

COBERTURA DA TERRA E VARIÁVEIS LIMNOLÓGICAS EM CANAIS FLUVIAIS DA ZONA DE AMORTECIMENTO DO PARQUE ESTADUAL AGUAPEÍ, OESTE DO ESTADO DE SÃO PAULO

Amanda Rodrigues Correa

Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências e Tecnologia – UNESP
Presidente Prudente, SP, Brasil
amanda.rodrigues.c.bio@gmail.com

Paulo Cesar Rocha

Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências e Tecnologia – UNESP
Presidente Prudente, SP, Brasil
pcrochag@gmail.com

RESUMO

O objetivo deste trabalho é analisar o uso e cobertura da terra e a sua influência sobre as características limnológicas em três canais fluviais localizados na zona de amortecimento do Parque Estadual do Aguapeí. As amostragens nas águas superficiais ocorreram em dezembro de 2018 e abril de 2019. As etapas realizadas consistiram em processar e analisar o uso e cobertura da terra por meio de mapas elaborados e análise de variáveis climatológicas na bacia de contribuição dos canais, assim como, análise de variáveis hidrológicas e limnológicas nos canais, as variáveis mensuradas foram analisadas a partir de ferramentas estatísticas como a análise de agrupamento. Os resultados demonstraram que as classes de uso de cultura temporária e vegetação natural podem influenciar em maior proporção as variáveis limnológicas pH, oxigênio dissolvido, temperatura da água, fósforo total e condutividade elétrica. As classes de solo exposto, área urbanizada/construída e agropastoril podem influenciar majoritariamente as concentrações do material em suspensão e suas frações. A partir dos resultados encontrados vale salientar a necessidade de melhorias que possam auxiliar o não agravamento de problemas ambientais que impactem aos recursos naturais no Parque Estadual do Aguapeí.

Palavras-chave: Bacia hidrográfica. Unidades de Conservação. Limnologia. Análise de cluster.

LAND COVERAGE AND LIMNOLOGICAL VARIABLES IN RIVER CHANNELS OF THE AGUAPEÍ STATE PARK BUFFER ZONE, WEST OF SÃO PAULO STATE

ABSTRACT:

The objective of this work is to analyze the use and land cover and its influence on the limnological characteristics in three river channels located in the buffer zone of the Parque Estadual do Aguapeí. Sampling in surface waters took place in December 2018 and April 2019. The steps carried out consisted of processing and analyzing the use and land cover through elaborate maps and analysis of climatological variables in the contribution basin of the channels, as well as analysis of hydrological and limnological variables in the channels, the measured variables were analyzed using statistical tools such as cluster analysis. The results showed that the use classes of temporary culture and natural vegetation can influence in greater proportion the limnological variables pH, dissolved oxygen, water temperature, total phosphorus and electrical conductivity. The classes of exposed soil, urbanized/built area and agropastoral can mainly influence the concentrations of suspended material and its fractions. From the results found, it is worth emphasizing the need for improvements that can help to avoid aggravating environmental problems that impact natural resources in the Aguapeí State Park.

Keywords: River basins. Protected Units. Limnology. Cluster analysis.

INTRODUÇÃO

Os canais fluviais em sua bacia hidrográfica constituem uma unidade funcional para o ciclo hidrológico promovendo a conectividade entre os ambientes continentais e reagem de modo célere às condições do meio existente na superfície dos continentes sendo sensíveis a toda mudança, tanto de origem climática, ou então, resultante das transformações antrópicas (FILIZOLA e GUYOT, 2011).

As propriedades físicas, químicas e biológicas da água dos canais fluviais são influenciadas por vários fatores como a climatologia, topografia, pedologia, geologia característica da área de drenagem e também pela vegetação característica da bacia hidrográfica, deste modo, os fatores geológicos unidos aos usos do solo na bacia são os fatores que mais influenciam as características da água de um sistema lótico (SOUZA e TUNDISI, 2000). As reações entre rocha, solo e água influenciam a composição química das águas, as rochas e solos de natureza distinta regulam os parâmetros físico-químicos, bem como a concentração dos diversos elementos químicos dos cursos de água localizados em diferentes litologias (ANDRADE; LEITE; BACELLAR, 2009).

Deste modo, os arranjos que condicionam o uso do solo e a cobertura da terra em uma determinada área promovem importante influência sobre as características da água (superficial e subterrânea) e os ecossistemas aquáticos que compõem uma bacia hidrográfica, dessa forma, existem diversos problemas relacionados com a qualidade da água causados pelo incorreto ordenamento do uso do solo, bem como a urbanização, atividades industriais e agrícolas desenvolvidas em uma bacia sem o correto planejamento e execução (PAULA et al., 2010; MENEZES et al., 2016).

Os estudos ambientais envolvem uma gama muito elevada de parâmetros e variáveis juntamente com vários locais de amostragem, logo a visualização e a interpretação de padrões e correlações entre essas variáveis e o espaço se tornam uma tarefa difícil. Para estudos dessa ordem são frequentemente utilizadas ferramentas estatísticas exploratórias conhecidas como análises multivariadas, este tipo de análise tem por objetivo possibilitar a percepção de conjuntos que apresentam similaridade, associações como também correlações entre os elementos analisados (INÁCIO et al., 2002).

Em seus estudos Landim (2011) ressalta que entre as ferramentas estatísticas multivariadas empregadas em estudos no tocante da Geociências uma das técnicas com melhor aplicabilidade são as análises de agrupamento. A análise de agrupamento (*cluster analysis*) é uma técnica multivariada no qual classifica os valores de uma matriz de dados em grupos discretos, vem sendo amplamente utilizada como uma ferramenta de exploração de similaridade entre indivíduos e/ou variáveis relacionando-os através de coeficientes de similaridade ou correspondência; em uma análise introdutória esta técnica é capaz de auxiliar na formulação de hipóteses no que tange a homogeneidade da matriz de dados (LANDIM, 2011).

Em meio a paisagem do Oeste Paulista, grandes rios como o Aguapeí deságuam no rio Paraná e em suas confluências formam-se banhados e várzeas, lugares sujeitos aos regimes hídricos dos rios, com a formação de ricos ecossistemas. O Parque Estadual do Aguapeí é uma Unidade de Conservação que abrange os municípios de Castilho-SP, São João do Pau d'Alho-SP, Nova Independência-SP, Monte Castelo-SP, Guaraçaí-SP e Junqueirópolis-SP, protegendo cerca de 49 Km de extensão do rio Aguapeí e de sua planície de inundação (SÃO PAULO, 2010).

Os registros históricos do processo de ocupação desta região onde está inserida a bacia hidrográfica do rio Aguapeí, datados a partir do século XX, mostram que esta região foi amplamente explorada a partir da década de 1930. O avanço do café na região veio impondo uma forte pressão sobre as áreas de mata nativa, primeiramente os solos foram ocupados pelo cultivo do café, sucessivamente pelo algodão, amendoim, cana-de-açúcar e os campos de pastagem (BOIN, 2000). As áreas de pastagem destinadas a pecuária dominaram a paisagem até o início do século XXI (SÃO PAULO, 2010; ROVIERO, 2014), sendo convertidas desde então em áreas para o cultivo da cana-de-açúcar, promovendo novas configurações regionais das explorações agropecuárias na região (TRABAQUINI et al., 2017). Roviero (2014) relata que a expansão do cultivo da cana-de-açúcar no oeste paulista se intensificou a partir do ano 2000, a crescente demanda nacional e internacional pelo açúcar e pelo etanol unidos as características do solo que favorecem o desenvolvimento da cultura, como também pelo terreno plano no qual favorecem a mecanização, foram os fatores que mais influenciaram a expansão desta monocultura no oeste paulista.

Decorrente de todo este contexto histórico causado pelas atividades humanas, Boim (2000) ressalta que graves problemas ambientais ameaçam o Oeste Paulista, dentre eles a poluição das águas superficiais, comprometimento das águas subterrâneas, exaustão e erosão dos solos, assoreamento dos rios e extinção da biodiversidade regional. Ante o exposto, este trabalho teve por objetivo analisar a influência do uso e cobertura da terra sobre as características limnológicas em três canais fluviais afluentes localizados na zona de amortecimento do Parque Estadual do Aguapeí, oeste do Estado de São Paulo.

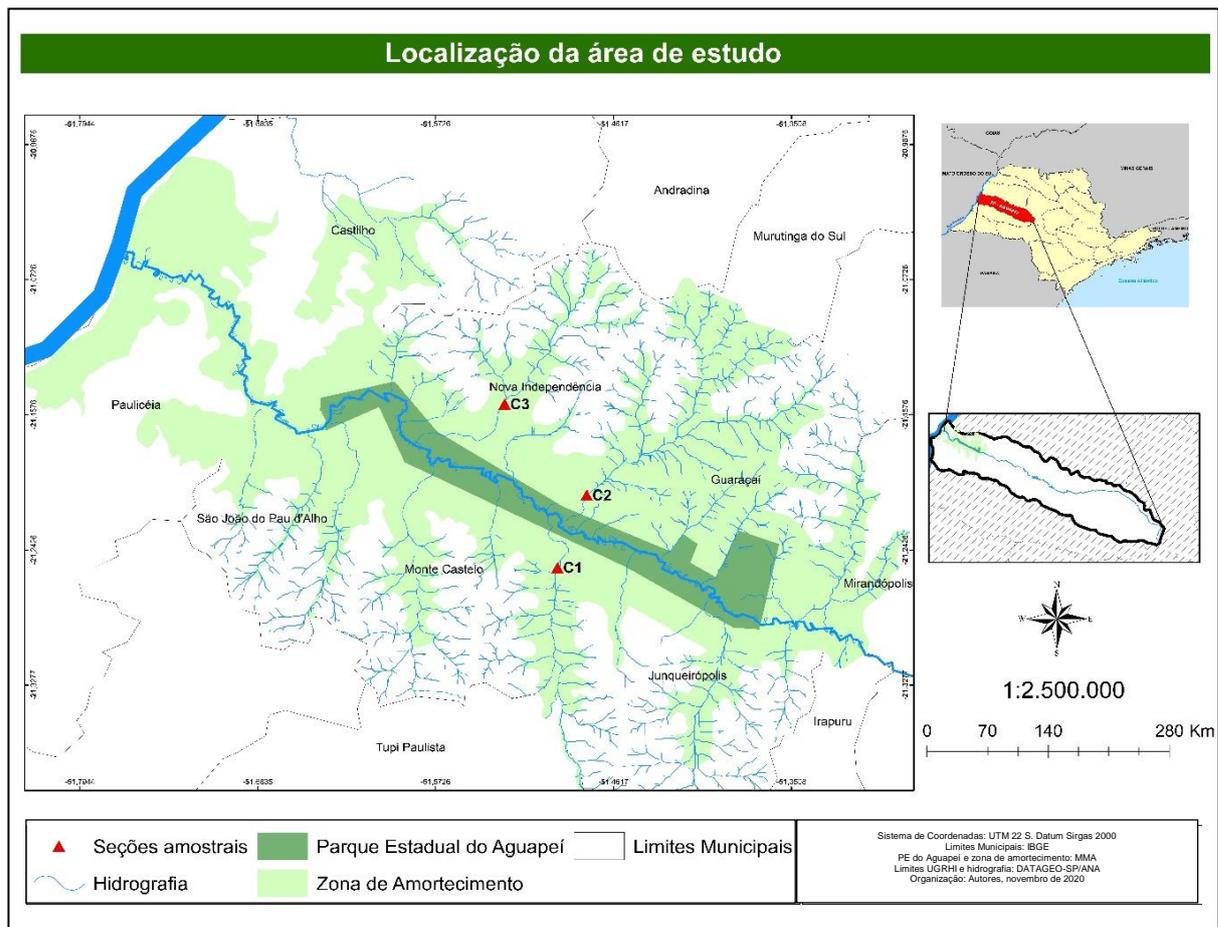
METODOLOGIA

Na região Oeste Paulista, algumas características do meio físico como o clima, é classificado por Nimer (1977) como clima tropical quente e úmido (com chuvas de verão) e com 1 a 2 meses de estação seca (inverno), a precipitação média anual é de 1.250 mm, janeiro se destaca como mês mais chuvoso tendo precipitação média de 200 mm, e o mais seco é julho, com precipitação média de 25 mm (CBH-AP, 1997). O substrato geológico aflorante é constituído por rochas vulcânicas e sedimentares da Bacia do Paraná de idade mesozoica e depósitos aluvionares de idade cenozoica, no qual é possível citar a Formação Santo Anastácio (Ksa), Formação Adamantina (Ka) e os depósitos aluviais cenozoicos (Qa). (SÃO PAULO, 2010).

No que tange os aspectos geomofológicos a área de estudo está situada no Planalto Ocidental, sendo uma região ocupada por relevos monótonos de colinas e morretes com planícies aluviais, colinas amplas, colinas médias e terraços fluviais (BOIN, 2000). Em relação a pedologia local, os tipos de solos encontrados são: Latossolo Vermelho, Argissolo Vermelho-Amarelo, Gleissolo Háplico e Planossolo Háplico (ROSSI, 2017).

Para esta pesquisa foram adotadas como área de estudo a bacia hidrográfica de três canais fluviais que deságuam na zona de amortecimento do Parque Estadual do Aguapeí sendo eles os córregos: Nova Palmeira (C1), Volta Grande (C2), Independência(C3). Esta área pautada pertence à bacia hidrográfica do rio Aguapeí no qual integra a Unidade de Gerenciamento de Recursos Hídricos do Aguapeí (UGRHI-20). A figura 1 representa a área de estudo e a localização das seções amostrais.

Figura 1 - Área de estudo localizada na zona de amortecimento do Parque Estadual do Aguapeí no oeste do estado de São Paulo em 2020.



Fonte - Elaborado pelos autores.

Os procedimentos metodológicos foram desenvolvidos a partir de etapas como a análise do uso e cobertura da terra, análise de variáveis climatológicas, hidrológicas e limnológicas e a análise estatística dos dados. Para a delimitação da área de drenagem das bacias hidrográficas dos três córregos analisados e a extração da rede de drenagem foi utilizado o Modelo Digital de Elevação (MDE) disponibilizado pelo Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE), para a composição da área de estudo foi necessário a aquisição da folha 21s525 que possui resolução de 30 metros e está referenciada no sistema de coordenadas WGS84 (INPE, 2019). A delimitação das bacias hidrográficas analisadas e o mapeamento do uso e cobertura da terra foram realizados a partir de técnicas de geoprocessamento realizadas em um Sistema de Informação Geográfica (SIG).

No mapeamento do uso e cobertura da terra foram utilizadas imagens do sensor *Operational Land Imager (OLI)* do satélite Landsat-8 (INPE, 2020). Foi adquirida uma imagem referente ao dia 09 de dezembro de 2018 e outra de 16 de abril de 2019, com resolução espacial de 30 m, a imagem foi disponibilizada pelo INPE. A imagem de satélite passou pelo processo de composição, onde houve a fusão entre as bandas 6-5 e 4, gerando uma nova imagem com falsa cor (resolução 30 m). Após esta etapa, buscou-se criar uma imagem de melhor resolução, assim, a imagem falsa cor foi fundida a banda 8 (pancromática), tendo como resultado uma nova imagem com resolução de 15 m. No processo de classificação dos tipos de uso da terra foram utilizadas as classes propostas com base no Manual Técnico de Uso da Terra do IBGE (2013).

Após definição das categorias, foi realizada a coleta de amostras de treinamento vetoriais das diferentes classes de uso do solo e realização da classificação supervisionada pelo método máxima verossimilhança.

Para avaliar a exatidão de algumas classes foram selecionadas amostras adotadas como verdade terrestre em imagem de alta resolução espacial referentes ao ano de 2019 disponível no Google Earth e para a validação das áreas identificadas foram realizadas saídas de campo no qual foram escolhidos dois pontos de verificação para cada classe identificada, os diversos polígonos gerados foram analisados e reclassificados quando necessário. A etapa posterior consistiu na tabulação dos dados de área das classes mapeadas referente aos períodos analisados. Ainda assim, durante os trabalhos de campo, no processo de observação da paisagem foram constatados que havia sido utilizado o método de fertirrigação na cultura da cana-de-açúcar.

Os dados climatológicos de precipitação pluviométrica utilizados neste trabalho foram obtidos junto a *National Aeronautics and Space Administration (NASA)* a partir do satélite *Tropical Rainfall Measuring Mission (TRMM)* (NASA, 2019). Os dados foram plotados a partir das coordenadas geográficas de cada seção amostral entre o período de 15/11/18 a 30/04/19 sendo utilizado posteriormente nas análises o acumulado em 10 dias antecedentes a amostragem.

Para obtenção da medida de vazão das seções foi efetuada as medições durante os trabalhos de campo que ocorreram em dezembro de 2018 e abril de 2019. Foram medidos os valores de largura total do canal, profundidade média para cada seção, três medidas para a velocidade do fluxo da água para obtenção do valor da velocidade média e o cálculo da área da seção transversal. As medições foram executadas com o auxílio de trena, régua, cronômetro e um flutuador. A vazão foi calculada através da média das velocidades de escoamento multiplicadas pela área de cada seção assim como apresentado por Cunha (1994) e Borges (2013).

As amostragens da água em campo foram coletadas manualmente, o tipo de amostragem foi pontual na camada superficial do canal fluvial, a coleta foi efetuada no centro da seção amostral utilizando recipiente plástico limpo atado a uma corda. As amostras foram armazenadas em frascos de polietileno (5L) previamente identificados e com enxágue da mesma amostra, na sequência foram preservadas em caixa de isopor até a chegada ao laboratório para realização das etapas posteriores, o método de amostragem e acondicionamento das amostras estão de acordo com o Guia Nacional de Coleta e Preservação de Amostras: água, sedimento, comunidades aquáticas e efluentes líquidos (CETESB, 2011). As determinações de alguns dos parâmetros analisados neste estudo foram realizadas *in loco* com o auxílio de equipamentos digitais portáteis previamente calibrados conforme a orientação do fabricante, dentre eles oxigênio dissolvido e temperatura da água (Hanna HI 9146-04); pH (Hanna HI 9126); turbidez (Hanna HI 98703) e condutividade elétrica (Tecnopon MCA 150P).

Durante o trabalho de laboratório foram quantificadas as concentrações do material em suspensão total (MST) além de sua fração orgânica (MSO) e fração inorgânica (MSI), fósforo total (PT) e nitrogênio amoniacal (NA). A partir das amostras de água coletadas em campo foi determinado a

concentração do material em suspensão pelo método gravimétrico descrito por Wetzel e Likens (1991). Para a aplicação do método foram utilizados microfiltros de fibra de vidro Whatman GF/C, com 0,47 mm de diâmetro e poros de 45 μ /cm.

No laboratório, 500 ml das amostras de água (não filtrada) coletada nas diferentes seções amostrais foram congeladas em freezer a (-20° C) em frascos de polietileno para posterior análise do fósforo total, segundo a metodologia de Mackereth, Heron e Talling (1978). Para análise de nutrientes dissolvidos (nitrogênio amoniacal), 500 ml de cada amostra foram filtradas em filtros GF/C Whatman com 45 μ m de porosidade e depois congeladas em freezer a (-20 °C) em frascos de polietileno para posterior análise que foi realizada de acordo com a metodologia de Koroleff (1976). Todos os procedimentos supracitados foram realizados no Laboratório de Tecnologia e Informação Espacial da Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” (UNESP), campus de Presidente Prudente-SP.

Findada as etapas de obtenção de dados, os valores de estatística descritiva das variáveis hidrológicas e limnológicas como a média, valores mínimos, valores máximos e coeficiente de variação foram calculados e tabelados por meio de planilhas eletrônicas. Posteriormente, os dados das variáveis climatológicas, hidrológicas e limnológicas juntamente com a área das classes de uso e cobertura da terra foram organizados, padronizados e submetidos à avaliação por intermédio de ferramentas estatísticas de análise multivariada.

Os dados brutos foram padronizados de acordo com a metodologia de Hair et al. (2009). Este método é amplamente utilizado para diminuição do efeito de escala entre as variáveis analisadas, desta maneira é permitido ao pesquisador comparar diretamente o efeito relativo de cada variável independente sobre a variável dependente (HAIR et al., 2009). A técnica de classificação hierárquica utilizada foi a análise de agrupamento (*Cluster Analysis*), processada a partir do método de ligação Average e a matriz de similaridade a partir da distância por correlação absoluta. O processamento desta análise e a elaboração do gráfico em formato de dendograma foi realizado através do software Minitab 15®, este software possui licença disponível para o Laboratório de Estatística Aplicada (LEA) da FCT/UNESP campus de Presidente Prudente.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A síntese dos resultados da análise das variáveis climatológicas estão apresentados na tabela 1. O total acumulado refere-se a precipitação total acumulada entre novembro de 2018 a abril de 2019, para este período os meses mais chuvosos foram novembro e fevereiro e os meses menos chuvosos foram abril e janeiro.

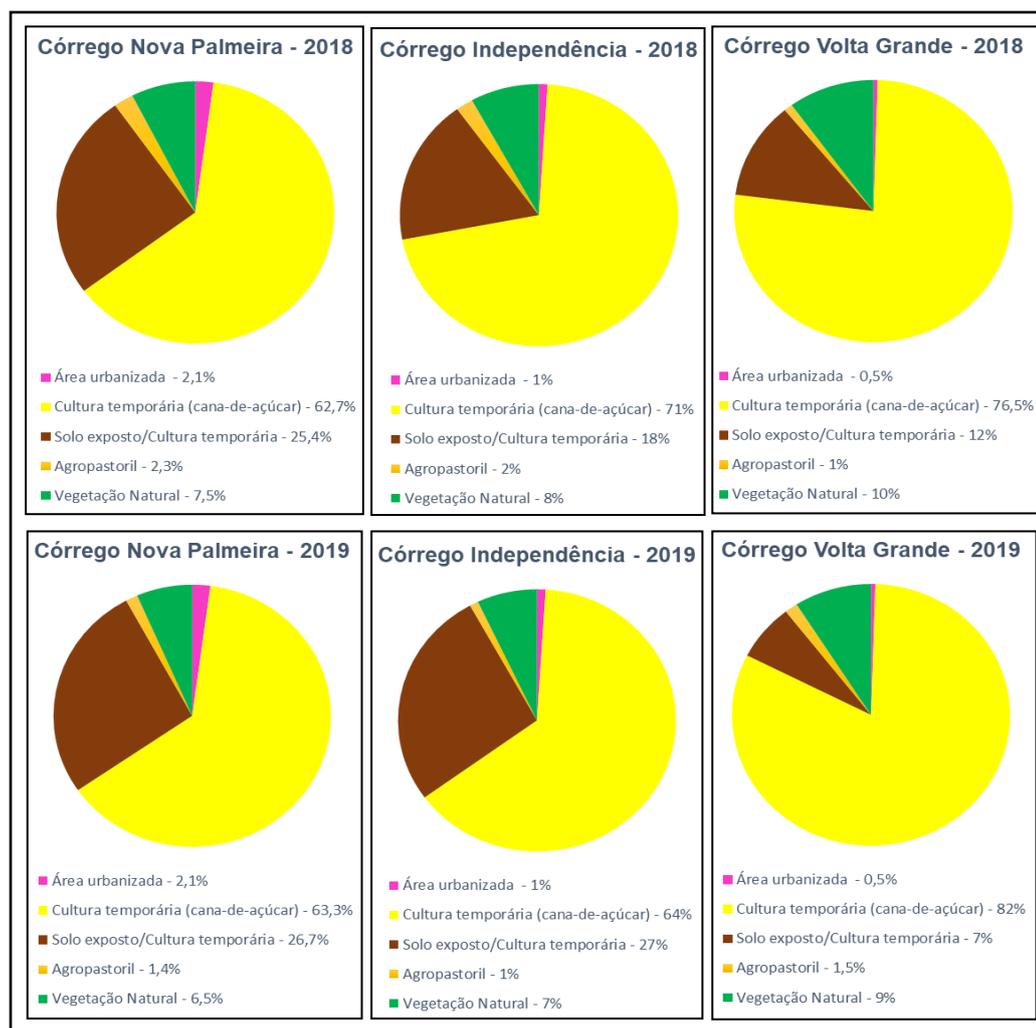
Tabela 1 - Oeste do Estado de São Paulo: Variáveis climatológicas.

Seção	Total acumulado	10 dias antecedentes (dez/2018)	10 dias antecedentes (abr/2019)
C1	761,96	34,92	4,25
C2	675,15	13,77	8,64
C3	698	8,64	23,52

Fonte - NASA (2019).

Em ambas as datas de trabalho de campo não houve ocorrência de chuva no dia da amostragem, no trabalho de campo de dezembro de 2018 foi registrada ocorrência de precipitação cinco dias antes da amostragem e no trabalho de campo de abril de 2019 foi registrada ocorrência de precipitação a sete dias antes da amostragem. A figura 2 apresenta o resultado da análise da cobertura da terra nas 3 bacias hidrográficas avaliadas.

Figura 1 - Oeste do Estado de São Paulo: Resultado da análise da cobertura da terra 2018-2019.



Fonte - Dados da pesquisa.

Os resultados mostraram que a cultura temporária da cana-de-açúcar é predominante nas três bacias hidrográficas sendo a bacia hidrográfica do córrego Volta Grande a área com maior predominância de cultivo. A área urbanizada/construída se mostrou menos predominante nas três bacias hidrográficas analisadas abrangendo não mais que 2% da área de cada bacia hidrográfica. Em relação aos períodos analisados os resultados demonstraram que houve uma diminuição da cobertura vegetal natural nas três bacias hidrográficas no ano de 2019 e uma diminuição na porcentagem de área agropastoril nas bacias dos córregos Nova Palmeira e Independência.

A cultura temporária (cana-de-açúcar) foi a classe predominante e está distribuída em toda a extensão da bacia hidrográfica do córrego Nova Palmeira, somando com a área de solo exposto em função do manejo da cultura é encontrado um total de 88,1% da área da bacia hidrográfica dominada pelo cultivo da cana-de-açúcar para a produção de etanol e açúcar.

De um total de 248 Km² de área a bacia hidrográfica do córrego Nova Palmeira tem apenas 18,7 Km² de vegetação florestal nativa, o que corresponde a 7,5% da área total, sendo reflexo do intenso desmatamento na área, uma vez que esta era originalmente coberta pela Floresta Estacional Semidecidual (IBGE, 2012). A classe agropastoril apresenta apenas 2,3% da totalidade da área englobando pequenas áreas de pastagem e áreas pouco expressivas de horticultura, fruticultura e silvicultura encontradas em pequenas propriedades entremeadas nas áreas do cultivo da cana-de-açúcar. A área urbanizada representa 2,1 % da área da bacia hidrográfica englobando frações do território dos municípios de Junqueirópolis, Dracena e Tupi Paulista.

Comparando os dois períodos é possível observar aumento nas classes cultura temporária (0,6%) e solo exposto (1,3%) e diminuição nas classes agropastoril (0,9%) e vegetação natural (1%). Na bacia hidrográfica do córrego Nova Palmeira as áreas de solo exposto representam as áreas de cultivo da cana-de-açúcar após a colheita, desta forma, apresentam variabilidade no decorrer do ano. A diminuição da classe agropastoril está relacionada com o aumento da classe cultura temporária em função da conversão de áreas de antigas pastagens em áreas de cultivo de cana-de-açúcar. A diminuição da vegetação natural pode estar relacionada as suas características naturais, por ser classificada como floresta estacional semidecidual, perde parte de suas folhas na estação seca. Nunes et al. (2013) relatam que a época do ano é um variável a ser considerada quando se trata de classificação supervisionada em áreas de floresta estacional semidecidual, desta forma, essa retração da vegetação pode ter influenciado o software no momento da classificação. Ainda assim, cabe salientar que não foram identificados fontes pontuais de desmatamento na análise das imagens. Para Trabaquini et al. (2017) o aumento das áreas de cultivo da cana-de-açúcar vem ocasionando forte pressão sobre os recursos naturais promovendo vários impactos, dentre eles a perda de solo pelo constante revolvimento em função do trato cultural, como também pelas mudanças físico-químicas e biológicas do solo que afetam diretamente os ambientes fluviais.

Como observado na figura 2 a cultura temporária (cana-de-açúcar) foi a classe predominante e está distribuída em toda a extensão da bacia hidrográfica do córrego Independência, somando com a área de solo exposto em função do manejo da cultura é encontrado um total de 89% da área da bacia hidrográfica dominada pelo cultivo da cana-de-açúcar para a produção de etanol e açúcar.

O uso de fertilizantes e pesticidas em geral é algo intrínseco quando se trata de uma monocultura, pois a necessidade da regeneração da produtividade e o controle de pragas é algo rotineiro a cada nova safra, essas práticas afetam todo o equilíbrio ecológico de uma determinada área, ainda assim não se pode esquecer dos processos de infiltração destes compostos químicos no solo no qual atingem as águas superficiais e subterrâneas que são essenciais para o abastecimento de água potável para as populações (MOURA, 2017).

De um total de 110,8 Km² de área a bacia hidrográfica do córrego Independência tem apenas 8,6 Km² de vegetação florestal nativa, o que corresponde a 8% da área total, esta vegetação natural corresponde majoritariamente a vegetação ripária dos canais fluviais que formam a bacia hidrográfica, possuindo poucos e inexpressivos fragmentos florestais. O porte dos fragmentos florestais está associado a capacidade de sustentação das populações e a variabilidade genética destas, em fragmentos menores o equilíbrio das relações ecológicas e dos processos biogeoquímicos são amplamente afetados (GOUVEIA et al., 2020).

A classe agropastoril apresenta apenas 2% da totalidade da área englobando pequenas áreas de pastagem encontradas em pequenas propriedades entremeadas nas áreas do cultivo da cana-de-açúcar. A área urbanizada representa 1% da área da bacia hidrográfica representada pelo perímetro urbano do município de Nova Independência-SP.

Comparando os dois períodos é possível observar aumento na classe solo exposto (9%) e diminuição nas classes agropastoril (1%), vegetação natural (1%) e cultura temporária (7%). A diminuição da cultura temporária está atrelada ao manejo da cultura devido a colheita, onde o solo fica exposto até o novo plantio.

Como observado na figura 2 a cultura temporária (cana-de-açúcar) foi a classe predominante e está distribuída em toda a extensão da bacia hidrográfica do córrego Volta Grande. De um total de 178,1 Km² de área a bacia hidrográfica do córrego Volta Grande tem apenas 17,9 Km² de vegetação florestal nativa, o que representa 10 % da área total, no qual corresponde em maior proporção aos fragmentos florestais distribuídos na área da bacia hidrográfica, ao se tratar da vegetação ripária foi possível constatar também muitas faixas onde há a deficiência e a interrupção desta vegetação ao longo dos corpos hídricos. Rodrigues et al. (2015) e Gouveia et al. (2020) elucidam a importância da vegetação ripária como um corredor ecológico, essa descontinuidade da vegetação impossibilita a circulação da fauna silvestre, com isso se reduz também a dispersão de sementes afetando também a taxa de reprodução e perpetuação de várias espécies e a proteção de materiais xenobióticos. A classe agropastoril apresenta apenas 1% da totalidade da área englobando pequenas áreas de pastagem, pequenas áreas com silvicultura e algumas áreas de cultivo de urucum em assentamentos localizados no interior desta bacia hidrográfica. A área construída representa 0,5% da área da bacia hidrográfica no qual corresponde a usina de açúcar e álcool Pedra Agroindustrial (Usina Ipê) unidade

de Nova Independência. Comparando os dois períodos é possível observar aumento na classe cultura temporária (5,5%) e agropastoril (0,5%) e diminuição nas classes vegetação natural (1%) e solo exposto (5%). A diminuição do solo exposto está atrelada ao o manejo da cultura temporária que reflete nos plantios realizados na área.

Quanto à análise das condições limnológicas e hidrológicas nos canais, os dados apresentaram maior coeficiente de variação (CV) nos parâmetros vazão, precipitação, nitrogênio amoniacal e fósforo total, menores coeficiente de variação foram registrados para o pH, condutividade elétrica da água, de acordo com Pimentel-Gomes (1987) dados que apresentam coeficiente de variação maior que 20% são considerados dados não homogêneos e menor que 20% dados homogêneos. Estes resultados estão apresentados na tabela 2.

Tabela 2 - Estatística descritiva das variáveis limnológicas.

Variáveis	Unidade	Média	Valor máximo	Valor mínimo	CV(%)	N*
Precipitação	mm	16,06	34,92	4,25	70,11	6
Vazão	m ³ /s	1,82	5,26	0,51	99,14	6
Oxigênio dissolvido	mg/L	5,70	7,15	3,71	24,99	6
Temperatura da água	°C	26	30,1	23,4	9,45	6
pH	pH	6,31	6,56	5,97	3,42	6
Turbidez	UNT	25,85	20,1	30,1	15,36	6
Condutividade elétrica	µs/cm	115,16	110	122,3	4,27	6
Fósforo total	µg/L	26,16	42,1	14,6	42,23	6
Nitrogênio amoniacal	µg/L	165,3	306,1	165,3	49,84	6
Material em suspensão total	mg/L	10,55	12,6	7,7	19,26	6
Fração Orgânica	mg/L	7,22	8,54	5,55	16,81	6
Fração Inorgânica	mg/L	3,32	4,05	1,79	26,91	6

N* (número de amostras)

Fonte - Dados da pesquisa.

Os níveis fluviométricos medidos nos canais fluviais estudados mostraram direta relação com a precipitação da bacia sendo mais elevados nos meses em que a precipitação acumulada foi maior, ou seja, maiores vazões em dezembro de 2018 e menores em abril de 2019. De acordo com Christofolletti (2017) na fase de elevação do nível das águas, no período da cheia e da enchente nos canais fluviais, o aumento da largura, profundidade do canal e da velocidade ocorre de forma gradativa conforme a entrada de água no sistema.

Nos sistemas fluviais, o fluxo de água é uma variável que influencia vários aspectos do ambiente do rio, afeta a forma do canal e a composição do substrato, o fluxo influencia fortemente a estrutura física e as forças hidráulicas que operam nos microhabitats bentônicos e próximos ao leito ocupados por grande parte da biota e é importante para interações ecológicas, taxas de transferência de energia e ciclagem de materiais. As condições de fluxo são importantes para os processos do ecossistema através da entrega de nutrientes e gases e remoção de resíduos, e possivelmente influenciando quais espécies ocorrem em um local (ALLAN ; CASTILLO, 2007).

A vazão é uma variável hidrológica que está relacionada às mudanças do clima e das condições ambientais, onde a presença ou a ausência de vegetação alteram diretamente o ciclo hidrológico e consequentemente a quantidade e qualidade da água nos canais fluviais (ANDRADE, 2014). Rocha e Santos (2018) discorrem que desde a década de 1970 vários estudos veem apontando alterações no regime hidrológico de canais fluviais na bacia do Alto Paraná que abrange o Oeste Paulista onde está inserida a bacia hidrográfica do rio Aguapeí.

Estes autores relatam que estas alterações no regime hidrológico nas bacias hidrográficas do Oeste Paulista estão relacionadas com a variabilidade climática e também com as atividades antrópicas que transformam a cobertura da terra, como os processos de desmatamento e inserção de ciclos de culturas e pecuária tem como consequência um aumento no escoamento superficial ocasionando maior variabilidade no fluxo de um canal fluvial. Os dados obtidos na análise do uso e cobertura da terra corroboram com estes autores de modo que a há a predominância da cultura temporária e pequenas áreas fragmentadas de cobertura vegetal natural.

O pH foi a variável que apresentou menor coeficiente de variação, pouca variação sazonal e espacial. Cole (1983) discorre que pequenas variações sazonais e espaciais nos valores de pH podem ser determinadas em função da presença de íons bicarbonatos e carbonatos que podem formar um sistema tampante.

As bacias hidrográficas dos três córregos analisados englobam em quase toda sua extensão os solos do tipo latossolo vermelho distrófico, estando os planossolos háplicos e os gleissolos háplicos limitados a proximidade da confluência com o rio Aguapeí. Os latossolos em geral possuem baixa fertilidade e baixa retenção de nutrientes, sendo mais susceptíveis a lixiviação (GONÇALVES, 2011), além de serem ligeiramente ácidos com pH entre 4,0 a 5,5 (FREITAS, 2015).

Assim como pH, a temperatura da água também registrou baixo coeficiente de variação. A temperatura da água é influenciada por diversos fatores em atuação simultânea tal como a altitude, latitude, cobertura vegetal circundante do corpo d'água bem como pelas características climáticas sazonais, variações ao longo do dia, além da quantidade de fluxo e a profundidade do canal (DOMINGOS, 2002; ROCHA e MARTIN, 2005).

A condutividade elétrica apresentou um coeficiente de variação de 4,27%, no qual registrou menores valores na seção localizada no córrego Nova Independência. Estudos realizados por Tundisi e Matsumara-Tundisi (2010) comparam as características limnológicas da água em trechos de um mesmo rio comparando uma seção com vegetação ripária protegida e outra com vegetação desmatada e uso intenso do solo. O aumento na condutividade elétrica da água, turbidez, amônia, fósforo total e nitrogênio total foi evidenciado como resultado de remoção da vegetação e degradação da bacia hidrográfica.

As seções localizadas nos córregos Independência e Volta Grande registraram aumento da condutividade elétrica em abril. Oliveira (2003) ao analisar o córrego Cancã também observou maiores valores de condutividade elétrica em sua amostragem de abril e menores em novembro. A autora relaciona a diluição ocorrida pela maior entrada de volumes de água ocasionada pela precipitação pluviométrica.

Nos rios tropicais, os valores de condutividade elétrica de acordo com Esteves (1998), estão relacionados com as características geoquímicas e climáticas. A concentração iônica é aproximadamente duas vezes maior em rios que drenam terrenos sedimentares em comparação com terrenos ígneos e metamórficos, devido à resistência diferencial das rochas ao intemperismo (ALLAN e CASTILLO, 2007). As bacias hidrográficas dos córregos estudados se encontram majoritariamente inseridas na Formação Santo Anastácio (rocha sedimentar), formação geológica esta que, segundo Silva (2015), é constituída abundantemente por ferro e alumínio, exímios condutores de eletricidade.

As concentrações de oxigênio dissolvido variaram entre 3,71 e 7,15 mg/L apontando coeficiente de variação de 24,99%. O oxigênio dissolvido é um parâmetro capaz de indicar a capacidade de um corpo d'água natural em manter a vida aquática, onde para isso os valores recomendados devem ser ≥ 5 mg/L (CETESB, 2017). De acordo com este critério, as seções que apresentaram valores

menores que o recomendado foi a seção localizada no córrego Independência em ambas amostragens.

Moccellin (2010) discorre que as concentrações menores do oxigênio dissolvido podem ser explicadas pelos processos de decomposição que podem estar ocorrendo neste ambiente. Oliveira (2003) encontrou valores mais baixos em amostragens na época de estiagem, associando a menor diluição de poluentes com a redução do volume de água nos canais fluviais.

Outro fator que interfere nas concentrações de oxigênio dissolvido nos canais fluviais envolve as características hidráulicas do canal, no qual maiores valores de velocidade e vazão auxiliam na reintrodução do oxigênio atmosférico nas águas do canal fluvial (GARCIA, 2013). Esta afirmação corrobora com os resultados encontrados na amostragem de dezembro onde foram registrados maiores volumes de vazão e maiores concentrações de oxigênio dissolvido.

As concentrações do nitrogênio amoniacal variaram entre 64,5 a 306,1 $\mu\text{g/L}$, apresentando um coeficiente de variação de 49,84%, esta variável apresentou maiores concentrações em abril em todas as seções amostradas. Benassi (2002) relatou resultados semelhantes, onde as maiores concentrações de nitrogênio amoniacal foram observadas na estiagem; a autora relacionou as maiores concentrações do nitrogênio amoniacal com as menores incidências de precipitação cujo efeito diluidor no corpo hídrico foi diminuído, evidenciando que em sua área de estudo a entrada do nitrogênio amoniacal estaria entrando no sistema através de fontes pontuais.

Para Esteves (1998), os maiores valores de nitrogênio na época de estiagem podem ser consequência dos processos de decomposição da matéria orgânica, que libera compostos nitrogenados. Furtado (2005), acrescenta que a maior taxa de decomposição que ocorre neste período resulta do baixo nível da água e diminuição do fluxo, que favorece os processos de decomposição da matéria orgânica carregada no canal fluvial.

O fósforo total obteve um coeficiente de variação de 42,23% registrando maiores concentrações na seção localizada no córrego Independência. A concentração total de fósforo na maioria das águas superficiais não contaminadas situa-se entre 10-50 $\mu\text{g/L}^{-1}$, no entanto, a variação é alta e pode estar relacionada às características da geologia regional (WETZEL, 2001).

O principal reservatório de fósforo no ambiente são as rochas e os sedimentos, sendo o fósforo liberado lentamente pela ação dos fatores climatológicos e em águas não poluídas geralmente é escasso. Os níveis de fósforo são geralmente mais altos nas regiões que drenam os depósitos de rochas sedimentares e baixos nas regiões do leito rochoso cristalino (ALLAN e CASTILLO, 2007).

A turbidez apresentou coeficiente de variação de 15,33% sendo os maiores valores registrados para a seção localizada no córrego Nova Palmeira. Gonçalves (2011) discorre que o aumento da turbidez em um canal fluvial está relacionado a intensas precipitações no qual aumentam o carreamento de partículas para o canal como também que os valores tendem a aumentar conforme o canal se aproximava da foz onde o relevo se apresenta mais plano com colinas e planícies aluviais.

O material em suspensão total apresentou coeficiente de variação de 19,26%. A carga de material em suspensão total não demonstrou sazonalidade definida e foi muito variável entre as seções e as amostragens. Diante dos resultados obtidos para esta variável é possível resgatar as considerações de Poole (2002) onde os rios são considerados sistemas ímpares, formados pela interação de atributos bióticos e abióticos além das intervenções antrópicas que atuam na caracterização de cada segmento do canal fluvial. Ainda assim, cabe resgatar também as considerações de Montgomery (1999) no qual discorre que a concentração material em suspensão total é influenciada pela geologia, o uso do solo e os fatores climatológicos que podem diferir em rios em uma mesma bacia hidrográfica.

A maior fração orgânica do material em suspensão foi registrada em todas as seções nas duas amostragens. Os canais fluviais com maior carga de material em suspensão inorgânico remetem a maior contribuição da litologia da bacia hidrográfica e menor contribuição de matéria orgânica de origem detrital (COGO, 2005). Porém, a carga de material em suspensão das seções amostradas revela características reversas, demonstrando menor contribuição da litologia e maior contribuição de carga detrital.

A vegetação circundante juntamente com os diversos componentes bióticos atrelados a estes ambientes são os fatores naturais que mais contribuem para o fornecimento da matéria orgânica encontrada nos canais fluviais (RIOS e CALIJURI, 1995). Calijuri et al. (1999) discorrem que o

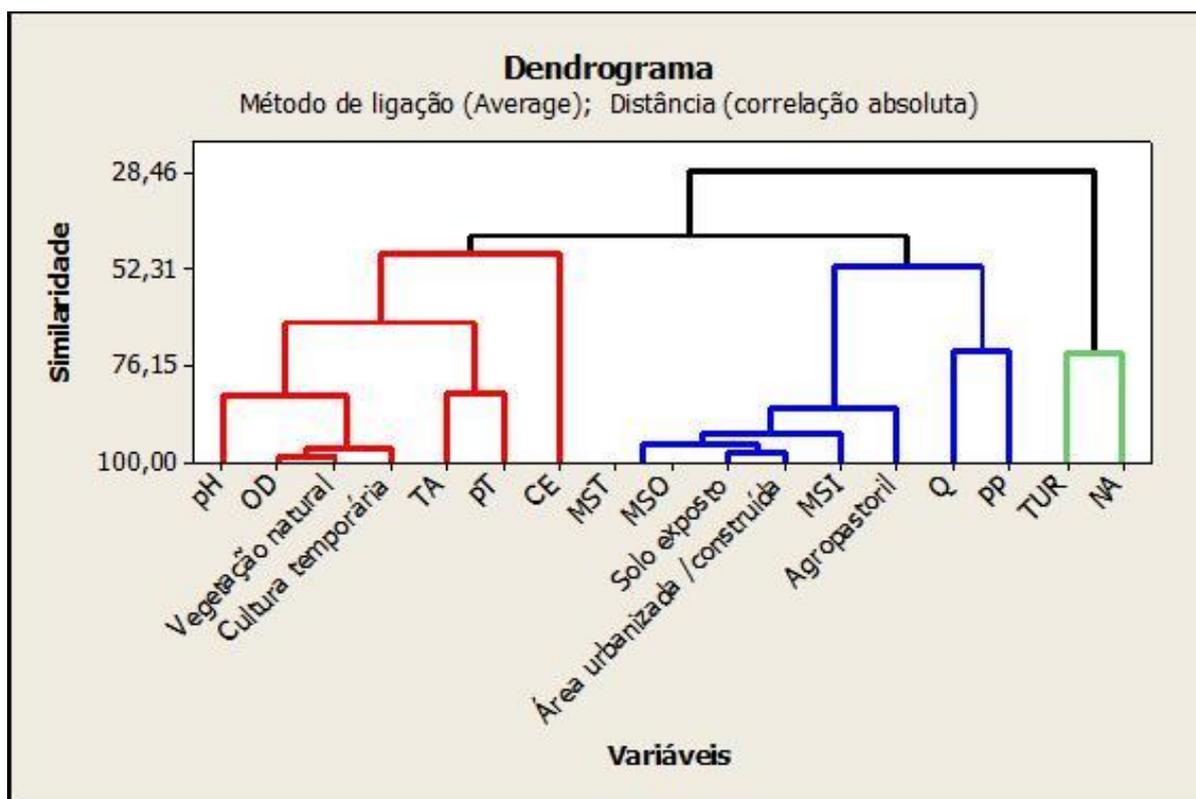
material inorgânico em suspensão serve de substrato para as bactérias na coluna d'água, onde estas aumentam sua taxa de crescimento em função das altas temperaturas ocasionadas na época que ocorre maiores índices pluviométricos, logo, nesta época é comum encontrar maiores valores de fração orgânica no material em suspensão devido ao crescimento dos microrganismos como também pela entrada de matéria orgânica pelo escoamento superficial e pela menor oxigenação da coluna d'água.

Além do aporte natural de matéria orgânica, atividades antrópicas como o desmatamento, agricultura e agropecuária sem práticas de manejo adequada, urbanização e atividades industriais são atividades que geram efluentes ricos em matéria orgânica contribuindo para o aumento da carga orgânica nos ambientes aquáticos (REIFFARTH et al., 2016).

Em seus estudos Argenton (2004) analisando alguns canais fluviais na região de Brotas-SP e Itirapina-SP também encontrou maiores frações orgânicas no material em suspensão, (superior a 50%) e atribui esse ocorrido em função da pluviosidade que promoveu o carreamento de materiais alóctones para o sistema.

Com o objetivo de analisar a relação entre as variáveis limnológicas e as classes de uso do solo e cobertura da terra nas bacias hidrográficas dos três córregos monitorados foi realizada a análise de cluster entre as variáveis limnológicas e as classes de uso do solo e cobertura da terra, o resultado da análise está representado em forma de dendrograma na figura 3.

Figura 3 - Dendrograma da análise de cluster entre as variáveis limnológicas e as classes de uso do solo e cobertura da terra.



*OD (oxigênio dissolvido), TA (temperatura da água), PT (fósforo total), CE (condutividade elétrica), MST (material em suspensão total), MSO (fração orgânica do material em suspensão), MSI (fração inorgânica do material em suspensão), Q (vazão), PP (precipitação pluviométrica), TUR (turbidez), NA (nitrogênio amoniacal).

Fonte - Dados da pesquisa.

Observando o dendrograma ilustrado pela figura 3, podem ser diferenciados 3 grupos. O primeiro grupo, destacado em vermelho no dendrograma, foi composto pelas classes vegetação natural e cultura temporária estando ligadas as variáveis pH, oxigênio dissolvido, temperatura da água, fósforo

total e condutividade elétrica. O segundo grupo, destacado pela cor azul no dendograma, resultou do agrupamento entre as classes solo exposto, área urbanizada/construída e agropastoril juntamente com as variáveis limnológicas material em suspensão total e suas frações orgânicas e inorgânicas, vazão e precipitação. O terceiro grupo, destacado na cor verde no dendograma resultou na associação das variáveis limnológicas turbidez e nitrogênio amoniacal no qual não se agruparam diretamente com nenhuma classe de uso do solo e cobertura da terra.

Frascareli et al. (2015) encontram agrupamentos semelhantes entre as classes de uso do solo e as variáveis limnológicas. No estudo destes autores, as variáveis pH, oxigênio dissolvido e condutividade elétrica se agruparam com as áreas de agricultura; o solo exposto e as áreas urbanas estiveram agrupadas com o material em suspensão total e o fósforo total esteve mais próximo dos remanescentes florestais. Araújo et al. (2019) também encontraram agrupamento entre as áreas de cultura temporária e a condutividade elétrica. No estudo conduzido por Simonetti; Silva e Rosa (2019) os autores encontraram agrupamento entre as áreas agrícolas e o fósforo total.

Durante os trabalhos de campo ao percorrer as estradas rurais que dão acesso às seções monitoradas foram identificados muitos pontos de armazenamento e aplicação de vinhaça no entorno das seções devido à grande parte da ocupação das bacias pelo cultivo da cana-de-açúcar. A vinhaça é um resíduo gerado decorrente da produção do álcool, utilizado nas lavouras de cana-de-açúcar como fertilizante, este efluente é caracterizado por ser um líquido de odor forte, coloração marrom-escuro, baixo pH, alto teor de potássio e com alta demanda bioquímica de oxigênio (DBO), ou seja, com alta carga de matéria orgânica contida no efluente sendo um material altamente poluidor (SILVA et al., 2014).

Os compostos químicos componentes da vinhaça quando aplicados em solos bem drenados como os Latossolos, podem percolar e atingir o lençol freático levando à contaminação das águas subterrâneas. No transporte desses compostos através dos solos, eles podem ser adsorvidos por constituintes da fração sólida ou serem lixiviados quando alcançam o limite de saturação do solo e desta forma, atingem as águas superficiais. O risco potencial de contaminação do lençol freático e das águas superficiais depende, dessa forma, das quantidades de vinhaça aplicada, da dinâmica hidrológica e das características químicas dos solos (BARBALHO e CAMPOS, 2010).

A partir destas considerações é possível relacionar o agrupamento da classe cultura temporária/cana-de-açúcar com as variáveis pH e oxigênio dissolvido encontradas no primeiro grupo visto que a vinhaça é um composto rico em matéria orgânica no qual é responsável pelo consumo de oxigênio dissolvido para sua decomposição influenciando também os valores de pH.

A classe vegetação natural também esteve próxima das variáveis pH e oxigênio dissolvido, a decomposição da matéria orgânica de origem autóctone oriunda da vegetação ripária também é um fator que influencia as relações entre pH e oxigênio dissolvido nos canais fluviais além dos efeitos dos pulsos hidrológicos e a conectividade com a planície de inundação no momento das cheias.

As classes cultura temporária e vegetação natural também estiveram próximas a variável fósforo total e da condutividade elétrica. A agricultura é uma das principais fontes de fósforo nos ecossistemas aquáticos devido ao uso em larga escala de fertilizantes, herbicidas e pesticidas (MEYBECK, 2009; VAROL et al., 2011; LOLLO, 2016; CAIN et al., 2018; LIU et al., 2020). Sobre as relações entre o fósforo total e a vegetação natural os autores Allan e Castillo (2007) apontam que o dossel da floresta ripária também é uma fonte significativa de fósforo para o canal fluvial, isto ocorre devido a lixiviação ocasionada pela água das chuvas que escorre pelas superfícies da vegetação.

Em partes relativamente imperturbadas do alto rio Severn, no País de Gales, Reino Unido, as concentrações de fósforo total mensuradas no escoamento do fluxo pelo caule foram evidentemente mais altas do que as observadas na água da chuva, ilustrando a forte influência do dossel da vegetação (ALLAN e CASTILLO, 2007).

Baker (2006) aponta que em áreas agrícolas com o predomínio do cultivo da cana-de-açúcar foram observadas correlações entre os íons de cálcio e magnésio dissolvidos, alcalinidade e pH, todos se correlacionaram com a adição de cal a solos lixiviados nas bacias hidrográficas para melhorar a produtividade agrícola. Neste sentido, esta consideração apontada reflete a influência das áreas de cultura temporária sobre as variáveis condutividade elétrica e pH.

Em áreas de cultivo da cana-de-açúcar no oeste paulista foram observadas por Gonçalves; Rocha; Ferreira (2011) alterações em parâmetros físicos e químicos nos canais fluviais como o aumento da condutividade elétrica.

O segundo grupo formado onde estão as classes solo exposto, área urbanizada/construída e agropastoril são caracterizadas pelo baixo adensamento de vegetação como também pela ausência de vegetação em algumas áreas. Deste modo, unidos aos fenômenos de precipitação pluviométrica, essas áreas são mais susceptíveis a entrada de materiais pela ação do escoamento superficial, a lixiviação dos solos e a entrada de poluentes diversos por fontes difusas advinda das áreas urbanas (SCHNEIDER et al., 2011; HUANG et al., 2013; LOLLO, 2016).

As áreas de solo exposto e pastagem por não possuírem uma cobertura vegetal densa e de porte arbóreo apresentam maior susceptibilidade aos processos erosivos e ao carreamento de materiais e substâncias e com isso acarretando problemas como o assoreamento dos canais fluviais e dificultando os processos de infiltração e recarga dos aquíferos (RODRIGUES; COSTA; BOIN, 2015). Dentre os vários tipos de uso e cobertura da terra em uma bacia hidrográfica, a proximidade do uso urbano a diferentes canais fluviais configura uma importante fonte de impactos; estas transformações nos canais fluviais podem decorrer do escoamento das áreas urbanas a partir do carreamento de diferentes tipos de componentes sólidos e substâncias dissolvidas relacionadas aos tipos de atividades humanas desenvolvidas na extensão da área urbana. Ainda assim, existe a problemática dos efluentes domésticos e industriais parcialmente ou não tratados que são direcionados aos canais fluviais nas proximidades das áreas urbanas (BOLMANN e MARQUES, 2006; LOLLO, 2016).

Uma teoria ecológica amplamente discutida sobre o funcionamento dos ecossistemas lóticos é a teoria da Descontinuidade Serial (WARD e STANFORD, 1983). A possível aplicação deste conceito sobre os canais fluviais estudados pode estar relacionada com as descontinuidades provocadas pela entrada de fontes pontuais de poluição. O córrego Independência à montante de seção C3 recebe os efluentes gerados pelo município de Nova Independência-SP, os baixos valores de oxigênio dissolvido e pH juntamente com as elevadas concentrações de fósforo total e nitrogênio amoniacal demonstram uma sobrecarga no efeito de autodepuração deste canal fluvial. O córrego Volta Grande também recebe fontes pontuais de esgotos sanitários oriundos de um Centro de Detenção Provisória localizado à montante da seção C2. Por estar sendo despejado dentro da zona de amortecimento do Parque Estadual do Aguapeí, no processo de licenciamento ambiental do empreendimento foi exigido que houvesse um tratamento mais eficiente deste efluente antes de ser despejado no córrego (CORREA, 2020).

O terceiro agrupamento formado pelas variáveis turbidez e nitrogênio amoniacal permite duas interpretações distintas, a primeira remete que estas duas variáveis influenciam igualmente todas as classes de uso elencadas por isso não se agruparam especificamente com nenhuma classe. A literatura mostra que o aumento destas duas variáveis nos canais fluviais é amplamente influenciada pelas classes de áreas agrícolas como um todo e também pela poluição oriunda das áreas urbanizadas (BAKER, 2006; SCHNEIDER et al., 2011; LOLLO, 2016; CAIN et al., 2018; LIU et al., 2020). Para Simedo et al. (2018) a concentração de nitrogênio amoniacal na água pode ainda ser influenciada pelo uso de sulfato de amônia em práticas agrícolas como ainda ter uma pequena contribuição em função de urina e fezes de animais que se aproximam dos corpos d'água.

A segunda interpretação pode sugerir que as estas duas variáveis podem estar sendo influenciadas por processos intrínsecos e naturais do sistema ou ainda que possa também ter a influência de fatores pontuais como a entrada de efluentes, visto que essas duas variáveis limnológicas apresentaram aumento em suas concentrações na amostragem de abril em todas as seções monitoradas, momento este que os níveis fluviométricos foram menores e que também não havia ocorrência de precipitação pluviométrica há seis dias antecedentes a amostragem de abril.

De modo que a turbidez não é apenas uma medida indireta de sedimentos em suspensão, podendo ser ocasionada também por algas e matéria coloidal presente nos canais fluviais (ALLAN e CASTILLO, 2007). Em corpos d'água desconectados, a turbidez pode ser elevada principalmente pelo desenvolvimento do fitoplâncton que é controlado pelo conteúdo de nutrientes da água, a alta disponibilidade de nutrientes promove o desenvolvimento do fitoplâncton, bem como o crescimento de plantas livres, que diminuem a penetração de luz no fundo, aumentando a turbidez e dificultando a colonização por espécies enraizadas (AMOROS e BORNETTE, 2002).

A entrada de nutrientes na camada eufótica também ocorre a partir de camadas de água mais profundas por causa da circulação vertical, ou seja, pela contribuição e movimento das águas subterrâneas, em níveis fluviométricos e profundidade menores, a transparência diminui devido à mistura induzida pelo vento e pelos peixes, que agitam a camada de sedimentos superficiais, altos níveis de nutrientes e baixas profundidades de água resultam em altas densidades de fitoplâncton (PUTZ e JUNK, 1997).

CONSIDERAÇÕES FINAIS

O ordenamento das classes de uso do solo e cobertura da terra nas bacias hidrográficas dos córregos Nova Palmeira, Independência e Volta Grande se mostrou similar, tendo menos de 20% de cobertura vegetal natural e tendo como classe predominante a cultura temporária da cana-de-açúcar ocupando em torno de 70% da área das três bacias hidrográficas destes canais.

Este cenário reflete nos corpos d'água estudados uma fração mais elevada de matéria orgânica no material em suspensão com grande possibilidade de ser oriundos das práticas de fertirrigação, bem como outros fatores como o lançamento de efluentes e a poluição difusa; a condutividade elétrica elevada reflete este cenário, visto que problemas ambientais como os processos erosivos, ausência de cobertura vegetal e práticas agrícolas inadequadas são assuntos discutidos a muito tempo no âmbito do Comitê das Bacias Hidrográficas dos rios Aguapeí e Peixe.

No que tange as variáveis hidrológicas, estas apresentaram direta relação com os fatores climatológicos onde as maiores profundidades, larguras e vazões foram registradas na amostragem de dezembro, período este onde ocorrem os maiores índices pluviométricos em função das chuvas de verão.

A partir dos resultados encontrados com a pesquisa vale salientar a necessidade de algumas melhorias que possam auxiliar o não agravamento de problemas ambientais que possam impactar os recursos naturais encontrados no Parque Estadual do Aguapeí, ações como a recomposição da vegetação ripária principalmente em locais que apresentam falhas e descontinuidades entre a vegetação, como também avaliando a possibilidade de conectividade com os fragmentos florestais mais próximos; tratamento de efluentes urbanos mais eficientes; elaboração de um plano de monitoramento constante para os canais fluviais que deságuam na zona de amortecimento do Parque, bem como o acompanhamento dos efeitos do uso, cobertura da terra e do manejo da terra nas bacias hidrográficas destes canais fluviais.

REFERÊNCIAS

- ALLAN, J. D.; CASTILLO, M. M. **Stream Ecology: Structure and function of running waters**. 2ª ed. Netherlands: Springer, 2007. 436 p. <https://doi.org/10.1007/978-1-4020-5583-6>
- AMOROS, C.; BORNETTE, G. Connectivity and biocomplexity in waterbodies of riverine floodplains. **Freshwater Biology**, v. 47, p. 761–776, 2002. <https://doi.org/10.1046/j.1365-2427.2002.00905.x>
- ANDRADE, L. N.; LEITE, M. G. P.; BACELLAR, L. A. P. Influência geológica em assinaturas químicas das águas e solos do Parque Estadual do Itacolomi, Minas Gerais. **Revista Escola de Minas**, v. 62, n.2, p. 147-154, 2009. <https://doi.org/10.1590/S0370-44672009000200005>
- ANDRADE, L. F. Análise espaço-temporal do escoamento fluvial nas bacias hidrográficas dos rios Aguapeí e Peixe, Oeste Paulista, Brasil. **Dissertação** (Mestrado em Geografia) - Presidente Prudente: UNESP. 2014.
- ARAÚJO, R. R. de.; LEAL, A. C.; SILVA, S. D.; SANTOS, A. A. Uso e cobertura da terra e as águas na bacia hidrográfica do rio Santo Anastácio – São Paulo/Brasil. In FAGUNDES, B.; LEAL, A. C.; DIAS, L. S. (Orgs). **Água: conceitos, metodologias e práticas**. 1ª ed. Tupã-SP: ANAP, 2019. cap. 07, p. 128-148.
- ARGENTON, E. C. Limnologia, balneabilidade e impactos ambientais: uma análise temporal e espacial na represa do Lobo (Broa), Itirapina/Brotas - SP. **Dissertação** (Mestrado em Ciências da Engenharia Ambiental) - São Carlos: EESC-USP. 2004.
- BAKER, A. Land use and water quality. In: **Encyclopedia of Hydrological Sciences**, cap. 188, 2006. <https://doi.org/10.1002/0470848944.hsa195>
- BARBALHO, M.G da S; CAMPOS, A.B. Vulnerabilidade natural dos solos e águas do Estado de Goiás à contaminação por vinhaça utilizada na fertirrigação da cultura de cana-de-açúcar. **Boletim Goiano de Geografia**, v.30, n.1, p. 155-170, 2010. <https://doi.org/10.5216/bgg.v30i1.11202>

BENASSI, S. F. Estudo das variáveis limnológicas e do processo de autodepuração na “descontinuidade serial” do Ribeirão Bonito (SP). **Dissertação** (Mestrado em Hidráulica e Saneamento) - São Carlos: EESC-USP. 2002.

BOIN, M. N. Chuvas e erosões no oeste paulista: uma análise climatológica aplicada. **Tese** (Doutorado em Geociências e Meio Ambiente). – Rio Claro: UNESP. 2000.

BOLLMANN, H. A.; MARQUES, D. M. L.M. Influência da densidade populacional nas relações entre matéria orgânica carbonácea, nitrogênio e fósforo em rios urbanos situados em áreas com baixa cobertura sanitária. **Engenharia Sanitária e Ambiental**, v. 11, n.4, p.343-352, 2006.

<https://doi.org/10.1590/S1413-41522006000400007>

BORGES, A. C. **Topografia aplicada à engenharia civil/ volume 2**. 2ª ed. São Paulo: Bluncher, 2013. 216 p. 2013.

CAIN, M. L.; BOWMAN, W. D.; HACKER, S. D. **Ecologia**. 3. ed. Porto Alegre: Artmed, 2018, 720 p.

CALIJURI, M. C.; DEBERDT, G. L. B.; MINOTI, R. T. A produtividade primária pelo fitoplâncton na Represa de Salto Grande (Americana – SP). In: HENRY, R. (org). **Ecologia de Reservatórios: Estrutura, Função e Aspectos Sociais**. Botucatu: FUNDIBIO FAPESP, 1999, p. 109-148.

CETESB- COMPANHIA AMBIENTAL DO ESTADO DE SÃO PAULO. **Guia nacional de coleta e preservação de amostras: água, sedimento, comunidades aquáticas e efluentes líquidos**. Organizadores: Carlos Jesus Brandão et al. São Paulo: CETESB; Brasília: ANA, 2011.

CETESB - COMPANHIA AMBIENTAL DO ESTADO DE SÃO PAULO. Significado ambiental e sanitário das variáveis de qualidade das águas. São Paulo: CETESB, 2017. Disponível em: <https://cetesb.sp.gov.br/aguas-interiores/publicacoes-e-relatorios/>. Acessado em: 22 agost. 2022.

CHRISTOFOLETTI, A. **Geomorfologia**. 2ª edição – São Paulo: Bluncher, 2017. 191 p.

COGO, M.C. O papel dos sedimentos em suspensão no metabolismo de rios de micro e mesoescala no Estado de Rondônia. **Dissertação** (Mestrado em Ecologia de Agroecossistema) – Piracicaba: ESALQ-USP. 2005.

COLE, G.A. **Textbook of limnology**. 3 ed. London: C.V. Mosby Company, 1983.

COMITÊ DAS BACIAS HIDROGRÁFICAS DOS RIOS AGUAPEÍ E PEIXE, 1997. Relatório de situação dos recursos hídricos das UGRHs 20 e 21 (relatório zero-1997). Disponível em: <http://cbhap.org/publicacoes/relatorioz/>. Acessado em 30 abr. 2019.

COMITÊ DAS BACIAS HIDROGRÁFICAS DOS RIOS AGUAPEÍ E PEIXE, 2008. Plano das bacias dos rios Aguapeí e Peixe. Caderno Síntese das Bacias dos Rios Aguapeí e Peixe, CBH-AP. Marília-SP. Disponível em: <http://cbhap.org/publicacoes/pbh/>. Acesso em: 29 mar. 2018.

CORREA, A.R. Estudo das características limnológicas da água no Parque Estadual do Aguapeí e em canais fluviais em sua zona de amortecimento. **Dissertação** (Mestrado Profissional em Geografia) – Presidente Prudente: FCT-UNESP. 2020.

CUNHA, S. B. da. Geomorfologia fluvial. In: GUERRA, A. J. T.; CUNHA, S. B da. **Geomorfologia: uma atualização de bases e conceitos**. 4. ed., Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 1994. 211-252 p.

DOMINGOS, M.D. Limnologia do rio Betari (Iporanga, SP) e a relação com o estado de conservação de sua bacia hidrográfica – subsídios para o desenvolvimento sustentável. **Tese** (Doutorado em Ciências da Engenharia Ambiental) – São Carlos: EESC-USP. 2002.

ESTEVES, F. A. **Fundamentos de limnologia**. 2. ed. Rio de Janeiro: Interciência, 1998, 602 p.

FILIZOLA, N.; GUYOT, J. L. Fluxo de sedimentos em suspensão nos rios da Amazônia. **Revista Brasileira de Geociências**, v.41, n. 4, p. 566-576, 2011. <https://doi.org/10.25249/0375-7536.2011414566576>

FRASCARELI, D.; BEGHELLI, F. G. S.; SILVA, S. C.; CARLOS, V. M. Heterogeneidade espacial e temporal de variáveis limnológicas no reservatório de Itupararanga associadas com o uso do solo na Bacia do Alto Sorocaba-SP. **Ambiente & Água**, v.10, n.4, p. 770-781, 2015.

<https://doi.org/10.4136/ambi-agua.1715>

FREITAS, F. A. Qualidade da água e uso da terra na Bacia de Contribuição da Represa de São Pedro, Juiz de Fora - MG. **Dissertação** (Mestrado em Ecologia Aplicada ao Manejo e Conservação de Recursos Naturais) – Juiz de Fora: UFJF 2015.

FURTADO, C.M. Caracterização limnológica e avaliação da qualidade da água de um trecho urbano do rio Acre, Rio Branco - AC, Brasil. **Dissertação** (Mestrado em Ecologia e Manejo de Recursos Naturais) - Rio Branco: UFAC, 2005.

GARCIA, J. A qualidade da água, o processo de autodepuração e a proposição de cenários para gerenciamento sustentável do rio Sorocamirim (SP). **Dissertação** (Mestrado em Engenharia Hidráulica e Saneamento) – São Carlos: EESC-USP. 2013.

GONÇALVES, F. Interações entre o ambiente físico, a cobertura da terra e as características físicas e químicas no canal fluvial: a bacia hidrográfica do rio Santo Anastácio, Oeste Paulista (dez, 2009 – dez. 2010). **Dissertação** (Mestrado em Geografia) – Presidente Prudente: UNESP. 2011.

GONÇALVES, F., ROCHA, P. C., FERREIRA, C. C. Uso e ocupação da terra e suas influências em parâmetros químicos e físicos da água da bacia hidrográfica do rio Santo Anastácio, Oeste Paulista. In: **Anais do XV Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto**. Curitiba, 30 de abr, 2011.

GOUVEIA, J. M. C.; GOUVEIA, I. C. M. C.; GOUVEIA, M. A. C.; GUIMARÃES, R. B. Diagnóstico dos fragmentos florestais remanescentes na Área de Proteção Ambiental do Timburi – Presidente Prudente/SP, a partir de avaliação quali-quantitativa. In: VI Workshop Internacional sobre Planejamento e Desenvolvimento Sustentável em Bacias Hidrográficas, 2019, Manaus. Anais. Boa Vista: **Editora da UFRR**, 2020. p.456-467.

HAIR, J. J. F.; BLACK, W. C.; BABIN, B; ANDERSON, R. E.; TATHAM, R. L.; **Análise multivariada de dados**. 6.ed. Porto Alegre: Bookman, 2009. 682 p.

HUANG, J.; ZHAN, J.; YAN, H.; WU, F.; DENG, X. Evaluation of the impacts of land use on water quality: a case study in the Chaohu lake basin. **The Scientific World Journal**, v. 2013, p. 01-07, 2013. <https://doi.org/10.1155/2013/329187>

IBGE. Manual Técnico de Vegetação Brasileira. **Manual Técnico em Geociências n.1**, 2ª edição. Rio de Janeiro, 2012, 271 p.

IBGE. Manual Técnico de Uso da Terra. **Manual Técnico em Geociências n.7**, 3ª edição. Rio de Janeiro, 2013, 171 p.

INÁCIO, P; LEWINSOHN, T; CARMO, R.L.; HOGAN, D. J. Ordenação multivariada na ecologia e seu uso em ciências ambientais. **Ambiente & Sociedade**, .10, p.69-83, 2002.

<https://doi.org/10.1590/S1414-753X2002000100005>

INPE - Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais. **Banco de Dados Geomorfométricos do Brasil**. 2019. Disponível em: <http://www.dsr.inpe.br/topodata/> Acesso em: março de 2019.

INPE - Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais. **Divisão de Geração de Imagens**. 2020. Disponível em [https:// http://www.dgi.inpe.br/CDSR/](https://http://www.dgi.inpe.br/CDSR/) Acesso em: fevereiro de 2020.

KOROLEFF, F. Determination of nutrients. In: GRASSHOFF, K (Ed.). **Methods of seawater analysis**. New York: Verlag Chemie Weinheim, 1976, p. 117-181.

LANDIM, P. M. B. **Análise Estatística de Dados Geológicos Multivariados**. São Paulo: Oficina de Textos, 2011, 208 p. LIU, Y.; LI, H.; CUI, G.; CAO, Y. Water quality attribution and simulation of non-point source pollution load flux in the Hulan river basin. **Scientific Reports**, v.10, n.3012, p.01-15, 2020. <https://doi.org/10.1038/s41598-020-59980-7>

LOLLO, J. A. A influência do uso e ocupação do solo na qualidade da água. In AMÉRICO PINHEIRO, J. H. P.; MIRANTE, M. H. P.; BENINI, S. M.B. (Orgs). **Gestão e qualidade dos recursos hídricos: conceitos e experiências em bacias hidrográficas**. 1ª ed. Tupã-SP: ANAP, 2016. cap. 02, p. 20-39.

MACKERETH, F. Y. H., HERON, J., TALLING, J. F. **Water analysis: some revised methods for limnologists**. Inglaterra: Biological Association, 1978.

MENEZES, J. P. C.; BITTENCOURT, R. P.; FARIAS, M. de SÁ.; BELLO, I. P.; FIA, R.; OLIVEIRA, L. F. C. Relação entre padrões de uso e ocupação do solo e qualidade da água em uma bacia hidrográfica urbana. **Engenharia Sanitária e Ambiental**, v.2, n.3, p. 519-534, 2016.

<https://doi.org/10.1590/S1413-41522016145405>

MEYBECK, M. Fluvial Export. In LIKENS, G. E. **Biogeochemistry of Inland Waters**. San Diego: Elsevier, 2009. <https://doi.org/10.1016/B978-012370626-3.00021-1>

MOCCELLIN, J. Estudo da dinâmica fluvial em duas sub-bacias e proposição de cenários para a sustentabilidade dos recursos hídricos no Baixo Ribeira de Iguape-SP. 2010. 200 p. **Tese** (Doutorado em Hidráulica e Saneamento) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo. São Carlos: EESC-USP. 2010.

MONTGOMERY, D.R. Process Domains and the River Continuum. **Journal of the American Water Resources Association**, v.35, n.2, p.397-410, 1999. <https://doi.org/10.1111/j.1752-1688.1999.tb03598.x>

MOURA, E. F. Uso dos recursos hídricos na expansão sucroenergética em áreas de bioma cerrado. **Tese** (Doutorado em Ambiente e Sociedade) - Campinas: UNICAMP. 2017.

NASA - National Aeronautics and Space Administration. **Tropical Rainfall Measuring Mission** Disponível em <https://giovanni.gsfc.nasa.gov/giovanni/> Acesso em: jan. de 2020.

NIMER, E. Clima. In: **IBGE Geografia do Brasil/ Região Sudeste**. v3. Rio de Janeiro, FIBGE, 1977.

NUNES, A. C. R.; SILVA, R. A.; SILVA, S. T.; SANTOS, M. C. N.; SÉ, D. C.; MELLO, J. M.; SCOLFORO, J. R.S. Comparação da precisão de procedimentos de estratificação em inventário florestal em fragmento de Floresta Estacional Semidecidual. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 16., 2013, Foz do Iguaçu-PR. **Anais...** São José dos Campos: INPE, 2013. p. 2763-2769. Disponível em: <http://marte2.sid.inpe.br/col/dpi.inpe.br/marte2/2013/05.29.00.57.09/doc/p1504.pdf>

OLIVEIRA, S.R de. Avaliação da qualidade da água e da carga de nutrientes do córrego do Cancã, município de São Carlos – SP. **Dissertação** (Mestrado em Hidráulica e Saneamento) – São Carlos: EESC-USP 2003.

PAULA, F. C. F.; LACERDA, L. D.; MARINS, R. V., AGUIAR, J. E.; OVALLE, Á. R. C.; FALÇÃO, F.C A. T. Emissões naturais e antrópicas de metais e nutrientes para a bacia inferior do rio de contas, Bahia. **Química Nova**, São Paulo, v. 33, n. 1, p. 70-75, 2010. <https://doi.org/10.1590/S0100-40422010000100014>

PIMENTEL- GOMES, F. **Curso de Estatística Experimental**. 12 ed. Piracicaba: Nobel / USP-ESALQ, 1987, 467 p.

POOLE, G. C. Fluvial landscape ecology: addressing uniqueness within the river discontinuum. **Freshwater Biology**, v.47, p. 641-660, 2002. <https://doi.org/10.1046/j.1365-2427.2002.00922.x>

PUTZ, R.; JUNK, W. J. Phytoplankton and periphyton. In: JUNK, W. J. **The Central Amazon Floodplain: Ecology of a Pulsing System**. Berlim: Springer – Verlag, 1997. 525 p.

https://doi.org/10.1007/978-3-662-03416-3_10

REIFFARTH, D.G; PETTICREW, E.L.; OWENS, P.N; LOBB, D.A. Source of variability in fatty acid (FA) biomarkers in the application of compound-specific stable isotopes to soil and sediment fingerprint and tracing. **Science of the total Environment**, v.565, p.8-27, 2016. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2016.04.137>

RIOS, L.; CALIJURI, M.C. A bacia hidrográfica do ribeirão do Feijão: uma proposta de ordenação das sub-bacias através de variáveis limnológicas. **Acta Limnologica Brasiliensia**, v.3, p. 151-161, 1995.

ROCHA, P. C.; SANTOS, A. A. Hydrological Analysis in Water Basins. Mercator, Fortaleza, v. 17, nov. 2018. <https://doi.org/10.4215/rm2018.e17025>

ROCHA, R. R. de A.; MARTIN, E. S. Análise preliminar do estado ambiental do córrego Água da Lavadeira, Rancheira – SP: análise física e química da água. **Revista Eletrônica da Associação dos Geógrafos Brasileiros – Seção Três Lagoas**, v. 2, n. 2, p. 116-130, 2005.

RODRIGUES, B. M.; COSTA, L. A.; BOIN, M. N. A relação da vegetação ripária com a qualidade dos recursos hídricos: um estudo aplicado na bacia do Ribeirão Anhumas no município de Anhumas/SP.

<https://doi.org/10.17271/1980082711520151193>

In: CAMPOS, S.; PIROLI, E. L.; BENINI, S. M. (Orgs). **Geoprocessamento aplicado a análises ambientais**. 1ª ed. Tupã-SP: ANAP, 2015. cap. 07, p. 81-92.

ROSSI, M. 2017. **Mapa pedológico do Estado de São Paulo**: revisado e ampliado. São Paulo: Instituto Florestal, 2017. v.1. 118p.

ROVIERO, A. Estudo dos pequenos produtores e fornecedores de cana e terra para as usinas de açúcar e álcool do interior paulista: o caso da região central do estado de São Paulo. **Revista Espaço de Diálogo e Desconexão**, Araraquara, v.8, n.1 e 2, 2014.

SÃO PAULO (Estado). Secretaria de Meio Ambiente. Fundação Florestal. Instituto Florestal. **Plano de Manejo: Parque Estadual Aguapeí**. São Paulo, 2010. Disponível em: <http://fflorestal.sp.gov.br/planos-de-manejo/planos-de-manejo-planos-concluidos/plano-de-manejo-pe-do-Aguapei/>> Acesso em 02 de março de 2019.

SCHNEIDER, R. M.; FREIRE, R.; COSSICH, E. S.; SOARES, P. F.; FREITAS, F. H.; TAVARES, C. R. G. Estudo da influência do uso e ocupação de solo na qualidade da água de dois córregos da Bacia hidrográfica do rio Pirapó. **Acta Scientiarum. Technology**, v.33, n. 3, p. 295-303, 2011.

<https://doi.org/10.4025/actascitechnol.v33i3.8385>

SILVA, A.P..M; BONO, J.A.M; PEREIRA, F.A.B. Aplicação de vinhaça na cultura da cana de-açúcar: Efeito no solo e na produtividade de colmos. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.18, n.1, p. 38-43, 2014. <https://doi.org/10.1590/S1415-43662014000100006>

SILVA, A. C. A. da. A influência da mata ripária na qualidade da água superficial da bacia hidrográfica do córrego Moeda – BHCM, em Três Lagoas/MS. **Dissertação** (Mestrado em Geografia) - Três Lagoas: UFMS. 2015.

SIMEDO, M. B. L.; MARTINS, A. L. M.; PISSARA, T. C. T.; LOPES, M. C.; COSTA, R. C. A.; VALLE-JUNIOR, R. F.; CAMPANELLI, L. C.; ROJAS, N. E. T.; FINOTO, E. L. Effect of watershed land use on water quality: a case study in córrego da Olaria basin, São Paulo State, Brazil. **Brazilian Journal of Biology**, v. 78, n. 4, p. 625-635, 2018. <https://doi.org/10.1590/1519-6984.168423>

SIMONETTI, V. C.; SILVA, D. C. C.; ROSA, A. H. Análise da influência das atividades antrópicas sobre a qualidade da água da APA Ituparanga (SP), Brasil. **Geosul**, v. 34, n. 72, p. 01-27, 2019.

<https://doi.org/10.5007/1982-5153.2019v34n72p01>

SOUZA, A.D.G. de; TUNDISI, T.G. Hidrogeochemical Comparative Study of the Jaú and Jacaré Guaçu River Watersheds. **Revista Brasileira de Biologia**, v.60, n.4, p.563-570, 2000.

<https://doi.org/10.1590/S0034-71082000000400004>

TRABAQUINI, K.; BAYMA-SILVA, G. SANCHES, I. D.; NOGUEIRA, S. F.; DORTZBACH, D. Avaliação espaço-temporal da cultura da cana-de-açúcar no oeste paulista. In: **XVIII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto**. Santos: 29 a 31 de maio de 2017, p. 4764-4771.

TUNDISI, J.G; TUNDISI, T.M. Impactos potenciais das alterações do Código Florestal nos recursos hídricos. **Biota Neotropica**. Campinas, SP. v. 10, n. 4, p. 67-75, 2010.

<https://doi.org/10.1590/S1676-06032010000400010>

VAROL, M; GÖKOT, B.; BEKLEYEN, A.; ŞEN, B. Water quality assessment and apportionment of pollution sources of Tigris river (Turkey) using multivariate statistical techniques – a case study. **River Research and Applications**, v.28, n.9, p.1428-1438, 2011. <https://doi.org/10.1002/rra.1533>

WARD, J.V; STANFORD, J.A. The serial discontinuity concept in lotic ecosystems. In: FONTAINE, T.D & BARTHELL, S. M., (Org). **Dynamics of lotic Ecosystems**. Ann Arbor Scientific, Ann Arbor, Michigan, p. 29-43, 1983.

WETZEL, R.G. **Limnology**: Lake and River Ecosystems. 3^a ed. Elsevier, 2001, 1006 p.

WETZEL, R.G.; LIKENS, G.E. **Limnological Analysis**. 2. ed. New York: Spring Verlag, 1991, 391 p.
<https://doi.org/10.1007/978-1-4757-4098-1>

Recebido em: 19/07/2021

Aceito para publicação em: 14/09/2022