

ANÁLISE DE VARIÁVEIS DE QUALIDADE DAS ÁGUAS E CORRELAÇÕES COM O USO DA TERRA: o caso da Bacia Hidrográfica Ribeirão Lajeado na UGRHI 19, Oeste Paulista.

Beatriz Alves Umbelino ¹
Aline Aparecida dos Santos ²
Paulo Cesar Rocha ³

RESUMO

No estudo integrado da relação homem e meio ambiente, a bacia hidrográfica como unidade de estudo é eficiente, visto que a qualidade da água de determinado recurso hídrico resulta das atividades desenvolvidas na sua bacia hidrográfica contribuinte. A escolha pela Bacia Hidrográfica do Ribeirão Lajeado foi devido à relevância das águas deste corpo hídrico para o saneamento básico do município de Penápolis – SP, localizada na região do Baixo Tietê, Noroeste Paulista (Brasil). Assim, objetivou-se a análise o meio físico, em ambiente SIG, da Bacia Hidrográfica em questão, levando em consideração seus aspectos pedológicos, o uso e cobertura da terra, o escoamento superficial e a chuva na área de estudos nos anos 2006, 2011, 2016 e 2021; para a análise do canal fluvial, foi analisado o comportamento das variáveis limnológicas, fornecido pela CETESB, (oxigênio dissolvido, demanda bioquímica de oxigênio (5,20), turbidez, condutividade elétrica, sólidos totais, fósforo total, nitrogênio total, coliformes termotolerantes e carbono orgânico dissolvido) e a correlação entre elementos (canal fluvial e Bacia Hidrográfica), utilizando o software Statistic. Dessa maneira, foi possível identificar a relação entre as características e processos da bacia hidrográfica com os parâmetros de qualidade de água, evidenciando assim a resposta dos recursos hídricos frente as alterações impostas a cobertura da terra, evidenciando o comportamento de baixo escoamento com a classe de uso florestal e o oxigênio dissolvido e o alto escoamento com a cultura temporária, alterando a condutividade elétrica e os sólidos dissolvidos totais encontrados no canal fluvial do Ribeirão Lajeado.

Palavras-chave: Análise estatística multivariada, Limnologia, Escoamento Superficial, Uso e Cobertura da Terra.

ABSTRACT

In the integrated study of the relationship between man and the environment, the river basin as a unit of study is efficient, since the water quality of a given water resource results from the activities carried out in its contributing river basin. The choice for the Ribeirão Lajeado Hydrographic Basin was due to the relevance of the waters from this water body for basic sanitation in the municipality of Penápolis – SP, located in the Baixo Tietê region, Northwest Paulista (Brazil). Thus, the objective was to analyze the physical environment, in a GIS environment, of the Hydrographic Basin in question, taking into account its pedological aspects, land use and coverage, surface runoff and rainfall in the study area in the years 2006, 2011, 2016 and 2021; for the analysis of the river channel, the behavior of the limnological variables, provided by CETESB, was analyzed (dissolved oxygen, biochemical oxygen demand (5.20),

¹ Mestranda do Curso de Pós-Graduação em Geografia da Universidade Estadual Paulista- UNESP, beatriz.umbelino@unesp.br;

² Doutoranda do Curso de Pós-Graduação em Geografia da Universidade Estadual Paulista- UNESP, aline.aparecida@unesp.br;

³ Prof. Dr. Paulo Cesar Rocha – Departamento de Geografia da Universidade Estadual Paulista- UNESP, paulo-cesar.rocha@unesp.br;



turbidity, electrical conductivity, total solids, total phosphorus, total nitrogen, thermotolerant coliforms and dissolved organic carbon) and the correlation between elements (river channel and river basin), using the Statistic software. In this way, it was possible to identify the relationship between the characteristics and processes of the river basin with the water quality parameters, thus highlighting the response of water resources to the changes imposed on the land cover, highlighting the low runoff behavior with the water class. Forestry use and the dissolved oxygen and high runoff with temporary culture, altering the electrical conductivity and total dissolved solids found in the river channel Ribeirão Lajeado.

Keywords: Multivariate statistical analysis, Limnology, Surface Runoff, Land Use and Cover.

INTRODUÇÃO

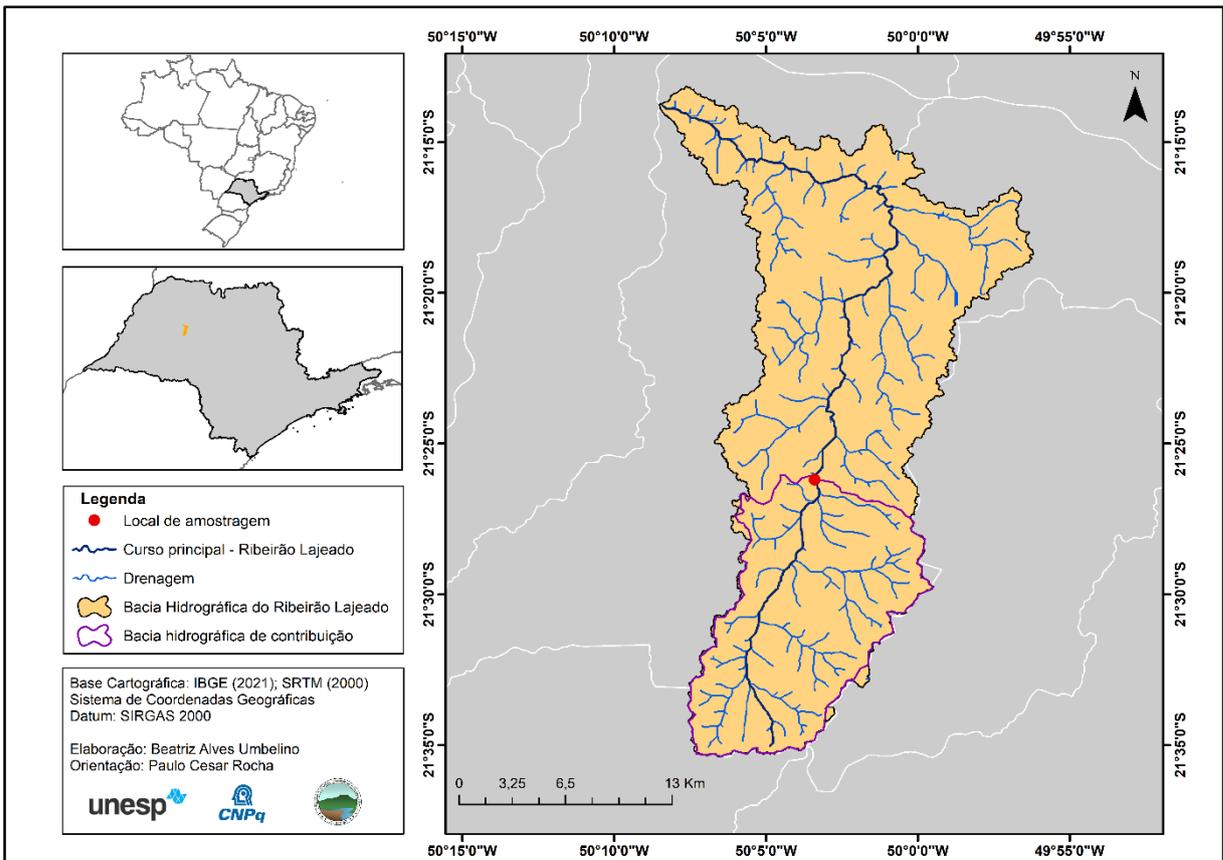
Os estudos de um sistema ambiental têm características holísticas, buscando o entendimento integral dos fenômenos ocorridos em sua perspectiva espacial e temporal. Para além disso, se pretende o conhecimento das relações presentes entre as partes componentes de um ambiente e seus atributos e considerando para isso os elementos da paisagem que a compõe.

Por bacia hidrográfica entende-se: região compreendida por um território e por diversos cursos d'água. Nesse sentido, Tundisi (2008) afirma que os “rios funcionam como detectores ou acumuladores de informações químicas, ecológicas e biológicas nos vários compartimentos”.

Os rios são classificados como ambientes lóticos, ou seja, apresentam grande fluxo d'água. Os estudos desse tipo de ecossistema têm como objetivo entender os processos que regem o movimento e as transformações de energia e materiais dentro dos diferentes sistemas, lembrando que os rios podem ser considerados sistemas abertos, caracterizados pelos processos hidrológicos e geomorfológicos altamente dinâmicos, frente às mudanças climáticas e temporais, com estrutura tridimensional (longitudinal, lateral e vertical) (ODUM, 2010).

Objetivando um estudo integrado entre elementos e a relação entre homem e meio ambiente, a bacia hidrográfica como unidade de estudo é certa, pois a qualidade da água de determinado recurso hídrico resulta das atividades desenvolvidas na sua bacia hidrográfica contribuinte. A escolha pela Bacia Hidrográfica do Ribeirão Lajeado (Figura 1) foi devido à relevância das águas deste corpo hídrico para o saneamento básico do município de Penápolis – SP, visto que é o maior manancial d'água do município. Ao se trabalhar com bacias hidrográficas que servem de mananciais d'água, observa-se que a oferta para o abastecimento urbano está cada vez mais complexa, com aumento de transposições de rios e de sistemas integrados.

Figura 1. Localização da Bacia Hidrográfica do Ribeirão Lajeado.



Portanto, pretende-se analisar o meio físico da Bacia Hidrográfica do Ribeirão Lajeado, pertencente à Unidade de Gerenciamento de Recursos Hídricos (UGRHI) 19, localizada na região do Baixo Tietê, Noroeste Paulista (Brasil), levando em consideração seus aspectos pedológicos; analisar o uso e cobertura da terra e a chuva na área de estudos nos anos 2006, 2011, 2016 e 2021; analisar nesses anos o comportamento das variáveis limnológicas (oxigênio dissolvido, demanda bioquímica de oxigênio (5,20), turbidez, condutividade elétrica, sólidos totais, fósforo total, nitrogênio total, coliformes termotolerantes e carbono orgânico dissolvido) e correlacionar todas as variáveis listadas por meio de estatística multivariada.

Dessa maneira, esta pesquisa busca contribuir para o planejamento ambiental na bacia hidrográfica, visto sua importância para a região como manancial de abastecimento público da cidade de Penápolis-SP.

Os dados limnológicos foram coletados do Relatório de Águas Superficiais fornecido pela CETESB, adquiridas pelo portal “INFOÁGUAS”, para os anos 2006, 2011, 2016 e 2021. Em termos de localização geográfica, o ponto de coleta na bacia hidrográfica Ribeirão Lajeado está localizado nas coordenadas 21° 26’ 10’’ de latitude sul e 50° 03’ 23’ de longitude oeste, com altitude de 390m acima do nível do mar, localizado na Rua Altino Vaz de Melo, no município de Penápolis. O recolhimento das variáveis é em ambiente lótico do Ribeirão Lajeado, pertencente à UGRHI 19, Baixo Tietê.

Para análise, foram utilizadas as seguintes variáveis limnológicas: oxigênio dissolvido, demanda bioquímica de oxigênio (5,20), turbidez, condutividade elétrica, sólidos totais, fósforo total, nitrogênio total, coliformes termotolerantes e carbono orgânico dissolvido. Foi utilizada a medição de cada variável duas vezes ao ano correspondendo às diferenças sazonais presentes. Para tanto, foram utilizados os dados do mês de maio (medição 1) e do mês de novembro (medição 2).

Os dados sobre solos e de uso e cobertura da terra foram extraídos de mapas temáticos em um software de Sistema de Informação Geográfica (SIG), o QGIS. Utilizou-se o mapa de solos do Estado de São Paulo (SÃO PAULO, 2017) na escala 1:250.000. Os mapas de uso e cobertura da terra foram elaborados a partir de imagens do satélite Landsat 7 e 8 dos anos de 2006, 2011, 2016 e 2021, disponíveis no catálogo do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE). As imagens passaram pelo processo de segmentação e, posteriormente, realizou-se a classificação supervisionada, metodologia mencionada no Manual Técnico de Uso da Terra (IBGE, 2013).

As informações sobre chuva foram obtidas no banco de dados hidrológicos do Departamento de Águas e Energia Elétrica do estado de São Paulo (DAEE). Os dados de escoamento superficial foram extraídos de mapas elaborados para a bacia hidrográfica nos períodos estudados, por meio do método Número da Curva (CN). O método estima o escoamento superficial a partir das informações de uso, manejo, umidade inicial e a condição hidrológica do solo (PRUSKI; GRIEBELER; SILVA, 2001). O mapa do potencial de escoamento superficial foi produzido no SIG QGIS a partir do mapa de solos, de uso e cobertura da terra e os dados de chuva (média da série histórica) da bacia hidrográfica do Ribeirão Lajeado. Após a produção do mapa, os valores da taxa de escoamento foram divididos em 5



intervalos pelo método do quantil em ambiente SIG. Posteriormente, os intervalos foram classificados qualitativamente, sendo as classes de potencial de escoamento superficial: muito baixo, baixo, médio, alto e muito alto.

As correlações foram efetuadas a partir de análise integrada dos elementos do canal fluvial (dados limnológicos) e da bacia hidrográfica (meio físico-pedologia, uso e cobertura da terra e aspectos hidrológicos-pluviometria e escoamento superficial), nos anos de 2006, 2011, 2016 e 2021. Para a análise de correlação considerou-se a ocorrência (área em km²) das variáveis de solo, uso e cobertura da terra e escoamento superficial na área de contribuição (sub-bacia) da seção de amostragem dos dados limnológicos.

Para o entendimento das correlações foram realizadas análises de gráficos, tabelas e as análises estatísticas multivariadas. Utilizando, portanto, ferramentas como planilhas eletrônicas e softwares de estatística (*Excel* e *Statistica*). No software *Statistica* foi possível gerar gráficos de análise de agrupamento das diversas variáveis analisadas, correlacionando todos os dados obtidos. Os diversos gráficos e tabelas feitos neste software serviram para garantir as correlações e testar os dados obtidos.

REFERENCIAL TEÓRICO

A utilização da bacia hidrográfica como área de estudo traz consigo características essenciais que a torna uma unidade muito bem caracterizada e permite a integração multidisciplinar entre diferentes sistemas de gerenciamento, estudos e atividade ambiental, quebrando com a abordagem tradicional compartimentada e não integrada (TUNDISI, 2003).

Os estudos de um sistema ambiental têm características holísticas, buscando o entendimento integral dos fenômenos ocorridos em sua perspectiva espacial e temporal. Para além disso, se pretende o conhecimento das relações presentes entre as partes componentes de um ambiente e seus atributos e considerando para isso os elementos da paisagem que a compõe.

Tricart (1977), argumenta que as intervenções humanas afetam primariamente a cobertura vegetal da paisagem. De modo geral, a presença de vegetação influencia os processos hidrológicos de uma bacia, como por exemplo, através da interceptação pelo dossel florestal, amortecimento do impacto da água no solo e retenção de umidade pela serrapilheira, retardando ou desviando o escoamento superficial, induzindo e influenciando os processos erosivos e aumentando a transferência de água para a atmosfera.



Assim, demanda a compreensão da complexidade do processo de apropriação, produção e consumo do espaço, que é um processo no qual se produzem e/ou reproduzem relações sócio espaciais e se reproduzem relações dominantes de produção e de reprodução como parte integrante das relações societárias com a natureza.

Portanto, se tratando do estudo da bacia hidrográfica, leva-se em consideração o conhecimento das características fluviais é importante não somente no que concerne aos recursos hídricos, tanto do ponto de vista da hidráulica e do controle da erosão, como também do ponto de vista sedimentológico, geomorfológico e do planejamento regional (MOTA, 1995).

Para Tundisi, 2008, a composição iônica das águas naturais depende, em grande parte, da geoquímica da bacia hidrográfica e de seus principais eventos: tipos de solo, usos e práticas agrícolas. Em relação aos rios, entende que o transporte de material pelos rios varia, evidentemente, com a declividade, a vazão e as diversas situações no continuum do rio. Além do mais, eles constituem uma estrutura básica na heterogeneidade espacial do sistema e elementos de ligação entre os compartimentos das bacias hidrográficas (TUNDISI, 2008).

A crescente demanda pela utilização dos recursos hídricos faz com que a limnologia esteja diretamente envolvida com o uso racional e a conservação destes recursos. Assim as pesquisas sobre os ecossistemas aquáticos possibilitam o conhecimento da estrutura e o funcionamento desses ecossistemas, viabilizando o seu manejo e a maximização da sua produtividade (ESTEVES, 1998).

O escoamento superficial propicia o transporte das partículas do solo, compostos químicos, agrotóxicos, matéria orgânica e outros materiais para os cursos de água, de acordo com o tipo de cobertura e uso da terra da bacia hidrográfica (CARVALHO, 2008). Neste sentido, o monitoramento da bacia hidrográfica fornece indícios de alterações positivas ou negativas que ocorrem nos cursos de água em função de práticas de manejo (RENNÓ; SOARES, 2000).

Os dados limnológicos analisados se mostraram dentro dos parâmetros estabelecidos pelo CONAMA 357/2005, podendo dizer que o estado ambiental da água no canal fluvial do Ribeirão Lajeado se encontra em bom estado. É válido ressaltar que houve mudanças relacionadas à sazonalidade dos dados obtidos, havendo por exemplo maior medida de condutividade elétrica, turbidez e sólidos dissolvidos totais na segunda medição anual, novembro.

Ao analisar o gráfico de turbidez, levando em consideração o intervalo dos anos 2006, 2011, 2016 e 2021 é possível observar que predominantemente os valores não ultrapassam os 50 NTU, indo de acordo com os parâmetros permitidos pelo CONAMA 357, 2005 (até 100 NTU). A alta turbidez aumenta os custos do tratamento das águas para mananciais, visto que necessita de maior quantidade de produtos químicos para controlá-la.

Em relação à variável oxigênio dissolvido, é possível perceber a relação entre a temperatura da água e o oxigênio dissolvido, principalmente no ano de 2021, onde a temperatura da água aumentou enquanto a quantidade de oxigênio dissolvido diminuiu no mesmo período. A média de todas as medições de oxigênio dissolvido na série histórica estudada foi a de 6,76mg/l. Segundo o “Portal da Qualidade das Águas”, fornecido pela ANA, “as águas limpas apresentam concentrações de oxigênio dissolvido mais elevadas, geralmente superiores a 5mg/L, exceto se houverem condições naturais que causem baixos valores deste parâmetro” (ANA).

A demanda bioquímica de oxigênio se relaciona com o oxigênio dissolvido e até mesmo com a temperatura da água, num grau mais distante, porém, por meio das análises realizadas a cada 5 anos este tipo de relação ficou imperceptível, visto que em todas as medições seu valor foi de 2mg/l. O valor medido se encontra dentro dos parâmetros da CONAMA 357, 2005 que permite até 5mg/l de O₂.

Analisando os dados coletados de sólidos totais, é possível observar sua variação entre >80mg/l e <120mg/l. O aumento nos valores de sólido total coincide com valores maiores encontrados na variável turbidez (226 NTU), reforçando assim a premissa de que são variáveis dependentes (resíduo total é dependente da turbidez). Outro aspecto a se levar em consideração é o de que nas medições analisadas, as concentrações maiores são encontradas, em sua maioria,

no mês de novembro, podendo assim ser relacionado ao clima, sendo o terceiro mês mais chuvoso da área de estudo.

Os valores encontrados de fósforo total no Ribeirão Lajeado possuem pouca concentração de fósforo de miligramas por litro, com escala no gráfico indo de 0 a 0,05 (em ambiente lótico). Cabe ressaltar a pequena distância que há entre a nascente e o ponto de coleta das amostragens, fazendo com que não haja tanta fonte de poluição da água. Além disso, os resultados das análises de uso e cobertura da terra mostra a predominância dos seguintes usos: pastagens e cultura temporária (cana-de-açúcar) a montante da captação d'água.

Assim como o fósforo total e o nitrogênio total, os coliformes termotolerantes são indicadores de poluição aquática por esgoto doméstico, ressaltando nesse grupo a contaminação fecal. A presença em grande quantidade de coliformes termotolerantes indica a possibilidade de transmissão de doenças de veiculação hídrica. Ao observar o gráfico da variável em questão, é possível notar que o pico em 2011 é acompanhado de baixas concentrações, tanto na segunda medição de 2006, quanto na segunda medição de 2011. Relacionando os coliformes termotolerantes com a análise obtida de uso e ocupação na terra, durante o mesmo período, é possível observar a predominância da pastagem na área de estudo, voltada para a criação de gado. Esse uso, pode alterar, agravar, a concentração de coliformes termotolerantes no curso d'água do Ribeirão Lajeado.

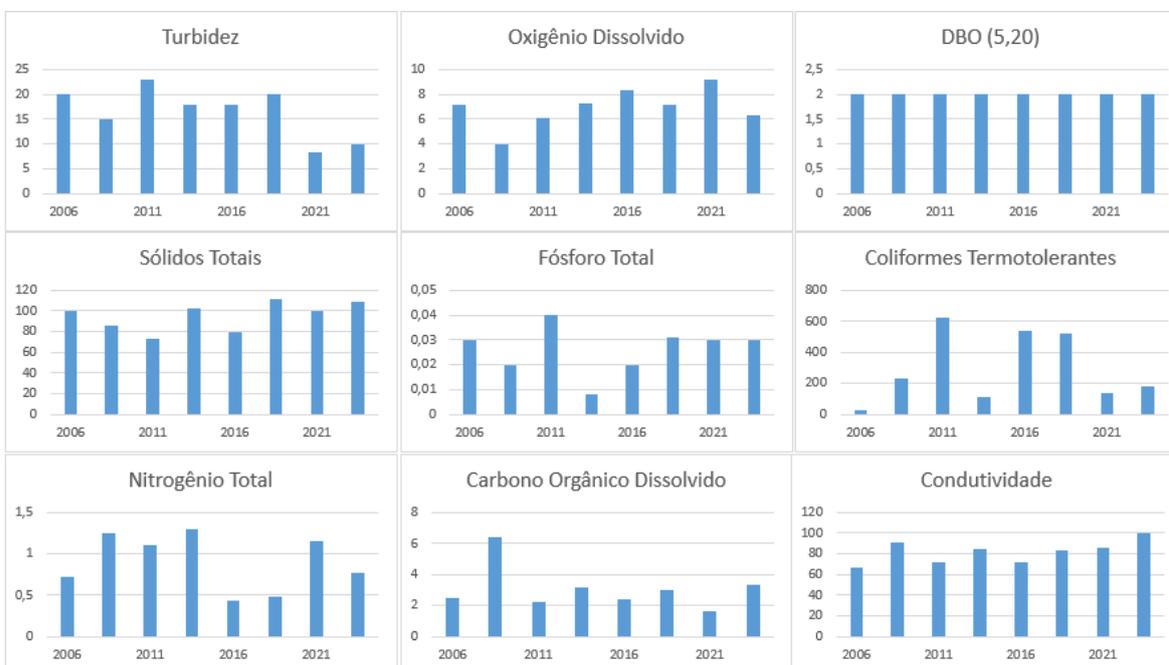
Assim como o parâmetro fósforo total, o nitrogênio total tem importância no metabolismo do ecossistema aquático, tendo como fonte natural o material orgânico e inorgânico. Seguindo os parâmetros adotados pela CETESB na coleta das variáveis limnológicas, o nitrogênio total é formado pelo nitrogênio amoniacal, nitrogênio nitrato, nitrogênio nitrito e nitrogênio kjeldahl. É possível perceber que a menor medição da variável foi encontrada no ano de 2016, enquanto valores altos são mantidos nos anos de 2006 e 2011.

O gráfico correspondente ao carbono orgânico dissolvido releva um pico em novembro de 2006, medindo mais que 6mg/l, enquanto nas outras medições houve leve variação entre 2 e 4 mg/l. A concentração de carbono orgânico dissolvido está relacionada a quantidade de húmus dissolvida na água, a localização do curso da água analisado e metais presentes no curso hídrico.

A condutividade elétrica varia com a concentração total de substâncias ionizadas dissolvidas na água, com a temperatura da água e do ar, mobilidade dos íons, valência dos íons e com as concentrações real e relativa de cada íon. Observando o gráfico da variável em questão é possível perceber maiores valores na segunda medição (novembro) de cada ano analisado.



Figura 2 – Medições das variáveis limnológicas nos meses de maio e novembro dos anos 2006, 2011, 2016 e 2021

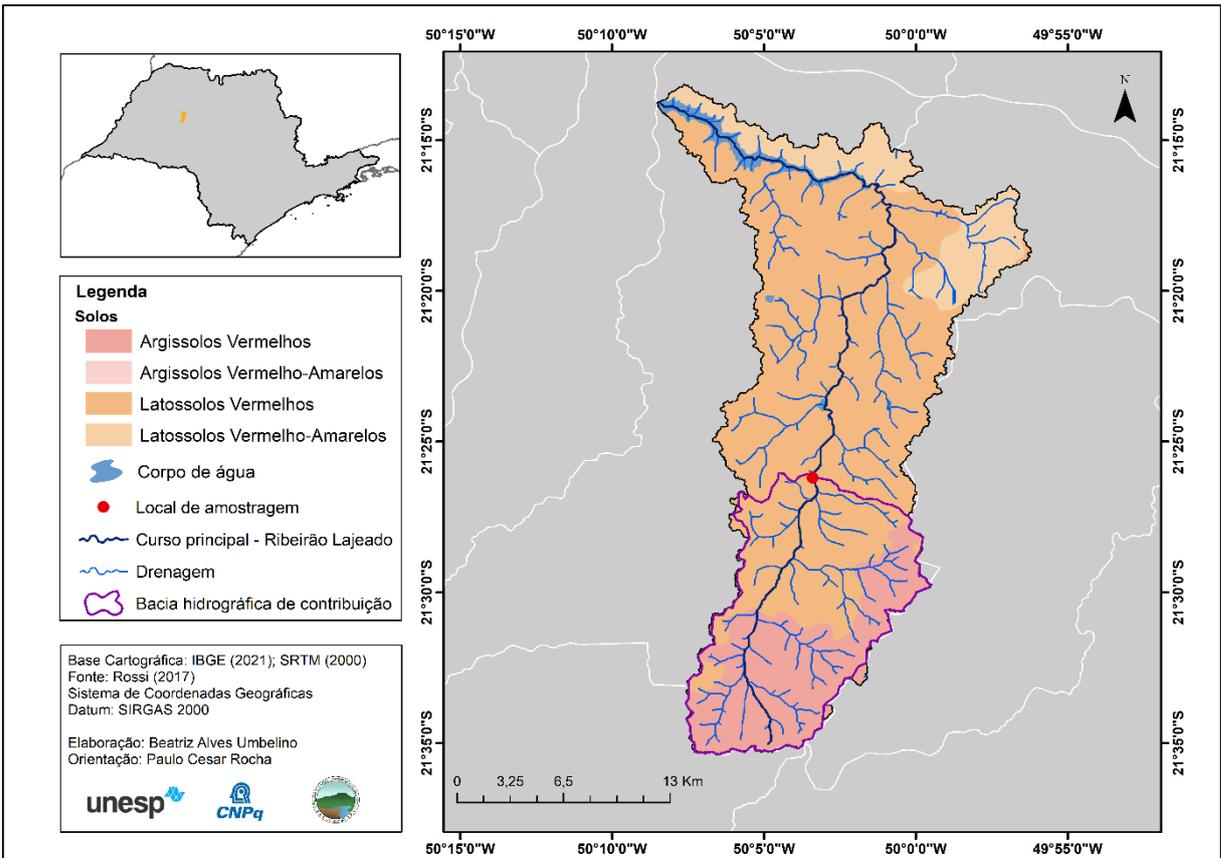


Fonte: CETESB (2022), organizado pelas autoras (2023).

No que se refere aos solos, estão presentes na área de contribuição da seção de amostragem os argissolos vermelho-amarelos, argissolos vermelhos e latossolos vermelhos, conforme apresenta a figura 3. Observou-se a concentração dos argissolos vermelhos a montante do Ribeirão Lajeado, enquanto os latossolos vermelhos predominam a jusante do curso de água.



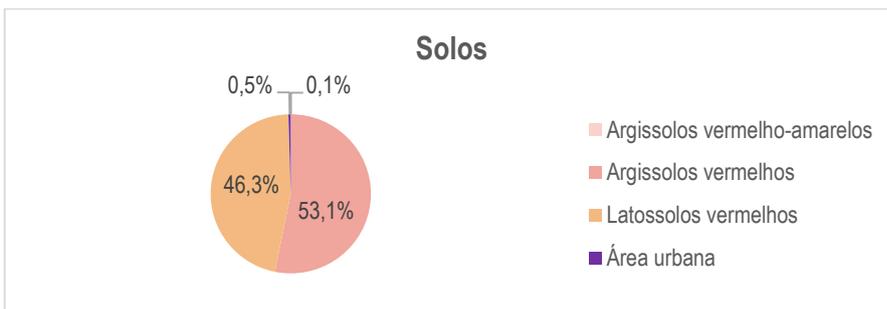
Figura 3. Distribuição das classes de solo na Bacia Hidrográfica do Ribeirão Lajeado



Fonte: Elaborado pelas autoras (2023).

Observou-se que os argissolos vermelhos predominam na bacia de drenagem, ocorrendo em 53,1% da área, conforme demonstra a figura 4. No conjunto dos Grupos Hidrológicos de Solo (GHS), baseado na metodologia CN, os argissolos vermelhos são classificados como C, sendo considerados como solos com baixa capacidade de infiltração (SARTORI, LOMBARDI NETO; GENOVEZ, 2005).

Figura 4 - Percentual das classes de Solo na área de contribuição (sub-bacia do Ribeirão Lajeado)



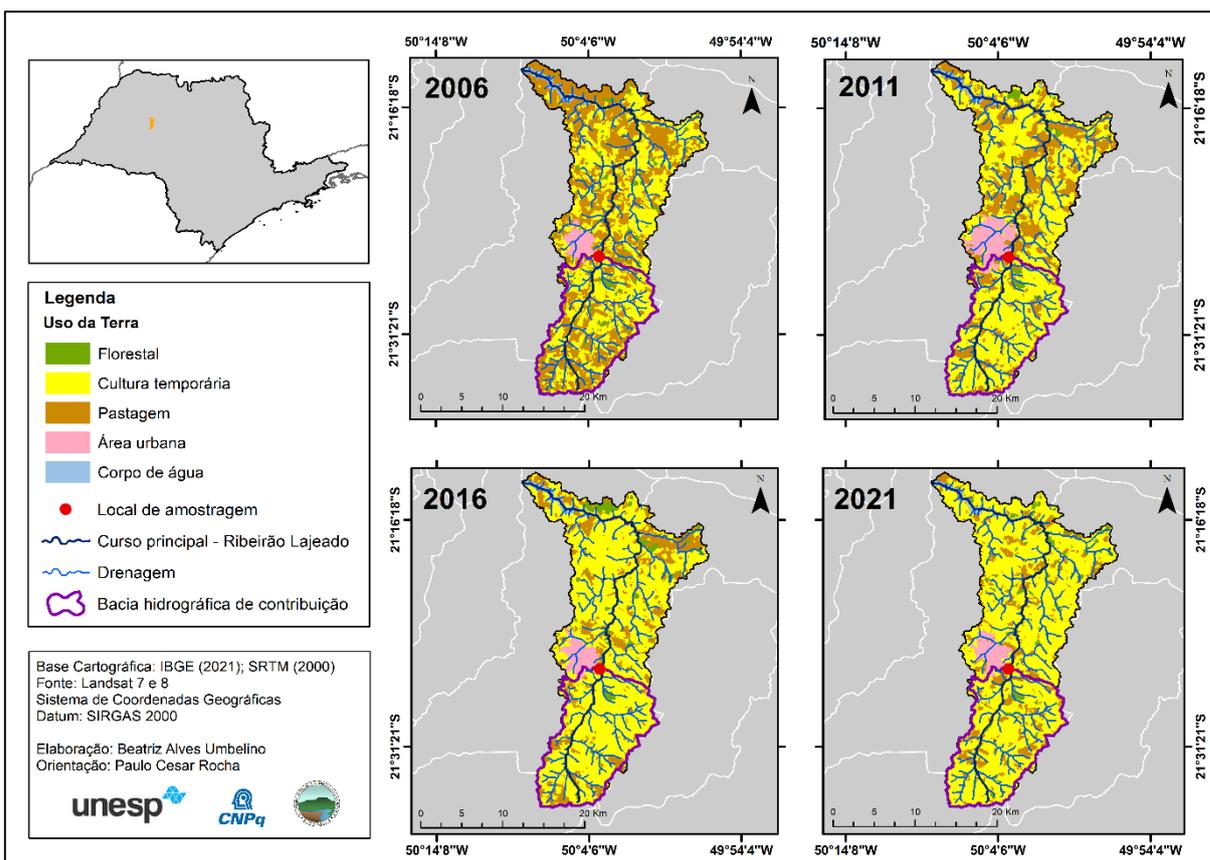
Fonte: Elaborado pelas autoras (2023).



Os latossolos vermelhos compreendem 46,3% da área, enquanto em 0,1% ocorrem os argissolos vermelho-amarelos (0,5% é ocupada por área urbana). Os latossolos vermelhos estão inseridos no Grupo A, caracterizando-se como solos com alta taxa de infiltração. Os argissolos vermelho-amarelos também compreendem o Grupo C.

A sub-bacia hidrográfica caracteriza-se pela presença das classes de uso e cobertura da terra: florestal, culturas temporárias, pastagem e área urbana (figura 5). Em análise temporal, observou-se que as áreas com pastagem diminuíram ao longo dos anos, enquanto as áreas com culturas temporárias aumentaram, margeando a rede de drenagem e as cabeceiras dos cursos de água.

Figura 5 – Distribuição das classes de Uso e Cobertura da Terra na Bacia Hidrográfica do Ribeirão Lajeado



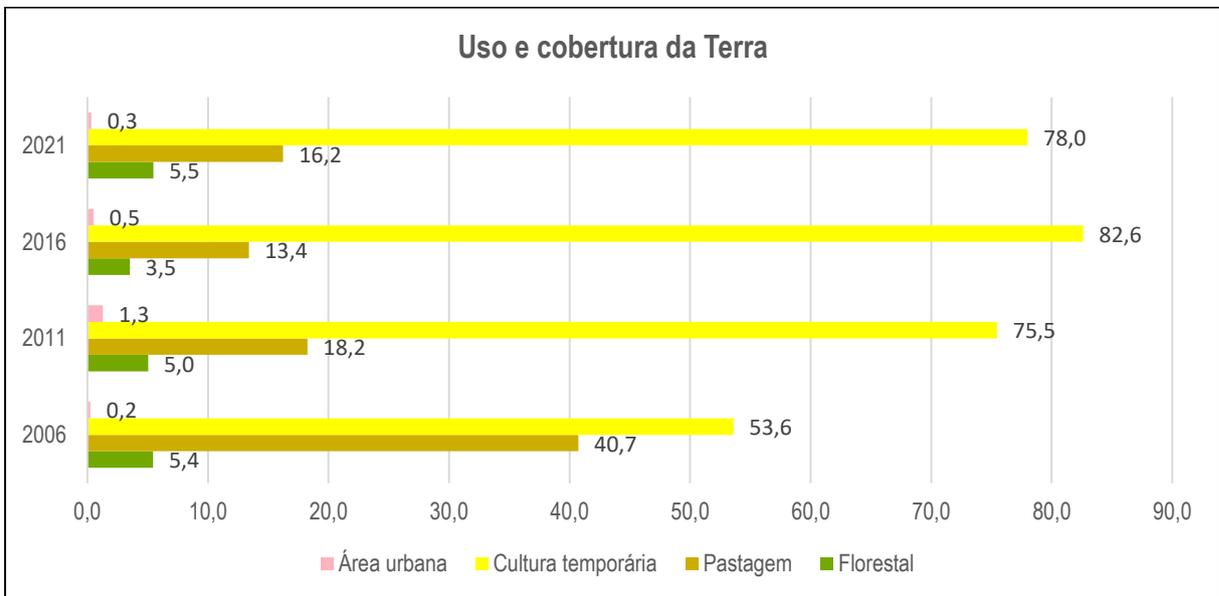
Fonte: Elaborado pelas autoras (2023).

No ano de 2006, 40,7% da área de contribuição era ocupada por pastagem, enquanto 53,6% compreendia áreas com culturas temporárias, conforme apresenta a figura 6. A partir de



2011 verificou-se o aumento das áreas com culturas temporárias e a diminuição das áreas de pastagem.

Figura 6 - Percentual das classes de Uso e Cobertura da Terra na área de contribuição (sub-bacia do Ribeirão Lajeado)



Fonte: Elaborado pelas autoras (2023).

Em 2011, as áreas com culturas temporárias aumentaram na sub-bacia em aproximadamente 22% em relação ao ano de 2006. Houve um aumento de 7% da ocupação pelas culturas de 2011 para 2016 e a diminuição de 4,6% de 2016 para 2021.

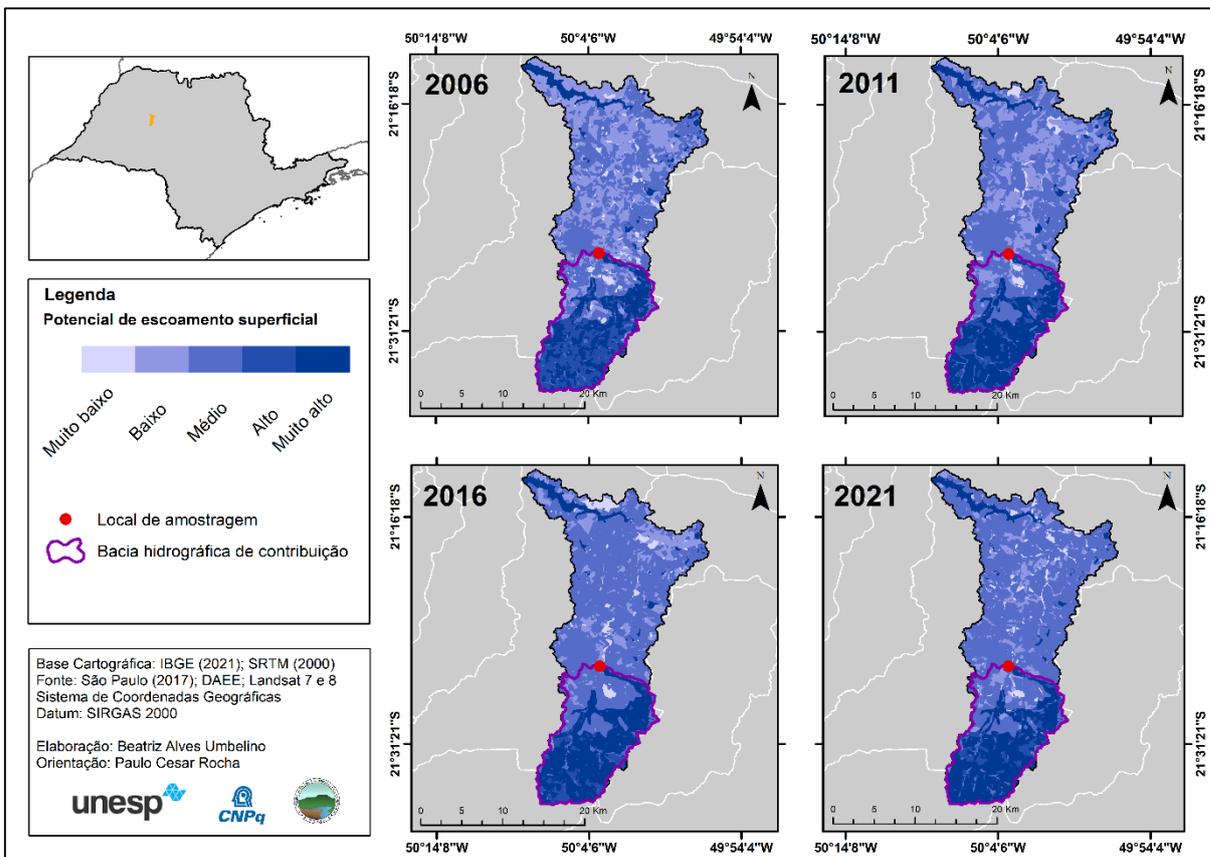
As áreas ocupadas por pastagem, por sua vez, diminuíram a ocorrência na área de contribuição em cerca de 22% do ano de 2006 para 2011. Observou-se a diminuição de cerca de 5% das áreas de pastagem do ano de 2011 para 2016 e um aumento de 3% de 2016 para 2021.

Com relação aos dados hidrológicos, verificou-se que 2011 registrou o maior volume de chuva na bacia hidrográfica do Ribeirão Lajeado, constituindo-se em 1510,5 mm. No ano de 2006 registrou-se o total de 1207,7 mm de chuva, em 2016 foram 1130,7 mm e em 2021 foram 820,8 mm.

Os mapas de escoamento superficial demonstraram que na sub-bacia hidrográfica predominam áreas com potencial muito alto de escoamento em todos os anos estudados (figura 7). Essas áreas estão associadas, predominantemente, a ocorrência de culturas temporárias em argissolos vermelhos.



Figura 7 - Distribuição das classes de Potencial de Escoamento Superficial na Bacia Hidrográfica do Ribeirão Lajeado



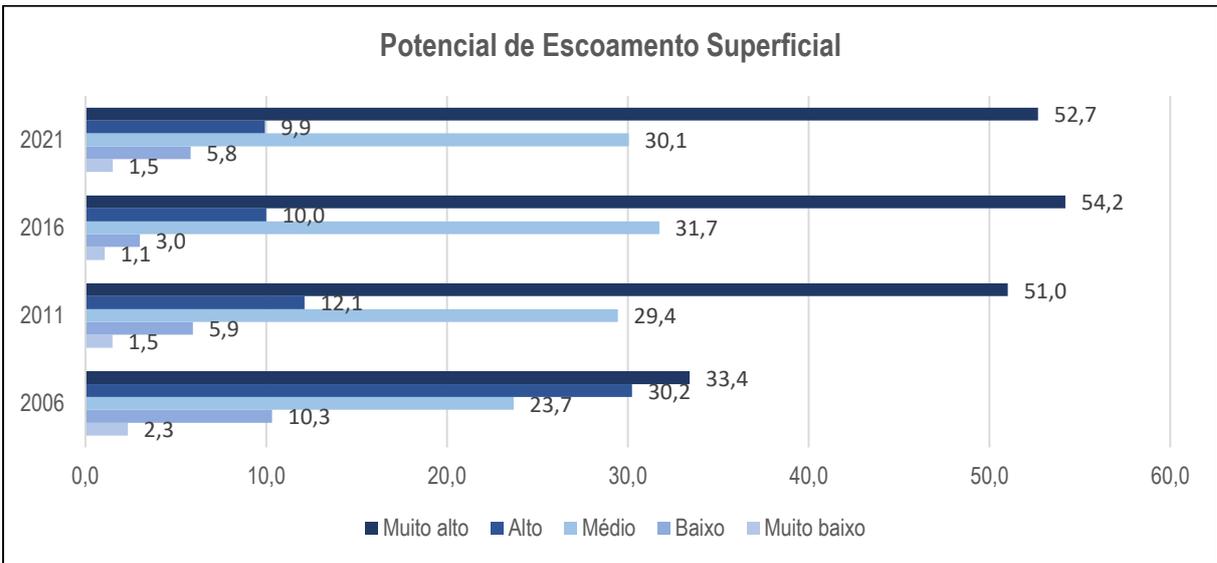
Fonte: Elaborado pelas autoras (2023).

Em 2006, observou-se a presença significativa de áreas com potencial muito alto de escoamento superficial (33,4%), alto (30,2%) e médio (23,7%), conforme demonstra a figura 8. Os graus de intensidade observados estão associados a presença tanto da pastagem quanto das culturas temporárias nos argissolos vermelhos. Já em 2011, 2016 e 2021 predominaram áreas com potencial de escoamento muito alto, acompanhando o aumento das áreas ocupadas por culturas temporárias.

Verificou-se também a ocorrência significativa de áreas com potencial médio de escoamento superficial, relacionadas a presença de culturas temporárias nos latossolos vermelhos.



Figura 8. Percentual das classes de Potencial de Escoamento Superficial na área de contribuição (sub-bacia do Ribeirão Lajeado)

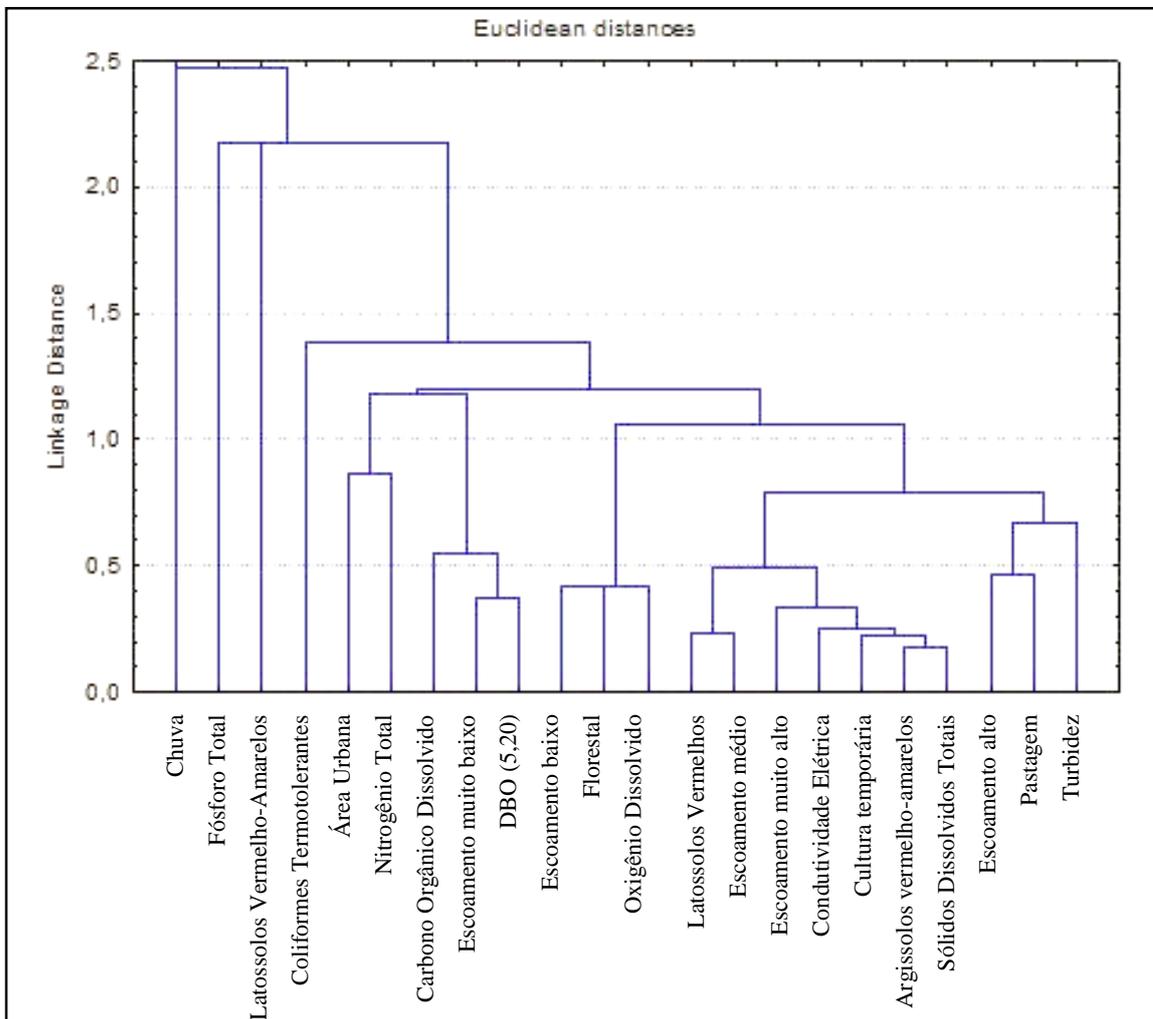


Fonte: Elaborado pelas autoras (2023).

A análise de agrupamentos, análise cluster, visa formar grupos de elementos a partir de características similares, nesta pesquisa foram analisadas 22 variáveis entre aspectos limnológicos, de uso e cobertura da terra, os tipos de solo, o escoamento superficial e os dados de chuva presentes na bacia hidrográfica do Ribeirão Lajeado. Desta maneira, pode-se dizer que: quanto menor a distância euclidiana, maior a similaridade.



Figura 9. Análise de agrupamento das variáveis elencadas (limnologia, classes de solo, uso e cobertura da terra e escoamento superficial)



Fonte: Organizado pelas autoras (2023).

Nesse sentido, foi observado que a presença da chuva interliga a relação com todas as outras variáveis elencadas, além disso, a partir dela há a formação de dois grupos, o primeiro formado pelo fósforo total e o latossolo vermelho-amarelo e outro formado por todas as outras variáveis. Em relação aos grupos com maiores similaridades, há a relação de alto escoamento superficial com a classe de cobertura da terra de cultura temporária, tendo como grupo pedológico os argissolos vermelho-amarelo e as características limnológicas de condutividade elétrica e de sólidos dissolvidos totais.

Além do grupo descrito anteriormente, é possível notar a presença da similaridade entre os dados de baixo escoamento superficial com as áreas de cobertura florestal e com o oxigênio dissolvido no canal fluvial. A análise realizada por meio de estatística multivariada vai de encontro com as bibliografias sobre o tema, onde uma maior presença florestal faz com que



há um menor escoamento superficial até o canal fluvial, ademais a cobertura florestal funciona como proteção para os rios, influenciando positivamente em suas características limnológicas, logo, há relação com a taxa de oxigênio dissolvido medido nessas áreas.

Outro grupo similar é o alto escoamento superficial relacionado à pastagem e a turbidez presente na água do Ribeirão Lajeado. A variável limnológica turbidez é uma característica física da água decorrente da presença de substâncias em suspensão na coluna d'água, ou seja, é a medida de redução da transparência, sendo determinante da sua condição e produtividade, conforme Von Sperling (2005). Relacionar essa característica com o alto escoamento superficial vai de acordo com o descrito pelo autor acima. A cobertura da terra sendo a pastagem, com a presença de gramíneas, faz com que o solo seja propenso a processos de lixiviação, portanto, aumentando o escoamento superficial da área e levando maior número de partículas para o leito do rio.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A análise das informações sobre o meio físico demonstrou que a bacia hidrográfica do Ribeirão Lajeado possui predominantemente solos com baixa taxa de infiltração. Tal característica associada com o cultivo de culturas temporárias e o uso por pastagem resultam em áreas com potencial alto de escoamento superficial, processo que transporta materiais físicos, químicos e biológicos para os cursos de água.

A partir da análise multivariada, por meio de análise cluster, foi possível identificar a relação entre as características e processos da bacia hidrográfica com os parâmetros de qualidade de água, evidenciando assim a resposta dos recursos hídricos frente as alterações impostas a cobertura da terra. Afirmando tais relações pode-se citar o comportamento de baixo escoamento com a classe de uso florestal e o oxigênio dissolvido e o alto escoamento com a cultura temporária, alterando a condutividade elétrica e os sólidos dissolvidos totais encontrados no canal fluvial do Ribeirão Lajeado.

- BRASIL. Conama. Resolução 357/2005. Estabelece classificação das águas doces, salobras e salinas do território nacional, acessado em 20 de março de 2023 através do link: https://www.icmbio.gov.br/cepsul/images/stories/legislacao/Resolucao/2005/res_conama_357_2005_classificacao_corpos_agua_rtfda_altrd_res_393_2007_397_2008_410_2009_430_2011.pdf
- CARVALHO, N. O. Hidrossedimentologia Prática. Rio de Janeiro: Interciência, 2008, 599p.
- CETESB. Companhia Ambiental do Estado de São Paulo. Relatório de Qualidade das Águas Superficiais, acessado em 22 de fevereiro de 2023 através do link: <https://sistemainfoaguas.cetesb.sp.gov.br/AguasSuperficiais/RelatorioQualidadeAguasSuperficiais>
- ESTEVES, F. de A. Fundamentos de limnologia. Rio de Janeiro/RJ: Interciência/Finep. 1998.
- IBGE. Manual Técnico de Uso da Terra, 3ª edição. Rio de Janeiro: Ministério do Planejamento, Orçamento e Gestão. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística-IBGE. Diretoria de Geociências. Coordenação de Recursos Naturais e Estudos Ambientais. Manuais Técnicos em Geociências, número 7, 2013, p. 171.
- MOTA, S. Preservação e conservação de recursos hídricos. 2. ed. Rio de Janeiro: ABES, 1995.
- ODUM, E. P. Ecologia. Tradução de Christopher J. Tribe. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2010.
- PRUSKI, F. F.; GRIEBELER, N. P.; SILVA, D. D. Comparação entre dois métodos para a determinação do volume de escoamento superficial. Revista Brasileira de Ciência do Solo, v 25, n 2, Viçosa, p. 403- 410, 2001.
- SÃO PAULO. Secretaria do Meio Ambiente, Instituto Florestal. Mapa pedológico do Estado de São Paulo: revisado e ampliado. Marcio Rossi. – São Paulo: Instituto Florestal, 2017. 118p.: il. color; mapas. 42x29,7 cm.
- RENNÓ, C. D.; SOARES, J.V. Modelos Hidrológicos para Gestão Ambiental. Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais – INPE, 2000. 65 p, acessado em 10 de novembro de 2023 através do link: http://www.dpi.inpe.br/cursos/tutoriais/modelagem/cap2_modelos_hidrologicos.pdf
- SARTORI, A.; LOMBARDI NETO, F.; GENOVEZ, A. M. Classificação Hidrológica de Solos Brasileiros para a Estimativa da Chuva Excedente com o Método do Serviço de Conservação do Solo dos Estados Unidos Parte 1: Classificação. Revista Brasileira de Recursos Hídricos (RBRH), Porto Alegre, v. 10, n. 4, 2005. 05-18 p.
- TUNDISI, J. G. Água no século XXI: Enfrentando a Escassez. São Carlos: RiMa, 2003.
- TUNDISI, J. G.; TUNDISI, T. M. Limnologia. São Paulo: Oficina de Textos, 2008.
- TRICART, Jean. Ecodinâmica. Rio de Janeiro: Diretoria Técnica SUPREN/IBGE, 1977.
- VON SPERLING, M. Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos. 3. ed. Belo Horizonte: Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental; Universidade Federal de Minas Gerais. 2005.