiation Oncology, Biology, Physics**, v. 39, p. 967-975, 1997.
- MAGALHÃES, D. D. P.; FILHO, A. D. S. F. A ecotoxicologia como ferramenta no biomonitoramento de ecossistemas aquáticos. **Oecologia Brasiliensis**, v. 12, p. 355-381, 2008.
- EATON, A. D.; FRANSON, M. A. Standard methods for the examination of water and wastewater. **American public health association**, v. 1015, p. 49-51, 2005.
- FARAGO, C. C.; FOFONCA, E. A análise de conteúdo na perspectiva de Bardin: do rigor metodológico à descoberta de um caminho de significações. **Revista Linguagem**, v. 18, 2012.

- FREIRE, P.; FAUNDEZ, A. **Pedagogia da Pergunta**. São Paulo: Paz e terra, 1985.
- FREITAS, C. E. C.; SIQUEIRA-SOUZA, F. K. O uso de peixes como bioindicador ambiental em áreas de várzea da bacia Amazônica. **Revista Agrogeoambiental**, v. 1, n. 2, 2009.
- HOLT, E. A.; MILLER, S. W. Bioindicators: using organisms to measure environmental impacts. **Nature Education Knowledge**, v. 3, n. 10, p. 8, 2011.
- IBAMA. Boletins anuais de produção, importação, exportação e vendas de agrotóxicos no Brasil. Brasília. 2019-. Anual
- LAPPIVAARA, J.; KIVINIEMI, A.; OIKARI, A. Bioaccumulation and subchronic physiological effects of waterborne iron overload on whitefish exposed in humic and nonhumic water. **Archives of Environmental Contamination and Toxicology**, v. 37, p. 196-204, 1999.
- LARANJEIRA, N. P. F. CARCELLE, S. J. A.; MIRANDA, D. D.; SÁ, T. D. D. A.; TRENTO, L. G.; SOUZA, T. S. D. S.; CARDOSO, I. M. PARA UMA ECOLOGIA DE SABERES: **Revista Brasileira de Agroecologia**, [S.l.], v. 14, n. 2, p. 15, nov. 2019. ISSN 1980-9735. Disponível em: <<http://revistas.aba-agroecologia.org.br/index.php/rbagroecologia/article/view/22959>>. Acesso em: 12 de outubro de 2020. doi: <https://doi.org/10.33240/rba.v14i2.22959>.
- LOPES, L. S.; CONTE, G. M.; CRUZ, N. A. C.; JÚNIOR, P. C. G. A.; CARDOSO, I. M. 14826-Troca de saberes: vivenciando metodologias participativas para a construção dos saberes agroecológicos. **Cadernos de Agroecologia**, v. 8, n. 2, 2013.
- LUDKE, M.; ANDRÉ, M. E. Pesquisa em educação: abordagens qualitativas. **Em Aberto**, v. 5, n. 31, 2011.
- MARCON, L.; BAZZOLI, N.; MOUNTEER, A.H.; BENJAMIN, L. D. A. Histological and histometric evaluation of the liver in *Astyanax bimaculatus* (Teleostei: Characidae), exposed to different concentrations of an organochlorine insecticide. **The Anatomical Record**, v. 298, p. 1754-1764, 2015.
- MATTOS, C. L. G. A abordagem etnográfica na investigação científica. **Rio de Janeiro: UERJ**, 2011.
- NETO, M. D. L. F.; SARCINELLI, P. D. N. Agrotóxicos em água para consumo humano: uma abordagem de avaliação de risco e contribuição ao processo de atualização da legislação brasileira. **Eng Sanit Ambient**, v. 14, p. 69-78, 2009.
- PATZLAFF, R. G.; PEIXOTO, A. L. A pesquisa em etnobotânica e o retorno do conhecimento sistematizado à comunidade: um assunto complexo. **História, Ciências, Saúde-Manguinhos**, v. 16, n. 1, 2009.
- RAINBOW, P. S. Trace metal concentrations in aquatic invertebrates: why and so what? **Environmental pollution**, v. 120, n. 3, p. 497-507, 2002. SANGKHMARNEE, J. Ethnohydrology and Mekong Knowledge in transition: An Introductory Approach to Mekong Hydraulic Cognition. International Conference "Critical transitions in the Mekong Region", January 2007. Regional Center for Social Science and Sustainable Development, Chiang Mai University. Disponível em: <[http://www.polsci.chula.ac.th/jakkrit/anthro/Home_files/Ethnohydrology%20and%20Mekong%20 Knowledge.pdf](http://www.polsci.chula.ac.th/jakkrit/anthro/Home_files/Ethnohydrology%20and%20Mekong%20Knowledge.pdf)> Acesso em 20 de setembro 2020.

- SARTI, C. A. A difficult dialogue. **Ciencia & Saúde Coletiva**, v. 13, p. 315-318, 2008.
- SANTOS, B. D. S. Para além do pensamento abissal: das linhas globais a uma ecologia de saberes. **Revista Crítica de Ciências Sociais**, v. 78, p. 3-46, 2007.
- SOUSA, W. H. Monitoramento ecotoxicológico do estuário Rio Poxim: (Aracaju/Sergipe). 2016. Monografia (Graduação em Ecologia) - Centro de Ciências Biológicas e da Saúde, Departamento de Ecologia, Universidade Federal de Sergipe, São Cristóvão, SE, 2016.
- SOUZA, M. M. O. A utilização de metodologias de diagnóstico e planejamento participativo em assentamentos rurais: o diagnóstico rural/rápido participativo (DRP). **Em Extensão**, v. 8, n. 1, 2009.
- TOLEDO, V. M.; BARRERA-BASSOLS, N. **La memoria biocultural: la importancia ecológica de las sabidurías tradicionales** (Vol. 3). Icaria Editorial, 2008.
- VERDEJO, M. E. **Diagnóstico rural participativo: guía práctico**. Centro Cultural Poveda, Proyecto Comunicación y Didáctica. 2003.
- WESTPHAL, M. F.; BOGUS, C. M.; MELLO FARIA, M. D. Grupos focais: experiências precursoras em programas educativos em saúde no Brasil, 1996.
- WORLD HEALTH ORGANIZATION, Guidelines for drinking-water quality. **WHO Chronicle**, 4. ed., v. 38, p. 104-108, 2011.
- WORLD HEALTH ORGANIZATION. Progress on drinking water, sanitation and hygiene: 2017 update and SDG baselines. 2017.

CAPÍTULO 1

ETNOHIDROLOGIA E CONSTRUÇÃO DE INDICADORES DE QUALIDADE E DISPONIBILIDADE DA ÁGUA: UM RIO DE SABERES

RESUMO

Inúmeras atividades econômicas influenciam na qualidade e na quantidade da água, como as atividades agropecuárias que são apontadas como as principais responsáveis pela contaminação e disponibilidade desse recurso. A busca por metodologias para identificação rápida da qualidade da água é um desafio para o seu monitoramento. Com o intuito de buscar soluções para os problemas enfrentados pelas comunidades rurais é importante considerar os saberes e experiências de povos que lidam dia após dia com esse recurso. O objetivo deste trabalho foi realizar uma sistematização etnohidrológica nas zonas rurais de Viçosa, Paula Cândido e Porto Firme - MG, caracterizar o uso e ocupação do solo, identificar atividades que possam interferir na qualidade da água, e analisar parâmetros físicos, químicos e microbiológicos da água dos poços utilizados para consumo humano pelas famílias entrevistadas. Foram realizadas entrevistas individuais com oito famílias, que foram integralmente transcritas e os dados analisados por meio da análise de conteúdo e análise de similitudes. As amostras de água de poços foram enviadas para análises físico-químicas e microbiológica em laboratórios especializados. Os principais etnoindicadores de qualidade da água utilizados pela população foram organolépticos e problemas relacionados à saúde dos peixes. As causas apontadas foram as atividades agropecuárias e uso de agrotóxicos nas lavouras. Notou-se grande preocupação com a diminuição, em um curto prazo, do volume de água, que foi atribuído ao processo de urbanização desordenada, ao assoreamento do rio e brejos e à falta de manejo das nascentes. Conclui-se que as comunidades conseguem monitorar e avaliar os potenciais riscos relacionados à contaminação e disponibilidade da água e que a proximidade das fossas interfere na sua qualidade microbiológica.

Palavras-chave: Ciência. Etnohidrologia. Saberes tradicionais.

ABSTRACT

Access to the potable water is an essential human right for a life of dignity. Countless economic activities influence the quality and quantity of water, such as agricultural activities that are identified as mainly responsible for the contamination and availability of water. The search for methodologies for the rapid identification of water quality is a challenge for monitoring this resource. Looking for solutions to the problems faced by rural communities is important to consider the knowledge and experiences of the people who use this resource day after day. The objective of this work was to create an ethnohydrological systematization based on interviews with people who live in the rural zones of Viçosa, Paula Cândido, and Porto Firme - MG. We aimed to characterize soil use and occupation, identify activities that can interfere with the water quality, and analyze the physical, chemical, and microbiological quality of well water used for human consumption by the interviewed families. Individual interviews were completed with eight families. The interviews were fully transcribed, and analyzed through content and similarity methodology analysis. The well water samples were sent for physicochemical and microbiological analysis. The principal ethnoindicators of water quality utilized by the population were organoleptics and the problems related to the fish' health. The causes identified were agricultural activities and the use of pesticides in the fields. Great concern was noted with the decrease of water volume in such a short amount of time, which was attributed by the disorderly urbanization process, silting of the river and swamps, and lack of management of springs.

Keywords: Science. Ethnohydrology. Traditional knowledge.

1. INTRODUÇÃO

A Organização Mundial da Saúde (OMS) estipula, a partir de ensaios toxicológicos, os valores máximos permitidos (VMP) para diferentes substâncias que possam estar presentes na água para consumo humano. Estes valores orientam a legislação sobre a qualidade da água para consumo humano de diversos países (OMS, 2011). No Brasil, as orientações do padrão de potabilidade da água encontram-se na Portaria n° 5/2017 do Ministério da Saúde (Brasil, 2017).

Os dados microbiológicos e físico-químicos gerados por responsáveis pelos sistemas de abastecimentos de água e responsáveis pela vigilância da qualidade da água são utilizados para manutenção do sistema de informação de vigilância e controle da qualidade da água para consumo humano (Sisagua). Esse sistema é gerido pelo Sistema Nacional de Vigilância Ambiental (Brasil, 2002).

Nas esferas estaduais e municipais, as Secretarias de Saúde são responsáveis pela vigilância da qualidade da água para consumo humano. Entretanto, esse serviço fica comprometido, principalmente em zonas periféricas e rurais. A realidade que encontramos nas zonas rurais brasileiras é de abastecimento de água para consumo humano provenientes de nascentes ou poços rasos (Hochman, 1998).

Em relação ao esgoto, segundo dados do IBGE (2015), dentre os domicílios situados na zona rural, 79% utilizam fossas sépticas e rudimentares para destinação de esgotos, 13% não possuem nenhuma forma de coleta e tratamento, e apenas 8% contam com sistema de coleta de esgoto.

Ainda conforme os dados do IBGE, no município de Viçosa-MG, 35% dos domicílios rurais dispõem de esgotamento sanitário pela Rede Geral de Esgoto ou Pluvial, 32% destinam o esgoto em rios ou lagos, 16% em fossas sépticas, 14% em fossa rudimentar e 4% utilizam outros destinos. Em relação ao abastecimento de água nos domicílios rurais, 50% utilizam água provenientes de nascentes ou poços da propriedade, 42% são abastecidos pela rede geral de distribuição de água, 1% de água das chuvas armazenadas em cisternas e 7% por outras formas de abastecimento.

O saneamento rural ainda é um grande desafio no Brasil; por isso, no meio rural as famílias lançam mãos de suas próprias estratégias para cuidar da água e esgoto. De acordo com o último censo da Pesquisa Nacional por Amostra de Domicílios, o

serviço de esgotamento sanitário para as pessoas que residem na zona rural foi considerado precário para 54% e inexistente para 28,6% (IBGE, 2015).

Além da precariedade de serviços de saneamento básico, as comunidades rurais enfrentam também a contaminação química dos rios, nascentes e águas subterrâneas. Dentre as atividades econômicas que causam contaminação química encontra-se agricultura (Amorim *et al.*, 2016).

O modelo de produção agrícola baseado nas tecnologias da Revolução Verde, com grandes plantações em monocultivos impulsionaram o uso de agrotóxicos e fertilizantes químicos que levaram à contaminação dos mananciais de água e de trabalhadores e trabalhadoras do campo (Carneiro, 2015). O aumento exacerbado do uso de agrotóxicos no Brasil é observado a partir dos anos 90 com a expansão da fronteira agrícola (Moraes, 2019). De acordo com dados da consultoria de mercado Phillips McDougall e da Agência das Nações Unidas para a Alimentação e Agricultura (FAO, 2013), enquanto a tendência dos países que lideram o uso de agrotóxicos tem sido a diminuição, o Brasil tem aumentado cerca de quatro vezes o uso por área cultivada.

Ainda conforme os dados da FAO, entre os 20 países que mais consomem agrotóxicos no mundo, o Brasil ocupa o sétimo lugar, considerando a área agrícola (FAO, 2013). Entretanto, pesquisas apontam que o Brasil ocupa posições mais baixas no ranking, pois, para a estimativa do consumo de agrotóxicos, são consideradas áreas improdutivas e áreas de pastagens, onde, em geral, essas substâncias não são utilizadas (Lombardi, 2017). Segundo o IBAMA, em 2018, a venda total de produtos classificados como químicos e bioquímicos no Brasil foi de 549.280,44 toneladas de ingredientes ativos, 91% desse total representados por agrotóxicos e afins a serem utilizados na agricultura, em especial na agricultura de larga escala (IBAMA, 2019).

A agricultura familiar tem-se mostrado resistente à utilização de agrotóxicos. De acordo com o último Censo Agropecuário, realizado em 2017, dos 3,9 milhões de estabelecimentos de agricultura familiar, 74% não utilizam agrotóxicos. Essa resistência ao uso de agrotóxicos é explicada, principalmente, pela dinâmica das propriedades familiares, que não são apenas locais de produção, mas lares, ou seja, locais de moradia da família. A produção de alimentos de qualidade é especialmente importante para agricultura familiar, pois para além da comercialização de produtos, trata-se do alimento que será consumido pela família. Além disso, culturalmente os povos camponeses valorizam os conhecimentos ancestrais repassados de geração

em geração que prezam pelo cuidado nas diferentes formas de produção e manejo com a terra, água e animais (Ploeg, 2014).

Para os camponeses, povos e comunidades tradicionais, o cuidado com a água ultrapassa questões do consumo, pois ela está relacionada com a vida, fartura, limpeza e purificação. Existem culturas e crenças que além de considerarem a água como elemento vital, fazem seu uso enquanto elemento sagrado. Por meio da descrição etnográfica, a etnohidrologia possibilita interpretar os significados que estão imbricados no uso e na gestão da água, subsidiada sobre as dimensões sociais, culturais e econômicas que interferem nessas ações, permitindo a compreensão dos múltiplos critérios sobre o uso e cuidados com a água. Esta relação leva ao desenvolvimento de etnoindicadores que podem ser utilizados para o monitoramento da qualidade da água, incorporando os conhecimentos tradicionais aos conhecimentos científicos e favorecendo estratégias contextualizadas ao enfrentamento de problemas relacionados com a água (Back, 1981; Sangkhmanee, 2007; Freixa, 2011).

O etnoconhecimento emerge principalmente pela observação, reconhecimento e sistematização de saberes construídos e acumulados ao longo dos anos por meio da cosmovisão dos povos tradicionais (Miranda, 2012). A possibilidade da copresença de diferentes conhecimentos para beneficiar o coletivo, é a essência da ecologia de saberes (Santos, 2006a). Para Santos (2006b), a forma como ocorreu o progresso da ciência hegemônica acentuou o distanciamento dos conhecimentos tradicionais, e isso foi ainda mais acentuado em países colonizados pelo continente europeu.

O não reconhecimento dos conhecimentos e saberes tradicionais pela ciência exacerbou o processo de submissão de grupos sociais que sempre foram sustentados culturalmente por seus conhecimentos. Este não reconhecimento levou ao que Santos (2000) considera como um epistemicídio, com perda para toda a sociedade.

Na busca contra a hegemonia da construção do conhecimento científico é necessário compreender que todas as pessoas e modos de pensar são importantes no processo de produção do conhecimento, como proposto pela ecologia dos saberes. Para a ecologia de saberes é preciso trabalhar com a pesquisa contextualizada, a partir dos problemas e demandas sociais para oportunizar processos emancipatórios (Santos, 2007; Santos, 2010).

Diante disso, as perguntas que orientaram este trabalho surgiram das comunidades rurais dos municípios de Viçosa, Paula Cândido e Porto Firme, em

Minas Gerais. “Por que está ocorrendo a diminuição dos peixes e o desaparecimento de algumas espécies? Atividades agropecuárias influenciam na qualidade da água?” Os moradores dessas comunidades comumente pescam para o consumo, o que faz com que as pessoas observem os peixes e as alterações em suas características. Isto favorece o desenvolvimento de indicadores etnohidrológicos que podem contribuir no monitoramento da qualidade da água dos rios e córregos, e favorecer o entendimento por todos os envolvidos no processo da investigação dos distúrbios que prejudicam o ecossistema aquático, prevenir a exposição de pessoas a riscos relacionados ao uso da água e engajar as pessoas na busca de solução para os problemas.

Os indicadores etnohidrológicos podem ser comparados com testes laboratoriais já consolidados e apontar para novas metodologias de avaliação que sejam rápidas, eficientes e que antecipem diagnósticos de fatores de risco e eventuais efeitos adversos à saúde de populações.

O estudo objetivou identificar indicadores etnohidrológicos da qualidade da água utilizados pela população; caracterizar o uso e a ocupação do solo; e analisar a qualidade microbiológica da água de poços artesianos.

2. MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Local de estudo

A pesquisa foi realizada na Comunidade do Deserto, município de Viçosa (latitude 20° 45' 14" S; longitude 42° 52' 55" W), onde encontra-se o Córrego do Deserto, afluente do ribeirão São Bartolomeu e nas proximidades do rio Turvo Limpo, nos municípios de Paula Cândido (latitude 20° 52' 27" S; longitude 42° 58' 49" W), e Porto Firme (latitude 20° 38' 54" S; longitude 43° 5' 18" W), na Zona da Mata mineira, Bacia do Rio Doce, Minas Gerais (Figura 1). A população urbana de Viçosa é abastecida com água tratada de dois mananciais, o ribeirão São Bartolomeu e o rio Turvo Sujo e de Paula Cândido e Porto Firme, pelo rio Turvo Limpo.

A bacia hidrográfica do ribeirão São Bartolomeu tem origem nos limites dos municípios de Viçosa e Paula Cândido, desaguando no rio Turvo Sujo na área urbana de Viçosa. O rio Turvo Sujo, após percorrer parte dos municípios de Viçosa e Paula Cândido, deságua no rio Turvo Limpo, no município de Porto Firme. O rio Turvo Limpo se inicia no município de Paula Cândido e desagua no rio Piranga (Figura 2).

Figura 2: Croqui dos locais do estudo - pontos vermelhos indicando locais das entrevistas. Extraído e adaptado de: Atlas digital das Águas de Minas - Acessado em junho/2020.



Durante a “I Caravana Quilombola da Zona da Mata Mineira”, pessoas que residiam às margens do rio Turvo Limpo reclamaram do desaparecimento e adoecimento de espécies de peixes e da mortalidade elevada de peixes em duas épocas, em um período de dois anos. As caravanas possibilitam ações de pesquisa, ensino e extensão, por meio da interação entre participantes que emergem na realidade local das comunidades, podendo identificar junto com as pessoas que residem nessas comunidades, problemas e potenciais locais (Lopes, 2016).

2.2 Amostragem dos/as participantes

Para a seleção dos participantes da pesquisa na comunidade do Deserto, optou-se pela amostragem por meio da metodologia “bola de neve” que consiste em amostragem não probabilística. Esse tipo de amostragem utiliza cadeias de referências, a indicação dos participantes é feita pelos próprios envolvidos, o que

facilita o acesso a grupos específicos que poderiam ser de difícil acesso (Vinuto, 2014). Foram realizadas quatro entrevistas, com quatro mulheres entre 78 e 85 anos de idade, todas residentes na comunidade desde a infância. Os participantes moradores das proximidades do rio Turvo Limpo foram identificados durante a “I Caravana Quilombola”. Foram entrevistadas outras quatro famílias, totalizando oito famílias participantes e 11 pessoas nas duas regiões.

Para iniciar a amostragem, foi necessária a participação de uma *informante-chave*, denominada nessa metodologia como *semente* (Vinuto, 2014) que, nesse caso em específico, conhecia a região, a história da comunidade e estava envolvida em articulações sociais, políticas e culturais da comunidade.

Essa estratégia inicial de localizar possíveis entrevistados por meio da *semente* contribuiu para que a pesquisadora interagisse com a realidade da comunidade, participando de reuniões organizadas pelos moradores relacionadas aos desafios enfrentados com a água, principalmente no que se refere à falta de saneamento, destinação de esgotos, qualidade da água de consumo. Além disso, propiciou a aproximação com os entrevistados.

Na comunidade do Deserto, foram entrevistadas quatro mulheres, com idades de 68, 78, 81 e 82 anos, todas moradoras da comunidade desde a infância, e indicadas pela *semente*. Os participantes moradores das proximidades do rio Turvo Limpo já haviam sido identificados durante a “I Caravana Quilombola da Zona da Mata mineira” e foram contactados por visitas domiciliares para apresentação da pesquisa. As entrevistas ocorreram nos meses de novembro e dezembro/2019 e foram realizadas individualmente, família por família, com duração de aproximadamente 2 horas cada, todas gravadas com autorização e transcritas na íntegra. Foram entrevistadas oito famílias no total, sendo quatro residentes na comunidade do Deserto e quatro residentes próximas ao rio Turvo Limpo, na zona rural das cidades de Paula Cândido e Porto Firme-MG.

2.3 Indicadores etnohidrológicos e uso e ocupação do solo

Os critérios de inclusão para participação da pesquisa foi ser morador da região, concordância em conceder a entrevista, estar envolvido com atividades agrícolas e/ou agropecuárias. No momento da solicitação da entrevista, solicitou se a mesma poderia ser gravada. Durante todas as entrevistas, foi utilizado um roteiro

como guia, a fim de caracterizar as famílias, questões sobre a água, além do uso e ocupação do solo (Anexo I). Na comunidade do Deserto, foram entrevistadas quatro mulheres e próximo ao rio Turvo Limpo, entrevistou-se quatro famílias, com a presença de familiares e amigos que chegaram durante as entrevistas, o que totalizou 11 pessoas nas duas comunidades.

A gravações das entrevistas foram integralmente transcritas pela pesquisadora principal. Para identificação e caracterização de indicadores etnohidrológicos realizou-se a análise de conteúdo conforme Bardin (2011). A análise de conteúdo enquanto método é um conjunto de técnicas de análise das comunicações que utiliza procedimentos sistemáticos e objetivos de descrição do conteúdo das mensagens (Farago, 2012).

A análise dos dados ocorreu em três etapas: pré-análise; exploração do material; e tratamento dos resultados (a inferência e a interpretação).

A pré-análise dos dados foi determinante para cessar as entrevistas, uma vez que nessa etapa foram feitas as transcrições dos áudios das oito entrevistas, quando observou a saturação das informações à medida em que as respostas estavam se tornando repetitivas para cada pergunta e tema do roteiro-guia.

A exploração do material consistiu na organização das entrevistas em dois temas centrais: água e solo. A partir dessa separação, foi possível evidenciar os problemas enfrentados em relação à água e como o solo é manejado na região.

Para o tratamento dos resultados, foi utilizada a descrição dos sistemas de significados. O conceito “saber de experiência feito”, descrito por Paulo Freire (1985, 2015), orientou as reflexões sobre como, a partir de conhecimentos culturais, de observação e de experimentação, a população constrói seus próprios indicadores etnohidrológicos e metodologias para avaliar a qualidade da água para a utilização ou inutilização desse recurso.

Além disto, foi feita análise de dados textuais com a utilização do software gratuito IRAMUTEQ, que foi desenvolvido sob a lógica do *open source*, licenciado por GNU GPL (v2). Ele é ancorado no ambiente estatístico do software R e na linguagem *python* (Camargo, 2013).

Dentre as análises que o software oferece, foi escolhida a análise multivariada de similitudes, pois é uma análise que organiza com facilidade, e visualmente, a distribuição do vocabulário.

Essa análise é baseada na teoria dos grafos, modelo matemático que objetiva o estudo de objetos combinatórios. Também por meio da análise de similitude é possível identificar as coocorrências entre as palavras e a conexidade entre as mesmas dentro de um *corpus* textual (Marchand e Ratinaud, 2012). Nesse caso, o *corpus* textual “memórias da água” consiste em recortes analisados, referentes a determinadas partes do roteiro das entrevistas transcritas realizadas durante a pesquisa.

2.4 Amostragem da água de consumo humano

Foram coletadas amostras da água dos poços utilizados para consumo humano de duas casas da comunidade do Deserto, Viçosa/MG (Poços 4 e 5) e quatro casas da zona rural de Paula Cândido e Porto Firme (Poços 1, 2, 3 e 4), localizadas próximos ao rio Turvo Limpo. Todas amostras foram coletadas conforme o Manual de Orientações Técnicas para Coleta de Amostras de Água do Ministério da Saúde (Brasil, 2013).

Portanto, seguindo as instruções deste manual, a coleta foi realizada em uma torneira próxima da saída do poço e/ou na entrada do reservatório, após bombeamento por 2 minutos.

As amostras de água foram coletadas em recipientes estéreis, acondicionados em caixas térmicas com gelo e transportadas imediatamente após a coleta para a Divisão de Água e Esgoto da Universidade Federal de Viçosa, onde foram realizadas análises microbiológicas. A metodologia empregada para análise da qualidade microbiológica da água foi determinação de presença/ausência de *E. coli* e coliformes totais de acordo com a metodologia do Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater 9223 - Enzyme Substrate coliform test. Especificamente, o substrato utilizado foi o Colilert®. Procedimento do manual IDEXX Laboratories, Inc., One IDEXX Drive, Westbrook, Maine 04092 USA, baseado na “Tecnologia de Substrato Definido” patenteada pela IDEXX. Foram utilizados 100 mL de amostra com substrato cromogênico. Na sequência as amostras foram incubadas por 24 h em estufa a 35°C.

Os procedimentos desta pesquisa foram submetidos à análise e aprovados pelo Comitê de Ética em Pesquisa com Seres Humanos da UFV (parecer nº 3.577.868/2019).

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 Caracterização das pessoas/ famílias entrevistadas

A maioria das pessoas entrevistadas não completou o ensino médio, dizendo que na época que eles/as frequentavam a escola, estudar até a quarta série já era o suficiente para os pais, e todos/as afirmaram que a distância de suas casas até a escola, foi determinante para abandonarem os estudos. As únicas mulheres que recebiam aposentadoria maior que um salário mínimo foram as duas que estudaram o ensino médio completo e graduação (Tabela 1).

Das oito famílias entrevistadas, apenas duas mulheres já trabalharam, mas não trabalham mais com agricultura, por já estarem aposentadas. Porém, antes de se aposentarem, desde a juventude, cultivaram a terra e comercializaram os produtos.

Tabela 1. Caracterização socioeconômica e etária dos entrevistados.

Entrevistado	Sexo	Idade	Local	Renda	Escolaridade
1	Mulher	68	rio Turvo Limpo	Salário mínimo	4ª série
2	Mulher	58	rio Turvo Limpo	Salário mínimo	4ª série
3	Mulher	56	rio Turvo Limpo	Salário mínimo	4ª série
4	Mulher	82	Deserto	Salário mínimo	4ª série
5	Mulher	81	Deserto	2 Salários mínimos	Superior completo
6	Mulher	63	Deserto	Salário mínimo	4ª série
7	Mulher	80	Deserto	2 Salários mínimos	Ensino médio completo
8	Homem	71	rio Turvo Limpo	Salário mínimo	4ª série
9	Homem	62	rio Turvo Limpo	Salário mínimo	4ª série
10	Homem	63	rio Turvo Limpo	Salário mínimo	4ª série
11	Homem	35	rio Turvo Limpo	Salário mínimo	4ª série

3.2 Uso e ocupação do solo

A escolha pelos locais de pesquisa se deu a partir da demanda dos/as moradores/as das comunidades. Os moradores da comunidade do Deserto queixaram sobre a qualidade da água de consumo proveniente de poços rasos. Na região há

plântio de milho e café com a utilização de agrotóxicos. Os/as moradores/as acreditam que tais práticas de manejo das lavouras estão contaminando os solos e a água e, conseqüentemente, as pessoas que a utilizam para consumo.

A produção de hortaliças para consumo próprio e para a alimentação escolar é uma das principais atividades desenvolvidas nas propriedades. A produção e comercialização de leite e/ou queijo, milho, feijão e frutíferas também estão presentes em quase todas as propriedades (Tabela 2).

Tabela 2. Distribuição das atividades agrícolas e uso de produtos, como adubo químico e agrotóxicos, pelos entrevistados.

Família entrevistada	Hortaliças e frutíferas	Milho e feijão	Atividades leiteiras	Utiliza adubo químico	Utiliza agrotóxicos	Comercializa produtos	Local
1							Deserto
2	x	x	x				r. Turvo Limpo
3	x	x	x			x	r. Turvo Limpo
4	x	x	x	x	x	x	r. Turvo Limpo
5	x	x	x	x	x	x	r. Turvo Limpo
6	x						Deserto
7	x				x	x	Deserto
8							Deserto

As entrevistadas da comunidade do Deserto lembraram de como era a paisagem do local, principalmente sobre a quantidade de água e fartura da produção de alimentos. Atualmente, o volume e qualidade da água do córrego do Deserto são, segundo as entrevistadas, inferiores. Elas lembraram dos moinhos que o córrego tocava, os banhos no córrego quando crianças e o próprio consumo dessa água.

“A gente tinha muita fartura, não media o que a gente comia, feijão até perdia. O moinho tocava milho dia e noite.” (Entrevistada 4)

Para elas, a principal causa da redução da quantidade de água é o crescimento acelerado do número de casas na região e a falta de manejo das estradas de terra

que assoreiam os brejos. Elas acreditam que as construções de novas casas com fossas inadequadas contaminam cada vez mais a água de beber.

Práticas agropecuárias, como capina com herbicidas e falta de cuidado com os dejetos de bovinos e suínos, foram apontadas como fatores contaminantes do córrego. Para contornar o problema, as famílias buscam soluções de abastecimento residenciais individualizadas, principalmente com a perfuração de poços.

Na região próxima ao rio Turvo Limpo, todas as famílias produzem alimentos tanto para consumo próprio como para comercialização, dentre eles, hortaliças, milho e feijão. Duas famílias entrevistadas utilizam algum tipo de agrotóxico e adubação química. Apesar de relatarem a insatisfação em utilizá-los, devido aos riscos de contaminação e intoxicação, justificam a utilização *“para o mato não tomar conta”* (entrevistado 11). As famílias que não utilizam agrotóxicos e adubação química praticam apenas a roçada das lavouras, utilizam esterco de boi e galinha na adubação e consideram suficiente.

“Minhas verduras são lindas, o segredo é água e esterco e só.” (Entrevistado 8)

Os entrevistados 4 e 5 diferentemente dos demais, produzem milho para venda em grãos e fubá. Além disso, utilizam sementes híbridas e transgênicas para o plantio, com adubação química (NPK 4-14-8) e a capina química com o glifosato, quando o milho está com 30 dias. Eles ainda cultivam o feijão para consumo e também para a comercialização e utilizam o herbicida atrazina. O uso de herbicidas para a capina se dá, segundo eles, devido ao tamanho da área plantada e dá falta de mão de obra.

“Quem nasce hoje que quer pegar uma enxada?”

“Eu procuro evitar o máximo, é nocivo à saúde.”

(Participante de uma das entrevistas)

Os agricultores reclamam da falta de mão de obra, a comparação de que antes havia mais mão de obra no campo pode ser compreendida analisando a forma como ocorreu o processo de modernização da agricultura brasileira. São diversos os impactos gerados por esse processo excludente e inacessível para famílias agricultoras. Com o favorecimento de pequenos grupos capitalizados e alta

competitividade na produção e no mercado, os impactos sociais e econômicos foram refletidos no abandono das atividades agrícolas e expulsão das pessoas do campo (Moreira, 2000).

As memórias são muitas vezes ignoradas pela instantaneidade do período em que vivemos, (des)orientados por uma lógica imediatista, estamos perdendo a capacidade de resgatarmos o passado e utilizar a consciência enquanto espécie, para entendermos os desafios e encontrarmos estratégias de enfrentamento para os problemas ambientais (Toledo e Barrera-Bassols, 2008).

Por meio do resgate das memórias durante as entrevistas, também foram identificados os principais problemas relacionados com a água, quando as pessoas relembavam de como eram os seus territórios e a paisagem no passado e comparavam com a situação do presente.

“Sobre a água o que eu tenho para te falar é isso: antes era muito e limpa! Se papai estivesse vivo hoje, ficaria assustado com essa quantidade de casas aqui, essa quantidade de lixo e a poluição do córrego.”

“A água do córrego não tem mais como usar, hoje ela vem muito pouquinha, e nós não sabemos se tem veneno na água, não pode jogar nem na horta.” (Entrevistada

4)

O uso de produtos químicos nas atividades agropecuárias é potencialmente poluidor dos mananciais de água, tanto superficiais quanto subterrâneos. Não por acaso, as únicas famílias entrevistadas que utilizam agrotóxicos e adubos químicos, utilizam também sementes geneticamente modificadas e/ou híbridas (Serra, 2016).

Os dois agrotóxicos utilizados e citados nas entrevistas, glifosato e atrazina, são herbicidas classificados como pouco tóxicos de acordo com a OMS. Entretanto, a própria OMS, em 2015, admitiu que o glifosato pode causar câncer em animais expostos ao princípio ativo em laboratórios, além de causar danos em DNA de células humanas.

O glifosato é o agrotóxico mais vendido mundialmente e também o mais utilizado no Brasil (Moraes, 2019). Esse princípio ativo, juntamente com seu metabólito, o ácido aminometilfosfônico (AMPA), são altamente hidrossolúveis, favorecendo a contaminação rápida de recursos hídricos (Serra, 2017).

A atrazina está em sétimo lugar entre os agrotóxicos mais consumidos do Brasil, mas foi proibida na União Europeia em 2004, devido aos seus potenciais efeitos deletérios à saúde (Lombardi, 2017). Seu princípio ativo é também potencialmente poluidor devido à sua capacidade hidrossolúvel e de lixiviação (Carmo, 2013).

A contaminação de mananciais de abastecimento pode acarretar a exposição e contaminação direta de pessoas pelo consumo da água. O Instituto Nacional do Câncer tem realizado estudos que comprovam que a intoxicação crônica por agrotóxicos pode causar diversos danos à saúde, como câncer, infertilidade, impotência, abortos, malformações, desregulação hormonal e prejudicar o sistema imunológico (INCA, 2015).

Além do uso de agrotóxicos, os moradores das margens do rio Turvo Limpo também atribuíram como causa do comprometimento da qualidade e quantidade da água, o crescimento acelerado e desordenado ao número de casas na comunidade. O crescimento desordenado influencia diretamente na qualidade de água, por meio do aumento de resíduos sólidos e esgoto sanitário eventualmente sem destinação adequada (Bezerril, 2016). Os dejetos de animais também não são tratados adequadamente e podem alterar padrões físico-químicos e microbiológicos da água (Barroso, 2018; Oliveira, 2020).

O manejo inadequado das estradas e o assoreamento dos brejos foram apontados como causadores de problemas relacionados com a água. Estes de fato influenciam do ciclo hidrológico de uma bacia hidrográfica por meio de interferências do natural e desejável escoamento da água (Sousa, 2019).

3.3 Indicadores etnohidrológicos

As pessoas desenvolvem os indicadores etnohidrológicos a partir da observação de fenômenos e das características da água dos poços, mudanças no rio, das práticas agrícolas no entorno dos mananciais e da saúde e ausência dos peixes. Alguns dos indicadores etnohidrológicos utilizados pelos moradores são classicamente utilizados pela ciência. Estes indicadores são os organolépticos (odor, sabor e cor) além de turbidez, salinidade, acidez e temperatura. Quando os entrevistados eram perguntados sobre como deveria ser uma água de beber, eles explicavam que deveria ser “sem nenhum tipo de cheiro”, “sem gosto de nada”, “clarinha”, “não pode ser salgada né?”, “tem que ser docinha e fresca!” (Tabela 3).

Todas as famílias entrevistadas afirmaram que antes da perfuração dos poços utilizavam água de mina e de córregos e deixaram de utilizar devido à poluição e à falta de água no período da seca.

Tabela 3. Indicadores etnohidrológicos identificados para utilização da água.

Características organolépticas	Outros
Odor	Presença de espuma
Sabor	Quantidade e variedade de peixes
Cor	Saúde dos peixes
Turbidez	Saúde das pessoas
Salinidade	
Acidez	
Temperatura	

Foram identificados 11 indicadores etnohidrológicos durante as entrevistas, destes, sete estão relacionados com a qualidade físico-química e biológica da água, como o odor, sabor, cor, turbidez, salinidade, acidez e temperatura.

Outros indicadores estão relacionados a mudanças que acontecem com a água do rio, como a presença de espuma, e com os peixes, como diminuição da quantidade e variedade de peixes, peixes doentes e com feridas, e adoecimento das pessoas da comunidade. Os/as entrevistados/as relataram, que quando acontecem esses eventos eles/elas ficam preocupados/as com a água.

As famílias entrevistadas não faziam nenhum tratamento da água para consumo, muito menos conhecem os padrões de potabilidade estabelecidos na Portaria nº 5/2017 do Ministério da Saúde ou dos padrões de qualidade da Resolução nº 357/2005 do CONAMA.

Entretanto, são pessoas que lidam dia após dia com essa água, e estão sempre observando e analisando:

“Quando você é dono da propriedade, você sabe tudo que está acontecendo, por isso parei de usar água da mina.” (Entrevistado 8)

Sabem as características que o rio tinha e observam quando estão alteradas:

“Eu pegava era muito peixe! Todo mundo comia muito peixe antes da água ficar assim tão poluída.” (Entrevistada 1)

“Às vezes o rio fica com muita espuma, morre muito peixe.” (Entrevistada 2)

Além da memória biocultural descrita por Toledo e Barrera-Bassols como fundamental para a construção do conhecimento de povos tradicionais, de acordo com Freire (2015), a vida nos ensina, pelo “saber de experiência feito”. Antes de qualquer rigorosidade científica e metodológica, as experimentações e descobertas humanas já ocorriam, e por meio da vivência, o processo de aprendizagem também.

Neste caso, as pessoas quando observam mudanças, julgam por meio dos indicadores etnohidrológicos se a água está apropriada para consumo e pesca:

“Uma água boa para nós, tem que ser boa para os peixes né? Para nós só deve ter uma diferença: ela tem que ser filtrada.” (Entrevistado 11)

“As últimas vezes que eu pesquei, os peixes estavam esquisitos, eles estavam com olhos brancos, as vezes avermelhados, eu devolvia todos. Quando eu abria o peixe eu via que não estava bom, ele estava muito preto, cinzento, via que estava doente.” (Entrevistada 1)

Os últimos lambaris que pegamos estavam cheios de carocinhos, tipo machucados, aí a gente soltava de novo no rio.” (Entrevistada 3)

E diante dos desafios e recursos disponíveis, as pessoas agem:

“Eu tive que furar o poço, pois a água da mina estava vindo poluída, eu conversei com os vizinhos de cima, mas não adiantou. Nós pelejamos com o poço, furamos ali, veio água amarela, furamos de novo, veio ferrugem, agora ela é boa!” (Entrevistada 2)

Diante do exposto, com base nas falas, ficou claro que a busca por água de qualidade será sempre priorizada, por ser um elemento primordial para a manutenção da vida.

3.4 Análise de similitudes

Na análise do *corpus* “memórias da água”, proveniente da transcrição das entrevistas realizadas com moradores/as das duas comunidades, foram observadas 7.170 ocorrências de palavras, sendo 1.055 formas distintas, com sequência média de três palavras para cada forma. Por meio dessa sistematização, foi construída a árvore de similitudes, considerando-se três núcleos centrais: ÁGUA, NÃO, GENTE (Figura 3).

ÁGUA

Ao se observar as ramificações desse núcleo tem-se, em lados opostos, as palavras “peixe” e “muito”. Esse comportamento é justificado pela queixa em diversos momentos dos entrevistados de que não há mais peixes no rio. Na ramificação peixe tem-se algumas palavras-chaves que indicam as principais hipóteses dos entrevistados pelo desaparecimento dos peixes: contaminação da água pelo uso de agrotóxicos nas lavouras.

*“Antes o pessoal fazia aquele rasgão de água com veneno para passar na plantação
E ia para o rio daquele jeito.”*
(Participante de uma das entrevistas)

“Lá para baixo tem muita lavoura de café, então eles usam bastante agrotóxicos.”
(Filha de um dos entrevistados)

NÃO

Nessa ramificação, percebe-se que algumas espécies de peixes estão nela. E isso ocorreu, pois durante as entrevistas os/as participantes mencionavam as espécies de peixes que não são mais encontradas no rio. As mulheres pescadoras disseram que as espécies que elas gostavam de pescar estão sumindo, como o bagre, cará, cascudo, corvina, lambari e traíra.

*“A gente não acha mais o cascudinho, antes tinha tanto! E ele fica uma delícia fritinho né? Eu pescava piau grande! Tem três anos que eu não pesco mais nada.
Tinha muito lambari, piau, cará, traíra, bagre e cascudo.”* (Entrevistada 1)

“A gente pegava muita corvina também, hoje nem o lambari a gente pega mais.” (Entrevistada 2)

“Quando a gente mudou para cá, tinha piaba de quilo! Podia colocar a panela para esquentar e buscar o peixe. Hoje você pode ficar duas horas na beira do rio que não pega nada!” (Entrevistada 3)

GENTE

Nessa ramificação nota-se como os entrevistados atribuem as responsabilidades da contaminação e diminuição da água às práticas agrícolas e sanitárias dos próprios indivíduos. Palavras como “químico” e “adubo” aparecem nesse momento, pois foi durante esse recorte das entrevistas que os participantes puderam falar sobre que tipo de manejo consideravam prejudicial à saúde dos peixes e à qualidade da água.

3.5 Análise microbiológica de poços de abastecimento residencial

Durante as entrevistas foi observado a proximidade das fossas em relação aos poços que abasteciam as casas. Por isso, foi proposto a análise microbiológica da água (Tabela 4).

Tabela 4. Resultados microbiológicos de amostras de água de poços utilizados para abastecimento residencial.

Variáveis Analisadas	Poço 1	Poço 2	Poço 3	Poço 4	Poço 5	Poço 6
Coliformes totais (NMP/100mL)	Presente	Presente	Presente	Presente	Presente	Ausente
<i>Escherichia coli</i> (NMP 100mL)	Ausente	Presente	Presente	Presente	Presente	Ausente

Método de Análise: SMEWW9223.

Conforme a norma brasileira de qualidade da água para consumo humano, consolidada pela Portaria n° 5/2017, apenas as amostras dos poços 1 e 6 foram consideradas próprias para consumo humano, visto que *Escherichia coli* é indicador de contaminação de origem fecal e, portanto, deve estar ausente nas amostras. (Brasil, 2017).

Para os parâmetros físicos e químicos (Tabela 5), os resultados de todas as amostras de água de poços estão dentro dos padrões estabelecidos pelo Ministério da Saúde. A análise dos parâmetros físicos e químicos do poço 5 não foram realizadas, já que os resultados microbiológicos foram positivos para presença de *E. coli* e coliformes totais, e a proprietária não teve interesse em realizar o restante das análises.

Tabela 5. Resultados de parâmetros físicos e químicos de amostras de água de poços utilizados para abastecimento residencial.

Parâmetro	Poço 1	Poço 2	Poço 3	Poço 4	Poço 6	Valores de referência
pH	6,27	6,89	7,66	7,13	6,45	6 - 9 ¹
Cor (uH)	0,003	0,001	0,002	0,001	0,002	15 ¹
Turbidez (uT)	0	0	0	0	0	1 ¹
Ferro (mg/L)	0,11	0,09	0,19	0,19	0,12	0,3 ¹
Condutividade Elétrica US/cma	96,2	95,4	95,9	95,6	95,9	200 μ S/cm ² 100

Valor de referência: ¹Port. Nº 05/2017; ²Ayers & Westcot, 1985.

Sistemas de abastecimentos por captação de água bruta de lençóis não confinados estão susceptíveis a contaminação química e microbiológica (Duarte, et. al., 2016). A contaminação microbiológica identificada nessas amostras é preocupante, pois a contaminação fecal favorece a veiculação hídrica de patógenos entéricos e, conseqüentemente, o adoecimento das pessoas que consomem (Lima, et. al., 2020).

Durante as entrevistas e visitas nas propriedades, foi constatado que todas as famílias utilizavam fossas sépticas entre 15 e 20 anos, sem manutenção e esvaziamento, com profundidade entre 10 e 15 metros. Além disso, observou-se que exceto nas propriedades do poço 1 e poço 6, a distância entre a fossa e o poço de captação era de mais de 30 metros, o que pode explicar a contaminação microbiológica, pois esta ocorre devido às más condições dos poços e pela proximidade das fossas sépticas utilizadas para destinação de fezes humanas (Gonçalves *et al.*, 2005).

Os resultados foram devidamente repassados para os moradores. As famílias consideram a água própria para consumo e não atribuírem casos de doenças ao consumo dessas águas. Entretanto, foi orientado a instalação de clorador automático de poço, e uma família imediatamente o instalou.

Dentre os 17 objetivos instituídos pela Agenda 2030 para o desenvolvimento sustentável (ONU, 2015), o objetivo seis trata de assegurar a disponibilidade e a gestão sustentável da água e saneamento para todos. Para isso, é imprescindível a integração e colaboração das pessoas neste processo, que abarque aspectos

intrínsecos das diferentes regiões, que sejam culturalmente contextualizados e estrategicamente factíveis para possibilitar a gestão adequada dos cursos d'água.

4. CONCLUSÕES

Os etnoindicadores identificados mostram que as pessoas, a partir de suas experiências, vivências e memórias, conseguem monitorar e avaliar potenciais riscos relacionados à contaminação e disponibilidade da água.

As principais atividades identificadas pelas famílias e que interferem na qualidade da água são as fossas muito próximas aos poços de abastecimento residencial, manejo inadequado do esterco animal, estradas mal manejadas, assoreamento do rio e de brejos, e o uso de agrotóxicos, principalmente a atrazina utilizada no feijão e o glifosato utilizado para a capina.

As análises da água dos poços de abastecimento residencial mostram que a proximidade das fossas interfere na qualidade microbiológica da água.

5. REFERÊNCIAS

- ABRASCO: Um alerta sobre os impactos dos agrotóxicos na saúde. Rio de Janeiro: EPSJV, São Paulo: **Expressão Popular**, 2015.
- AMORIM, N. A.; CONCEIÇÃO, T. L. A.; FERREIRA, Priscila d'Almeida. Mineração de agregados e saúde pública: uma perspectiva socioambiental nas comunidades rurais Sagui 1 e 3. **Educação, Tecnologia e Cultura - E.T.C.**, [S.l.], n. 14, 2016. ISSN 2525-3859.
- AUGUSTO, L. D. S.; CARNEIRO, F. F.; PIGNATI, W. A.; RIGOTTO, R. M.; FRIEDRICH, K., FARIA, N. M. X.; de FREITAS, V. M. T.; Saúde, ambiente e sustentabilidade. **Embrapa Hortaliças-Capítulo em livro científico (ALICE)**, 2015.
- AYERS, R. S.; WESTCOT, D. W. Water quality for agriculture. Rome: FAO. **Irrigation and drainage**, v. 29, 174 p, 1985.
- BACK, W. **Hydromythology and ethnohydrology in the New World**. Water Resource Research, v. 17, p. 257-287, 1981.
- BARROSO, D. F. R. Atividades agropecuárias e qualidade da água: uma análise a partir da Resolução CONAMA nº 357/2005. In: **Embrapa Meio Ambiente-Artigo em anais de congresso (ALICE)**. In: SIMPÓSIO DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO SÃO FRANCISCO, 2., 2018, Aracaju. Desafios da Ciência para um novo Velho Chico: anais. Aracaju: Universidade Federal de Sergipe, 2018.
- BARDIN, L. Análise de conteúdo. São Paulo. SP: Edições, v. 70, p.383-387, 2011.
- BEZERRIL, K. O. **Problemas socioambientais: urbanização desordenada e consequências para a qualidade das águas subterrâneas de Poços localizados nas imediações do lixão de Cidade Nova em Natal/RN**. 2016. 205f. Dissertação (Mestrado em Geografia) - Centro de Ciências Humanas, Letras e Artes, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2016.
- BRASIL, Ministério da Saúde. Fundação Nacional de Saúde. **Vigilância Ambiental em Saúde**. Brasília: FUNASA, 2002
- BRASIL, Ministério da Saúde. **Orientações Técnicas para Coleta, Acondicionamento e Transporte de Amostras de Água para Consumo Humano**. Brasília - DF, 2013
- BRASIL. Portaria de consolidação nº 5, de 28 de setembro de 2017. Consolidação das normas sobre as ações e os serviços de saúde do Sistema Único de Saúde. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**, 2017.
- CAMARGO, B. V; JUSTO, A. M. IRAMUTEQ: Um software gratuito para análise de dados textuais. **Temas em Psicologia**, v. 21, p. 513-518, 2013.
- CARDOSO, I. M.; FERRARI, E. A. Construindo o conhecimento agroecológico: Trajetória de interação entre ONG, universidade e organizações de agricultores. **Revista Agriculturas**, v.3, n.4, p. 28-32, 2006
- CARMO, D. A., DO CARMO, A. P. B., PIRES, J. M. B., & OLIVEIRA, J. L. Comportamento ambiental e toxicidade dos herbicidas atrazina e simazina. **Ambiente & Água - An Interdisciplinary Journal of Applied Science**, v. 8, p. 133-143, 2013.

CARNEIRO, F. F.; RIGOTTO, R. M.; AUGUSTO, L. G. S.; RIZOLLO, A.; MULLER, N. M Dossiê ABRASCO. **Um alerta sobre os impactos dos agrotóxicos na saúde. Parte**, 2012.

DONATO, S. P.; ENS, R. T., FAVORETO, E. D. D. A.; PULLIN, E. M. M. P. Abordagem estrutural das representações sociais: da análise de similitude ao grupo focal, uma proposta metodológica. **Revista Educação e Cultura Contemporânea**, v. 14, p. 367-394, 2017.

DUARTE, M. L. Vulnerabilidade à contaminação das águas subterrâneas no município de Humaitá, Amazonas, Brasil. *Revista Ambiente & Água*, v. 11, p. 402-413, 2016.

FARAGO, C. C.; FOFONCA, E. A análise de conteúdo na perspectiva de Bardin: do rigor metodológico à descoberta de um caminho de significações. **Revista Linguagem**, v. 18, 2012.

FREIRE, P.; FAUNDEZ, A. **Pedagogia da pergunta**. São Paulo: Paz e Terra, 1985.

FREIRE, Paulo. **Pedagogia dos sonhos possíveis**. Editora Paz e Terra, p.232, 2015.

FREIXA, D.L.R. Por caminhos da água: costumes, saberes e hidráulica no Alentejo rural. Dissertação (Mestrado em Antropologia) - Escola de Ciência Sociais e Humanas - Instituto Universitário de Lisboa. Lisboa, p. 14-20, 2011.

HOCHMAN, G. A era do Saneamento: As bases da política de saúde pública no Brasil, Editora HUCITEC/ ANPOC. São Paulo, 261p., 1998.

INSTITUTO NACIONAL DE CÂNCER (INCA). **Posicionamento público acerca do uso de agrotóxicos**. INCA, 2015. Disponível em: <http://www2.inca.gov.br/wps/wcm/connect/agencianoticias/site/home/noticias/2015/inca_lanca_documento_e_promove_debate_sobre_maleficios_dos_agrotoxicos>. Acesso em: 24 de setembro de 2020.

INTERNATIONAL AGENCY FOR RESEARCH ON CANCER. IARC Monographs Volume 112: evaluation of five organophosphate insecticides and herbicides. **World Health Organization, Lyon**, 2015.

LIMA, F. S. Escherichia coli, adenovírus e enterovírus em amostras de água consumida em áreas rurais de Goiás. 2020. 62 f. Dissertação (Mestrado em Biologia da Relação Parasito-Hospedeiro) - Universidade Federal de Goiás, Goiânia, 2020.

LOMBARDI, Larissa Mies. **Geografia do uso de agrotóxicos no Brasil e conexões com a União Europeia**. FFLCH-USP, 2017.

LOPES, L. S.; CONTE, G. M.; CRUZ, N. A. C.; JÚNIOR, P. C. G. A.; CARDOSO, I. M. 14826-Troca de saberes: vivenciando metodologias participativas para a construção dos saberes agroecológicos. **Cadernos de Agroecologia**, v. 8, n. 2, 2013.

MARCHAND, P.; RATINAUD, P. L'analyse de similitude appliquée aux corpus textuels: les premiers socialistes pour l'élection présidentielle française (septembre-octobre 2011). **Actes des 11eme Journées internationales d'Analyse statistique des Données Textuelles. JADT**, v. 2012, p. 687-699, 2012.

MIRANDA, M. L. C. D. **A organização do etnoconhecimento: a representação do conhecimento afrodescendente em Religião na CDD**. 12p, 2012.

MORAES, R. F. **Agrotóxicos no Brasil: padrões de uso, política da regulação e prevenção da captura regulatória**. Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada, Brasília: Rio de Janeiro: Ipea. Disponível em: <http://repositorio.ipea.gov.br/bitstream/11058/9371/1/td_2506.pdf> (2019).

MOREIRA, R. J. Críticas ambientalistas à revolução verde. **Estudos, sociedade e agricultura**, Rio de Janeiro, n. 15, p. 39-52, 2000.

ONU. Transformando Nosso Mundo: a Agenda 2030 para o Desenvolvimento Sustentável. Disponível em: <Disponível em: <<https://nacoesunidas.org/pos2015/agenda2030/>>. Acesso em: 25/04/2020.

OLIVEIRA, F. R.; CECÍLIO, R. A.; ZANETTI, S. S.; FERRAZ, F. T. Qualidade de água e diagnóstico socioambiental das famílias do assentamento Florestan Fernandes. **Caminhos de Geografia**, v. 21, n. 74, p. 226-240, 2020.

FAO, 2013 Food and Agriculture Organization of the United Nations. FAOSTAT. Disponível em: <http://faostat.fao.org>. Acesso em: 22 set. 2019.

PLOEG, J. D. V. D. Dez qualidades da agricultura familiar. Cadernos de Debate. **Revista Agriculturas: Experiências em Agroecologia**, n. 1, fev. 2014.

SANGKHMARNEE, J. **Ethnohydrology and Mekong knowledge in transition: an introductory approach to Mekong hydraulic cognition**. International Conference “Critical transitions in the Mekong Region”, January 2007. Regional Center for Social Science and Sustainable Development, Chiang Mai University. Disponível em http://www.polsci.chula.ac.th/jakkrit/anthro/Home_files/Ethnohydrology%20and%20Mekong%20Knowledge.pdf. Acesso em 20 de setembro mar. 2020.

SANTOS, B.S. Crítica da Razão Indolente: contra o desperdício da experiência. **Para um novo senso comum: a ciência, o direito e a política na transição paradigmática**. vol 1. São Paulo, Cortez, 2000.

SANTOS, B.S. **A gramática do tempo: para uma nova cultura política**. Cortez, 2006 (b).

SANTOS, B. S. (org.). **Conhecimento prudente para uma vida decente: Um discurso sobre as ciências revisitado**. Porto: Afrontamento (2003).

SANTOS, B. S.; MENESES, M. P. G.; NUNES, J. A. Conhecimento e transformação social: por uma ecologia de saberes. **Hiléia: Revista de Direito Ambiental da Amazônia**, v. 4, p. 9-103, 2006 (a).

SANTOS, B.S. Para além do pensamento abissal: das linhas globais a uma ecologia de saberes. **Revista crítica de ciências sociais**, n. 78, p. 3-46, 2007.

SANTOS B.S. **Um discurso sobre as ciências**. 7ª Edição. São Paulo: Ed. Cortez; 2010.

SERRA CLUSELLAS, A.; DE ANGELIS, L.; FRANKENBERG, J. D.; BELTRAMO, M.; BAVA, M.; VIGLIAROLO, J.; FIDALGO DE CORTALEZZI, M. M. Eliminación de glifosato y AMPA del agua mediante procesos solares basados en el uso de H₂O₂ combinados con Fe (III). In: **III Congreso Nacional de Ciencia y Tecnología Ambiental** (Santa Fe, 31 de julio al 3 de agosto de 2017).

SERRA, L.; MENDES, M. R. F.; SOARES, M. V. A.; MONTEIRO, I. P. Revolução Verde: reflexões acerca da questão dos agrotóxicos. **Revista Científica do Centro de Estudos em Desenvolvimento Sustentável da UNDB**, v. 1, n. 4, 2016.

SILVA, A. F.; COUTINHO, E. A. T.; TAVARES, K. C. O.; CAVALCANTI, L. C. S.; LISTO, F. L. R. DIAGNÓSTICO DE PROCESSOS EROSIVOS NA MESORREGIÃO DO VALE DO SÃO FRANCISCO: PRIMEIRA ANÁLISE In: SIMPÓSIO DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO SÃO FRANCISCO, Aracaju. Desafios da Ciência para um novo Velho Chico: **anais**. Aracaju: Universidade Federal de Sergipe, 2018.

SILVA, L. A.; ZANELLI, F. V.; CARDOSO, I. M.; da MATA SILVEIRA, M. S. Proteção, manejo e conservação dos recursos naturais nos sistemas agroecológicos. **Cadernos de Agroecologia**, v. 10, n. 3, 2016.

SOUSA, M. B. OS EFEITOS DA URBANIZAÇÃO NO ESCOAMENTO SUPERFICIAL DE UMA BACIA HIDROGRÁFICA. **Anais do Integra**, v. 2, 2019.

TOLEDO, V.M.; BARRERA-BASSOLS, N. **La memoria biocultural: la importancia ecológica de las sabidurías tradicionales**. Icaria Editorial, 2008. Pag 28-36.

VINUTO, J. A amostragem em bola de neve na pesquisa qualitativa: um debate em aberto. **Temáticas**, v. 22, p. 203-220, 2014.

CAPÍTULO 2

QUALIDADE DA ÁGUA E UTILIZAÇÃO DE TILÁPIAS COMO BIOINDICADORES DE IMPACTOS AMBIENTAIS

RESUMO

O uso e a ocupação do solo estão intimamente relacionados com a qualidade da água, uma vez que práticas degradantes, como o revolvimento do solo, desmatamento de mata ciliar, uso de agrotóxicos e fertilizantes químicos, alteram os padrões físicos e químicos de cursos d'água. As alterações da qualidade da água de rios podem prejudicar o equilíbrio de todo ecossistema aquático. Os peixes, por pertencerem ao topo da cadeia alimentar, estão constantemente sujeitos à contaminação por xenobióticos e, por isso, são considerados bons bioindicadores da qualidade da água. O objetivo desse estudo foi avaliar parâmetros físico-químicos da água do rio Turvo Limpo que possam interferir na sobrevivência de peixes e avaliar histologicamente a integridade das brânquias de peixes expostos às águas de diferentes regiões do rio Turvo Limpo. Para isso, foram realizadas duas análises de parâmetros físicos e químicos em quatro diferentes pontos do rio Turvo Limpo, além de análises de brânquias de tilápias submetidas à exposição aguda de 96 horas à água de três diferentes pontos do rio. As alterações das brânquias foram avaliadas por meio das medidas de comprimento das lamelas secundárias, da espessura e celularidade da lamela primária e do diâmetro do vaso central da lamela primária. As análises da água do rio Turvo Limpo sugerem que o uso e a ocupação do solo próximo aos pontos estudados influenciaram negativamente os parâmetros físico-químicos da qualidade da água. As tilápias (*Oreochromis niloticus*) foram boas indicadoras de poluição aquática, pois não apresentaram lesões relacionadas a esses parâmetros da água do rio Turvo Limpo, sugerindo a presença de agentes xenobióticos.

Palavras-chave: Poluição aquática. Peixes. Bioindicadores. Histologia.

ABSTRACT

The use and occupation of soil are intimately related to the quality of water because degrading practices such as soil tilling, deforestation of riparian forest, and use of pesticides and chemical fertilizers alter the physical and chemical patterns of watercourses. Alterations of water quality of rivers can damage the balance of the entire aquatic ecosystem. Fish, as they belong to the top of the food chain, are constantly subjected to contamination by xenobiotic, and therefore, are considered good bioindicators of water quality. The objective of this study was to evaluate physicochemical parameters of the water of the rio Turvo Limpo that can interfere with the survival of fish and the integrity of the gills of fish exposed to water from different regions of the rio Turvo Limpo. For this, two analyses of physical and chemical parameters in four different points of the rio Turvo Limpo and analyses of the gills of tilapia (*Oreochromis niloticus*) subjected to acute 96-hours exposure to water from three different points of the river were carried out. The alterations in the gills were evaluated by measuring the length of the secondary lamellae, the thickness and the cellularity of the primary lamella, and the diameter of the central vessel of the primary lamella. The analyses of the water of the rio Turvo Limpo suggest that the soil's use and occupation close to the points studied negatively influenced the physicochemical parameters of water quality. The tilapia (*Oreochromis niloticus*) were good indicators of aquatic pollution, because they did not present injuries related to the physicochemical parameters of water, suggesting the presence of xenobiotic agents.

Keywords: Aquatic pollution. Fish. Bioindicators. Histology.

1. INTRODUÇÃO

A partir dos anos 1960-1970, o Brasil, com o objetivo de aumentar a produção de alimentos, optou pela adoção de práticas agrícolas denominadas 'modernas', com a incorporação do pacote tecnológico da Revolução Verde (Rosa, 1998), com o incentivo de políticas públicas.

As tecnologias da Revolução Verde incluem o uso intensivo de agrotóxicos, fertilizantes químicos, sementes melhoradas e maquinários, utilizados em monocultivos que produzem especialmente grãos para exportação e submete a terra e as pessoas à lógica do capital (Andrades e Gamini, 2007), com o fomento do Estado, a partir de políticas. Estas políticas inseriram a agricultura dentro de uma lógica global e consolidaram o atual modelo hegemônico de produção agrícola brasileira, denominado de agronegócio brasileiro (Santos e Silveira, 2001)

Com este modelo agrícola, impactos nas esferas social, econômica e ambiental foram gerados. Com o incentivo de créditos e alta competitividade, agricultores menos capitalizados se viram diante de uma lógica de produção inacessível e excludente. O resultado disso foi o abandono da atividade, o êxodo rural e, conseqüentemente, o favorecimento da concentração latifundiária e produção de monocultivos no Brasil (Moreira, 2000).

A produção de grãos em monocultivos impulsionaram o desmatamento e as queimadas de florestas, causando a dizimação de espécies da fauna e da flora, além de práticas de manejo adotadas, como o revolvimento do solo assoreando cursos d'água, e o uso deliberado de agrotóxicos contaminando o solo e a água (Rosa, 1998; Ross, 2001; Andrades e Gamini, 2007).

A contaminação da água por agrotóxicos pode ocorrer por lixiviação ou erosão, e acarretar diversos desequilíbrios nos ecossistemas aquáticos (Lopes *et al.*, 2018). Mudanças na qualidade da água tendem a causar desequilíbrios nesse ecossistema. A presença de substâncias xenobióticas, o aumento de matéria orgânica e mudanças nos padrões físico-químicos são fatores que interferem negativamente em comunidades de peixes (Guo *et al.*, 2019).

Os peixes estão constantemente sujeitos à contaminação por xenobióticos. Por isso, são considerados excelentes bioindicadores de qualidade da água. Além da grande biodiversidade que é interessante para um organismo-teste, apresentam

respostas comportamentais e alterações em diversos órgãos e em nível de comunidade (Ribeiro e Américo-Pinheiro, 2018).

A contaminação de peixes por ações antropogênicas pode ocorrer por meio da bioconcentração, que é a via mais importante para organismos aquáticos e refere-se à exposição em relação ao meio circundante (Arnot e Frank, 2006) e à ingestão de alimentos e água contaminados (Corl, 2001), que passam necessariamente pelas brânquias.

Para ser utilizado como bioindicador é importante que o peixe esteja adaptado e compatível com o ambiente do estudo. A tilápia (*Oreochromis niloticus*) apesar de ser originária da África, Jordânia e Israel, foi introduzida no Brasil na década de 1970 e se adaptou em ambientes lênticos com temperaturas acima de 17°C e, atualmente, é encontrada frequentemente nos rios brasileiros. Portanto, é considerada uma boa espécie a ser estudada como indicadora de poluentes (Lupi *et al.*, 2007).

Na ecotoxicologia, as alterações branquiais são utilizadas como biomarcadores devido à sua ampla superfície de contato com o meio aquático e de suas funções orgânicas importantes como respiração, osmorregulação e excreção de resíduos. O tecido das brânquias é altamente vascularizado, e um epitélio pavimentoso recobre toda superfície formando uma barreira delgada entre o sangue e o ambiente. As lamelas primárias e as secundárias são estruturas das brânquias que possibilitam o aumento da superfície de contato com a água. Estas são filamentos epiteliais que possibilitam o encurtamento da distância entre o sangue e a água, possibilitando maior eficiência nas trocas gasosas (Perry, 1997; Evans, 2005; Baldisserotto, 2002). Estas características tornam as brânquias extremamente sensíveis às alterações da qualidade do ambiente (Evans *et al.*, 2005; Moraes, 2018).

Este estudo objetivou avaliar parâmetros físicos e químicos da água que interferem na sobrevivência de espécies de peixes, avaliar histologicamente a integridade das brânquias de peixes expostos à água bruta oriunda de mananciais superficiais e comparar possíveis mudanças na qualidade da água após o encontro dos rios Turvo Limpo e Turvo Sujo.

2. MATERIAL E MÉTODOS

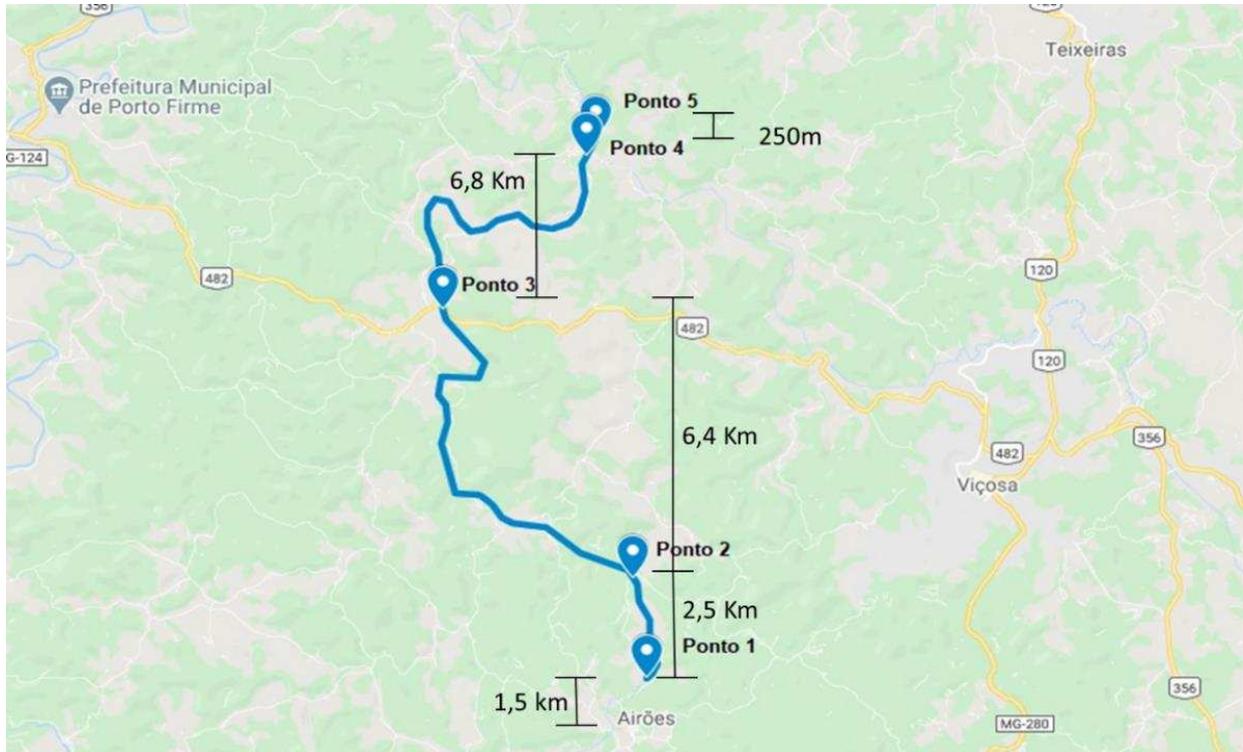
2.1 Amostragem da água do rio Turvo Limpo

Foram realizadas análises dos parâmetros físicos e químicos *in loco* no período chuvoso em dezembro de 2019 (Tabela 1) em quatro diferentes pontos do rio Turvo Limpo: ponto 1: 20°47'52.1"S 42°57'16.5"O; ponto 2: 20°46'34.8"S 42°57'26.3"O; ponto 3: 20°43'50.6"S 42°59'49.6"O; ponto 4: 20°40'44.6"S 42°58'01.5"O; e um ponto do rio Turvo Sujo: ponto 5: 20°40'38.0"S 42°57'57.8"O, antes do seu encontro com o rio Turvo Limpo (Figuras 1 e 2), utilizando os métodos indicados na tabela 1.

Tabela 1. Parâmetros físico-químicos analisados com equipamento multiparâmetro *in loco* no rio Turvo Limpo (dezembro 2019).

Parâmetro	Método
Condutividade Elétrica (CE)	Condutivímetro portátil modelo DM-3P
Oxigênio Dissolvido (OD)	Multiparâmetro sx751
Oxigênio Percentual (OP)	Multiparâmetro sx751
pH	pH-metro modelo DM-2P
Temperatura	Multiparâmetro sx751
Turbidez	Turbidímetro modelo DMTU183
Resistividade	Multiparâmetro sx751
Sólidos Totais Dissolvidos (STD)	Multiparâmetro sx751

Figura 1: Pontos de coleta de amostras da água do rio Turvo Limpo (1, 2, 3 e 4) e rio Turvo Sujo (5), Zona da Mata mineira. Km: distância aproximada entre os pontos. (Imagem: Google Maps. Acessado em dezembro/2019).



Além das análises realizadas nos locais, foram coletadas amostras de água nos mesmos pontos (Figura 2). As amostras foram acondicionadas em galões de cinco litros e transportadas em caixas de isopor com gelo para análises físicas e químicas no Laboratório de Engenharia Sanitária Ambiental da Universidade Federal de Viçosa, conforme os métodos indicados na tabela 2.

Figura 2: Pontos de coletas utilizados no rio Turvo Limpo, Zona da Mata mineira, para o experimento laboratorial de exposição dos peixes (círculos vermelhos). (Imagens: Google Earth. Acessado em fevereiro/2020).



Tabela 2. Parâmetros físico-químicos analisados em amostras da água do rio Turvo Limpo e do rio Turvo Sujo.

Parâmetro	Método ^a SMEWW
Cor	2120 C
DBO	5210 B
DQO	5220 D
Nitrogênio Total	4500-NH ₃ C
pH	4500-H* B
SDT	2540 D
Turbidez	2130 B

^aSMEWW: Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater (APHA, 2012). DBO: demanda bioquímica de oxigênio; DQO: demanda química de oxigênio; SDT: sólidos dissolvidos totais.

2.2 Aquários experimentais e animais - água do rio Turvo Limpo

Quatro grupos experimentais utilizando água dos pontos 1, 3 e 5 do rio Turvo Limpo e um grupo controle, utilizando água de abastecimento da UFV foram montados utilizando quatro aquários de 50 L, contendo sete exemplares de peixes que formaram um grupo por aquário. Os locais de coleta foram determinados para exposição dos peixes a fim de resguardar a distância entre os pontos e se obter melhor representatividade de prováveis variações do leito do rio (Figura 2). Os quatro grupos formados foram denominados Gp1, Gp3, Gp5 e controle (Figura 3). A água da Estação de Tratamento de Água da Universidade Federal de Viçosa (ETA-UFV) foi utilizada para o grupo controle. A água dos pontos 1, 3 e 5 foram coletas em bombonas de 50 litros e levadas para o Laboratório de Biologia de Peixes - DVT/UFV no dia do início do experimento.

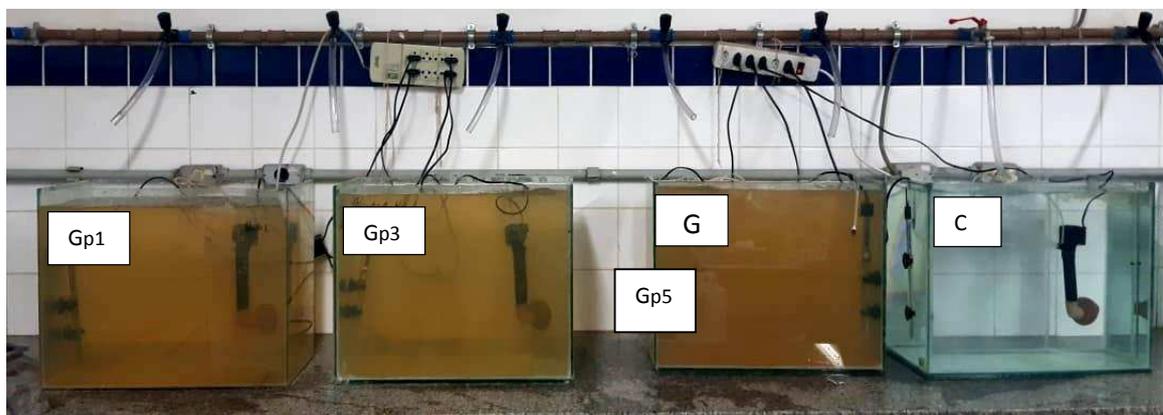
Os exemplares de tilápia utilizados nesses ensaios foram obtidos de tanques de cultivo da Piscicultura da Prata, Eugenópolis/MG, e transportados para o Laboratório de Biologia de Peixes do DVT/UFV, *Campus* Viçosa, onde foram aclimatados por um período de sete dias em aquários de 50 L à semelhança do que ocorreu durante o ensaio experimental. Os aquários foram mantidos com filtro mecânico, aeração contínua, fotoperíodo estabelecido de 12h claro-escuro, e

temperatura controlada entre $26\pm 1^{\circ}\text{C}$ por meio de termostatos e termômetros (Marcon, *et al.*, 2016)

A temperatura foi monitorada duas vezes ao dia. A exposição dos peixes à água foi realizada em sistema estático durante 96h. Os peixes foram mantidos nos aquários, com sete animais por tratamento, totalizando 28 animais. Para este estudo, foram constituídos lotes de peixes de tamanhos homogêneos, para se evitar efeitos diferenciados em função de diferentes classes de tamanho. Os animais foram mantidos em jejum, e não houve substituição de água durante o período de exposição de acordo com as normas da NBR 15088 (ABNT, 2016). O monitoramento da mortalidade foi realizado a cada 24 horas no período de 96h.

Foram utilizados animais machos adultos (120 dias) sexualmente maduros e padronizados de acordo com o tamanho corporal para se trabalhar com lotes homogêneos. No aquário do grupo controle, foi realizado um período prévio de aclimação da água durante cinco dias, com aeração contínua a fim de reduzir o cloro residual, estabilizar a temperatura e os demais parâmetros físico-químicos.

Figura 3: Aquários experimentais com água dos diferentes pontos do rio Turvo Limpo (Gp1, Gp3 e Gp5) e água de abastecimento (controle).



2.3 Normas de conduta para utilização de animais na pesquisa

Todo o material e metodologias utilizadas nos ensaios estão indicados nas normas de bioensaios estabelecidas pelas resoluções da NBR 15088 - Ecotoxicologia aquática - Toxicidade aguda - Método de ensaio com peixes (ABNT, 2016) para avaliação da toxicidade de agentes químicos em peixes.

Todos os procedimentos envolvendo os animais foram realizados após aprovação e recomendações das normas de conduta da Comissão de Ética no Uso de Animais da UFV (Protocolo nº 48/2019).

2.4 Análise de água dos aquários experimentais

Antes da introdução dos peixes nos aquários, foram coletadas amostras de água de cada aquário para análise de parâmetros físicos e químicos. Após o término das 96h de exposição, novas amostras de água foram coletadas para análise.

Os parâmetros avaliados foram os mesmos utilizados na análise da água *in loco* (Tabelas 1 e 2), exceto a demanda química de oxigênio (DQO) que foi executada no reator digital Hach DRB200 e a leitura do parâmetro colorimétrico em espectrofotômetro Hach modelo DR3800O. Os sólidos dissolvidos totais foram analisados por meio de filtro de fibra de vidro de porosidade 1,2 µm (HNM - GF52/C), conforme o *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater* (APHA, 2012).

2.5 Análises histológicas de brânquias

Os animais foram eutanasiados conforme as orientações de bem-estar animal do Conselho Federal de Medicina Veterinária (Resolução Normativa nº 13 de 2013) e orientações do CONCEA (2018). Foi utilizado o método de imersão em anestésico benzocaína preparada na concentração de 100 mg/L de água, diluída previamente em álcool, com os animais tendo sido mantidos imersos na solução por 10 minutos após cessar o movimento opercular.

As brânquias foram coletadas imediatamente após a eutanásia dos animais, padronizando-se o segundo arco branquial do antímero esquerdo. Após a coleta, as amostras foram fixadas em paraformaldeído a 4% em tampão fosfato.

Posteriormente, as amostras foram submetidas a técnicas histológicas aplicadas rotineiramente em laboratórios de histologia.

As amostras foram lavadas em álcool 70% para retirada do fixador e permaneceram durante 4 horas em álcool 90% para desidratação. Foram infiltradas em solução resina:álcool na proporção 1:1 durante 24h e em resina pura, por 24h, em temperatura ambiente.

Na sequência, as amostras foram emblocadas em resina pura com endurecedor, na proporção de 15 mL de resina para 1,3 mL de endurecedor. O material foi emblocado em moldes e mantidos em estufa a 60°C por 24h para a polimerização da historesina. Em seguida, as amostras foram retiradas dos moldes e coladas em pequenos blocos de madeira para a realização de cortes semisseriados de 3 µm de espessura em micrótomo LEICA 2055 Multicut, utilizando-se navalha de vidro.

Lâminas com 12 cortes cada foram confeccionadas e, a seguir, coradas com azul de toluidina e montadas com a colocação das lamínulas utilizando Entellan®.

Para realização das análises histomorfométricas foram obtidas imagens digitais capturadas por meio de câmera digital Olympus SC30 acoplada a fotomicroscópio, por meio do software Olympus cellSens Standard.

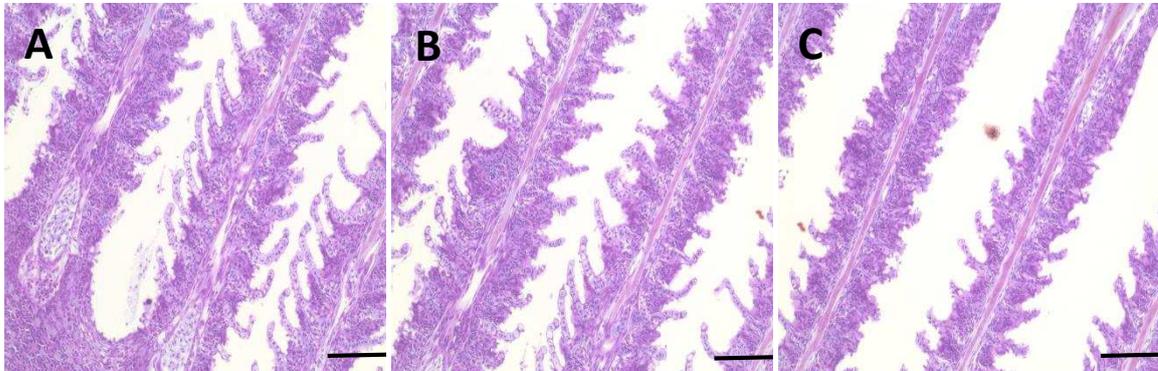
Para análise morfométrica foi utilizada a metodologia adotada por Carlos (2006) com o auxílio do aplicativo Image J versão 4.48 (*Wayne Rasband*), sendo amostrados sete peixes por tratamento, considerando-se cinco lamelas primárias por animal, para uma análise comparativa entre o arranjo estrutural do tecido dos peixes de cada ponto do rio com os peixes do grupo controle.

Para garantir maior acurácia na obtenção de dados que pudessem indicar variações mensuráveis ao longo do comprimento das lamelas primárias, optou-se por dividir a mesma em três regiões distintas (terço basal - LSB, terço médio - LSM e terço apical - LSA) devido ao grande comprimento da mesma (Marcon *et. al.*, 2016) (Figura 4).

O diâmetro dos vasos sanguíneos, espessura de epitélio lamelar primário e comprimento das lamelas secundárias, em duplicatas, foram mensurados em três regiões distintas (terço basal - LSTB, terço médio - LSTM e terço apical - LSTA) a partir de imagens digitais obtidas também em objetiva de 40X. Os resultados dos diferentes grupos foram comparados com aqueles do grupo controle.

A partir da obtenção das medidas de espessuras das lamelas primárias e diâmetros dos vasos sanguíneos em três regiões distintas, realizou-se uma diferença entre esses valores, obtendo-se a celularidade resultante da proliferação celular.

Figura 4: (A) Terço basal; (B) terço médio e (C) terço apical, utilizados para medições de diâmetro dos vasos sanguíneos, espessura de epitélio lamelar primário e comprimento das lamelas secundárias. Coloração: Azul de toluidina. Barra: 100 μ m. Fonte: Arquivo pessoal do autor.



2.6 Análises estatísticas

Os dados de normalidade e homogeneidade das variâncias foram testados pelos testes de Shapiro-Wilk e Bartlett, respectivamente. As variáveis não apresentaram distribuição normal, sendo então submetidas ao teste não paramétrico de Kruskal-Wallis ($p < 0,05$). As análises estatísticas foram realizadas usando o software InfoStat versão 2020 (Di Rienzo *et al.*, 2020) e o R (R Core Team, 2016).

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 Avaliação da qualidade da água do rio Turvo Limpo

Os resultados das análises realizadas *in loco* encontram-se na tabela 3 e os resultados das análises laboratoriais, na tabela 4. Os padrões de referência para os parâmetros avaliados para água doce de Classe III conforme a Resolução nº 357 do CONAMA (2005) e Chapman e Kimstach (1996) encontram-se na tabela 5. Dentre os parâmetros e padrões de qualidade da água da Resolução nº 357 do CONAMA (2005), não são especificados valores para DQO. Nesse caso, foram adotados os limites estabelecidos por Chapman e Kimstach (1996). Não há um padrão definido para a distribuição de nitrogênio nos ecossistemas aquáticos (Metcalf e Eddy, 1991). Entretanto, a Resolução nº 357 do CONAMA (2005) orienta que a concentração de

nitrogênio total não ultrapasse valores de 2,18 mg/L em águas doces classes III quando o nitrogênio for fator limitante para eutrofização.

Tabela 3. Parâmetros físico-químicos analisados *in loco* no rio Turvo Limpo (Dezembro/2019).

Parâmetro	Ponto 1	Ponto 2	Ponto 3	Ponto 4 ^(a)	Ponto 5	Valores de referência
pH (campo)	7,1	7,2	7,2	7,5	7,4	6 - 9
Temperatura	22,8	25	23,4	23,6	23,2	22 - 26 °C
Turbidez	63	77	93	295	216	≤ 100 UNT
OD	10	17	11	10	16	≥ 5mg/L
Condutividade	479	469	462	847	609	≤ 200µS/cm
SDT	326	318	314	583	416	≤ 500mg/L

Rio Turvo Sujo ^(a); OD: oxigênio dissolvido; SDT: sólidos dissolvidos totais; Unidades nefelométricas de turbidez; µS/cm: microsiemens por centímetro

Tabela 4. Parâmetros físicos e químicos analisados no LESA (Dezembro/2019).

Parâmetro	Ponto 1	Ponto 2	Ponto 3	Ponto 4 ^(a)	Ponto 5	Valores de referência
pH	8,3	8,18	8,18	7,95	8,02	6 - 9
Cor	150	167	202	377	388	≤ 75 mg Pt/L
Turbidez	56	65	72	388	247	≤ 100 UNT
DBO	3	3	7	ND	ND	≤ 5 mg/L O ₂
DQO	12	7	28	30	35	≤ 20 mg/L
Nitrogênio Total	4,3	2,6	3,6	2,4	3,0	≤ 2,18 mg/L
SDT	330	315	312	560	403	≤ 500mg/L

Rio Turvo Sujo ^(a); OD: oxigênio dissolvido; SDT: sólidos dissolvidos totais; UNT: Unidades nefelométricas de turbidez; Pt/L: platina por litro

Temperatura e pH apresentaram-se dentro dos padrões de referência. Os valores de pH podem variar em cursos d'água por meio de fatores naturais, como oxidação de matéria orgânica e fotossíntese, absorção de gases atmosféricos, e também por meio de poluição de efluentes domiciliares e/ou agrícolas. Estas mudanças de pH são influenciadas, principalmente, pelas variações de temperatura, sendo acentuadas conforme há o aumento da mesma (Von Sperling, 2005). Cor, turbidez, nitrogênio, DBO, DQO e SDT apresentaram, em algumas amostras, valores acima do padrão de referência para água doce de Classe III conforme a Resolução nº 357 do CONAMA (2005).

Cor e turbidez

Todas as amostras de água apresentaram valores relacionados à cor maiores que o desejável (≤ 75 mg Pt/L). Os pontos 4 e 5 expressaram valores cinco vezes maiores que o desejável. Em relação à turbidez, os pontos 4 e 5 foram os únicos que mostraram valores maiores que o desejável (100 UNT), tanto na avaliação local quanto em análise laboratorial.

Cor e turbidez são duas variáveis importantes que permitem avaliar a qualidade da água, pois estão relacionadas com a decomposição de matéria orgânica e com a suspensão de partículas. Quando acima do desejável, influenciam negativamente a entrada de luz na água e, conseqüentemente, prejudicam a dinâmica dos organismos aquáticos. Além disso, partículas suspensas podem carregar substâncias xenobióticas como agrotóxicos e metais pesados (Brito, 2008; Oliveira, 2012; Santos *et al.*, 2014).

Esses resultados são indicadores de impactos ambientais, visto que a formação de sedimentos está intimamente relacionada com o manejo do solo, indicando a instabilidade e erosão (Luíz *et al.*, 2012).

Queiroz *et al.* (2010) estudaram a influência do uso do solo no entorno de uma microbacia hidrográfica e mostraram que práticas como o plantio direto, sistema de terraços e preservação da mata ciliar nos rios são fatores que influenciam para uma boa qualidade da água, pois diminuem a erosão.

Demanda bioquímica de oxigênio

O ponto 3 apresentou valor maior que o desejável conforme valor de referência do CONAMA (2005), indicando que a presença de matéria orgânica é maior que os pontos 1 e 2. Para os pontos 4 e 5 não foi possível identificar os valores de DBO devido ao consumo total do oxigênio das amostras. Isso ocorre quando o oxigênio da amostra é todo consumido, pois o volume da amostra é maior que o necessário para o teste, que é consideravelmente longo (120 horas) (Valente *et al.*, 1997).

A demanda bioquímica de oxigênio está relacionada com a quantidade de matéria orgânica presente na água, pois se refere à quantidade de oxigênio necessária para os microrganismos para estabilização de matéria orgânica. Portanto, é desejável que esses valores estejam próximos do padrão recomendável, pois quanto maior a demanda bioquímica de oxigênio, menor a quantidade de oxigênio disponível (Valente *et al.*, 1997).

Demanda química de oxigênio

Os pontos 3, 4 e 5 apresentaram valores maiores que 20 mg/L de O₂, mostrando que esses pontos tiveram maiores concentrações de matéria orgânica que os pontos 1 e 2. Essa variação da DQO pode ocorrer em determinados pontos de cursos d'água que recebem maiores descargas de esgoto doméstico e/ou industriais, como laticínios e abatedouros (Machado, 2009; Vargas, 2017).

A demanda química de oxigênio também é uma análise indicadora de presença de matéria orgânica e falta de oxigênio. A concentração de matéria orgânica é estimada por meio da quantificação de oxigênio consumido para oxidação da mesma, em meio ácido e pela ação de um agente químico (Valente *et al.*, 1997).

Condutividade

A condutividade de todos os pontos de coleta apresentou valores maiores que os valores de referência. Esse parâmetro é utilizado na mensuração de contaminantes iônicos que possam estar presentes na água, por meio da determinação indireta de sólidos totais dissolvidos. Quanto mais acima da referência (200 µS/cm), mais salobra será a água, e maior a presença de sais de potássio, sódio, cálcio, magnésio (sulfetos) cloretos, carbonatos e bicarbonatos, comumente encontrados em adubos químicos (Ayers e Westcot, 1985). Tem-se que dizer que a água naturalmente na região não é salobra, sendo os valores encontrados indicadores de perda por erosão e ou lixiviação de íons presentes nos adubos químicos utilizados nos cultivos.

Nitrogênio total

Os dados obtidos para nitrogênio total mostraram que todos os pontos analisados estavam acima do padrão adotado como referência.

O nitrogênio é um macro nutriente que é exigido, depois do carbono, em maior quantidade pelas plantas. Os fertilizantes agrícolas são fonte de nitrogênio e outro macro e micronutrientes; no entanto, o uso indiscriminado faz com que esse nutriente seja perdido e lixiviado para os rios. A presença de nitrogênio na água pode indicar a poluição de mananciais por meio de recebimento de esgotos e escoamento de águas pluviais, sendo os esgotos sanitários e os fertilizantes químicos as principais fontes de nitrogênio lançados e lixiviados em rios. O ponto 1 apresentou a maior concentração em relação aos demais com 4,3 mg/L.

Sólidos dissolvidos totais

Os sólidos dissolvidos totais tendem a aumentar devido a presença de material em estado coloidal orgânico como os ácidos húmico e fúlvico, esgotos sanitários, efluentes industriais contendo taninos, anilinas, lignina e celulose. Outros compostos que também possuem propriedades coloidais são os inorgânicos, principalmente óxidos de ferro e manganês presentes no solo. O ponto 4 que é referente à água do rio Turvo Sujo, obteve maiores valores para sólidos dissolvidos totais nas análises *in loco* e análise no laboratório, e passaram o valor de referência, indicando que neste ponto do rio, a presença destes compostos é maior que nos demais pontos (Piveli, 2006).

3.2 Acompanhamento da água dos aquários experimentais

Os resultados das análises de água coletadas dos aquários experimentais no D0 (primeiro dia de experimento), antes dos peixes serem alocados nos diferentes aquários, e no D4 (último dia do experimento) encontram-se na tabela 5.

Tabela 5. Análises de amostras de água dos aquários experimentais - D0 (primeiro dia do experimento) e D4 (último dia do experimento).

Parâmetro	Gp1		Gp3		Gp5		Controle		Referência
	D0	D4	D0	D4	D0	D4	D0	D4	
pH	8,05	7,54	7,26	7,51	7,15	7,36	7,41	7,47	6 - 9 ^(a)
Temperatura	26	26,7	26,7	26,9	26	27,2	25,7	26,6	22 - 26 ^(b)
Turbidez	16	33	17	45	41	52	0,8	1,9	≤ 100 ^(a)
DQO	12	17	14	5	16	19	0,5	1,1	20 mg/L ^(a)
OD mg/L	6,8	5,04	5,7	4,9	7	4,9	7,6	5,2	>5 ^(a)
Resistividade	3,67	3,14	4,16	2,98	1,26	6,96	6,32	4,89	≥ 1 ^(b)
SDT	203	214	177	254	50	101	112	149	500 mg//L ^(a)

^(a) CONAMA 357/05; ^(b) CASAL (2010).

Os valores se mantiveram dentro das referências exceto para oxigênio dissolvido no D4, maiores no Gp3 e Gp5. Os valores de DQO aumentaram no Gp1, Gp4 e controle, possivelmente pela eliminação de fezes dos animais que haviam sido alimentados antes do D0.

O ponto 5 apresentou os parâmetros de cor, turbidez, DQO, condutividade e nitrogênio total fora dos padrões de referência (CONAMA nº357/2005) em dezembro de 2019. Apenas pH, temperatura e sólidos totais estavam dentro dos padrões (Tabela 4). Entretanto, o experimento ocorreu em janeiro de 2020, e no D0, exceto pela temperatura do Gp3 que estava fora do padrão de referência, todos os demais parâmetros de todos os grupos estavam dentro dos padrões (Tabela 5).

No D4, os dados obtidos referentes à temperatura estavam mais altos que no D0 e fora da referência proposta para água de rio em todos os grupos (Tabela 5). Apesar dos peixes serem sensíveis às mudanças de temperatura, a tilápia (*Oreochromis niloticus*) é resistente a variações e têm o conforto térmico no intervalo de 27-32°C. (Kubitza, 2000; Baldisserotto, 2002; Munday *et al.*, 2009). Além da temperatura, o oxigênio dissolvido do Gp3 e Gp5 estava menor que a referência (> 5mg/L) no D4, apresentando valor de 4,9 mg/L de O₂ (Tabela 5).

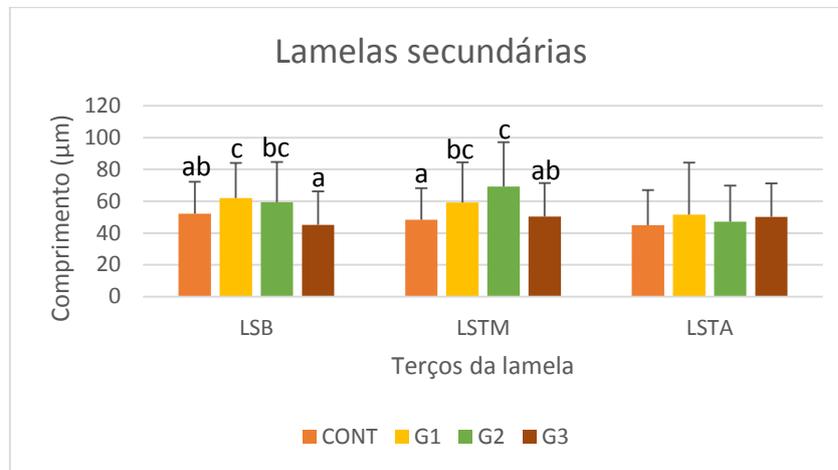
O oxigênio dissolvido tende a reduzir em ambientes de pequenas dimensões com o aumento de temperatura e de atividades metabólicas dos peixes. Outro fator que pode influenciar na queda de oxigênio é a decomposição de matéria orgânica; nota-se que houve aumento da DQO Gp1 e Gp3 e controle, possivelmente pela eliminação de fezes dos peixes, conseqüentemente, aumento da matéria orgânica no ambiente e maior consumo do oxigênio para degradação (Powers *et al.*, 1978).

3.3 Análise histomorfométrica de brânquias

Comprimento de lamelas secundárias

Os valores de comprimento das lamelas secundárias nos terços basal (LSTB), médio (LSTM) e apical (LSTA) dos Gp1 e Gp3 não diferiram entre si ($p < 0,05$) e apresentaram maiores médias de comprimento do que Gp5 e controle. O Gp5 e o controle foram estatisticamente iguais entre si ($p < 0,05$) (Figura 5).

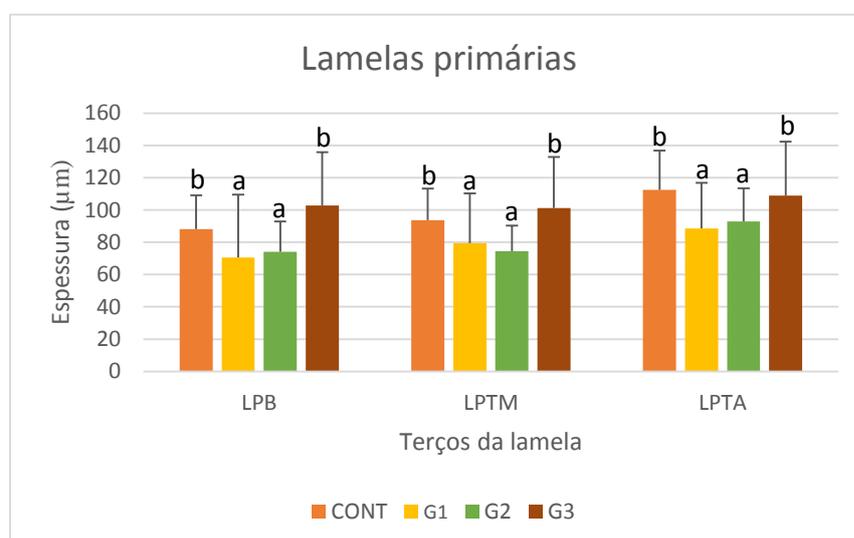
Figura 5: Valores médios (em μm) dos comprimentos das lamelas secundárias nos terços basal (LSTB), médio (LSTM) e apical (LSTA) das brânquias de tilápias (*Oreochromis niloticus*) expostas à água de diferentes pontos do rio Turvo Limpo em ensaio experimental de 96 horas. (G1): Gp1; (G2): Gp3; (G3): Gp5.



Espessura de lamelas primárias

A espessura das lamelas primárias nos terços basal (LSTB), médio (LSTM) e apical (LSTA) não apresentaram diferenças estatísticas ($p > 0,05$) entre Gp1 e Gp3 e nem entre o Gp5 e o controle. Entretanto diferenças foram registradas nas comparações de Gp1 e Gp3 com Gp5 e controle (Figura 6).

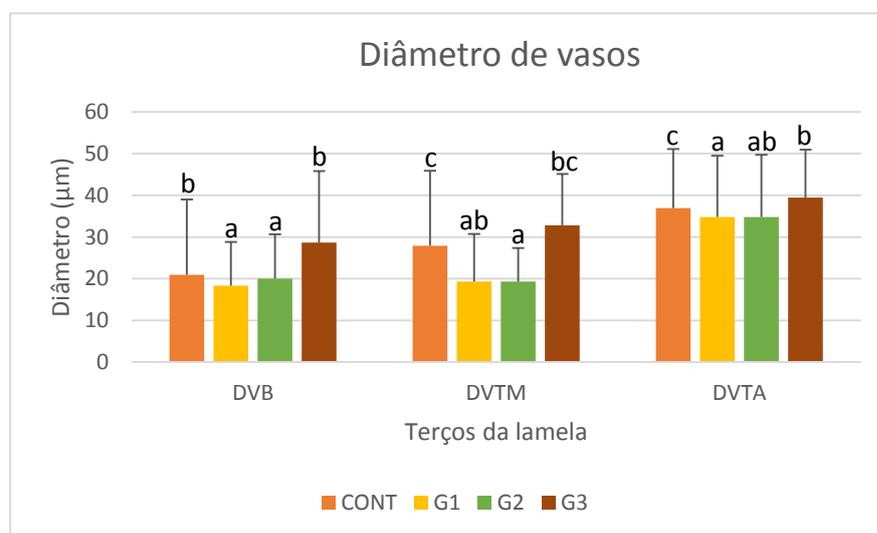
Figura 6: Valores médios (em μm) das espessuras das lamelas primárias nos terços basal (LPTB), médio (LPTM) e apical (LPTA) das brânquias de tilápias (*Oreochromis niloticus*) expostas à água de diferentes pontos do rio Turvo Limpo em ensaio experimental de 96 horas. (G1): Gp1; (G2): Gp3; (G3): Gp5.



Diâmetro do vaso sanguíneo central

Os valores de diâmetro dos vasos sanguíneos nos terços basal (DVTB), médio (DVTM) e apical (DVTA) encontram-se na figura 7. Os valores de diâmetro de vaso foram estatisticamente iguais ($p > 0,05$) entre Gp1, Gp3 e Gp5. O controle foi estatisticamente diferente ($p < 0,05$).

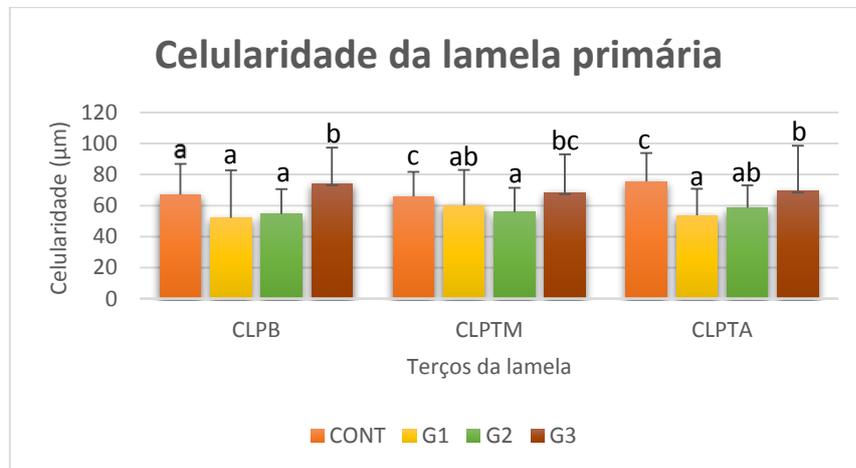
Figura 7: Valores médios (em μm) dos diâmetros do vaso sanguíneo central nos terços basal (DVTB), médio (DVTM) e apical (DVTA) das brânquias de tilápias (*Oreochromis niloticus*) expostas à água de diferentes pontos do rio Turvo Limpo em ensaio experimental de 96 horas. (G1): Gp1; (G2): Gp3; (G3): Gp5.



Celularidade da lamela primária

A celularidade das lamelas primárias nos terços basal (LSTB), médio (LSTM) e apical (LSTA) no Gp1 e no Gp3 não apresentaram diferenças estatísticas ($p > 0,05$) entre si. O Gp5 e o controle foram estatisticamente iguais e apresentaram os maiores valores de celularidade (Figura 8).

Figura 8: Valores médios (em μm) da celularidade nos terços basal (CLPTB), médio (CLPTM) e apical (CLPTA) das lamelas primárias das brânquias de tilápias (*Oreochromis niloticus*) expostas à água de diferentes pontos do rio Turvo Limpo em ensaio experimental de 96 horas. (G1): Gp1; (G2): Gp3; (G3): Gp5.



O epitélio lamelar das brânquias de peixes é capaz de se modificar estruturalmente como mecanismo de defesa quando exposto a substâncias tóxicas, podendo ocorrer elevação do epitélio e desarranjo de lamelas (Takashima e Hibiya, 1995). O comprimento das lamelas secundárias do Gp5 e do controle apresentaram menores medidas de comprimento em relação aos demais grupos. Essa alteração morfológica ocorre quando há o aumento de celularidade da lamela primária, ocasionando a fusão de lamelas secundárias, e, conseqüentemente, hipertrofia das mesmas (Figura 9) (Poleksic e Mitrovic-Tutundzic, 1994).

A hiperplasia de lamelas primárias e a fusão de lamelas secundárias (Figura 10) acontecem na tentativa de se criar uma barreira, por meio da diminuição da superfície de contato do tecido com o meio e aumento da distância entre a água poluída e o sangue, dificultando a entrada de agentes xenobióticos nocivos ao tecido branquial (Mallatt, 1985; Hinton e Laurén, 1990; Poleksic e Mitrovic-Tutundzic, 1994; Fernandes, Castro e Mazon, 2003).

Castro *et al.* (2018) avaliaram a qualidade ambiental de duas áreas no Complexo Estuarino de São Marcos, no Maranhão, utilizando uma espécie de siluriforme e as alterações branquiais como biomarcadoras de contaminação aquática. Os autores identificaram deslocamento do epitélio, aneurisma, fusão lamelar, hiperplasia e dilatação de vaso que indicam provável contaminação da área.

A quantificação dessas alterações morfológicas do epitélio branquial, como proposto por Bernet *et al.* (1999) constitui-se numa ferramenta de protocolo de avaliação de poluição aquática. Lichtenfels *et al.* (1996) estudaram a influência da poluição da água nas brânquias de tilápias do Nilo comparando espécimes de área poluída e de área limpa da região metropolitana de São Paulo. Os autores encontraram processo inflamatório crônico na região distal dos filamentos branquiais com hiperplasia epitelial nos peixes que foram coletados de áreas poluídas.

Figura 9: Alterações histológicas em brânquias de *Oreochromis niloticus*. (A): Controle; (B e C) Grupo 3 (Gp5). Setas indicam hiperplasia de lamela primária e fusão de lamelas secundárias. Coloração: Azul de toluidina. Barra: 100 μ m. Fonte: Arquivo pessoal do autor.

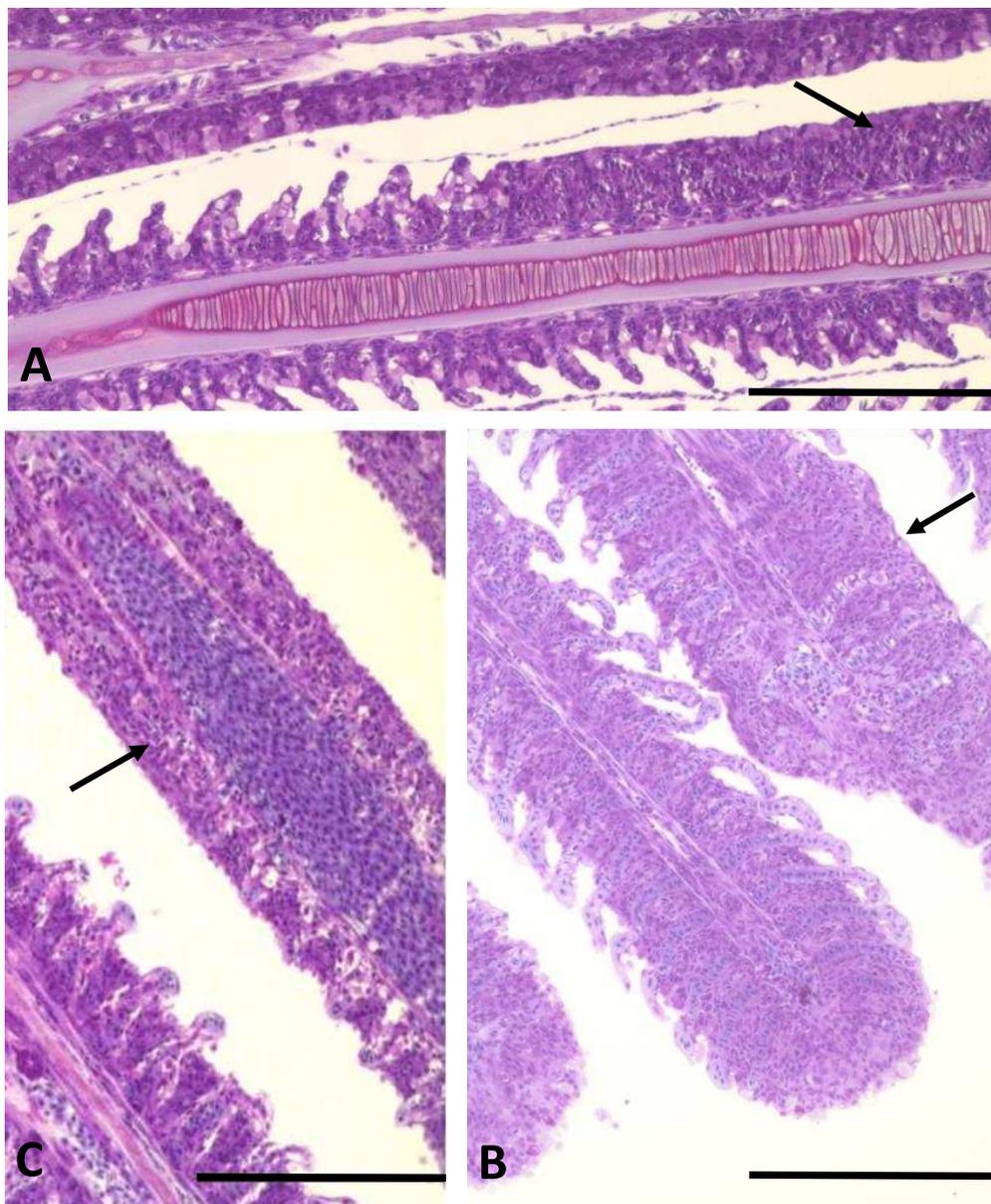
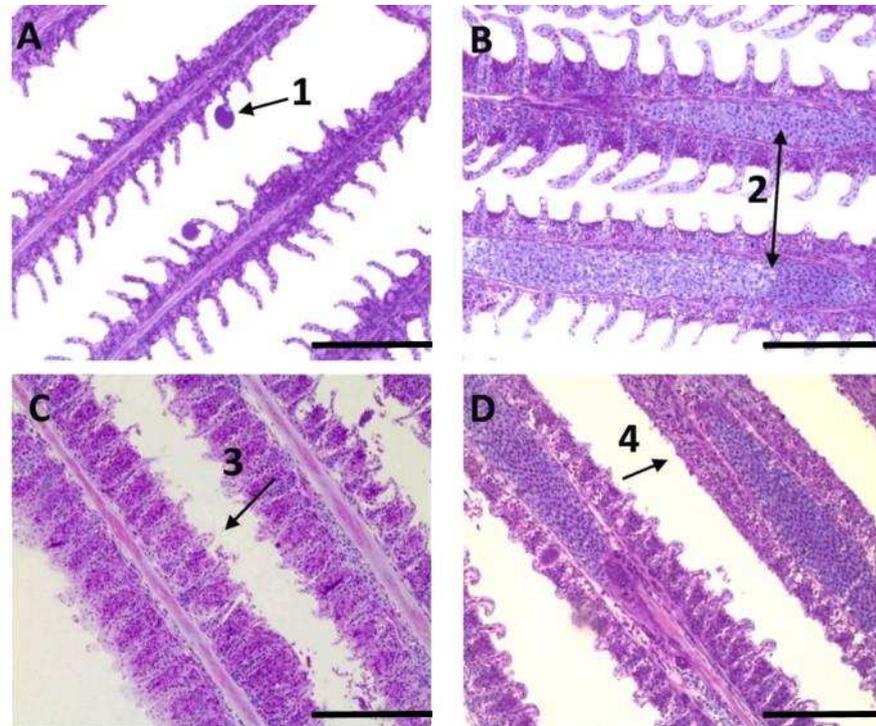


Figura 10: Alterações histológicas em brânquias de *Oreochromis niloticus*. (A) 1: Aneurisma. (B) 2: Congestão de vasos. (C) 3: Hiperplasia de lamela primária. (D) 4: Fusão total de lamelas secundárias. Coloração: Azul de toluidina. Barra: 100 μm . Fonte: Arquivo pessoal do autor.



A tilápia (*Oreochromis niloticus*) é considerada uma das espécies de cultivo mais resistente a variações de temperatura, oxigênio dissolvido e amônia (Polpa e Phelps, 1998). Portanto, as variações de temperatura e oxigênio dissolvido no Gp3 e Gp5 não foram suficientes para causarem alterações nas medidas obtidas de lamelas secundárias, pois a tendência do comportamento das lamelas secundárias é de aumentarem o comprimento na tentativa de melhorar a eficiência da respiração (Guo *et al.*, 2016), e o que ocorreu foi a diminuição dos comprimentos no Gp3 e Gp5.

A concentração de oxigênio dissolvido (4,9 mgO₂/L) apresentou-se igual para os grupos Gp3 e Gp5, contudo, houve diferenças estatísticas ($p < 0,05$) no comprimento de lamelas secundárias nos terços basal e médio entre os grupos. As medidas de comprimento do Gp3 foram superiores às do grupo Gp5. Entretanto, o grupo Gp3 apresentou medidas de comprimento de lamelas secundárias estatisticamente ($p > 0,05$) igual ao Gp1, que apresentou valor de oxigênio dissolvido que atendia aos valores de referência.

Neste estudo, os dados de diâmetro de vasos apresentaram maiores valores para Gp5, demonstrando que esse grupo sofreu maior impacto e sugerindo a

presença de poluentes de origem antrópica que podem ter provocado estas alterações. Alguns estudos têm demonstrado diferentes agentes poluentes podem causar essa alteração. Garcia-Santos et al. (2007) observaram a congestão de vasos em peixes expostos a concentrações subletais de cádmio. Estudos agudo e crônico de Marcon *et al.* (2016) com peixes expostos ao Dimilin® em concentrações de 0,01, 0,1 e 1,0 mg. L⁻¹ durante 96 horas e por 17 dias mostraram congestão de vasos significativa. Kumar *et al.* (2018) também encontraram congestão de vasos, mas em peixes expostos à concentração subletal de 1/25 da CL₅₀ (4ppm) de chumbo.

A congestão de vasos sanguíneos é uma alteração histopatológica indicativa de presença de agentes poluentes no ambiente (Poleksic e Mitrovic-Tutundzic, 1994). Pereira *et al.* (2014) avaliaram a interferência de xenobióticos na morfologia de brânquias de peixes da Lagoa de Jansen em São Luís/Maranhão e concluíram que substâncias xenobióticas acima do limite estabelecido pela Resolução nº 357 (CONAMA, 2005) estavam interferindo negativamente na estrutura de lamelas secundárias e provocando congestão de vasos, aneurismas, fusão, hipertrofia e hiperplasia lamelar.

O grupo controle foi exposto à água de abastecimento da Universidade Federal de Viçosa. As lesões encontradas sugerem que o cloro residual presente na água de abastecimento humano possa ter afetado as brânquias dos peixes. Block (1977) mostrou que as brânquias de peixe são o principal órgão que sofrem alterações causadas por cloro. Estudos de Bass *et al.* (1977) indicaram que em concentrações subletais de cloro podem ocorrer alterações como hiperplasia de lamelas e edemas. Abdelbain (2016) estudou os efeitos do cloro nas concentrações de 30-50 mg/L e constatou a ocorrência de hiperplasia de lamela primária e hipertrofia das lamelas secundárias.

Apesar de não se ter conduzido experimento em laboratório empregando ensaios de intoxicação, de não se ter quantificado qualquer tipo de produto químico nas águas do rio, acredita-se na presença de xenobióticos nas águas que podem ter comprometido a morfologia branquial, uma vez que as lesões encontradas nas lamelas primárias e secundárias e a dilatação de vasos sanguíneos, são indicativas da presença de agentes xenobióticos (Bernet *et al.*, 1999).

É necessário que sejam realizadas pesquisas a fim de qualificar e quantificar a presença de agrotóxicos no rio Turvo Limpo, para compreensão e prevenção de

possíveis danos ao ecossistema aquático e comprometimento químico da qualidade da água de abastecimento.

4. CONCLUSÕES

As análises da água do rio Turvo Limpo mostram que o uso e a ocupação do solo próximos aos pontos estudados influenciaram negativamente os parâmetros físico-químicos avaliados da água.

As tilápias (*Oreochromis niloticus*) são boas indicadoras de poluição aquática, pois não apresentaram lesões relacionados aos parâmetros físico-químicos avaliados na água do rio Turvo Limpo, o que sugere a presença de agentes xenobióticos capazes de lesionar o tecido das brânquias.

Diante do exposto, a tilápia apresenta importante potencial de ser bioindicador das condições de cursos de água, e as alterações apresentadas nas variáveis analisadas são efeitos de xenobióticos a descarte de outras variáveis ambientais.

5. REFERÊNCIAS

- ABDELBAIN, A.; ONNOR, R. O. **Behavioural and some histopathological effects of chlorine on tilapia fish, *Oreochromis niloticus***. 2016. Tese de Doutorado. Sudan University of Science and Technology - Department of Fisheries and Wildlife Science 2016, p 51.
- ABNT (Associação Brasileira de Normas e Técnicas). **NBR 15088 – Ecotoxicologia aquática – Toxicidade aguda – Método de ensaios com peixes (Cyprinidae)**. ABNT: versão corrigida 13/12/2016, p 25, 2016.
- AMORIM, N. A.; CONCEIÇÃO, T. L. A.; FERREIRA, P. A. **Mineração de agregados e saúde pública: uma perspectiva socioambiental nas comunidades rurais sagui 1 e 2**. Educação, Tecnologia e Cultura - E.T.C., Supl. L, 2016.
- ANDRADES, T. O.; GANIMI, R. N. Revolução verde e a apropriação capitalista. **CES Revista**, v. 21, p. 43-56, 2007.
- ARNOT, J. A.; GOBAS, FRANK A. P. C. A review of bioconcentration factor (BCF) and bioaccumulation factor (BAF) assessments for organic chemicals in aquatic organisms. **Environmental Reviews**, v. 14, p. 257-297, 2006.
- BALDISSEROTTO, B. Fisiologia de peixes aplicada à piscicultura. Santa Maria: UFSM. 212p, 2002.
- BASS, M. L.; BERRY JR, C. R.; HEATH, A. G. Histopathological effects of intermittent chlorine exposure on bluegill (*Lepomis macrochirus*) and rainbow trout (*Salmo gairdneri*). **Water Research**, v. 11, p. 731-735, 1977.
- 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 diseases**, v. 22, p. 25-34, 1999.
- BLOCK, R. M. Physiological responses of estuarine organisms to chlorine. **Chesapeake Science**, v. 18, p. 158-160, 1977.
- BOYD, R. B; DEVRIES, A. L; EASTMAN, J. T.; PIETRA, G.G. The secondary lamellae of the gills of cold water (high latitude) teleosts. A comparative light and electron microscopic study. **Cell Tissue Research**. v. 213, p. 361-7, 1980. doi: 10.1007/BF00237884. PMID: 7192603.
- BRASIL. Conselho Nacional do Meio Ambiente. Resolução CONAMA nº. 357/2005, 17 de março de 2005. Dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais. **Diário Oficial da República Federativa do Brasil**. 2005.
- BRASIL. Ministério da Saúde. Portaria de Consolidação nº 5, de 28 de setembro de 2017. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF.
- BRITO, D. C. B. **Aplicação do sistema de modelagem da qualidade da água Qual2 KW em grandes rios: o caso do Alto e Médio rio Araguari-ap**. 2008. Tese de Doutorado. Dissertação. Mestrado em Biodiversidade Tropical, Universidade Federal do Amapá. 152p.
- CASAL, C. M. V. **Fish Base**. World Wide Web Electronic Publication. 2010. Disponível em <<http://www.fishbase.org>> Acessado em 11 de abril de 2019.

CASTRO, J. S., FRANÇA, C. L., FERNANDES, J. F. F., SILVA, J. S., CARVALHO, R. N. F.; TEIXEIRA, E. G. Biomarcadores histológicos em brânquias de *Sciades herzbergii* (Siluriformes, Ariidae) capturados no complexo Estuarino de São Marcos, Maranhão. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v. 70, p. 410-418, 2018.

CHAPMAN, D.; KIMSTACH, V. Selection of water quality variables. In: WHO; UNESCO; UNEP (Org). **Water Quality Assessments: A Guide to Use of Biota, Sediments and Water in Environmental Monitoring**. Chapman Edition, E& FN Spon, London, 59-126, 1996.

CONCEA. Diretriz da Prática de Eutanásia do CONCEA. Controle Nacional de Controle de Experimentação Animal, 1-49p, 2018.

CORL, E. **Bioaccumulation in the ecological risk assessment (ERA) process**. Issue Papers Bioaccumulation in the ERA Process. Organization: Atlantic Division, Naval Facilities Engineering Command, 2001.

DI RIENZO J. A.; CASANOVES F.; BALZARINI M. G.; GONZALEZ L.; TABLADA M.; ROBLEDO C. W. InfoStat versión 2020. Centro de Transferencia InfoStat, FCA, Universidad Nacional de Córdoba, Argentina. URL <http://www.infostat.com.ar>

DUARTE, M. L. Vulnerabilidade à contaminação das águas subterrâneas no município de Humaitá, Amazonas, Brasil. **Revista Ambiente & Agua**, v. 11, p. 402-413, 2016.

EVANS, D. H.; PIERMARINI, P. M.; CHOE, K. P. The multifunctional fish gill: dominant site of gas exchange, osmoregulation, acid-base regulation, and excretion of nitrogenous waste. **Physiological Reviews**, v. 85, p. 97-177, 2005.

FERNANDES, M. N.; CASTRO, F. J.; MAZON, A. F. Scanning electron microscopy of the gill raker of the Loricariid fish, *Rhinelepis strigosa*. **Acta Microsc**, v. 12, p. 511-512, 2003.

GARCIA-SANTOS, S.; MONTEIRO, S. M.; CARROLA, J.; FONTAINHAS-FERNANDES, A. Alterações histológicas em brânquias de tilápia nilótica *Oreochromis niloticus* causadas pelo cádmio. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v. 59, p. 376-381, 2007.

GUO, C.; CHEN, Y.; LIU, H.; LU, Y.; QU, X.; YUAN, H.; XIE, S. G. Modelling fish communities in relation to water quality in the impounded lakes of China's South-to-North Water Diversion Project. **Ecological Modelling**, v. 397, p. 25-35, 2019.

HINTON, D. E.; LAUREN, D. J. Liver structural alterations accompanying chronic toxicity of fishes: potential biomarkers of exposure. In: McCarthy, J.F., SHUGART, L.R., (eds). **Biomarkers of environmental contamination**. Boca Raton: Lewis publishers, p. 17-57. 1990.

KUBITZA, F. **Tilápia: tecnologia e planejamento na produção comercial**. Ed. do Autor, p. 289, 2000.

KUMAR, N.; KRISHNANI, K. K.; GUPTA, S. K.; SINGH, N. P. Effects of silver nanoparticles on stress biomarkers of *Channa striatus*: immuno-protective or toxic. **Environmental Science and Pollution Research**, v. 25, p. 14813-14826, 2018.

LIMA, F. S. *Escherichia coli*, adenovírus e enterovírus em amostras de água consumida em áreas rurais de Goiás. 2020. 62 f. Dissertação (Mestrado em Biologia da Relação Parasito-Hospedeiro) - Universidade Federal de Goiás, Goiânia, 2020.

LICHTENFELS, A. J. F. C.; LORENZI, F. G.; GUIMARAES, E. T.; MACCHIONE, M.; SALDIVA, P. H. N. Effects of water pollution on the gill apparatus of fish. **Journal of comparative pathology**, v. 115, p. 47-60, 1996.

LOPES, C. V. A.; ALBUQUERQUE, G. S. C. D. Agrotóxicos e seus impactos na saúde humana e ambiental: uma revisão sistemática. **Saúde em debate**, v. 42, p. 518-534, 2018.

LUÍZ, A. M. E.; PINTO; M. L. C.; OLIVEIRA, S. E. W. Parâmetros de cor e turbidez como indicadores de impactos resultantes do uso do solo, na bacia hidrográfica do rio Taquaral, São Mateus do Sul-PR. **Raega-O Espaço Geográfico em Análise**, v. 24, 2012.

LUPI, C.; NHACARINI, N. I.; MAZON, A. F.; SÁ, O. R. Avaliação da poluição ambiental através das alterações morfológicas nas brânquias de *Oreochromis niloticus* (tilapia) nos córregos Retiro, Consulta e Bebedouro, município de Bebedouro-SP. **Revista Fafibe (on-line)**, v. 3, p. 1-6, 2007.

MACHADO, W. P. C.; BECEGATO, V. A.; BITTENCOURT, A. V. L. Qualidade da água do rio Conrado localizado na bacia hidrográfica do rio Pato Branco - sudoeste do estado do Paraná. **Raega-O Espaço Geográfico em Análise**, v. 17, 12p, 2009.

MALLAT, J. Fish gill structural changes induced by toxicants and other irritants: a statistical review. **Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences**, v. 42, p. 630-648, 1985.

MARCON, L.; LOPES, D. S.; MOUNTEER, A. H.; GOULART, A. M. A.; LEANDRO, M. V.; BENJAMIN, L. A. 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, p. 135-142, 2016.

Metcalf, L., Eddy, H. P., & Tchobanoglous, G. **Wastewater engineering: treatment, disposal, and reuse**. New York: McGraw-Hill, v 4, 1991.

MORAES, F. D.; VENTURINI, F. P.; ROSSI P. A.; AVILEZ, I. M.; SOUZA N. E. S.; MORAES, G. Assessment of biomarkers in the neotropical fish *Brycon amazonicus* exposed to cypermethrin-based insecticide. **Ecotoxicology**. v. 27, p. 188-197. doi: 10.1007/s10646-017-1884-2. 2018.

MOREIRA, R. J. Críticas ambientalistas à revolução verde. **Estudos, sociedade e agricultura**, Rio de Janeiro, n. 15, p. 39-52, 2000.

MUNDAY, P. L.; LEIS, J. M.; LOUGH, J. M.; PARIS, C. B.; KINGSFORD, M. J.; BERUMEN, M. L.; LAMBRECHTS, J. Climate change and coral reef connectivity. **Coral Reefs**, v. 28, p. 379-395, 2009.

OLIVEIRA, J. C. S. D. Ecologia da ictiofauna e análise ecossistêmica das áreas de influência direta da UHE Coaracy Nunes, Ferreira Gomes - AP. 2012. 233 f. Tese (Doutorado) - Universidade Federal do Pará, Instituto de Ciências Biológicas, Belém. Programa de Pós-Graduação em Ecologia Aquática e Pesca. 234p, 2012.

PEREIRA, D. P.; SANTOS, D. M. S.; NETA, A. V. C.; CRUZ, C. F.; NETA, R. N. F. C. Morphological changes in fish gills of *Oreochromis niloticus* (Pisces, Cichlidae) as biomarkers of aquatic pollution in the Lagoon of Jansen, São Luís, State of Maranhão (Brazil). **Bioscience Journal**, v. 30, p. 1213-1221, 2014.

PERRY, S. F. The chloride cell: structure and function in the gills of freshwater fishes. **Annual Review of Physiology**, v. 59, p. 325-347, 1997.

PIVELI, R. P.; KATO, M. T. Qualidade das águas e poluição: aspectos físico-químicos. In: **Qualidade das águas e poluição: aspectos físico-químicos**. 285p, 2006.

POLEKSIĆ, V.; MITROVIĆ-TUTUNDŽIĆ, V. Fish gills as a monitor of sublethal and chronic effects of pollution. **Sublethal and chronic effects of pollutants on freshwater fish**. Oxford: Fishing News Books, p. 339-52, 1994.

POLPA, T. J.; PHELPS, R. P. **Status report to commercial tilapia producers on monosex fingerling productions techniques**. In: SIMPÓSIO SUL AMERICANO DE AQUICULTURA, 1. 1998, Recife. Anais... Florianópolis: SIMBRAQ, p. 127, 1998.

POWERS, D. A.; MARTIN, J. P.; GARLICK, R. L.; FYHN, H. J.; FYHN, U. E. O efeito da temperatura sobre o equilíbrio de oxigênio das hemoglobinas de peixe em relação à variabilidade térmica ambiental. *Acta Amazônica*, v. 8, p. 167-172, 1978.

QUEIROZ, M. M. F. et al. Influência do uso do solo na qualidade da água de uma microbacia hidrográfica rural. **Revista Verde de Agroecologia e desenvolvimento sustentável**, v. 5, p. 200-210, 2010.

RIBEIRO, N. U. F.; AMÉRICO-PINHEIRO, J. H. P. Peixes como bioindicadores de agrotóxicos em ambientes aquáticos. **Revista Científica ANAP Brasil**, v. 11, 11p, 2018.

ROSA, A. V.; FURLAN, S. A. Agricultura e meio ambiente. Atual, 88p, 1998.

ROSS, J. L. S. **Geografia do Brasil**. Edusp, p. 226, 1996.

SANTOS, E.; CUNHA, E. D. S.; CUNHA, A. C. Análise espaço-sazonal da qualidade da água na zona flúvio-marinha do rio Araguari, Amazônia Oriental - Brasil. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, v. 18, p.81-95, 2014.

SANTOS, M.; SILVEIRA, M. L. Território e sociedade no início do século XXI. Rio de Janeiro: Record, 500p, 2001.

SILVEIRA, U. S.; LOGATO, P. V. R.; PONTES, E. Fatores estressantes de peixes. **Revista Eletrônica Nutritime**, v. 6, p. 1001-1017, 2009.

VALENTE, J. P. S.; PADILHA, P. M.; SILVA, A. M. M. Oxigênio dissolvido (OD), demanda bioquímica de oxigênio (DBO) e demanda química de oxigênio (DQO) como parâmetros de poluição no ribeirão Lavapés/Botucatu-SP. **Eclética Química**, v. 22, p. 49-66, 1997.

VARGAS, M. A. S. Reinaldo Romero. Análise de fósforo e DQO em amostras de águas naturais no município de Guarulhos. **Revista Educação-UNG-Ser**, v. 11, p. 81, 2017.

VON SPERLING, M. **Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos**. 3.ed. Belo Horizonte: UFMG/Departamento de Engenharia Sanitária, v.1, 452p, 2005.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os indicadores etnohidrológicos utilizados pelos entrevistados e identificados nesta pesquisa mostram que as pessoas reconhecem potenciais riscos referentes ao consumo de água contaminada. A classificação da água apropriada para o consumo é feita por eles por meio da observação nas mudanças dos padrões organolépticos, como cor, cheiro, sabor, turbidez, salinidade, acidez, além de fenômenos que acontecem no rio, como adoecimento, desaparecimento e mortes dos peixes, e o adoecimento de pessoas das comunidades.

Os principais problemas identificados que comprometem a qualidade da água, são o uso de agrotóxicos em lavouras e capinas químicas, construção e manejo inadequado de fossas e destinação inadequada de esterco animal.

Os resultados das análises físico-químicas da água do rio Turvo Limpo, corroboram as queixas dos/as moradores/as que a água não está nas melhores condições para a vida dos peixes, pois os parâmetros de turbidez, cor, DBO, DQO e nitrogênio total estavam fora dos padrões estabelecidos para água de rio.

Os peixes expostos experimentalmente à água do rio Turvo Limpo apresentaram alterações histomorfométricas nas brânquias, sugestivas de presença de poluentes xenobióticos.

A articulação entre os indicadores etnohidrológicos e os bioindicadores de qualidade da água, por meio do diálogo da ciência e saberes tradicionais, favorecem o monitoramento de mananciais utilizados para abastecimento, previne as pessoas de consumirem água e peixes contaminados, e auxilia no monitoramento de mananciais de abastecimento e de ecossistemas aquáticos.

ANEXOS

ANEXO 1

ROTEIRO DE ENTREVISTA

1. Identificação

- 1.1. Composição da família
- 1.2. Membros da casa do entrevistado
- 1.3. Moradores no estabelecimento / sítio
- 1.4. Ocupação dos moradores
 - Quem, o quê - trabalho agrícola e não agrícola

2. Uso e ocupação do solo

Produção

- 2.1. Principais produtos
- 2.2. Quantidade
- 2.3. Uso/consumo próprio
- 2.4. Comercialização
- 2.5. Como produz
- 2.6. Quais insumos utilizam
- 2.7. Quantidade
- 2.8. Época de uso
- 2.9. Orientação técnica
- 2.10. Criação Animal
- 2.11. Espécies/quantidade
- 2.12. Manejo nutricional e sanitário

3. Abastecimento de água para consumo

- 3.1. Qual a fonte de captação
- 3.2. Profundidade do poço
- 3.3. Tempo de uso
- 3.4. Proximidade da casa
- 3.5. Como reconhece a qualidade da água
- 3.6. Problemas com a água - quantidade/qualidade
- 3.7. Como soluciona problemas com a água
- 3.8. Destino dos dejetos (casa e animais)

ANEXO 2

TABELAS ESTATÍSTICAS

Tabela 1. Valores médios \pm desvio padrão do comprimento das lamelas secundárias (em μm) nos terços basal (LSTB), médio (LSTM) e apical (LSTA) das brânquias de tilápias (*Oreochromis niloticus*) expostas a diferentes amostras de água do rio Turvo Limpo em ensaio experimental de 96 horas.

Variável	CONT (n=70)	G1(n=69)	G2(n=68)	G3 (n=70)
LSTB	52,22 \pm 19,95ab	62,04 \pm 22,04c	59,47 \pm 25,20bc	45,05 \pm 21,18a
LSTM	48,37 \pm 28,46a	59,28 \pm 25,31bc	69,19 \pm 28,03c	50,40 \pm 21,10ab
LSTA	44,92 \pm 22,12	51,57 \pm 32,82	47,04 \pm 22,81	50,05 \pm 21,14

Letras minúsculas diferentes na linha indicam diferenças ($p < 0,05$) pelo teste de Kruskal-Wallis.

Tabela 2. Valores médios \pm desvio padrão da espessura das lamelas primárias (em μm) nos terços basal (LPTB), médio (LPTM) e apical (LPTA) das brânquias de tilápias (*Oreochromis niloticus*) expostas a diferentes amostras de água do rio Turvo Limpo em ensaio experimental de 96 horas.

Variável	CONT (n=35)	G1(n=35)	G2(n=34)	G3(n=35)
LPTB	88,04 \pm 21,07b	70,45 \pm 39,07a	74,10 \pm 18,77a	102,77 \pm 33,04b
LPTM	93,75 \pm 19,51b	79,48 \pm 30,75a	74,53 \pm 15,78a	101,23 \pm 31,53b
LPTA	112,54 \pm 24,26b	88,57 \pm 28,26a	92,94 \pm 20,52a	108,92 \pm 33,50b

Letras minúsculas diferentes na linha indicam diferenças ($p < 0,05$) pelo teste de Kruskal-Wallis.

Tabela 3. Valores médios \pm desvio padrão do diâmetro de vasos (em μm) nos terços basal (DVTB), médio (DVTM) e apical (DVTA) das brânquias de tilápias (*Oreochromis niloticus*) expostas a diferentes amostras de água do rio Turvo Limpo em ensaio experimental de 96 horas.

Variável	CONT (n=35)	G1(n=35)	G2(n=35)	G3 (n=35)
DVTB	20,94 \pm 18,03a	18,33 \pm 10,46a	20,02 \pm 10,62a	28,66 \pm 17,17b
DVTM	27,86 \pm 18,69b	19,30 \pm 11,42a	19,29 \pm 8,10ab	32,83 \pm 12,28c
DVTA	36,92 \pm 14,21	34,77 \pm 14,72	34,79 \pm 14,89	39,49 \pm 11,42

Letras minúsculas diferentes na linha indicam diferenças ($p < 0,05$) pelo teste de Kruskal-Wallis.

Tabela 4. Valores médios \pm desvio padrão (em μm) da celularidade nos terços basal (CLPTB), médio (CLPTM) e apical (CLPTA) das lamelas primárias das brânquias de tilápias (*Oreochromis niloticus*) expostas a diferentes amostras de água do rio Turvo Limpo em ensaio experimental de 96 horas.

Variável	CONT (n=35)	G1(n=35)	G2(n=34)	G3 (n=35)
CLPTB	67,09 \pm 19,67b	52,12 \pm 30,82a	54,59 \pm 15,98a	74,12 \pm 23,18b
CLPTM	65,89 \pm 15,81c	60,18 \pm 22,83ab	55,76 \pm 15,86a	68,40 \pm 24,69bc
CLPTA	75,62 \pm 18,28c	53,80 \pm 16,90a	58,71 \pm 14,30ab	69,43 \pm 29,03b

Letras minúsculas diferentes na linha indicam diferenças ($p < 0,05$) pelo teste de Kruskal-Wallis.