

Diagnóstico do uso e cobertura de terra e a qualidade da água superficial da microbacia do Pau Amarelo em São Francisco do Pará

Diagnosis of the use and coverage of earth and the quality of surface water from the microbacia of Pau Amarelo in São Francisco do Pará

Diagnóstico del uso y cobertura de tierra y calidad del agua superficial de la microbacia de Pau Amarelo en São Francisco do Pará

Recebido: 07/03/2021 | Revisado: 14/03/2021 | Aceito: 15/04/2021 | Publicado: 29/04/2021

Rafael de Lima Sousa

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6882-4570>
Universidade do Estado do Pará, Brasil
E-mail: rafael_delima_souza@outlook.com

Julinho Brito do Vale

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8009-0971>
Universidade do Estado do Pará, Brasil
E-mail: julyinho20brito@gmail.com

Ana Julia Soares da Silva Barbosa

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8701-9868>
Universidade do Estado do Pará, Brasil
E-mail: anajulia.barbosa@uepa.br

Tulio Lima da Silva

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9027-4811>
Instituto Federal do Pará, Brasil
E-mail: tuliosilva@id.uff.br

Veronica Conceição Sousa

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4661-4660>
Universidade do Estado do Pará, Brasil
E-mail: veroniksousa@live.com

Resumo

O crescimento populacional demanda novas áreas para desempenho das atividades humanas. No entanto, essas atividades influenciam diretamente na qualidade e na disponibilidade hídrica. Este estudo foi conduzido a partir da hipótese de que as atividades que compõe o cenário de uso e cobertura da terra em uma microbacia hidrográfica no município de São Francisco do Pará - PA, podem estar causando o comprometimento da qualidade da água superficial da mesma. Para tanto, o objetivo geral desse trabalho busca estabelecer a relação de influência do uso e cobertura da terra de atividade humana sobre a conservação e qualidade da água dos recursos hídricos superficial da Microbacia do Pau Amarelo, em São Francisco do Pará – PA. propõe-se diagnosticar a atual situação do uso e cobertura de terra e analisar as variáveis que norteiam a qualidade da água superficial da Microbacia Hidrográfica do Pau Amarelo, levando em consideração a homogeneidade das classes de uso e cobertura nas adjacências do curso principal e trecho dos afluentes da microbacia. A elaboração de um mapa de uso e ocupação da terra em *software* de Sistema de Informação Geográfica - GIS, objetivando relacionar os diferentes cenários com a qualidade da água. A interpretação dos dados permitiu concluir que o uso e cobertura da terra na área da microbacia hidrografia do Pau amarelo é integrada majoritariamente pela Capoeira (48,1%) e Pastos (24,1%), seguidos por áreas de mata densa (9,7%), cultivo (8,8%), edificada (3,03%), além de outros usos (6,3%). Os resultados revelam ligeira relação entre os múltiplos usos e cobertura da terra nas variáveis físico-químicas e microbiológicas da água, fato que não proporciona um gradiente muito bem definido de algumas variáveis analisadas. Ao submeter os parâmetros a análise do IQA, foi observado que o ponto de monitoramento próximo a “área de solo exposto ou edificada” apresentaram o menor índice, enquanto que em áreas classificadas como “capoeira” possibilitaram a ascensão do IQA. O estudo em nível de microbacia conseguiu representar o estado de uso do solo e sua influência na qualidade da água.

Palavras-chave: Atividade humana; Uso da terra; Recursos hídricos; IQA.

Abstract

Population growth demands new areas for the performance of human activities. However, these activities directly influence water quality and availability. This study was based on the hypothesis that the activities that make up the land use and cover scenario in a watershed in the municipality of. Can be causing a compromise in the surface water quality. To this end, the general objective of this work is to establish the relationship of influence of land use and cover of human

activity on the conservation and water quality of Pau Amarelo watershed, in São Francisco do Pará - PA. It is proposed to diagnose the current situation of land use and land cover and to analyze the variables that guide the surface water quality of the Pau Amarelo Watershed, taking into account the homogeneity of the land use and land cover classes in the vicinity of the main course and stretch of land. tributaries of the watershed. The elaboration of a land use and occupation map in Geographic Information System - GIS software, aiming to relate the different scenarios with the water quality. Interpretation of the data led to the conclusion that land use and land cover in the Pau Amarelo watershed area is mostly integrated by Capoeira (48.1%) and Pastos (24.1%), followed by dense forest areas (9,7%), cultivation (8.8%), built (3.03%), and other uses (6.3%). The results reveal a slight relationship between the multiple uses and land cover in the physicochemical and microbiological variables of water, a fact that does not provide a very well defined gradient of some variables analyzed. When submitting the parameters to the IQA analysis, it was observed that the monitoring point near the “exposed or built up soil area” presented the lowest index, while in areas classified as “capoeira” they allowed the IQA ancestry. The microbasin level study was able to represent the state of land use and its influence on water quality.

Keywords: Human activity; Land use; Water resources; IQA.

Resumen

El crecimiento de la población demanda nuevas áreas para el desempeño de las actividades humanas. Sin embargo, estas actividades influyen directamente en la calidad y disponibilidad del agua. Este estudio se basó en la hipótesis de que las actividades que conforman el escenario de uso y cobertura del suelo en una cuenca del municipio de. Puede estar provocando un compromiso en la calidad del agua superficial. Para ello, el objetivo general de este trabajo es establecer la relación de influencia del uso del suelo y cobertura de la actividad humana en la conservación y calidad del agua de la cuenca del Pau Amarelo, en São Francisco do Pará - PA. Se propone diagnosticar la situación actual del uso y cobertura del suelo y analizar las variables que orientan la calidad de las aguas superficiales de la Cuenca del Pau Amarelo, teniendo en cuenta la homogeneidad de las clases de uso y cobertura del suelo en las cercanías de las principales curso y tramo de tierra. afluentes de la cuenca. La elaboración de un mapa de uso y ocupación del suelo en el software del Sistema de Información Geográfica - SIG, con el objetivo de relacionar los diferentes escenarios con la calidad del agua. La interpretación de los datos llevó a la conclusión de que el uso de la tierra y la cobertura de la tierra en el área de la cuenca de Pau Amarelo está integrado principalmente por Capoeira (48,1%) y Pastos (24,1%), seguidos de las áreas de bosques densos (9,7%), cultivo (8,8%), construido (3,03%) y otros usos (6,3%). Los resultados revelan una leve relación entre los usos múltiples y la cobertura del suelo en las variables fisicoquímicas y microbiológicas del agua, hecho que no proporciona un gradiente muy bien definido de algunas variables analizadas. Al someter los parámetros al análisis IQA, se observó que el punto de monitoreo cercano al “suelo expuesto o edificado” presentó el índice más bajo, mientras que en áreas clasificadas como “capoeira” permitieron la ascendencia IQA. El estudio a nivel de microcuencas pudo representar el estado del uso de la tierra y su influencia en la calidad del agua.

Palabras clave: Actividad humana; Uso de la tierra; Recursos hídricos; IQA.

1. Introdução

O pertinente crescimento populacional demanda novas áreas para desempenho das atividades humanas. No entanto, essas atividades influenciam diretamente na qualidade e na disponibilidade hídrica, onde as alterações nos diferentes componentes do ambiente podem resultar na degradação hídrica e alteração do seu estado de equilíbrio dinâmico (Barros, Guimarães, & Santana, 2018; Nascimento & Fernandes, 2017).

No Brasil, segundo Pereira, Maciel, Oliveira, Alves, Ribeiro, Ferreira e Ribeiro (2016), o processo de ocupação é marcado pela intensa exploração dos seus recursos naturais e supressão da vegetação nativa, voltadas para diversas atividades antrópicas, com destaque para a agropecuária e expansão da urbanização.

No contexto da Amazônia Legal, segundo Santos (2013) o crescente processo de ocupação rural e urbana de forma desordenada tem causado diversos impactos ambientais, sendo alguns quase que irreversíveis. Li, Gu, Tan, e Zhang (2009) indicam fatores como o uso e ocupação do solo em áreas urbanas e industriais, a poluição orgânica, exposição de metais pesados e nutrientes. Já em áreas rurais, as práticas agrícolas e expansão da pecuária somam aspectos ambientais que propiciam a disponibilidade de nutrientes, material orgânico, sólidos e organismos patogênicos nos recursos hídricos (Bastos, 2018; Vidal & Neto, 2014).

Nesse sentido, Araújo, Martins, Barreto, (Lima, 2013) salienta que o monitoramento das alterações na paisagem da região Amazônica é um fator de suma relevância para o controle e planejamento adequado para utilização do espaço físico, posto

que o mau uso do solo causa a deterioração do ambiente. Portanto, é imprescindível identificar e mapear as diferentes classes de uso da Terra, bem como a influência de sua ocorrência na qualidade da água por meio do monitoramento, análise ambiental e interpretação integrada de dados dos principais fatores ambientais atuante na área.

Na perspectiva moderna, o mapeamento temático utilizando o Sistema de Informações Geográficas – SIG e o Sensoriamento Remoto, permite melhor relação entre as características ambientais de uso e cobertura da terra que possivelmente influenciam na qualidade da água, uma vez que as geotecnologias permitem integrar a interpretação de dados remotos com dados da qualidade da água adquiridos *in situ*. (Oliveira Filho, Dutra, & Ceruti, 2012; Moraes e Lorandi, 2016).

Na microrregião do Nordeste Paraense, as análises de uso e ocupação do solo utilizando técnicas de geoprocessamento tem sido desenvolvido por vários autores (Almeida e Ferreira 2015; Barros, Almeida, & Vieira, 2012; Hayden e França, 2013), onde foi verificado que as informações obtidas através do SIG podem ser usadas para auxiliar no diagnóstico e monitoramento da ação humana em um dado território, contribuindo na gestão e planejamento dos recursos naturais de uma forma geral.

Para auxiliar na interpretação dos dados obtidos *in situ* e estabelecer uma classificação para os corpos hídricos com base na qualidade da água, Oliveira, Rezende, Oliveira e Libânio, (2014) destaca a utilização de índices que têm como proposta retratar, por meio de um número, a qualidade da água nos pontos de interesse.

Nessa perspectiva, o Índice de Qualidade de Água – IQA confere uma ferramenta bastante difundida a nível nacional e internacional para a avaliação da qualidade de águas através da integração de variáveis físico-químicas e biológica. Porém, cabe ressaltar que o índice deve ser adotado como uma complementação às informações geradas por cada parâmetro avaliado em consonância com os padrões de qualidade determinados pelas legislações específicas (Gloria, Horn & Hilgeman, 2017).

À vista disso, esse estudo foi conduzido a partir da hipótese de que as atividades que compõe cenário de uso e cobertura da Terra em uma microbacia hidrográfica no município de São Francisco do Pará, podem está causando o comprometimento da qualidade da água superficial da mesma.

Contudo, faz-se necessário o uso das geotecnologias para auxiliar no diagnóstico da área de estudo. Já para viabilizar a análises e interpretação de dados referente às variáveis da qualidade da água, além da resolução CONAMA 357/2005, o IQA integra este estudo como uma importante ferramenta que possibilitará comparar a qualidade do corpo hídrico e monitora as alterações sazonais e espaciais na qualidade da água em função do respectivo uso e cobertura da terra utilizando nove variáveis.

2. Objetivos

2.1 Geral

- Estabelecer a relação de influência do uso e cobertura da terra e de atividade humana sobre a conservação da qualidade da água dos recursos hídricos superficial da Microbacia do Pau Amarelo, São Francisco do Pará – PA.
-

2.2 Específicos

- Realizar o levantamento do uso e cobertura de terra na área da Microbacia Hidrográfica do Pau Amarelo;
- Analisar características físico-químicas e microbiológicas do corpo d'água;
- Relacionar as diferentes classes de uso e cobertura da terra na área da microbacia com o Índice de Qualidade da Água – IQA.

3 Revisão de Literatura

3.1 Bacias Hidrográficas

As bacias hidrográficas são áreas de captação natural das águas precipitadas, que através do escoamento superficial e infiltração subterrânea, convergem os escoamentos para os seus afluente e talvegue onde é direcionado para um único ponto de saída, que é chamado de exutório. (Finotti, Finkler, Silva, & Cemin, 2009).

O recorte espacial territorial de uma bacia hidrográfica é formado por paisagens ou unidades ambientais, onde todos os elementos naturais ou humanos são inter-relacionados e interdependentes, de modo que qualquer efeito ou atividade humana tende a dirigir-se para o sistema aquático, dado que este é o espelho do que acontece na região (Santos & Bertotti, 2009).

Segundo Moraes e Lorandi (2016), a bacia hidrográfica deve ser entendida como um sistema interligado, sendo que a subdivisão de grandes bacias em bacias menores, que correspondem a sub-bacias e microbacias, facilita o monitoramento e diagnóstico ambiental, visto que isto permite a correlação da dinâmica do uso e ocupação do solo com a análises da qualidade da água, assim como a delimitação de áreas críticas e a identificação de processos impactantes, incompatíveis com a sustentabilidade ambiental da região.

3.2 Qualidade da água

Ao delimitar uma bacia hidrográfica como unidade de estudo para se investigar a qualidade da água, deve ser levada em consideração os fatores naturais e antrópicos na região, visto que a interação existente no meio ambiente pode encadear a poluição e variações das características físicas, químicas e bacteriológicas ao longo de seu percurso (Gloria et al., 2017).

A qualidade da água é composta por um conjunto de características, geralmente mensuráveis, de natureza física, química e biológica, onde estas características devem ser mantidas em conformidade com limites estabelecidos, os quais são representados por padrões e valores norteadores da qualidade de água (CONAMA, 2005).

Para Franco, Betim, Marques, Gomes, e Chagas, (2012) as bacias hidrográficas fazem parte de um complexo sistema ambiental em que os cursos d'água servem como indicadores da manipulação do solo pelo homem, assim, os parâmetros físico-químicos da água refletem o grau de fragilidade da área.

3.3 Uso e cobertura da terra em bacia hidrográfica que influenciam na qualidade da água

A ação antrópica exercidas pelas atividades humanas em áreas responsáveis pelo ajustamento das variáveis internas dos ecossistemas aquáticos e a manutenção do equilíbrio do regime hidrológico, acarretam a degradação de habitats, o aumento de taxas de sedimentação, alterações hidrológicas, oscilações na temperatura da água e aumento na disponibilidade de nutrientes nos ecossistemas aquáticos (Santos, Martins, Callisto, & Macedo, 2017; Rocha, 2010).

As características dos rios urbanos revelam que estes sofrem constantemente com alto grau de poluição proveniente do lançamento de esgotos *in natura*, resíduos sólidos e, até mesmo, pelas galerias pluviais que fazem parte do sistema de drenagem urbana. Lubenow, Oliveira Filho, Vidal, Cavallini, e Canterle, (2012) elaboraram um mapa de uso e ocupação da bacia hidrográfica do rio Nhapindazal em Irati - PR, onde avaliaram os usos e a qualidade da água, identificando-se os possíveis agentes poluidores e todos os parâmetros físico-químicos estavam dentro dos limites para rio de classe 2, porem nas áreas urbanas apresentou valores acima do permitido em relação à quantidade de coliformes fecais.

Barros, Guimarães e Santana (2018) realizaram um estudo com o objetivo de caracterizar e classificar as águas em um trecho rural e outro urbano da bacia do córrego Guanandy, em Aquidauna/MS. para isso, utilizaram técnicas de geoprocessamento para mapear os cenários de uso e cobertura do solo e relacionar com o Índice de Qualidade da Água – IQA. Diante das constatações, os autores destacaram as pressões exercidas pela malha urbana e atividades agropecuária como alguns dos principais fatores de alteração das variáveis analisadas na bacia do córrego Guanandy.

Medeiros (2012) realizou um estudo com o objetivo de obter o IQA em dois rios amazônicos, localizados nas áreas territoriais dos municípios de Abaetetuba e Barcarena no Estado do Pará. Os resultados do estudo indicaram que o rio localizado próximo ao perímetro urbano sofre grandes influências antropogênicas, refletindo uma variação negativa no IQA, que segundo o autor ocorreu principalmente em decorrência do esgoto doméstico lançado no corpo hídrico, enquanto o rio que se encontra mais longínquo das interferências antrópicas, apresentou o IQA relativamente bom.

Simonetti, Silva, e Rosa (2019) avaliou a qualidade da água do recurso hídrico da Área de Proteção Ambiental – APA Itupararanga. Neste estudo, os pontos amostrados sazonalmente se apresentarão na classe IQA “boa” e “excelente”. No entanto, foi verificado valores elevados para variáveis físico-químicas como fósforo total, nitrogênio total e condutividade elétrica, assim como para os parâmetros microbiológico coliformes totais e fecais, principalmente em afluentes e pontos de diluição, fato que foi justificado mediante o mapeamento de classes de uso e ocupação da terra e levantamento do indicador de coleta.

4. Materiais e Métodos

De acordo com Sakamoto & Silveira (2014), a natureza da pesquisa enquadra-se como aplicada uma vez que objetiva gerar conhecimentos sobre quais atividades influenciam na qualidade das águas superficiais. Quanto a abordagem utilizada na pesquisa foi a quali-quantitativa pois não ocorreu uma preocupação com a representatividade numérica, generalizações estatísticas e relações lineares de causa e efeito Silveira e Córdova (2009). No que tange ao objetivo enquadra-se como descritivo, devido a menção das características dos parâmetros físico-químicos na microbacia do Pau Amarelo.

O método aplicado neste estudo, destaca-se como dedutivo, a partir do que foi descrito por Prodanov e Freitas (2013): ele é composto por duas proposições verdadeiras que deduzidas levam a uma conclusão indiscutível: (1) o impacto ambiental refere-se, exclusivamente, aos efeitos da ação humana e (2) as ações antrópicas podem afetar a qualidade da água. O que leva a concluir que: o uso e ocupação da terra é um dos fatores que afetar a disponibilidade e qualidade dos recursos hídricos.

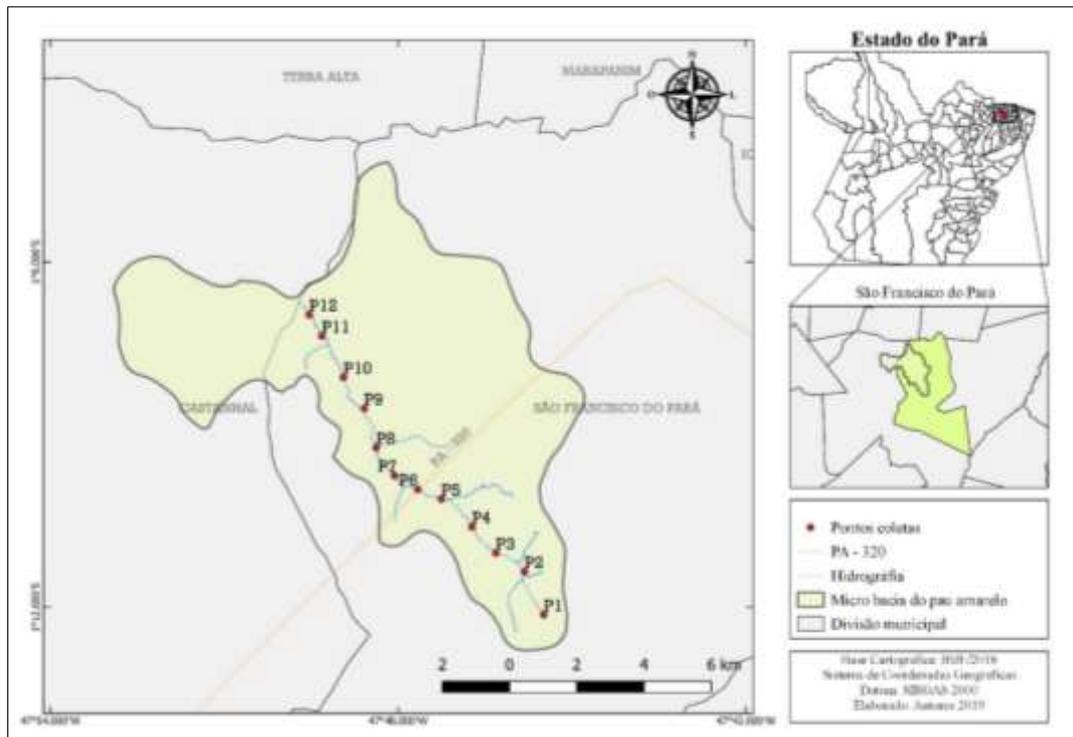
Em relação ao procedimento da pesquisa enquadra-se como estudo de caso, uma vez que há estudo aprofundado e detalhado com relação aos parâmetros de qualidade água superficial. Além disso, esse método foi complementado pelo levantamento de dados bibliográficos, documentais, efetuado em periódicos nacionais e, indexados, incluindo de uma visita *in loco* para construção de memorial fotográfico e coleta amostral para realização de análises laboratoriais com o objetivo de quantificar os parâmetros físico-químicos e biológicos do corpo hídrico (Gerhardt & Silveira, 2009). Com as visitas, foram observados os tipos de atividades desenvolvidas na circunvizinhança, condições de preservação da mata ciliar, constatação de pontos de pressão.

4.1 caracterização da área de estudo

A área de estudo é a Microbacia Hidrográfica do Pau amarelo, localizada no município de São Francisco do Pará, pertencente à microrregião Bragantina e mesorregião Nordeste Paraense. Segundo dados do Instituto Brasileiro de geografia e Estatística [IBGE] (2010). o município tem 15.060 habitantes; limitando-se ao norte com Terra Alta e Marapanim, a leste com Igarapé-Açu e ao sul e oeste com Castanhal.

A Microbacia do Pau Amarelo (Figura 1) corresponde a uma subdivisão da Bacia Hidrográfica do Rio Marapanim, e tem área total de drenagem equivalente a 99,79 Km², situada na latitude 01°09'42,7" S e longitude 47°48'03,7 W, onde a nascente localiza-se na zona rural, porção noroeste do município e a sua foz situa-se na margem direita do Rio Marapanim.

Figura 1 – Mapa de localização da Microbacia Hidrográfica do Pau Amarelo, São Francisco do Pará – PA, Pará.



Fonte: Autores (2019).

O clima da região é classificado como tropical úmido (Am), segundo a classificação de Köppen, onde na maioria dos meses do ano, existe uma pluviosidade significativa. A temperatura média em São Francisco do Pará é 26.5 °C e pluviosidade média anual de 2387 mm (Andrade, Cordeiro, Schwartz, Rangel-Vasconcelos, & Oliveira, 2017).

O tipo de solo predominante na área de estudo é o Latossolo Amarelo distrófico, formado sob condições de clima tropical úmido e equatorial em áreas planálticas, com presença de solos bem drenados e de baixa fertilidade natural (Silva, Valente, Watrin, Oliveira, & Pimentel, 2013).

As atividades que se destacam no município de São Francisco do Pará são ligadas à agropecuárias, tais como: pecuária extensiva por parte de grandes fazendeiros; cultura da pimenta-do-reino exercida por grandes, médios e pequenos agricultores; fruticultura, horticultura e roças praticadas por médios e pequenos agricultores (Souza, 2004).

4.2 levantamento do uso e cobertura da terra

Os procedimentos iniciais consistiram na aquisição de dados de Sensoriamento Remoto, especificamente imagens orbitais do satélite CBERS 4, sensores MUX, PAN (10 m) e PAN (5 m), correspondentes ao ano de 2017, obtidas no Catálogo de Imagens do INPE, e como apoio ao processo de classificação, imagens referentes ao ano de 2018.

Para obter a delimitação dos cursos hídricos utilizou-se como base as Cartas Topográficas ottocodificadas da ANA, nível 6, com escala de 1: 50.000 (Hasenack e Weber, 2010), a partir delas foi possível identificar os principais cursos hídricos superiores existentes na área de estudo. Porém como se trata de uma microbacia de baixo reconhecimento, não estava atualizada, então buscou-se corrigir estas bases utilizando-se de fotointerpretação de imagem de satélite em escala de 1:10.000, além da realização de trabalhos de campo com o auxílio de GPS com precisão de 5 metros.

Em relação à fotointerpretação, Florenzano (2011), ressalta-se que esta técnica consiste em identificar objetos para que possam ter um significado. Parte-se do princípio da observação e compreensão dos usos e ocupação do terreno, remetidos sobre imagens de alta resolução e definição.

Para facilitar a operacionalização do trabalho e atender às necessidades de consultas ao banco de dados, realizado o pré-processamento com realização de composições coloridas, em ambiente de Sistema de Informação Geográfica - SIG, empregando o *software* TerraAmazon, versão 4.4.2, destinado a classificação de uso e cobertura do solo, e QGIS Desktop 3.2.3, para elaboração de mapas temáticos.

As classes de uso foram definidas e adaptadas ao estudo, segundo Watrin, Santos, e Valério Filho, (1996). mata densa, capoeira, solo exposto, pasto com regeneração, pasto sujo, pasto limpo, cultivo, área queimada, nuvem, hidrografia e outros. O mapeamento foi realizado na escala de 1:50.000, as correções de polígonos dentro do ambiente SIG, segmentação da imagem-base (CBERS) e a máscara resultante foi atribuído as classes aos polígonos. Por conseguinte, a interpretação dos dados elaborados, geração de mapa temático, discussões, resultados e propostas.

4.3 Levantamento de parâmetros de qualidade da água

4.3.1 Localização dos pontos de coleta

Os pontos foram previamente selecionados com auxílio de imageamento aéreo com um drone DJI Phantom 3 Professional, para designar locais com classes homogêneas de uso e cobertura de Terra e pontos de interferência ambiental das atividades desenvolvidas nas adjacências do corpo hídrico da bacia. Também foi realizado acompanhamento *in loco* para se obter informações mais consistentes a respeito das áreas e posteriormente foram definidos 12 pontos de coleta de amostras ao longo do talvegue da Microbacia do Pau Amarelo.

4.3.2 Definição dos parâmetros físico-químicos e biológicos

Levou-se em consideração o uso e cobertura da terra e os aspectos ambientais das atividades desenvolvidas na microbacia, destacando-se aqueles ligados as áreas na zona rural e urbana. No Quadro 1 estão expostos os parâmetros realizados em laboratório e em campo.

Quadro 1 – Métodos e instrumentação analítica utilizada para a determinação dos parâmetros físico-químicas e biológicas.

PARÂMETROS	MÉTODOS ANALÍTICOS
ANÁLISES FÍSICO-QUÍMICAS	
DBO5	Incubação por 5 dias
Fosforo total	Espectrofotométrico
Nitrogênio amoniacal	Espectrofotométrico
Oxigênio dissolvido	Titulométrico - Método de Winkler
Potencial hidrogeniônico- pH	Potenciométrico
Sólidos totais dissolvidos	Gravimétrico
Temperatura	Termométrico
Turbidez	Espectrofotométrico
ANÁLISES MICROBIOLÓGICAS	
Coliformes termotolerantes	Bioquímica reacional

Fonte: APHA (2005).

As análises laboratoriais, foram avaliadas através dos métodos analíticos baseados no Standard Methods for the Analysis of Water and Wastewater (American Public Health Association [APHA]. 2005).

4.3.3 Campanhas e coleta de amostras

Para a avaliação da qualidade da água, foram programadas campanhas de coletas levando em consideração os períodos sazonais da região amazônica (Souza, Carmo, Moares, Nacif, Ferreira, Silva, Rocha, & Souza, 2016). A primeira campanha foi realizada no sábado, 30 de março (período mais chuvoso) e a segunda campanha no sábado, 14 de setembro (período seco).

Os procedimentos para coleta (Figura 2) nos 12 pontos ao longo do talvegue da microbacia seguiram a metodologia do Guia Nacional de Coleta e Preservação de amostras da Companhia Ambiental do Estado de São Paulo [CETESB] (2011) e atendeu os procedimentos estabelecidos na NBR 9898/1987 (Associação Brasileira De Normas Técnicas [ABNT] (1987).

Dessa forma, a amostragem foi realizada no centro do leito de drenagem da microbacia, coletadas a cerca de 30 centímetros de profundidade da lâmina d'água. A água coletada foi armazenada em recipientes de polietileno (claro e escuro) com capacidade para 1000 ml e 500 ml, previamente esterilizados e devidamente armazenado.

Figura 2 – Procedimentos de trabalho em campo. a) Coleta de água para análise físico-química e microbiológico; b) Determinação "in loco" de variáveis físico-química; c) Registro de informações no momento da coleta; d) Acondicionamento e preservação de amostras em caixa isotérmica.



Fonte: Autores (2019).

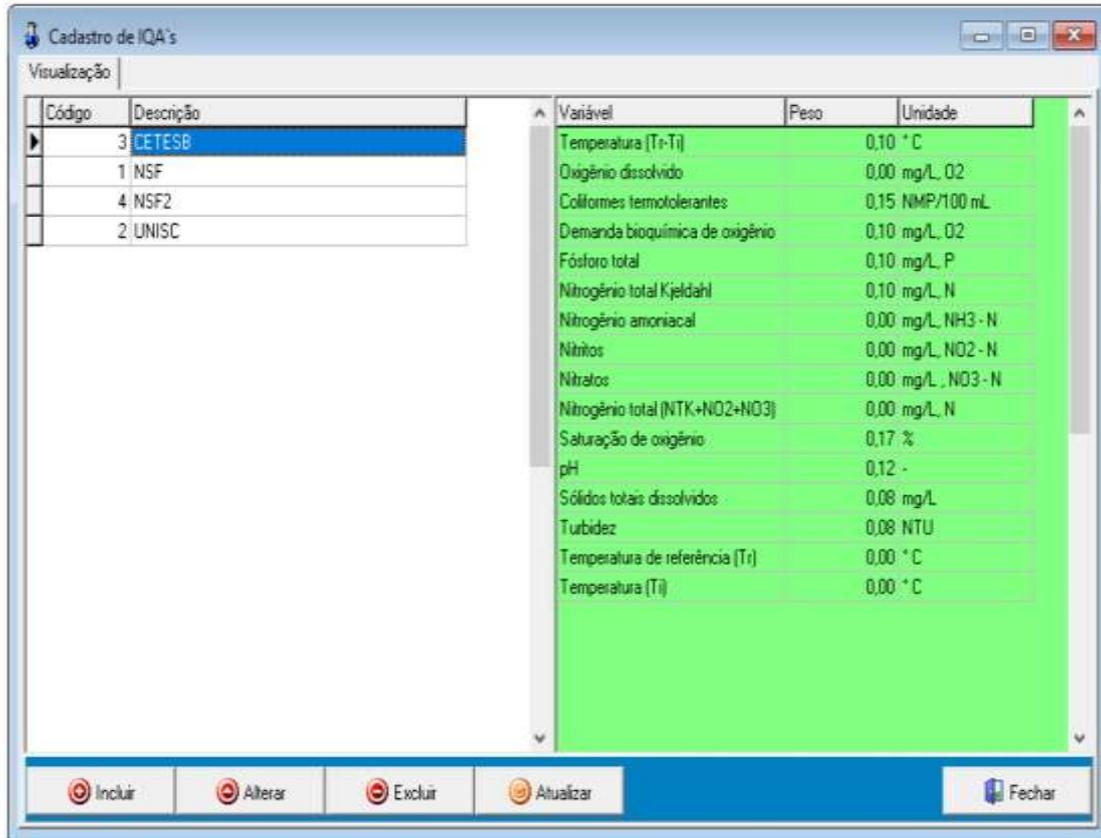
4.4 Cálculo do índice de qualidade de água – iqa

Para fazer referência sobre a qualidade da água nos diferentes pontos ao longo do curso d'água, foi empregado Índice de Qualidade da Água – IQA, Brown, Mclelland, Deininger, e Tozer, (1970); CETESB, (2017); National Sanitation Foundation Consumer Information [NSF]. (2007). que como já foi visto anterior mente, consiste em índices amplamente utilizados no monitoramento e estudos da qualidade da água no Brasil (Medeiros, 2012; Barros et al., 2018; Simonetti et al., 2019)

Os parâmetros físicos, químicos e biológicos da qualidade da água foram processados utilizando o programa IQAData (Figura 3), que é um *software* dedicado ao desenvolvimento e a aplicação de diferentes índices de qualidade da água, desenvolvido pelo Programa de Mestrado em Sistemas e Processos Industriais em parceria com o Departamento de Biologia e Farmácia da Universidade de Santa Cruz do Sul, e tem como referência o modelo de IQA adotado pela National Sanitation Foundation – NSF, nos Estados Unidos (Posselt, & Costa, (2010).

Para definição do índice foram utilizados os seguintes parâmetros: Oxigênio Dissolvido – OD, Coliformes Termotolerantes, Potencial Hidrogeniônico – pH, Demanda Bioquímica de Oxigênio – DBO, Nitrogênio Amoniacal, Fósforo Total, Temperatura, Turbidez e Sólidos Totais Dissolvidos - STD.

Figura 3 – Modelo do IQA utilizado para cadastrar os respectivos pesos das variáveis.



Fonte: IQADData (2010).

Para o cálculo, foram utilizados 9 parâmetros, onde a cada parâmetro que compõe a Equação 1, que define o IQA, foi atribuído um peso relativo (w_i), tomando como referência para tal ponderação o IQACETESB (CETESB, 2017). O IQA é então calculado como um produto das notas individuais de cada parâmetro, elevadas aos respectivos pesos, cuja expressão é:

$$IQA = \prod_{i=1}^n q_i^{w_i} \quad (1)$$

Onde tem-se:

- IQA – Índice de Qualidade de Água (0 a 100);
- q_i – qualidade da variável i obtido através da curva específica de qualidade (0 a 100);
- n – números de variáveis utilizadas;
- w_i – peso correspondente do i -ésimo parâmetro, que é um número percentual obtido pela importância do parâmetro na análise (0 a 1), pré-determinada pelos especialistas, atribuído em função da sua importância para a conformação global de qualidade.

Por fim, a classificação do valor do IQA é dada por faixas de qualidade, onde a categoria é avaliada através dos parâmetros físicos, químicos e microbiológicos da qualidade da água estabelecida conforme os valores de ponderação. O resultado enquadra-se em uma categoria, de acordo com a Tabela 1.

Tabela 1 – Níveis de qualidade de água para o IQA.

CATEGORIA	NÍVEIS DO IQA
Ótima	$79 < \text{IQA} \leq 100$
Boa	$51 < \text{IQA} \leq 79$
Regular	$36 < \text{IQA} \leq 51$
Ruim	$19 < \text{IQA} \leq 36$
Péssima	$\text{IQA} \leq 19$

Fonte: CETESB (2017).

5. Resultados e Discussões

5.1 Uso e ocupação da terra na microbacia do pau amarelo

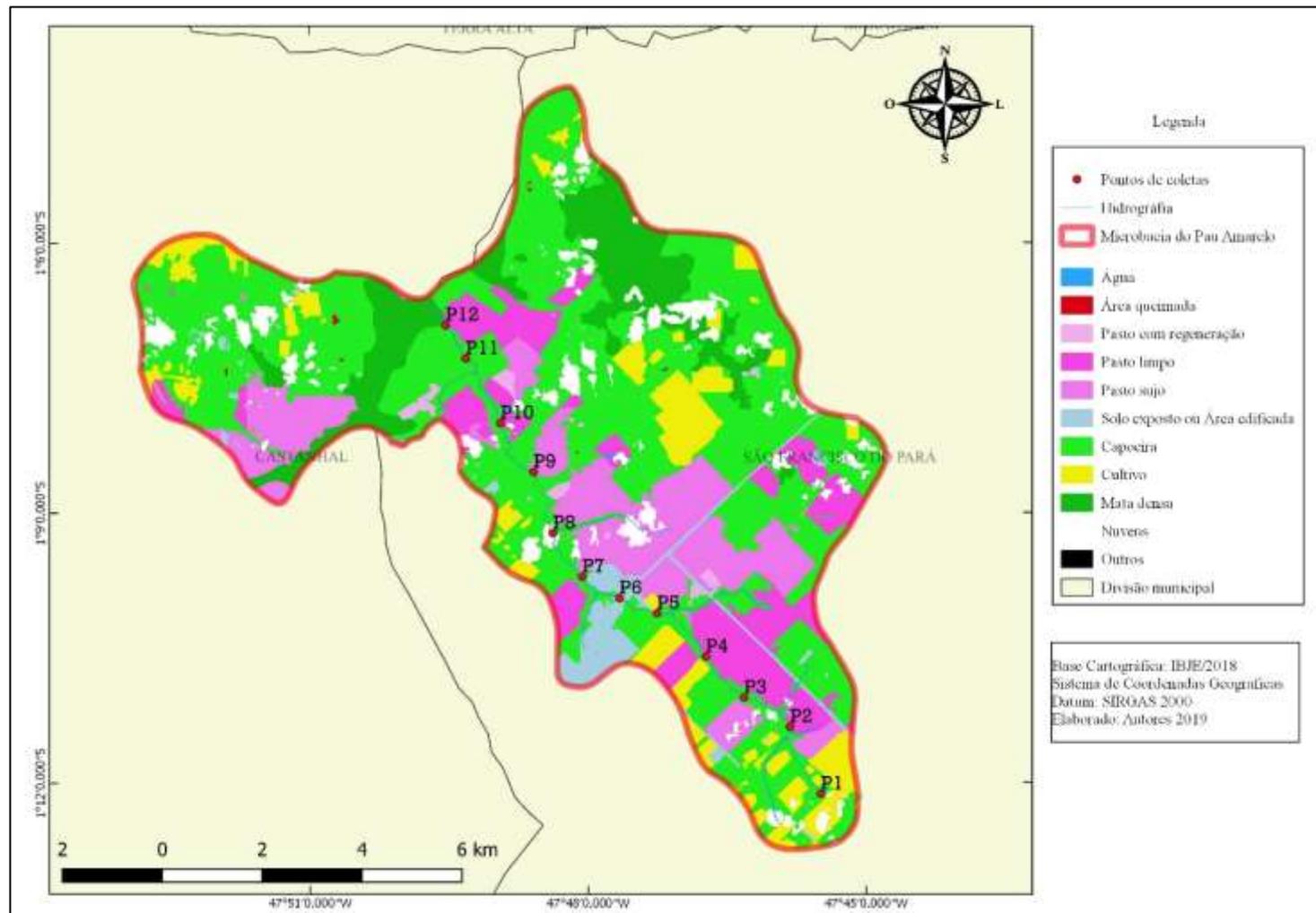
A classificação do uso e cobertura da terra na área da microbacia hidrográfica do Pau Amarelo revela que o “CAPOEIRA” foi a classe predominante com 48,1% (48,01 km²) da área total (que apresenta uma área de 99,79 km²), seguido de áreas de “PASTO” com 24,1 % (24,02 KM²), “MATA DENSA” com 9,7 % (9,7 km²), seguida de “CULTIVO” com 8,8 % (8,74 km²), “SOLO EXPOSTO OU ÁREA EDIFICADA” com 3% (3,03 km²), “ÁGUA, AREAS QUEIMADAS, NUVENS, e OUTROS” somam 6,3% (6,23 km²) (Tabela 2, Figura 4).

Tabela 2 – Distribuição das classes de uso e cobertura da terra na Microbacia do Pau Amarelo, São Francisco do Pará – PA.

Uso e cobertura da terra	Área (Km ²)	Área em % da Bacia
Capoeira	48,01	48,1
Pasto (sujo, limpo e regeneração)	24,02	24,1
Mata densa	9,7	9,7
Cultivo	8,74	8,8
Área edificada	3,03	3
Outros	6,29	6,3
Total	99,79	100,00

Fonte: Autores (2019).

Figura 4 – Mapa para análise do uso e cobertura da terra na Microbacia do Pau Amarelo, São Francisco do Pará – PA.



Fonte: Autores (2019).

As áreas de capoeira constituem áreas de pastagem ou áreas desflorestadas abandonadas onde houve um processo de regeneração (Fernandes, Ceddia, Ramos, Gaspar, & Moura, 2011). Nessa perspectiva, observa-se que boa parte do uso do solo está em processo de regeneração de acordo com percentual de capoeira obtidos a partir da classificação de uso e cobertura da terra da microbacia do Pau Amarelo.

Apesar dos conflitos de uso e cobertura da terra evidenciados nas fronteiras das áreas de capoeira com a pastagem e agricultura, é possível notar que áreas de mata densa e capoeira protegem os mananciais da microbacia. Segundo Rocha, Souza, Favalessa, Caldeira, Martinez, e Brondani, (2017) as florestas secundárias (Capoeira) são semelhantes em termos de aspecto fisionômico com florestas primárias, que se diferem na biodiversidade em que consistem, como apresentada na Figura 5.

Figura 5 – Mata de capoeira em a) Estágio inicial, b) Intermediário e c) Avançado.



Fonte: Autores (2019).

Os principais fatores que estão relacionados ao uso antropogênico em áreas classificadas como pasto diz a respeito ao avanço dos rebanhos de gado em direção ao corpo hídrico e a supressão vegetal de áreas íngremes situadas nas adjacências de nascentes, afluentes e curso principal da microbacia do Pau Amarelo, favorecendo a erosão do solo nessas áreas e o assoreamento nas margens do igarapé, além da disposição de dejetos bovinos, que podem promover a contaminação do recurso hídrico (Lubenow et al., 2012).

Ao longo do curso principal, foram encontrados pontos de dessedentação bovina (Figura 6), de forma a degradar e compactar a área.

Figura 6 – a) Pisoteio na margem da hidrografia; b) Pontos utilizados para dessedentação de bovinos; e c) Erosão do solo.

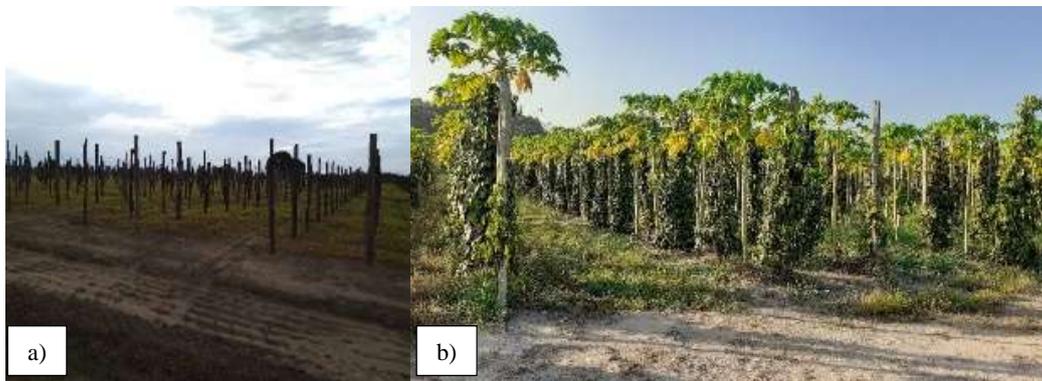


Fonte: Autores (2019).

A agricultura é uma atividade que sua importância não é alvo de questionamento, no que diz respeito ao atendimento das necessidades básicas dos seres humanos. Entretanto, a inovação nas técnicas produtivas de manejo do solo e o uso de insumos como fertilizantes, corretivos e agrotóxicos, propicia a alteração da qualidade da água, principalmente pela disponibilidade de nutrientes como o fósforo e o nitrogênio (Bastos, 2018).

Quando áreas de cultivo como as da Figura 7 recebem a chuva ou a irrigação, os insumos utilizados para potencializar a produção agrícola podem escoar para os rios, que devido as fragilidades das matas ciliares (responsáveis por proteger o corpo hídrico), podem causar a contaminação das águas superficiais. Como elemento móvel no solo, o fósforo é facilmente lixiviado no perfil, principalmente quando provém de fontes externas (Pedrotti, Ferreira, Assunção, Araújo Filho, Gomes Filho, Oliveira, & Holanda, 2018).

Figura 7 – Áreas de cultivo próximos ao curso principal.



Fonte: Autores (2019).

As áreas de mata ciliar são formadas principalmente por vegetação de capoeira, com a função ambiental de preservar os recursos hídricos, a biodiversidade e a estabilidade geológica (Pedruzzi e Mascarenhas, 2018). Apesar de grande parte destas áreas estarem preservadas, foi constatada a falta de vegetação ciliar em alguns pontos destacados na Figura 8.

Figura 8 – a) Ausência de mata ciliar em uma das nascentes; b) Capoeira suprimida pela pastagem.

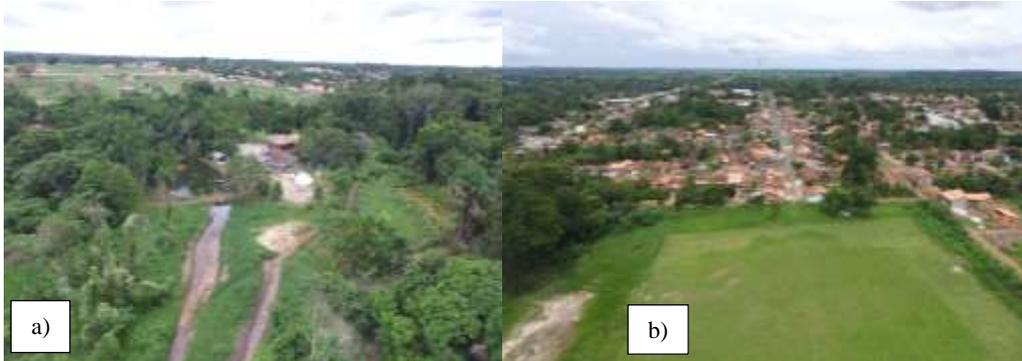


Fonte: Autores (2019).

O lançamento de efluentes domésticos pela área edificada, próxima ao corpo hídrico (Figura 9), ocasiona significativa degradação na qualidade do mesmo. Segundo Vasconcelos e Souza (2011), picos de concentração do nitrogênio amoniacal estão associados a poluição recente, causada pelas residências nas adjacências do corpo hídrico. Simmonetti et al. (2019) acrescenta que o lançamento de esgoto doméstico causa a redução da autodepuração do corpo hídrico, fato que nos remete a pensar sobre a

busca da compatibilização da expansão de áreas em urbanização com os recursos naturais existentes na microbacia hidrográfica do Pau Amarelo.

Figura 9 – a) Malha urbana á montante; b) Área edificada.



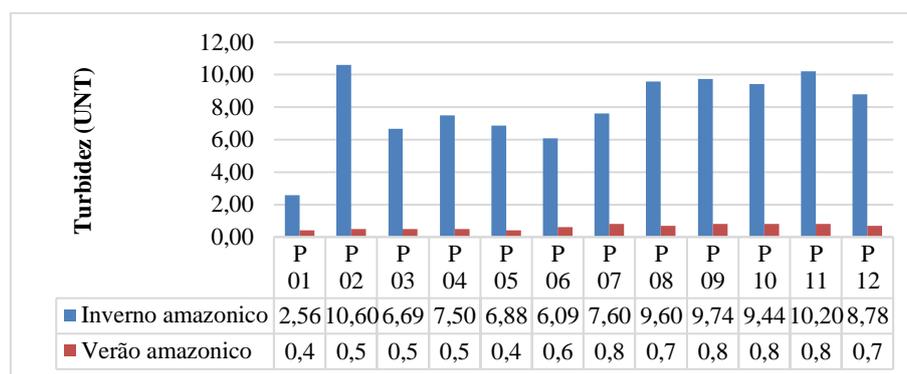
Fonte: Autores (2019).

5.2 Qualidade das águas da microbacia do pau amarelo

Os resultados das análises realizadas nas duas campanhas (inverno e verão amazônico) foram interpretadas com os limites estabelecidos pela Resolução 357 CONAMA (2005) para águas de classe II. Esta Resolução estabelece que sejam enquadrados nesta classe os corpos d'água que não possuem nenhuma proposta oficial de enquadramento pelos órgãos competentes. Posteriormente, apresenta-se os resultados referentes ao IQA.

A turbidez (Figura 10) apresentou variação média de 8,19 UNT (Unidade Nefelométrica de Turbidez) na campanha realizada no inverno amazônico e 0,65 UNT para a campanha realizada no verão amazônico. Portanto, os valores foram satisfatórios, pois estes estão dentro dos padrões exigidos pelo CONAMA 357/2005 para água doce de classe II, que é de até 100 UNT.

Figura 10 – Valores obtidos para Turbidez.



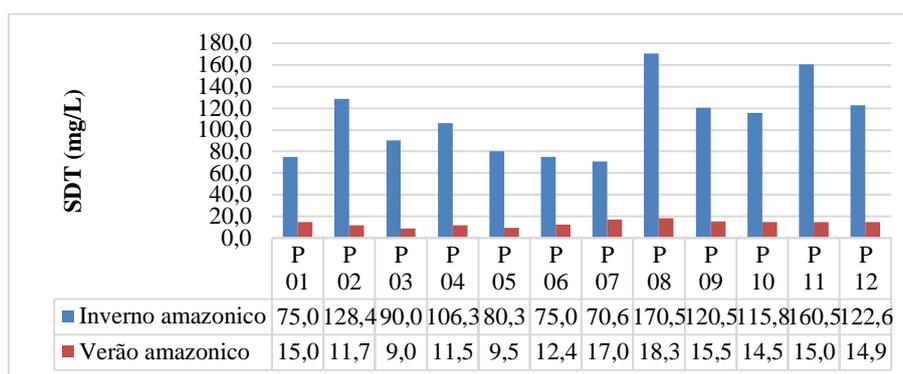
Fonte: Autores (2019).

Os menores valores de turbidez observados no inverno e verão amazônico foram no ponto mais próximo à nascente (P1), com 2,57 e 0,4 UNT, respectivamente. No entanto, observa-se que há uma ascendência da turbidez e dos sólidos entre os pontos P1 e P2 no inverno amazônico, fato que confirma a existência de transporte de material alóctone para o curso d'água, que conforme dito anteriormente, o ponto P2, situado nas adjacências da área classificada como "PASTO", apresenta evidentes sinais de avanço do rebanho em direção ao corpo hídrico, além da perda da mata ciliar que sofreu supressão em função da atividade

desenvolvida na área, propiciando a erosão do solo nas adjacências das margens. Gloria et al. (2017) afirma que a erosão nas margens dos rios em períodos chuvosos é considerada um exemplo de fenômeno que resulta no aumento da turbidez.

Em relação as concentrações de sólidos totais dissolvidos (Figura 11), na coleta realizada no período chuvoso foram registrados valores mínimos e máximos de 75 e 170,5 mg/L, quanto no período seco estes valores estiveram entre 9,0 e 18,3 mg/L. Os valores que mais se destacaram provavelmente estão associados as extensas áreas classificadas como “pasto”, como é o caso dos pontos P2, P8 e P11. A pesar das oscilações em ambos os períodos de coleta, tem-se que os valores de sólidos estão em conformidade com o estabelecido pela Resolução CONAMA 357/2005 para águas doce de classe II que é de 500 mg/L

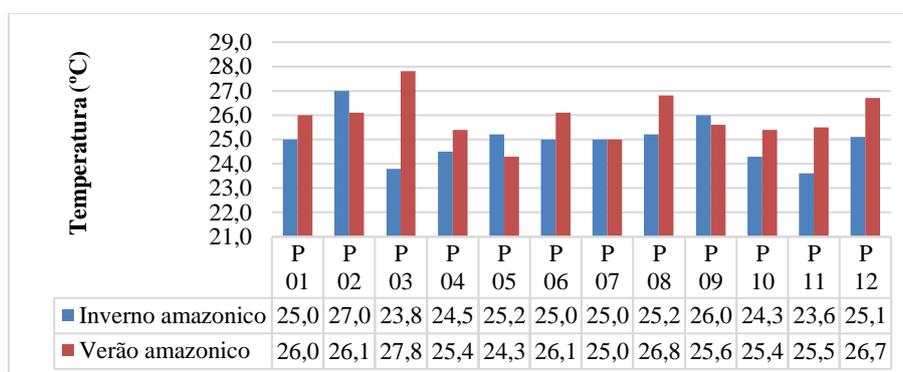
Figura 11 – Valores obtidos para Sólidos Totais Dissolvidos - SDT.



Fonte: Autores (2019).

Em relação a temperatura da água (Figura 12), este é um parâmetro muito importante para se caracterizar a qualidade de um ecossistema aquático, pois segundo Esteves (1998), influencia na solubilidade do oxigênio presente, na velocidade das reações químicas e na taxa de crescimento de microrganismos. A média registrada na primeira campanha (inverno amazônico) foi 25°C e 25,8°C para a segunda campanha (verão amazônico). Na segunda campanha houve uma discreta ascendência da temperatura na maioria dos pontos do curso d’água, fato que pode ser explicado pela sazonalidade da região amazônica compreendido como Inverno e verão amazônico.

Figura 12 – Valores obtidos para Temperatura.



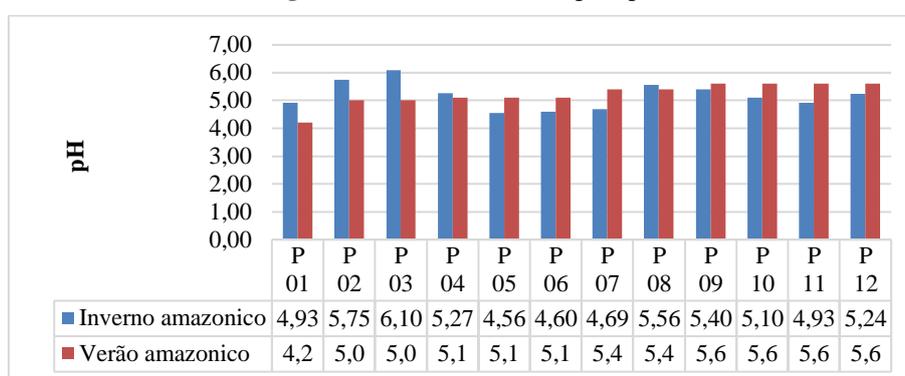
Fonte: Autores (2019).

Com a variação do inverno amazônico para o verão amazônico foi observado a ascendência média de 0,8 °C na temperatura da água, sendo que no ponto P3 a média foi de 3,2 °C. O ponto P3 situa-se na adjacência da área classificada neste trabalho como “PASTO”. Diante das informações obtidas *in loco*, foram observados alguns fatores que possivelmente

contribuem para a elevação da temperatura da água associado a atividade dessa classe. Um desses fatores é o desflorestamento descontínuo nas margens (direita e esquerda) da hidrografia do Pau amarelo e dos dois afluentes de margem direita, fatos que segundo Santos et al. (2017) propiciam a elevação da incidência de raios solares no corpo hídrico e provoca um desajuste na temperatura da água.

O pH é um termo utilizado para se referir ao potencial hidrogeniônico de uma solução aquosa. Indica o grau de acidez, neutralidade ou alcalinidade da amostra. Em relação ao pH na microbacia hidrográfica do Pau Amarelo (Figura 13), este apresentou caráter ácido e valores fora do permitido (6,0 a 9,0) conforme a Resolução nº 357 do CONAMA/2005, com exceção da análise do ponto P3 realizada na primeira campanha, onde enquadrou-se nos limites estabelecido pela resolução. A média do pH no Inverno e verão a amazônico foi de 5,17 e 5,25, respectivamente.

Figura 13 – Valores obtidos para pH.

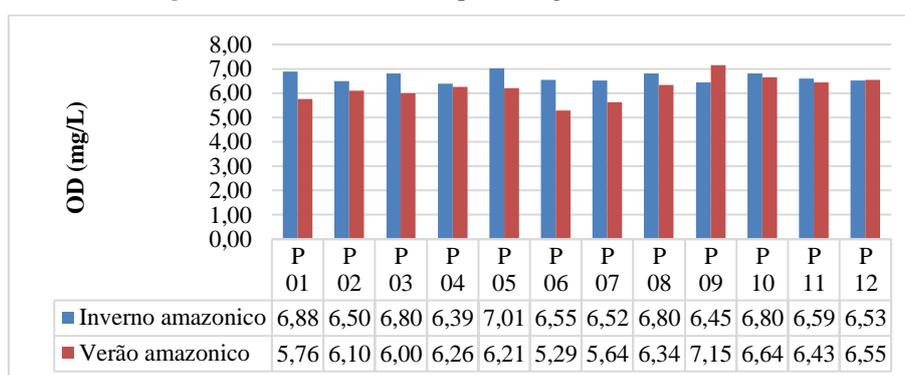


Fonte: Autores (2019).

O pH das águas desta microbacia encontra-se em condições levemente ácida, um dos fatores que contribui para esses valores de pH provavelmente justifica-se pelas características natural do solo predominante na microbacia, pois segundo Silva et al. (2013), o latossolo amarelo da região amazônica apresentam baixa fertilidade natural e possuem elevado conteúdo de alumínio trocável, contribuindo para a característica levemente acida das águas.

No que se refere ao oxigênio dissolvido – OD (Figura 14), as médias registradas no inverno e verão amazônico foram de 6,57 e 6,23, respectivamente. De acordo com as médias do OD, percebe-se que este parâmetro apresenta variações pouco acentuada em ambos os períodos, além do mais, os valores encontram-se em conformidade com os padrões estabelecidos pela Resolução para águas de classe II, dado que os valores estão acima do limite que não podem ser inferiores a 5mg/L O₂.

Figura 14 – Valores obtidos para Oxigeno Dissolvido - OD.



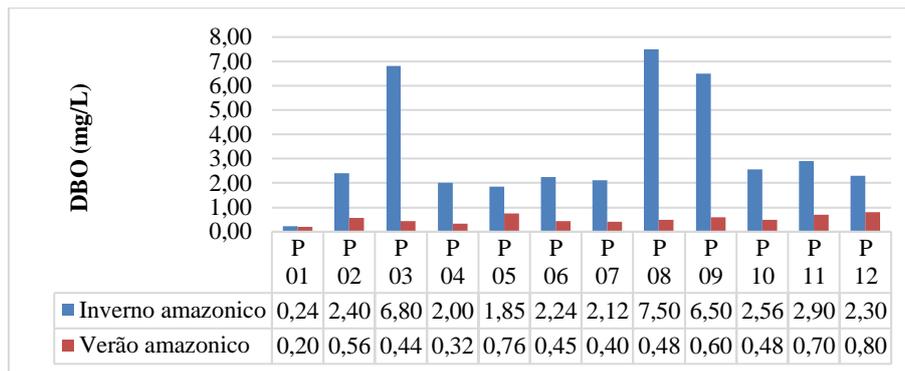
Fonte: Autores (2019).

Observa-se que apesar dos valores estarem em conformidade com a legislação, há redução do teor de OD nos pontos P6 e P7. Embora essa redução moderada de OD possa ser justificada pela soma de outros processos de estabilização de matéria orgânica que ocorrem nos trechos anteriores, é provável que essa situação pode ter vindo a ocorrer em virtude do acúmulo de matéria orgânica disponível nos efluentes urbanos que são lançados *in natura* no corpo hídrico. Dando sequência a essa perspectiva, Mota (2012) diz que teores baixos de OD podem indicar que houve uma intensa atividade bacteriana decompondo matéria orgânica lançada na água, visto que durante a estabilização da matéria orgânica as bactérias fazem uso do oxigênio da água nos seus processos respiratórios.

As baixas concentrações de OD, no entanto, dentro dos limites aceitáveis, pressupõem-se uma boa autodepuração da microbacia, conforme comprovado por Lima (2013) na bacia do rio São Lourenço, onde o autor relatou que mesmo em pontos onde se verifica degradação da qualidade da água, os teores de OD permaneceram aceitáveis.

Referente aos valores da Demanda Bioquímica de Oxigênio – DBO (Figura 15), a média registrada na campanha realizada no inverno amazônico foi de 2,35 mg/L, já na segunda campanha a média foi de 0,48 mg/L. Percebe-se que os pontos P3, P8 e P9 estão em desconformidade com o padrão estabelecido pela Resolução do CONAMA 357/2005 para águas de classe II, que é de 5 mg/L.

Figura 15 – Valores obtidos para DBO.

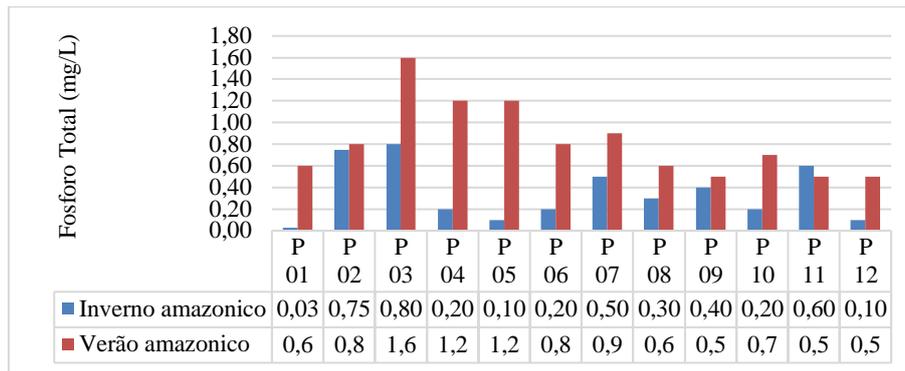


Fonte: Autores (2019).

As concentrações mais elevadas de DBO no inverno amazônico podem estar associadas ao grande aporte de material orgânico devido a precipitação e ao escoamento superficial em áreas classificadas como pasto na adjacência do corpo hídrico, que mediante as visitas *in loco* observou-se que estes pontos correspondem a áreas desprotegidas pela cobertura vegetal em ambas as margens, como é o caso do ponto P3, ou somente na margem direita, como o caso dos pontos P8 e P9, dessa forma, esses pontos possibilitam maior escoamento superficial de material orgânico para a hidrografia da microbacia.

Quanto às altas concentrações de Fósforo Total (Figura 16), as médias registradas para o inverno e verão amazônico foram de 0,25 e 0,75 mg/L, respectivamente. Portanto, o parâmetro encontra-se acima do padrão estabelecido para águas doces de Classe II (0,10/ ambientes lóticos) da Resolução Conama 357/2005.

Figura 16 – Valores obtidos para Fosforo Total.

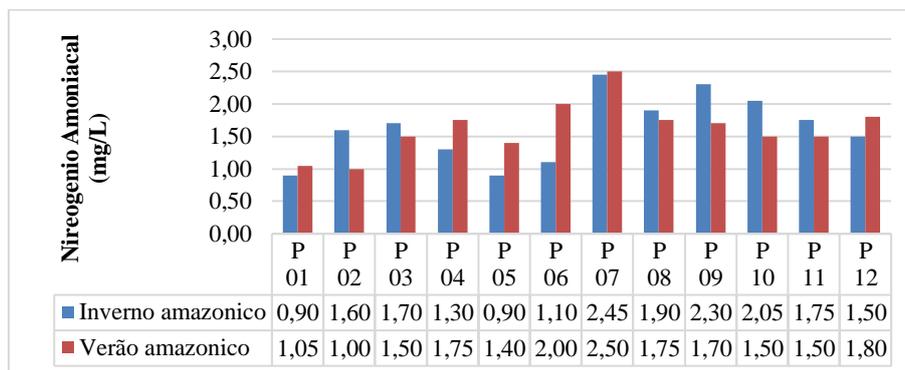


Fonte: Autores (2019).

Na campanha de coleta realizada no inverno amazônico foi verificado que o ponto P3 apresentou maior valor, com 0,80 mg/L, enquanto o menor valor foi no ponto P1, com 0,03. Já no verão amazônico, o ponto P3 continuou apresentando o maior valor, sendo 1,6 mg/L, maior que na primeira coleta, enquanto que o menor valor foi 0,5 mg/L nos pontos P9, P11 e P12. Segundo Klein e Agne (2012), o fosforo é um elemento essencial às plantas e animais, largamente utilizado em áreas de cultivo, mas quando aplicados ao solo em demasia tem potencial poluidor especialmente em águas superficiais, que pode ocorrer através do escoamento superficial e percolação e concentração no perfil. Portanto, percebe-se os valores mais elevados de fosforo estão dispostos nos pontos a montante do perímetro urbano, onde as áreas de cultivo e pecuária apresentam-se como maior possibilidade de interação.

No que se refere o nitrogênio amoniacal (Figura 17), a média registrada no inverno amazônico foi de 1,65 mg/L, enquanto que no verão amazônico foi de 1,60 mg/L. A Resolução do CONAMA 357/2005 estabelece que o valor limite para Nitrogênio Amoniacal para águas doce de classe II varia de acordo com o pH. As águas da microbacia do Pau Amarelo apresentam pH <7,5. Dessa forma, os valores obtidos nas análises realizadas no inverno e verão amazônico estão em conformidade com a Resolução, dado que o valor limite para águas com esse pH é de 3,7 mg/L.

Figura 17 – Valores obtidos para Nitrogênio Amoniacal.



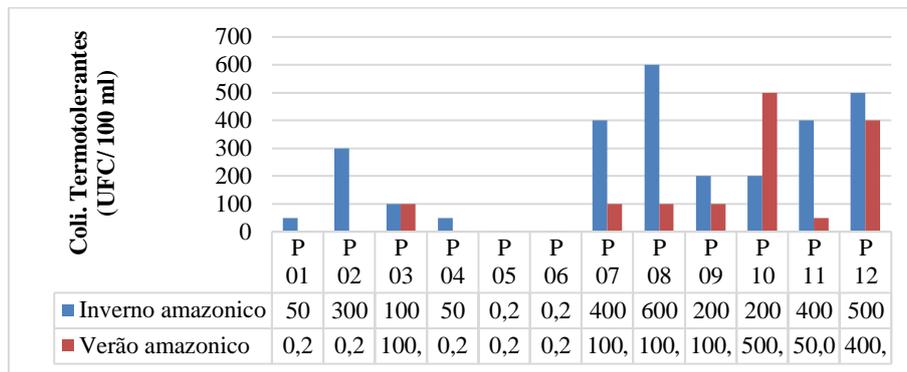
Fonte: Autores (2019).

Os valores mais elevados de nitrogênio amoniacal observado nas duas campanhas de coleta estão associados ao P7, situado a jusante da confluência na margem esquerda de um afluente que nasce na área urbana e perpassa boa parte da sede municipal de São Francisco do Pará, classificada neste trabalho como solo exposto ou pavimentada. Nessa perspectiva, Vasconcelos e Souza (2011), alegam que a poluição recente está associada ao nitrogênio na forma de amônia causada pelo

lançamento de esgotos das residências próximas ao corpo hídrico, fato que provavelmente está causando os picos de concentração do nitrogênio amoniacal no ponto P7, dado que representa o primeiro ponto após a área urbana da sede de São Francisco do Pará.

Referente aos Coliformes Termotolerantes na microbacia do Pau Amarelo (Figura 18), foi obtida a média de 200 NMP/100mL para a campanha realizada no inverno amazônico e 75 NMP/100mL na campanha realizada no verão amazônico. Observa-se que houveram variações nos valores de Coliformes determinados nas duas campanhas de amostragem nas águas da microbacia do Pau Amarelo, entretanto, todos os pontos analisados em ambas campanhas estão em conformidade com a Resolução CONAMA 357/2005 para águas de classe II, pois não excederão o limite máximo de até 1000 NMP/100mL.

Figura 18 – Valores obtidos para Coliformes Termotolerantes.

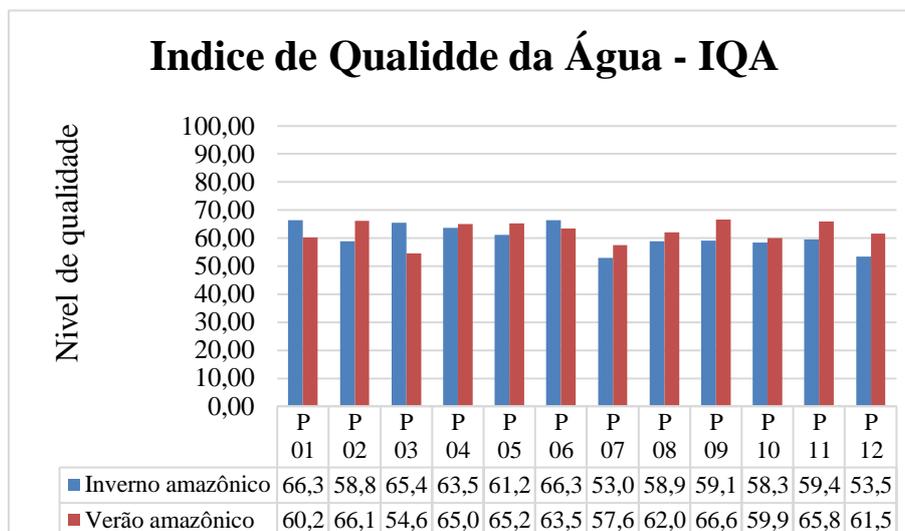


Fonte: Autores (2019).

Lubenow et al. (2012) explica que a presença de CT na bacia do rio Nhapiindazal-PR foi dada pela existência de lançamento de esgoto *in natura* no corpo hídrico, ou mesmo a presença de fezes de animais. Nessa perspectiva, a presença de CT nos pontos P2, P8 e P10 da microbacia do Pau Amarelo provavelmente está relacionada com o livre acesso de animais bovinos, os quais circulam livremente em áreas sem a presença de mata ciliar nas margens da hidrografia, conforme foi notado em campo, fato que segundo Bastos (2018), induz a disponibilidade de coliformes termotolerantes advindo de animais de sangue quente em corpos hídricos. Para o ponto de coleta que foi plotado a jusante da sede municipal de São Francisco do Pará, o lançamento de efluentes domésticos provavelmente foi o principal responsável pelo elevado valor detectado no ponto P7, já que o município não possui sistema de tratamento de esgotos, cujos efluentes domésticos são despejados diretamente no corpo hídrico sem nenhum tratamento, causando o aumento da zona de diluição dos efluentes lançados do corpo hídrico (Simmonetti et al., 2019).

Na Figura 19 apresenta a variação do IQA ao longo das duas coletas. A qualidade da água da microbacia hidrográfica do Pau Amarelo se enquadrou na classe BOA ($51 < IQA \leq 79$). Na primeira campanha (março de 2019), a média do IQA encontrado foi de 60,35, enquanto que no verão amazônico foi de 62,38. Medeiros (2012) ao analisar o IQA em dois rios amazônicos tributários da margem direita do rio Pará, localizado nas áreas territoriais de Abaetetuba e Barcarena no estado do Pará, também encontrou melhor valor no período seco.

Figura 19 – Resultados do Índice de qualidade da Água – IQA da microbacia hidrográfica do Pau Amarelo, em São Francisco do Pará.



Fonte: Autores (2019).

O ponto P6 apresentou a melhor média para o IQA analisado para o inverno e verão amazônico estão situados a montante do perímetro urbano, com o índice de 64,93, onde a possível classe influenciadora para a ascensão do IQA provavelmente foi a capoeira. Dessa forma, percebe-se que apesar dos conflitos existentes entre os múltiplos usos da terra na microbacia do Pau Amarelo, a capoeira por sua vez proporciona proteção ao recurso hídrico.

O menor índice foi encontrado no ponto P7, localizado a jusante da sede municipal de São Francisco do Pará, classificado como solo, “solo exposto ou área pavimentada”, provavelmente porque esse trecho vem recebendo grande quantidade de cargas orgânicas, o que provoca uma expressiva queda da qualidade da água. As variáveis que mais contribuíram para a diminuição do IQA nesse ponto foram a elevada contagem de coliformes termotolerantes, o pH levemente ácido, o nitrogênio Amoniacal e o reduzido teor de oxigênio dissolvido, já que o oxigênio dissolvido participa diretamente do processo de estabilização da matéria orgânica na autodepuração do corpo de água (Mota, 2012).

Vale ressaltar que o fato desses índices serem classificados como “BOM”, não pode ser tomado como parâmetro para dizer que a ação do homem não interfere na qualidade da água da Microbacia do Pau Amarelo, pois conforme foi evidenciado na caracterização individual dos parâmetros físico-químicos e bacteriológico que integram o IQA, percebe-se que a variação de alguns parâmetros, possivelmente, está associada ao uso e cobertura da terra, como bem averigou Barros et al. (2018) ao estudar a bacia do córrego Guanandy – MT.

6. Conclusão e Considerações Finais

A classificação supervisionada da homogeneidade de uso e cobertura da terra na área da microbacia hidrográfica do Pau Amarelo indica que esta é integrada majoritariamente pela capoeira e pasto, seguidos pela mata densa, cultivo, área edificada, além de outros usos.

Quanto à avaliação da qualidade da água, as variáveis físicas, químicas e biológicas da água mostram a existência de um gradiente não muito definido no sentido nascente-foz, dado que os resultados obtidos indicaram que o comportamento de algumas variáveis ao longo da microbacia do Pau Amarelo são influenciadas pela ocorrência de algumas atividades antrópicas que ocorrem de forma desordenada na área, refletindo o comprometimento da qualidade da água. Dentre os parâmetros, o pH, o

Fosforo Total e a DBO em algumas situações apresentam-se em desconformidade do limite estabelecido pela Resolução CONAMA nº 357/2005 para águas doce de classe II.

As águas da área de drenagem do Pau Amarelo apresentaram IQA com valores enquadrados na faixa considerada BOA em todos os pontos analisados durante as duas campanhas, ressalta-se, no entanto, que apesar dos resultados obtidos, foi verificado que a ÁREA EDIFICADA exerce moderada influencia no IQA, seguida das áreas classificadas como “PASTO”.

Utilizando imagens orbitais de alta resolução e análises da qualidade da água de diversos pontos do curso hídrico, foi possível estabelecer relações entre a influência antrópica e a diminuição da qualidade da água, o que facilitou a linha de raciocínio em torno da interpretação dos resultados das análises. No que diz a respeito da proposta metodológica de aplicação do IQACETESB, foi considerada adequada para este trabalho, no entanto, é cabível a adequação deste índice as especificidades das águas amazônicas atribuindo curvas de qualidade e pesos condizentes com a região.

Frente aos resultados deste trabalho, sugere-se a adoção de ações que busquem adequar e compatibilizar a expansão das atividades urbana e rural que avançam no sentido das áreas de mata ciliar, visando preservação da qualidade da água na microbacia hidrográfica do Pau Amarelo.

Referências

- Almeida, B. J. X. & Ferreira, C. P. (2015). Mapeamento da cobertura do solo de Irituia – PA com auxílio das informações orbitais dos projetos Prodes e TerraClass. In: Simpósio Brasileiro De Sensoriamento Remoto. João Pessoa. <http://www.dsr.inpe.br/sbsr2015/files/p0988.pdf>
- American Public Health Association (2005). Standard methods for examination of water and wastewater. (21a ed.).
- Andrade, V. M. S., Cordeiro, I. M. C. C., Schwartz, G., Rangel-Vasconcelos, L. G. T., & Oliveira, F. De A. (2017). Considerações sobre clima e aspectos edafoclimáticos da mesoregião Nordeste paraense. *Embrapa Amazônia Oriental-Capítulo em livro científico (ALICE)*.
- Araújo, E., Martins, H., Barreto, P., & Lima, A. C. (2013). Áreas protegidas da Amazônia legal com mais alertas de desmatamento em 2012-2013. *IMAZON*, p. 32.
- Associação Brasileira De Normas Técnicas (1987). NBR 9898: Preservação e técnicas de amostragem de efluentes líquidos e corpos receptores.
- Barros, A., Guimarães, V., & Santana, W. S. C., (2018). Aplicação de um índice de qualidade de água em dois trechos (urbano e rural) da bacia do córrego Guanandy, Aquidauana, MS. *Caderno de Geografia*, 28(54).
- Barros, M. N. R., Almeida, A. S. & Vieira, I. C. G. (2012). Análise especial da dinâmica do uso da terra e cobertura vegetal do Município de Mãe do Rio, Estado do Pará. In: *Encontro Nacional Da Anppas*, Belém. <http://www.anppas.org.br/encontro6/anais/ARQUIVOS/GT18-365-1047.pdf>
- Bastos, F. (2018). Estratégias para o monitoramento da qualidade da água em bacias rurais de cabeceira. Dissertação de mestrado, Universidade Federal de Santa Maria. Santa Maria, RS, Brasil.
- Brown, R. M., McClelland, N. I., Deininger, R. A., & Tozer, R. G. (1970). A water quality index – do we dare? *Water & Sewage Works, Chicago*, 117(10), 339-343.
- Companhia Ambiental do Estado de São Paulo. CETESB. (2011). Guia nacional de coleta e preservação de amostras: água, sedimento, comunidades aquáticas e efluentes líquidos. São Paulo: CETESB, <https://arquivos.ana.gov.br/institucional/sge/CEDOC/Catalogo/2012/GuiaNacionalDeColeta.pdf>
- Companhia Ambiental do Estado de São Paulo. CETESB. (2017). Relatório de Qualidade das Águas Interiores do Estado de São Paulo.
- Esteves, F.A. (1988). Fundamentos de Limnologia. Editora Interciência, 574p.
- Fernandes, M. M., Ceddia, M. B., Ramos, G. M., Gaspar, A., & Moura, M. R. (2011). Influência do uso do solo na qualidade de água da microbacia Glória, Macaé, RJ. *Engenharia Ambiental*, 8(2), 105-116.
- Finotti, R. F., Finkler, R., Silva M. D'A., & Cemin, G. (2009). Monitoramento de recursos hídricos em áreas urbanas. Caxias do Sul-RS: *Educs*, 272. ISBN: 978-85-7061554-1.
- Florenzano, T. G. (2011). Iniciação em sensoriamento remoto. (3a ed.), Oficina de Texto.
- Franco, G. B., Betim, L. S., Marques, E. A. G., Gomes, R. L. & Chagas, C. S. 2012. Relação qualidade da água e fragilidade ambiental da Bacia do Rio Almada, Bahia. *Revista Brasileira de Geociências*. 42 (1), 114-127.
- Gerhardt T. E. & Silveira D. T. (2009). Métodos de pesquisa. Editora da UFRGS.
- Gloria, L. P., Horn, B. C., & Hilgeman, M. (2017) Avaliação da qualidade da água de bacias hidrográficas através da ferramenta do Índice de Qualidade da Água – IQA. *Revista Caderno Pedagógico*, 14(1).

- Hasenack, H. & Weber, E. (2010). Base cartográfica vetorial contínua do Rio Grande do Sul-escala 1: 50.000. UFRGS-IB-Centro de Ecologia, 1.
- Hayden, D. A. & França, C. F. (2013). Dinâmica do uso e ocupação do solo no município de Igarapé Açu/Pará, entre 1989 e 2008. *Revista Perspectiva Geográfica*, 8(9).
- Instituto Brasileiro de geografia e Estatística (2010). Censo demográfico, v. 2010.
- Klein, C. & Agne, S. A. A. (2012). Fósforo: de nutriente à poluente. *Revista Eletrônica em Gestão, Educação e Tecnologia Ambiental*, 8(8),1713-1721.
- Li, S., Gu, S., Tan, X., & Zhang, Q. (2009). Water quality in the upper Han River basin, China: the impacts of land use/land cover in riparian buffer zone. *Journal of hazardous materials*, 165(1-3), 317-324.
- Lima, C. R. N. (2013). Variabilidade espacial de parâmetros de qualidade de água nas bacias do rio Cuiabá e São Lourenço. Dissertação de Pós-Graduação, Universidade Federal de Mato Grosso. Cuiabá, MT, Brasil.
- Lubenow, A. T., Oliveira Filho, P. C., Vidal, C. M. S., Cavallini, G. S., & Canterle, Y. C. (2012). Impacto do uso e ocupação da terra na qualidade da água da bacia hidrográfica do rio Nhapindazal, Irati (PR). *Ambiência*, 8(3), 845-858.
- Medeiros, A. C. (2012). Obtenção do IQA para avaliação da qualidade da água em rios dos municípios de Abaetetuba e Barcarena (PA). Dissertação de mestrado, Universidade Federal do Pará. Belém, PA, Brasil.
- Moraes, M. E. B & Lorandi, R. (2016). Métodos e técnicas de pesquisa em bacias hidrográficas. SciELO-Editus-Editora da UESC, Mota, S. (2012). Introdução a Engenharia Ambiental. (5a ed.), ABES.
- Nascimento, T. V. & Fernandes, L. L. (2017). Mapeamento de uso e ocupação do solo em uma pequena bacia hidrográfica da Amazônia. *Ciência e Natura*, 39(1).
- National Sanitation Foundation Consumer Information NSF. (2007). Water Quality Index. Ann Arbor/MI, United States of America. NSF. http://www.nsf.org/consumer/earth_day/wqi.asp
- Oliveira Filho, P. C., Dutra, A. M., & Ceruti, F. C., (2012). Qualidade das águas superficiais e o uso da terra: estudo de caso pontual em bacia hidrográfica do oeste do Paraná. *Floresta e Ambiente*, 19(1), 32-43.
- Oliveira, M. D., Rezende, O. L. T., Oliveira, S. M. A. C., & Libânio, M., (2014). Nova abordagem do índice de qualidade de água bruta utilizando a lógica fuzzy. *Eng Sanit Ambient*, 19(4), 361-372.
- Pedrotti, A., Ferreira, E. P. B., Assunção, S. J. R., Araújo Filho, R. N., Gomes Filho, R. R., Oliveira, O. S. & Holanda, F. S. R. (2018). Biological Activity as an Indicator of Soil Quality under Different Cultivation Systems in Northeastern Brazil. *Journal of Experimental Agriculture International*, 1-13.
- Pedruzzi, I. N. & Mascarenhas, P. S. M. (2018). Análise temporal da app de mata ciliar do rio gongogi: um dos principais afluentes do rio de contas. *Revista Integrart*, 3(2).
- Pereira, B. W. F., Maciel, M. N. M., Oliveira, F. A., Alves, M. A. M. S., Ribeiro, A. M., Ferreira, B. M., & Ribeiro, E. G. P. (2016). Uso da terra e degradação na qualidade da água na bacia hidrográfica do rio Peixe-Boi, PA, Brasil. *Ambiente & Água-An Interdisciplinary Journal of Applied Science*, 11(2), 472-485.
- Posselt, E. L. & Costa, A. B. (2010). Software IQADData 2010. Registro no INPI n° 10670-2, Programa de Mestrado em Sistemas e Processos Industriais PPGSPI, UNISC.
- Prodanov, C. C & Freitas, E. C. (2013). Metodologia do trabalho científico: Métodos e técnicas da Pesquisa e do trabalho Acadêmico. (2a ed.), Universidade Feevale.
- Resolução CONAMA n° 357, de 17 de março de 2005. (2005). Ministério do Meio Ambiente. Dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes, e dá outras providências. Diário Oficial da República Federativa do Brasil n° 053, Brasília, 18 de março 2005, 58-63.
- Rocha, K. J., Souza, É. C., Favalessa, C. M. C., Caldeira, S. F., Martinez, D. T., & Brondani, G. E. (2017). Effect of selective logging on floristic and structural composition in a forest fragment from Amazon Biome. *Acta Scientiarum. Agronomy*, 39(2), 191-199.
- Rocha, P. C. (2010). Indicadores de alteração hidrológica no Alto Rio Paraná: intervenções humanas e implicações na dinâmica do ambiente fluvial. *Sociedade & Natureza*, 191-211,
- Sakamoto, C. K. & Silveira I. O. (2014). *Como fazer projetos e Iniciação Científica*. Paulus,
- Santos, A. F & Bertotti, L. G (2009). Avaliação socioambiental da bacia hidrográfica do rio Pequeno, São José dos Pinhais (PR) Socio-environmental evaluation of the Pequeno River hydrographic basin, São José dos Pinhais, PR. *Ambiência*, 5(2), 275-292,
- Santos, D. B. O. (2013). Aplicação da RUSLE a uma pequena bacia hidrográfica da Amazônia. Dissertação Mestrado, Universidade Federal do Pará, Belém, Brasil.
- Santos, J. P., Martins, M., Callisto, M., & Macedo, D. R. (2017). Relações entre qualidade da água e uso e cobertura do solo em múltiplas escalas espaciais na bacia do Rio Pandeiros, Minas Gerais. *Revista Espinhaço UFVJM*, 36-46.
- Silva, L. G. T., Valente, M. A., Watrin, O. S., Oliveira, R. R. S., & Pimentel, G. M. (2013) Mapeamento de solos em duas mesobacias hidrográficas no Nordeste Paraense. Belém: Embrapa Amazônia Oriental. (Série Documentos, 394).
- Silveira, D. T & Córdova, T. E. (2009). A pesquisa científica. In: Gerhardt, T. E.; Silveira, D. T. (Org.). Métodos de pesquisa. Editora de UFRGS, 31-42.

Simonetti, V. C., Silva, D. C. C., & Rosa, A. H. (2019). Análise da influência das atividades antrópicas sobre a qualidade da água da APA Itupararanga (SP), Brasil. *Geosul*, 34(72), 01-27.

Souza, E. B. Carmo, A. M. C., Moares, B. C., Nacif, A., Ferreira, D. B. Silva, Rocha, E. J. P., & Souza P. J. O. P. (2016). Sazonalidade da precipitação sobre a Amazônia Legal brasileira: Clima atual e projeções futuras usando o modelo RegCM4. *Revista Brasileira de Climatologia*, v. 18.

Souza, R. P. (2004). A luta pela terra no nordeste do Pará: análise da ação sindical na ocupação de uma agroindústria no município de São Francisco do Pará. Dissertação de mestrado, Universidade Federal do Pará. Belém, PA, Brasil.

Vasconcelos, V. M. M & Souza, C. F. (2011). Caracterização dos parâmetros de qualidade da água do manancial Utinga, Belém, PA, Brasil. *Ambiente & Água- An Interdisciplinary Journal of Applied Science*, 6(2), 605-624.

Vidal, T. F & Neto, J. C. (2014). Caracterização limnológica e influência da precipitação em reservatório de abastecimento público da região metropolitana de fortaleza/CE. *Periódico Eletrônico Fórum Ambiental da Alta Paulista*, 10(2).

Watrin, O. S., Santos, J. R., & Valério Filho, M. (1996). Análise da Dinâmica na Paisagem do Nordeste Paraense Através de Técnicas de Geoprocessamento. In: Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, 8., Salvador, 14-19 abril, 1996. Anais. São José dos Campos, INPE, CD-Rom.