

APLICAÇÃO DE PROTOCOLO DE AVALIAÇÃO RÁPIDA DA INTEGRIDADE AMBIENTAL NA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO ARARANGUÁ, SC

José Gustavo Santos da Silva¹
Cristiane Scussel²
Elaine Puziski Varela³
Tayse Borghezán Nicoladelli⁴
Carina da Luz⁵
Diego Anselmi Pires⁶
Patricia Rossa Milanez⁷
Eduarda Fraga Olivo⁸
Jairo José Zocche⁹

RESUMO

A ocupação do ambiente e o uso humano dos recursos hídricos levam a alterações químicas, físicas e biológicas dos corpos d'água, que refletem a qualidade ambiental das bacias hidrográficas. Este estudo objetivou avaliar a integridade ambiental da Bacia Hidrográfica do Rio Araranguá (BHRA), localizada no sul de Santa Catarina, sul do Brasil. A coleta de dados se deu em escala local e em escala da paisagem, a partir da aplicação de Protocolo de Avaliação Rápida de Integridade Ambiental (PAR), para analisar as relações entre as atividades antrópicas, a estrutura física e biótica dos rios. Foram definidos seis locais de análise ao longo da BHRA, um no terço superior, dois no terço médio e três no terço inferior, os quais foram avaliados no mês de abril de 2022 por oito pesquisadores devidamente familiarizados com a aplicação do PAR. Os resultados evidenciaram que dois trechos foram classificados como impactados, três como alterados e um natural. Observou-se que os núcleos urbanos e a agricultura extensiva, representada pela cultura do arroz irrigado, são os principais detratores dos recursos hídricos principalmente por levarem a redução nas matas ciliares e a degradação na qualidade física, química e biótica da bacia. O PAR se mostrou como um instrumento de avaliação rápida eficiente, passível de ser aplicado, inclusive pelo público leigo, desde que devidamente treinado. Não obstante sugere-se a realização de estudos que envolvam maior número pontos de amostragem, para uma análise mais pormenorizada da integridade ambiental da bacia hidrográfica avaliada.

Palavras-chave: Qualidade ambiental; Diversidade de habitats; Atividades antrópicas; Recursos hídricos.

APPLICATION OF A PROTOCOL FOR RAPID ASSESSMENT OF ENVIRONMENTAL INTEGRITY IN THE ARARANGUÁ RIVER BASIN/SC

ABSTRACT

The environment occupation and the anthropogenic use of water resources lead to chemical, physical and biological changes in water bodies, which reflect the environmental quality of watersheds. This study aimed to assess the environmental integrity of the Araranguá River Basin (BHRA), located in south of Santa Catarina state, southern Brazil. Data collection took place on a local scale and on a landscape scale, based on the application of a Rapid Assessment of Environmental Integrity Protocol (PAR), to analyze the relationships between anthropogenic activities and the physical and biotic structure of rivers. Six analysis sites were defined along the BHRA, one in the upper third, two in the middle third and three in the lower third, which were evaluated in April 2022 by eight researchers duly familiar with the application of the PAR. The results showed that two sites were classified as impacted, two as altered, and one as natural. It was observed that urban sites and extensive agriculture, represented by the culture of irrigated rice, are the main detractors of

¹ Doutorando em Ciências Ambientais pelo Programa de Pós-Graduação em Ciências Ambientais, Universidade do Extremo Sul Catarinense, gustasantos92@gmail.com

² Doutoranda em Ciências Ambientais pelo Programa de Pós-Graduação em Ciências Ambientais, Universidade do Extremo Sul Catarinense, cris_scussel@hotmail.com

³ Doutoranda em Ciências Ambientais pelo Programa de Pós-Graduação em Ciências Ambientais, Universidade do Extremo Sul Catarinense, elaine-puziski@unesc.net

⁴ Doutoranda em Ciências Ambientais pelo Programa de Pós-Graduação em Ciências Ambientais, Universidade do Extremo Sul Catarinense, taysebn@hotmail.com

⁵ Doutoranda em Ciências Ambientais pelo Programa de Pós-Graduação em Ciências Ambientais, Universidade do Extremo Sul Catarinense, luz.carina@gmail.com

⁶ Doutorando em Ciências Ambientais pelo Programa de Pós-Graduação em Ciências Ambientais, Universidade do Extremo Sul Catarinense, Diegoapsc@unesc.net

⁷ Doutoranda em Ciências Ambientais pelo Programa de Pós-Graduação em Ciências Ambientais, Universidade do Extremo Sul Catarinense, patymilanez1@gmail.com

⁸ Mestranda em Ciências e Engenharia de Materiais pelo Programa de Pós-Graduação em Ciência e Engenharia de Materiais, Universidade do Extremo Sul Catarinense, eduardaolivo@unesc.net

⁹ Doutor em Botânica pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Professor do Programa de Pós-Graduação em Ciências Ambientais, Universidade do Extremo Sul Catarinense, jiz@unesc.net

water resources, mainly because they lead to a reduction in riparian forests and degradation in the physical, chemical and biotic quality of the watersheds. The PAR proved to be an efficient rapid assessment instrument, which can be applied, even by the lay public, as long as it is properly trained. However, it is suggested to carry out studies involving a greater number of sampling points, for a more detailed analysis of the environmental integrity of the hydrographic basin evaluated.

Keywords: Environmental Quality; Habitat diversity; Anthropogenic activities; Water resources.

Introdução

Os recursos hídricos são essenciais à sobrevivência dos seres vivos, sendo cada vez mais disputados devido à extrema pressão causada pelo crescimento econômico e correspondentes mudanças dos padrões de vida, bem como à escassez induzida por mudanças climáticas e atividades antrópicas (KUMAR *et al.*, 2019). Há décadas a exploração antrópica dos recursos naturais é alvo de preocupação, tornando-se tema de constantes debates envolvendo a recuperação e conservação ambiental de ecossistemas degradados (BAILLY *et al.*, 2012), uma vez que o uso inadequado dos mesmos tem gerado impactos negativos à saúde humana e à integridade do ambiente. No Brasil, apesar do grande potencial, urge a criação de estratégias para o uso, gestão e conservação dos recursos hídricos, em uma perspectiva multissetorial que inclua energia, alimentos, saneamento e conservação ambiental a partir de soluções locais e de baixo custo, alinhadas às metas estabelecidas nos acordos internacionais, de modo a transformar a abundância de recursos hídricos em oportunidades de desenvolvimento (FARJALLA *et al.*, 2021).

As bacias hidrográficas são consideradas importantes unidades de planejamento e gestão (BRASIL, 1997), sendo constantemente utilizadas em trabalhos científicos como delimitação de área de estudo (ALEXANDRE, 2000; PORTO; PORTO, 2008; SCHUSSEL; NASCIMENTO NETO, 2015; SILVA, 2021). A cobertura e o uso da terra influenciam a qualidade e a disponibilidade de água, devendo ser considerados numa perspectiva integrada de gestão dos recursos hídricos (KREBS; ALEXANDRE, 2000; VEIGA; GUANDIQUE; NARDOCCI, 2019), uma vez que as características ambientais de uma bacia hidrográfica resultam do somatório dos fenômenos nela ocorridos, sejam eles naturais ou antrópicos e quem melhor reflete a condição são os rios principais. Estes carregam tanto águas límpidas provenientes das nascentes, quanto contaminantes, que são agregados em função de atividades rurais (VEIGA, 2006) e dos deflúvios superficiais urbanos que transportam grande parte dos poluentes depositados na superfície da bacia aos corpos receptores (RIGHETTO; GOMES; FREITAS, 2017).

A ocupação antrópica das bacias hidrográficas e o consequente uso dos recursos hídricos modificam as características físicas, químicas e bióticas dos corpos d'água, sendo poucos os rios e riachos que mantêm preservadas e íntegras suas condições naturais (LIMA *et al.*, 2017). Estudos relacionados indicam como principais causadores dessa modificação, os processos de urbanização e as atividades agropecuárias, que se estabelecem em espaços destinados à preservação das matas ciliares, as quais, exercem grande influência sobre a qualidade dos corpos d'água e sobre a comunidade biológica nela existente (VOGEL; ZAWADZKI; METRI, 2009) e, conseqüentemente, potencializam os impactos negativos causados ao ambiente e à saúde humana.

Estudos sobre a expansão das atividades antrópicas na Bacia Hidrográfica do rio Araranguá são incipientes, apesar de a colonização europeia dos territórios da bacia ter iniciado no século XIX (HOBOLD, 1994). No início do século XX, o uso da terra já estava relacionado principalmente à agricultura familiar, às atividades agropastoris, à ocupação urbana (SANTA CATARINA, 1997), à exploração da madeira (SCHEIBE *et al.*, 2010) e à exploração do carvão (CAMPOS, 2001), sendo que todas essas formas de uso da terra estão entre os principais fatores responsáveis pela contaminação dos recursos hídricos, degradação do solo e, conseqüentemente, pelo comprometimento ambiental de grande parte da área desta bacia hidrográfica (KREBS, 2004). A partir do advento do Programa de Aproveitamento das Várzeas Irrigáveis (PROVÁRZEAS), promovido pela Empresa de Pesquisa Agropecuária e Extensão Rural de Santa Catarina (EPAGRI) em 1981, a produção de arroz se intensificou, pois passou a utilizar grandes quantidades de produtos químicos, intensa mecanização e aplainamentos do terreno de modo a formar canchas retangulares e homogêneas (PRESA, 2011). Além disso, houve acelerada expansão urbana em direção às áreas úmidas e às Áreas de Preservação Permanentes (APP) nas últimas décadas no município de Araranguá, sinalizando aos gestores públicos e à população maior atenção quanto à gestão territorial (MARCON; ZOCHE; LADWIG, 2017), uma vez que o espaço destinado às APPs hídricas está fortemente relacionado com as formas de uso da terra.

Por conta da aceleração dos processos de degradação, o ritmo de estudos desenvolvidos não consegue acompanhar na mesma velocidade de modo a contribuir para a solução dos problemas gerados (LIMA *et al.*, 2017). Para os mesmos autores, esses estudos são necessários e importantes, porém encontram obstáculos ao serem realizados, devido à escassez de recursos financeiros, dificuldades de acesso a determinadas partes das bacias hidrográficas ou devido à exiguidade de tempo que é disponibilizado para a realização dos mesmos. No intuito de melhorar essa questão, surgiram inúmeros instrumentos e métodos de análise, sendo que no contexto da análise integrada

da qualidade ambiental, os instrumentos mais difundidos atualmente são os Protocolos de Avaliação Rápida de Integridade Ambiental (PARs).

Esses protocolos surgiram a partir da necessidade observada, em meados da década de 1980 nos Estados Unidos, de se reduzir os custos e o tempo gastos na realização das análises quantitativas de parâmetros químicos, físicos e biológicos em corpos d'água (BARBOUR *et al.*, 1999). Inicialmente, diversos programas de monitoramento de recursos hídricos como *Environmental Monitoring and Assessment Program* (EMAP) da Agência Ambiental dos Estados Unidos (EPA) e o *National Water Quality Assessment Program* (NAWWA) do Serviço Geológico dos Estados Unidos (USGS) realizaram a caracterização física dos segmentos de rios e de sua planície de inundação (RODRIGUES; CASTRO, 2008). No entanto foi a partir de 1989, com a criação dos primeiros protocolos idealizados por Plafkin *et al.*, (1989), que inseriram também dados básicos relativos à biota aquática, com a possibilidade de tais protocolos serem reformulados e adequados de acordo com as características de cada região.

No Brasil, o método desenvolvido por Callisto *et al.*, (2002) denominado de Protocolo de Avaliação Rápida da Diversidade de Habitats foi criado a partir da proposta de Hannaford *et al.*, (1997) e da Agência de Proteção Ambiental de Ohio - EPA (1987), tendo sido adaptado às condições dos ecossistemas lóticos dos estados de Minas Gerais e de Rio de Janeiro. Tem por objetivo avaliar a qualidade dos recursos hídricos, utilizando não somente parâmetros físico-químicos e bacteriológicos, mas também, questões de cunho ecológico que envolvem o canal do rio e o entorno imediato. Considera ainda as características ecológicas como tipos de fundo, sedimento, fluxo das águas e presença da mata ciliar, que definem a comunidade da fauna dependente de condições específicas de habitats, não se restringindo apenas a qualidade da água (HANNAFORD *et al.*, 1997). Os PARs contêm parâmetros de fácil entendimento, a análise corresponde à observação apenas visual do pesquisador, podendo ser feita a distância; há baixo custo de aplicação; facilidade de aplicação por analistas ambientais, estudantes ou voluntários leigos (devidamente treinados); as informações obtidas podem ser úteis para a sensibilização de questões referentes à preservação de recursos hídricos e há possibilidade de adaptação do mesmo para diferentes biomas ou regiões a serem avaliadas (CALLISTO *et al.*, 2002). Porém, a análise visual do ecossistema fluvial possui algumas limitações, sendo necessário treinar adequadamente os pesquisadores, pois quando se trata de pessoas leigas o treinamento inadequado pode interferir no resultado final; também, dependendo das características do rio, do tempo que é disponibilizado para o estudo e de outras circunstâncias, há dificuldades de acesso para verificar algumas condições, como o fundo ou leito dos rios, por exemplo, sendo algumas das implicações (CALLISTO *et al.*, 2002).

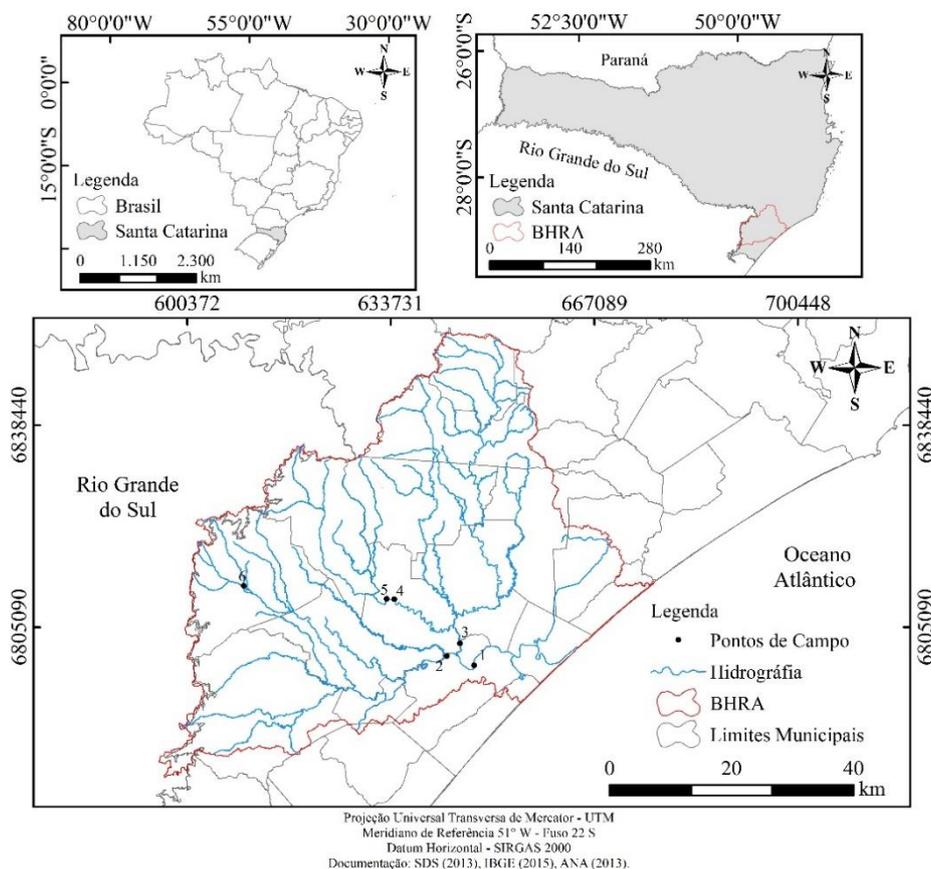
Nesse sentido, o presente trabalho utiliza-se do Protocolo de Avaliação Rápida da Integridade Ambiental adaptado do PAR proposto por Callisto *et al.* (2002) para avaliação de trechos de rios existentes na Bacia Hidrográfica do Rio Araranguá (BHRA), sul de SC, cujo objetivo é avaliar a integridade ambiental dos cursos d'água desta região.

Materiais e métodos

Localização e descrição da área de estudo

A BHRA está localizada no sul de Santa Catarina (**Figura 1**), ocupa aproximadamente 3071 km² e drena o território de 16 municípios, dos quais, dez estão totalmente inseridos na bacia (Ermo, Forquilha, Maracajá, Meleiro, Morro Grande, Nova Veneza, Siderópolis, Timbé do Sul, Treviso e Turvo) e seis estão parcialmente inseridos (Araranguá, Balneário Arroio do Silva, Balneário Rincão, Criciúma, Içara e Jacinto Machado) (KREBS, 2004; COMASSETO, 2008; PERH/SC, 2017).

Figura 1 – Localização da BHRA, no sul de Santa Catarina, Brasil. Os números 1 a 6 assinalam os trechos de rios utilizados para a coleta de dados.

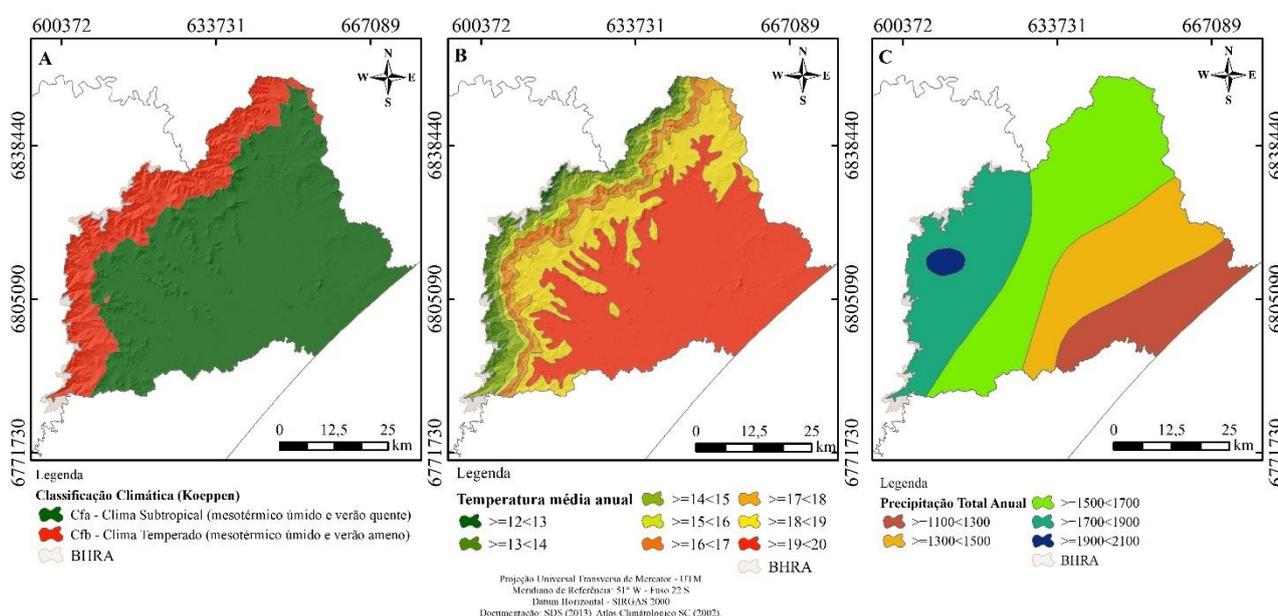


Fonte: Os autores.

A população humana total da bacia, considerando os 16 municípios presentes em seu território é de 510.999 habitantes, de acordo com a prévia do censo demográfico (IBGE, 2022)

O clima da BHRA segundo a classificação de Köppen-Geiger adaptado por Pandolfo *et al.*, (2002) é representado por dois tipos climáticos, o clima subtropical mesotérmico úmido (Cfa) com verões quentes, que ocorre na maior parte da bacia e, o clima temperado mesotérmico úmido (Cfb) com verão ameno, que está restrito às partes mais elevadas (**Figura 2 A**). Nos locais de ocorrência do tipo Cfa, a temperatura média anual varia de 17,0 a 19,3 °C (**Figura 2 B**) e a precipitação pluviométrica total anual varia de 1.220 a 1.660 mm (**Figura 2 C**), enquanto que nos locais de ocorrência do tipo Cfb, a temperatura média anual varia de 11,4 a 17,9 °C (**Figura 2 B**) e precipitação pluviométrica total anual varia de 1.360 a 1.820 mm (**Figura 2 C**) (EMBRAPA, 2012; ALVARES *et al.*, 2014).

Figura 2 – Distribuição dos tipos climáticos Cfa e Cfb (A), temperaturas médias anuais (B) e precipitação total anual (C) da BHRA, sul de Santa Catarina, Brasil.

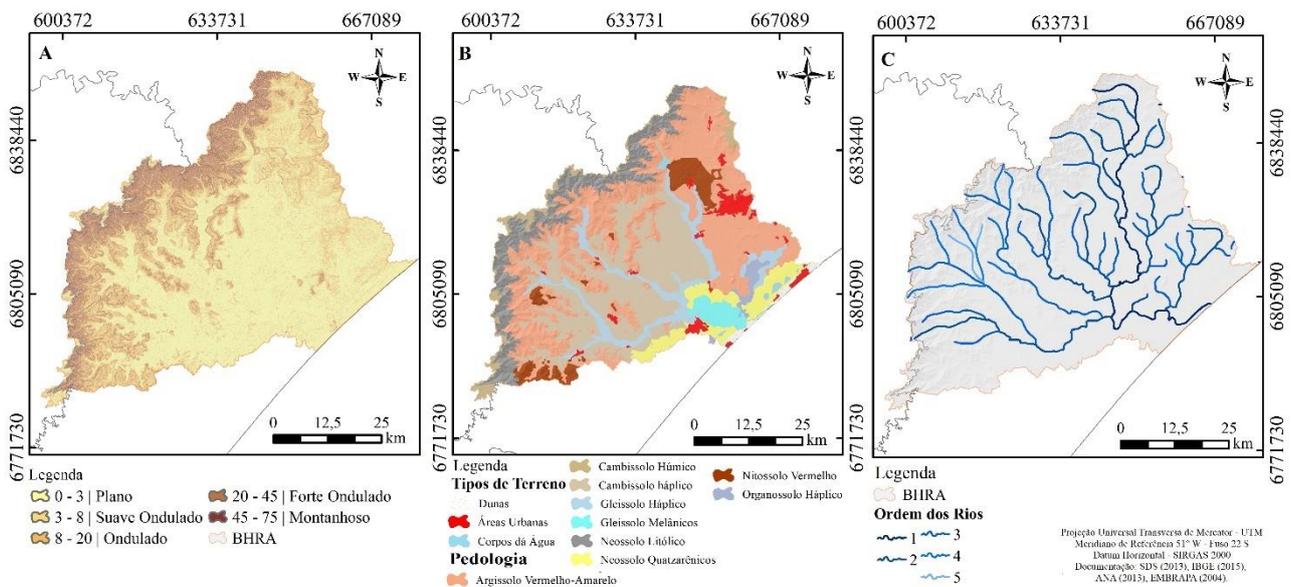


Fonte: Os autores

O relevo da BHRA se encontra distribuído em altitudes entre 0 e 1500 m (**Figura 3 A**), ocupa espaços desde a Planície Litorânea até as Escarpas da Serra Geral, variando de plano, suave ondulado, ondulado, forte ondulado a montanhoso (SANTA CATARINA, 1998). As formações pedológicas da bacia, segundo mapeamento realizado pela Embrapa (2004), apresentam nove tipos de solos (**Figura 3 B**), sendo os mais expressivos em área os Argissolos, Cambissolos, Gleissolos, Neossolos (SIBCS, 2018). A BHRA está inserida na região hidrográfica número 10 (RH 10 Extremo sul Catarinense)

(BACK, 2014). Seus rios deságuam na vertente Atlântica tendo suas principais nascentes na região da Serra Geral (**Figura 3 C**), cujas altitudes médias variam de 1200 a 1400 m (SANTA CATRINA, 1998). Cerca de 15 cursos d'água principais compõem o seu sistema hídrico, estando localizados dentro de quatro unidades de gestão (UG), tais como: Mãe Luzia, Itoupava, Araranguá, e Manuel Alves, cuja hierarquia da hidrografia principal chega à grandeza de ordem 5 (KREBS, 2004). Os recursos hídricos da região drenada pela BHRA se encontram comprometidos em pelo menos 2/3 da sua totalidade, principalmente pela poluição agrícola, da indústria carbonífera e urbana, tornando-se impróprios para o consumo (KREBS, 2004; SCHEIBE, BUSS; FURTADO, 2010).

Figura 3 - Relevo (A), formações pedológicas (B) e, hidrografia (C) da BHRA sul de Santa Catarina, Brasil.



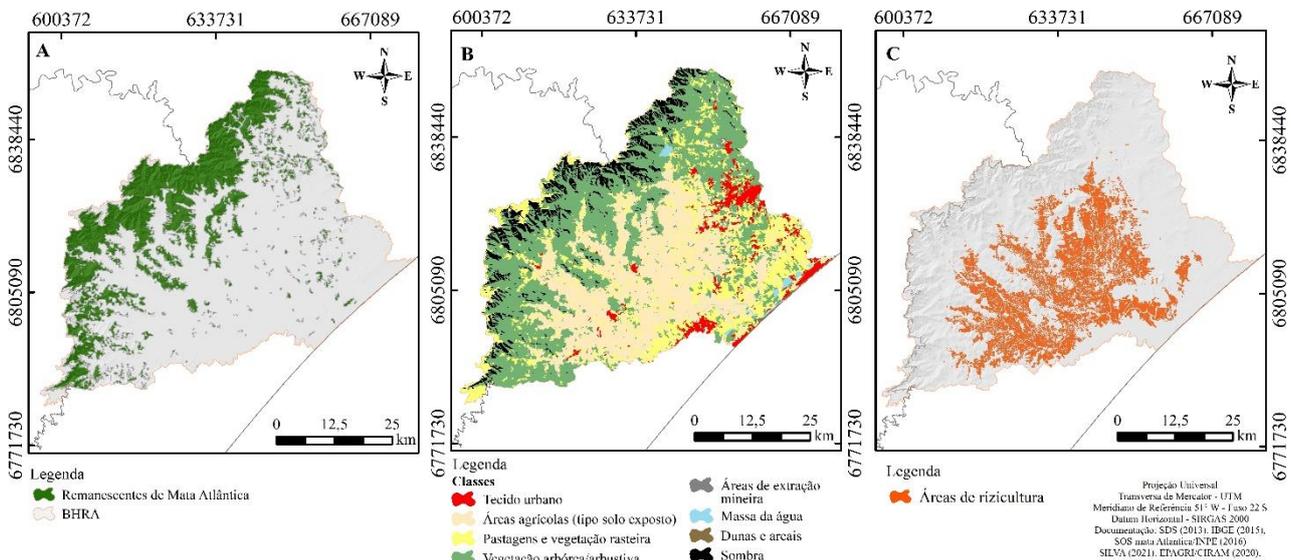
Fonte: Os autores

A cobertura vegetal original está representada pela Vegetação Litorânea de Restingas, pela Floresta Ombrófila Densa (FOD) que ocupa a maior parte da bacia e caracteriza-se como um tipo de vegetação perenifólia (IBGE, 2012) e está composta pelas subformações relacionadas a variação altitudinal: das Terras Baixas, Submontana Montana e Floresta Nebular (IFFSC, 2013). Atualmente, nos limites da BHRA restam apenas 28,2% da cobertura original da Floresta Atlântica, representados por remanescentes isolados, distribuídos na área total da bacia e mais concentrados nas Escarpas da Serra Geral (**Figura 4 A**) (SOS MATA ATLÂNTICA; INPE, 2021).

A cobertura e uso da terra na BHRA, segundo Silva (2021) apresenta-se composta por oito classes (**Figura 4 B**), sendo predominantes as classes, vegetação arbórea/arbustiva, áreas urbanas, pastagens e vegetação rasteira e áreas agrícolas, essa última sendo utilizada principalmente para o

cultivo de arroz irrigado. Dentre essas oito classes destacam-se, pela forte influência na degradação dos recursos hídricos, a agricultura de arroz irrigado (**Figura 4 C**), a extração mineral do carvão e outros minerais e a expansão da malha urbana que tem aumentado nos últimos anos por toda a bacia, incrementando assim a carga antrópica sobre os recursos, com aumento da demanda por esgotamento sanitário e água potável (SILVA, 2021).

Figura 4 – Remanescentes Florestais de Mata Atlântica (A), uso e cobertura da terra (B) e áreas de rizicultura (C) da BHRA, sul de Santa Catarina, Brasil.



Fonte: Os autores

Procedimentos para obtenção e análise de dados

A coleta de dados se deu em seis trechos de rios ao longo da BHRA, três no terço inferior, dois no terço médio e um no terço superior (**Figura 1**), os quais foram avaliados no mês de abril de 2022 por oito pesquisadores, que receberam treinamento prévio para a aplicação de protocolos de avaliação rápida. A coleta de dados se deu em escala local, a partir da aplicação de Protocolo de Avaliação Rápida de Integridade Ambiental (PAR) adaptado de Callisto *et al.* (2002) (**Quadros 1 e 2**) e, em escala da paisagem, a partir da análise de imagens panorâmicas obtidas com auxílio de drone modelo *Parrot anafi work*. O PAR proposto por Callisto *et al.* (2002) foi escolhido por ser um método rápido, fácil de aplicar e capaz de identificar relações existentes entre o compartimento aquático e a respectiva bacia de drenagem imediata.

A definição dos locais de amostragem se deu com base na presença de pontes sobre rodovias que atravessam trechos de rios localizados a jusante e próximos da junção de dois rios, cuja paisagem

contida em um *buffer* de 250 m de raio a partir da ponte, reunia pelo menos dois, de três tipos de cobertura e uso da terra principais: 1 - malha urbana, 2 - agricultura e, 3 - vegetação ciliar. A distribuição dos locais de amostragem atendeu ainda aos seguintes critérios: a – distribuição equilibrada entre o terço inferior, o terço médio, ou o terço superior da bacia e; b – abranger rios de diferentes ordens visando a avaliação pelo viés da contaminação por poluentes oriundos de diversas fontes ao longo da bacia. Foram definidos os seguintes locais (**Figura 1**): 1 – Ponte do rio Araranguá, bairro Barranca, 2 – Ponte do rio Itoupava, 3 – Ponte da Sanga do Marco, 4 – Ponte de Meleiro 1, 5 – Ponte de Meleiro 2, e 6 - Timbé do Sul, Ponte do rio Rocinha. As coordenadas dos trechos de rios avaliados foram obtidas com aparelho receptor GPS, marca Garmin modelo *etrex vista h*. Foram obtidas imagens com máquina fotográfica e com drone modelo *Parrot anafi work*. A aplicação do PAR (avaliação em escala local) foi realizada individualmente por oito avaliadores em duas etapas. A etapa 1 (**Quadro 1**) incluiu a análise de 10 parâmetros em três categorias de pontuação (4, 2 e 0 pontos). Avalia as características de trechos da drenagem e nível de impactos ambientais decorrentes das atividades antrópicas; dá maior ênfase à qualidade da água e do substrato, e atribui menor peso a erosão e à cobertura vegetal das margens (VARGAS; FERREIRA, 2012). A etapa 2 (**Quadro 2**), incluiu a análise de 12 parâmetros em quatro categorias de pontuação (5, 3, 2 e 0 pontos). Avalia a complexidade do habitat e o seu nível de conservação; atribui maior importância às características do fluxo d'água e ao tipo de substrato para o estabelecimento de comunidades aquáticas e; menor pontuação à estabilidade das margens e à presença da mata ciliar e plantas aquáticas (VARGAS; FERREIRA, 2012).

Devido a dificuldades acesso às margens ou a impossibilidade de observar o fundo dos rios (principalmente no terço inferior da bacia) foram suprimidos os parâmetros 8 e 9 do **Quadro 1** em todos os locais analisados, atingindo-se o máximo de 92 pontos em cada local (considerando as etapas 1 e 2 de análise). As pontuações atribuídas aos 20 parâmetros avaliados em cada trecho dos rios, pelos oito avaliadores, foram somadas, lançadas em planilha e calculado a mediana. Assim sendo, ao mantermos a proporcionalidade de 40:20:40 proposta por Callisto *et al.*, (2002), a pontuação de 0 a 36 representa áreas impactadas, de 37 a 55 áreas alteradas e de 56 a 92 áreas naturais (proporcionalidade de 36:18:36).

Para caracterizar a paisagem da área estudada em escala de bacia foram utilizados o *software* ArcGIS 10.3.1 (ESRI, 2015 – Licenciado pela Universidade do Extremo Sul Catarinense) e o *software* Qgis 3.14 "PI" (Software livre, 2020), para a geração de mapas temáticos, considerando como unidade de estudo a BHRA. Foram adotados o sistema de Projeção Universal Transversa de Mercator (UTM), *Datum* SIRGAS 2000 e meridiano de referência 51°W (Fuso 22 S), para a elaboração dos mapas:

climático, pedológico, hidrográfico e, de cobertura e uso da terra. A avaliação descritiva da cobertura e uso da terra, nos trechos de rio se deu a partir de imagens obtidas por meio máquinas fotográficas (escala local) e de drone (escala de paisagem).

Quadro 1 - Protocolo de Avaliação Rápida da Diversidade de Habitats (PAR) de trechos de bacias hidrográficas.

Localização:	Número do Protocolo:	Data da Coleta:	Hora da Coleta:
Condições do Tempo:		Coletor:	
Tipo de Ambiente: () Córrego () Rio	Largura:	Profundidade:	Temperatura da Água:
PARÂMETROS	PONTUAÇÃO		
	4	2	0
1. Tipo de ocupação das margens do corpo d'água (principal atividade)	Vegetação natural	Pastagem; Agricultura diversa; Monocultura; Reflorestamento	Residencial; Comercial; Industrial
2. Erosão próxima e/ou nas margens do rio e assoreamento em seu leito	Ausente	Moderada	Acentuada
3. Alterações antrópicas	Ausente	Origem doméstica (esgoto, lixo)	Origem industrial; urbana (fábricas, siderurgias, canalização, retificação do curso do rio)
4. Cobertura vegetal no leito	Parcial	Total	Ausente
5. Odor da água	Nenhum	Esgoto (ovo podre)	Óleo; Industrial
6. Oleosidade da água	Ausente	Moderada	Abundante
7. Transparência da água	Transparente	Turva; cor de chá forte	Opaca ou colorida
8. Odor do sedimento (fundo)	Nenhum	Esgoto (ovo podre)	Óleo; Industrial
9. Oleosidade do fundo	Ausente	Moderado	Abundante
10. Tipo de fundo	Pedras; cascalho	Lama; areia	Cimento; Canalizado

Fonte: Callisto *et al.* (2002) modificado do protocolo da Agência de Proteção Ambiental de Ohio (EPA,1987).

Quadro 2 - Protocolo de Avaliação Rápida da Diversidade de Habitats (PAR) em trechos de bacias hidrográficas.

PARÂMETROS	PONTUAÇÃO			
	5	3	2	0
11. Tipos de fundo	Mais de 50% com habitats diversificados; pedaços de troncos submersos; cascalho ou outros habitats estáveis	30 a 50% de habitats diversificados; adequados à manutenção das populações de organismos aquáticos	10 a 30% de habitats diversificados; insuficiência de habitats; substratos modificados	Menos de 10% de habitats diversificados; substrato rochoso instável à fixação de organismos aquáticos

12. Extensão de rápido	Rápidos e corredeiras bem desenvolvidos; rápidos tão largos quanto o rio e com o comprimento igual ao dobro da largura do rio	Rápidos com a largura igual à do rio, mas com comprimento menor que o dobro da largura do rio	Trechos rápidos ausentes; rápidos não tão largos quanto o rio, comprimento dos rápidos menor do que o dobro da largura do rio	Rápidos ou corredeiras inexistentes
13. Frequência de rápidos	Rápidos relativamente frequentes; distância entre rápidos dividida pela largura do rio entre 5 e 7	Rápidos não frequentes; distância entre rápidos dividida pela largura do rio entre 7 e 15	Rápidos ou corredeiras ocasionais; distância entre rápidos dividida pela largura do rio entre 15 e 25	Lâmina d'água "lisa" ou com rápidos rasos; distância entre rápidos dividida pela largura do rio maior que 25
14. Tipos de substrato	Seixos abundantes (prevalecendo próximo as nascentes)	Seixos abundantes; cascalho comum	Fundo predominantemente formado por cascalho; alguns seixos presentes	Fundo pedregoso; seixos ou lamoso
15. Deposição de lama	Entre 0 e 25% do fundo coberto por lama	Entre 25 e 50% do fundo coberto por lama	Entre 50 e 75% do fundo coberto por lama	Mais de 75% do fundo coberto por lama
16. Depósitos sedimentares	Menos de 5% do fundo com deposição de lama; ausência de deposição nos remansos	Fraca evidência de modificação no fundo, principalmente com aumento de cascalho, areia ou lama; 5 a 30% do fundo afetado; baixa deposição em remansos	Deposição moderada de cascalho novo, areia ou lama nas margens; entre 30 a 50% do fundo afetado; deposição moderada nos remansos	Grandes depósitos de lama, maior desenvolvimento das margens; mais de 50% do fundo modificado; remansos ausentes devido à significativa deposição de sedimentos
17. Alterações no canal do rio	Canalização (retificação) ou dragagem ausente ou mínima; rio com padrão normal	Canalização próximo as pontes; evidências de modificações há mais de 20 anos	Alguma modificação presente nas duas margens; 40 a 80% do rio modificado	Margens modificadas; acima de 80% do rio modificado
18. Características do fluxo das águas	Fluxo relativamente igual em toda a largura do rio; mínima quantidade de substrato exposta	Lâmina d'água acima de 75% do canal do rio; ou menos de 25% do substrato exposto	Lâmina d'água entre 25 e 75% do canal do rio, e/ou maior parte do substrato exposto nos "rápidos"	Lâmina d'água escassa e presente apenas nos remansos
19. Presença de mata ciliar	Acima de 90% com vegetação ripária nativa, incluindo árvores, arbustos ou macrófitas; mínima evidência de desflorestamento; plantas atingindo a altura "normal"	Entre 70 e 90% com vegetação ripária nativa; desflorestamento evidente, mas não afetando o desenvolvimento da vegetação; maioria das plantas atingindo a altura "normal"	Entre 50 e 70% com vegetação ripária nativa; desflorestamento óbvio; trechos com solo exposto ou vegetação eliminada; menos da metade das plantas atingindo a altura "normal"	Menos de 50% da mata ciliar nativa; desflorestamento muito acentuado
20. Estabilidade das margens	Margens estáveis; evidência de erosão mínima ou ausente; pequeno potencial para problemas futuros. Menos de 5% da margem afetada	Moderadamente estáveis; pequenas áreas de erosão frequentes. Entre 5 e 30% da margem com erosão	Moderadamente instável; entre 30 e 60% da margem com erosão. Risco elevado de erosão durante enchentes	Instável; muitas áreas com erosão; frequentes áreas descobertas nas curvas do rio; erosão óbvia entre 60 e 100% da margem
21. Extensão de mata ciliar	Largura da vegetação ripária maior que 18	Largura da vegetação ripária entre 12 e 18	Largura da vegetação ripária entre 6 e 12	Largura da vegetação ripária menor que 6 m;

	m; sem influência de atividades antrópicas (agropecuária, estradas, etc.)	m; mínima influência antrópica	m; influência antrópica intensa	vegetação restrita ou ausente devido à atividade antrópica
22. Presença de plantas aquáticas	Pequenas macrófitas aquáticas e/ou Musgos distribuídos pelo leito	Macrófitas aquáticas ou algas filamentosas ou musgos distribuídos no rio, substrato com perifiton	Algas filamentosas ou macrófitas em poucas pedras ou alguns remansos, perifiton abundante e biofilme.	Ausência de vegetação aquática no leito do rio ou grandes bancos de macrófitas (p.ex. aguapés)

Fonte: Callisto *et al.* (2002) modificado do protocolo de Hannaford *et al.*, (1997).

Resultados e discussão

As ações antrópicas têm influência sinérgica sobre os recursos naturais, condicionando diretamente a disponibilidade e a qualidade dos recursos hídricos, especialmente quando relacionadas à cobertura e uso da terra nas margens dos rios. As visitas *in loco* à BHRA possibilitaram a identificação e a análise da ação das atividades antrópicas e naturais sobre a integridade ambiental dos rios, em escala local e de bacia hidrográfica. Os resultados da aplicação do PAR estão dispostos na **Tabela 1**, cujas pontuações atribuídas pelos oito avaliadores, em cada trecho avaliado, se mostraram homogêneas e com poucas variações quando comparadas entre si, indicando que o treinamento prévio aplicado foi suficiente para o nivelamento de informações e para o ajuste das percepções, em relação aos parâmetros analisados.

Tabela 1 – Classificação da integridade ambiental dos seis trechos de rios avaliados na BHRA, sul de Santa Catarina, Brasil, com base na mediana do total das pontuações atribuídas pelos oito avaliadores. Escala de pontuação: 0 – 36 (trecho impactado); 37 – 55 (trecho alterado) e; 56 – 92 (trecho natural).

Trechos/Rios	Avaliadores e respectivas somatórias de pontos em cada trecho de rio avaliado								Mediana	Integridade ambiental
	1	2	3	4	5	6	7	8		
1 - Araranguá	37	21	31	33	31	33	32	32	32	Impactado
2 - Itoupava	39	33	37	29	33	37	38	26	35	Impactado
3 – Mãe Luzia	37	35	45	32	35	37	40	47	37	Alterado
4 – Manoel Alves	44	51	57	50	51	46	52	51	51	Alterado
5 – Manoel Alves	43	35	43	44	37	38	42	39	40,5	Alterado
6 - Rocinha	69	71	65	65	80	69	61	72	69	Natural

Fonte: Os autores.

A análise da **Tabela 1** nos mostra que ao longo da BHRA há mais trechos impactados e alterados do que naturais. Em todos os locais analisados foi possível observar a redução das matas ciliares, cujas

margens dos rios são ladeadas, em sua maioria, por áreas agrícolas principalmente ligadas a produção do arroz irrigado, e em menor proporção por núcleos urbanos, atividades que literalmente avançam sobre a calha dos rios. A situação é de tal forma extrema, que em toda a bacia se registram áreas de cultivo de arroz, localizadas a pouquíssimos metros da margem dos rios (apenas o suficiente para que o talude não desmorone), assim como, construções civis que muitas vezes estão localizadas sobre a calha dos rios, sustentadas por muros de arrimo, e ou pilares, cujas bases estão assentadas dentro dos rios.

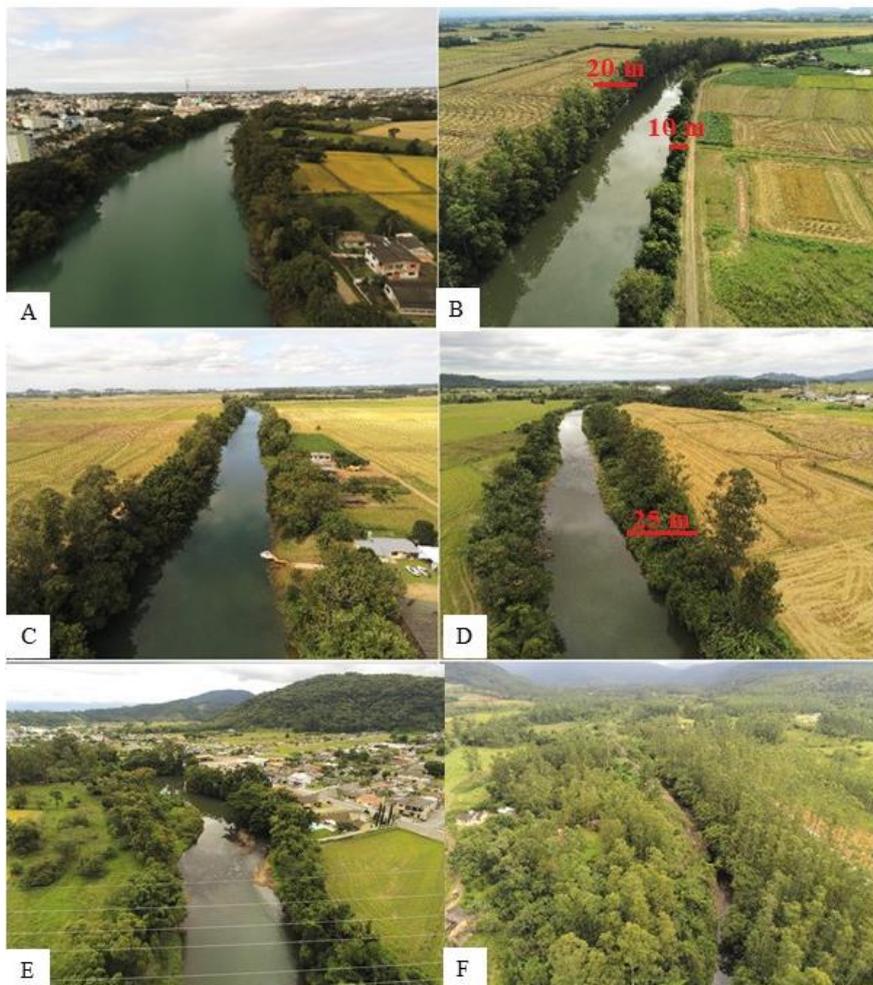
Foi observado que as áreas de APP têm sido desrespeitadas, aparecendo com maiores faixas de largura, somente partir do local de amostragem número 6 em direção às Escarpas da Serra Geral, o que corrobora diversos estudos que apontam como áreas mais conservadas, aquelas localizadas próximas as Escarpas da Serra Geral, como resultado das dificuldades de acesso e ou de impossibilidades de mecanização agrícola. As larguras das matas ciliares, nos trechos de rios avaliados, assim como, na maior parte da bacia, estão em desacordo com as faixas estabelecidas pela Legislação Ambiental Brasileira vigente. No Brasil, a Lei nº 12.651/2012 dispõe sobre a proteção da vegetação nativa e em seu Art. 4º estabelece nas faixas marginais dos cursos d'água as larguras mínimas para a efetiva preservação (BRASIL, 2012). O que foi observado ao longo da BHRA foram larguras da vegetação ciliar variando de 5 a 25 m, localizadas nas áreas com relevo plano a suave ondulado, com aumento substancial nas faixas de largura nas áreas com relevo mais acidentado (**Figuras 5 A a F**). A diminuição na largura desses espaços de APP e a ocorrência de espécies exóticas, originadas de plantios para consumo nas propriedades, leva ao surgimento de vários outros impactos ambientais promotores da degradação dos recursos naturais, além de impactos de cunho econômico e social (SILVA, 2020; GAMA, 2022) que podem, inclusive, aumentar o custo do tratamento da água para o consumo humano (REIS, 2004; BITTENCOURT; PAULA, 2014).

A quantidade e a qualidade da água dependem das condições ambientais da mata ciliar, que funciona como um filtro que retém resíduos tóxicos pela absorção das plantas através do sistema de raízes, além de promover reações químicas que alteram, por exemplo, os resíduos de pesticidas, transportados pelo escoamento superficial, em componentes não-tóxicos, por meio da decomposição microbiológica, oxidação, redução, hidrólise, radiação solar e outros processos que ocorrem no piso florestal (SIMÕES, 2001). Somado ao reduzido espaço efetivo para preservação, as matas ciliares dividem o espaço das faixas de APPs com espécies exóticas e invasoras, como o *Eucalyptus* spp. em quase todos os locais analisados.

Os dados coletados no primeiro trecho (**Figura 5 A - Ponte sobre o rio Araranguá, bairro Barranca**) apontam para a ocorrência de alterações antrópicas em ambas as margens do rio, em função de

ocupações residenciais, comerciais e industriais; presença de atividades agrícolas até bem próximo à calha do rio, culminando na redução da mata ciliar. Ainda que o fluxo das águas seja igualmente mantido em toda a largura do rio e as margens estejam estáveis, esse trecho ficou classificado como “Impactado” (Tabela 1) em relação a integridade ambiental, com pontuação mediana de 32,0 pontos.

Figura 5 – Imagens aéreas, obtidas a partir de drone, dos seis trechos de rios analisados na BHRA, sul de Santa Catarina, Brasil. Onde: A – trecho 1 (Ponte do rio Araranguá, bairro Barranca); B – trecho 2 (Ponte do rio Itoupava, Araranguá); C - trecho 3 (Ponte da Sanga do Marco, Araranguá); D - trecho 4 (Ponte de Meleiro 1, Meleiro); E - trecho 5 (Ponte de Meleiro 2, Meleiro) e; F - trecho 6 (Ponte do rio Rocinha, Timbé do Sul).



Fonte: Os autores.

Ainda no trecho 1, cabe destacar a existência de diferença de cota altimétrica entre a margem direita e a margem esquerda do rio (sentido nascente-foz), motivo pelo qual na margem direita se

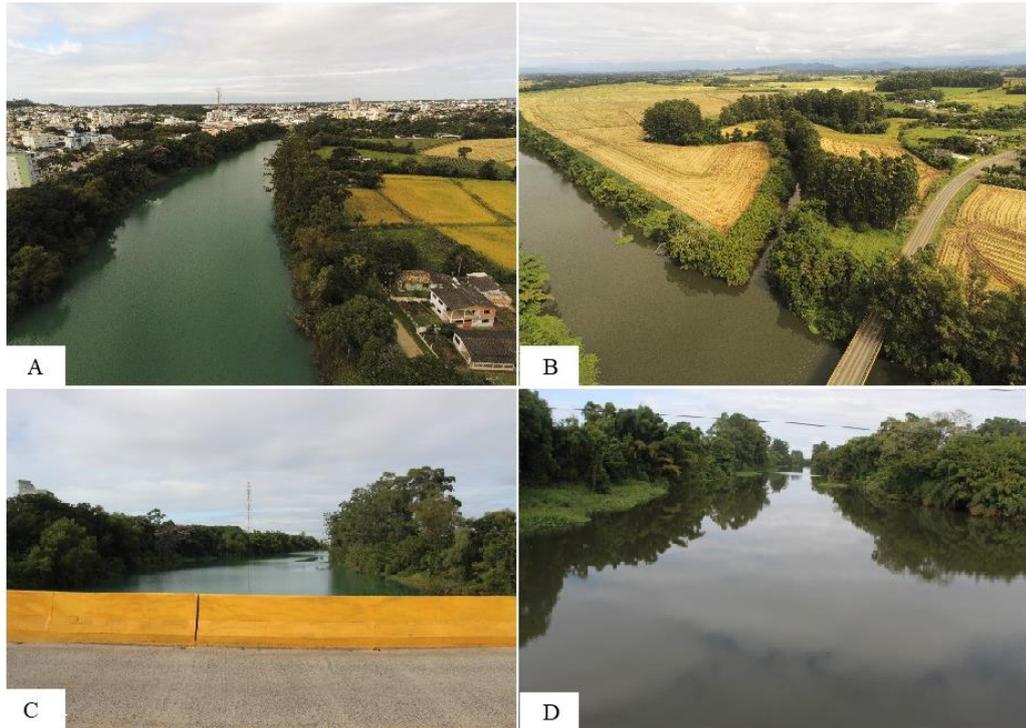
tem o núcleo urbano (Bairro Centro) mais adensado do que na margem esquerda (Bairro Barranca – o mais antigo do município), com menor densidade populacional e que ainda guarda características rurais. Em função de localizar-se em área com cotas mais baixas em relação ao seu entorno, em épocas de chuvas volumosas esse bairro sofre com alagamentos e eventualmente com enchentes. Ao analisar a evolução da expansão urbana do município de Araranguá, Marcon (2014) e Marcon, Zocche e Ladwig (2017) assinalam que com as enxurradas e alagamentos há a contaminação da água com esgotos, lixos e dejetos, os quais têm como ponto final de deposição o rio Araranguá, comprometendo ainda mais a qualidade das suas águas.

O segundo trecho avaliado (**Figura 5 B** – Ponte sobre o rio Itoupava, localizado em área rural do município de Araranguá) difere do trecho 1 em função de não conter núcleos urbanos, sendo que o núcleo mais próximo fica a aproximadamente a 2 km de distância e, a densidade populacional é muito mais baixa do que aquela observada no trecho 1. As características físicas desse trecho de rio se assemelham muito às do trecho 1. O estado de integridade ambiental do trecho 2 foi classificado como “Impactado”, com mediana de 35,0 pontos (**Tabela 1**). Atribui-se esta condição, ao tipo de cobertura e uso da terra do entorno do trecho de rio analisado, que é quase que exclusivamente representado pela cultura de arroz irrigado, que capta água do rio e a lança com resíduos de insumos agrícolas e pesticidas no rio com o desague do cultivo. Silva (2021) assinala que a Unidade de Gestão (UG) do Rio Itoupava é a que detém a maior quantidade de área ocupada por atividades agrícolas na BHRA. São inúmeros os problemas ambientais ocasionados pelo uso de agrotóxicos na agricultura, os quais são levados aos rios, acarretando prejuízos à saúde humana (OLIVEIRA-FILHO, 2002).

Mesmo não sofrendo diretamente com a pressão da expansão urbana, e ainda que a erosão nas margens não seja pronunciada no trecho 2, a vegetação ciliar, embora mais densa, apresenta-se composta por *Eucalyptus* spp. espécie classificada como exótica e invasora de acordo com Santa Catarina (2016). A invasão biológica de áreas naturais por espécies exóticas representa um dos principais problemas ambientais da atualidade, uma vez que suas consequências afetam negativamente a biodiversidade, o funcionamento dos ecossistemas, além de causar prejuízos econômicos (NUNES *et al.*, 2018).

A comparação da cobertura e uso da terra nas diferentes escalas de análise (local - o trecho do rio avaliado e, de paisagem - *buffer* definido a partir do local de observação (a ponte), pode ser melhor observada, a partir da análise das **Figuras 6 A** e **6 C** (imagens obtidas por máquina fotográfica, ao nível do solo, dos trechos 1 e 2) e **Figuras 6 B** e **6 D** (imagens aéreas, obtidas por drone, dos trechos 1 e 2).

Figura 6 – Imagens panorâmicas dos trechos 1 e 2 (**Figuras 6 A e 6 C**) obtidas ao nível do solo com máquina fotográfica e, imagens aéreas dos trechos 1 e 2 (**Figuras 6 B e 6 D**) obtidas partir de imagens aéreas utilizando drone.



Fonte: Os autores.

A composição da cobertura e uso da terra do terceiro trecho avaliado (**Figura 5 C** – Ponte da Sanga do Marco, localizado em área rural do município de Araranguá) assemelha-se muito a àquela do trecho 2, pois além de estar situada no terço inferior da BHRA, não há núcleos urbanos em seu entorno a menos de 5 km de distância e, a densidade populacional é muito baixa. As características físicas desse trecho de rio se assemelham muito às características dos trechos 1 e 2, cujo estado de integridade foi classificado como “Alterado”, com mediana de 37,0 pontos (**Tabela 1**).

No local de avaliação do trecho 3, observou-se a presença de extensa área de manejo agrícola e a largura da mata ciliar é pouco expressiva. Além disso, havia ainda a presença de uma bomba elétrica de recalque para a captação de água do rio para cultivo de arroz irrigado. A comparação das escalas de análise local e de paisagem pode ser melhor observada pela análise das **Figuras 7 A e B**, cujas imagens foram obtidas ao nível do solo e por meio de drone, respectivamente.

O quarto e quinto trechos avaliados (**Figuras 8 A, B, C e D** – localizados sobre o Manoel Alves, em duas áreas urbanas distintas de Meleiro) e denominados de Meleiro 1 e Meleiro 2, respectivamente,

foram ambos classificados como alterados, no entanto o trecho 4 (**Figuras 8 A e B**) se mostrou ligeiramente em melhores condições (mediana de 51,0 pontos) do que o trecho 5 (mediana de 40,5 pontos) (**Tabela 1**). Essa ligeira variação se deu em função de o trecho 5 estar localizado exatamente na região central da cidade e o trecho 4 estar localizado na periferia da cidade de Meleiro.

Figura 7 – Imagens do trecho 3 – Ponte sobre a junção dos rios Manoel Alves e Mãe Luzia, bairro Sanga do Marco, município de Araranguá, obtidas partir de drone (A) e ao nível do solo a partir de máquina fotográfica (B).

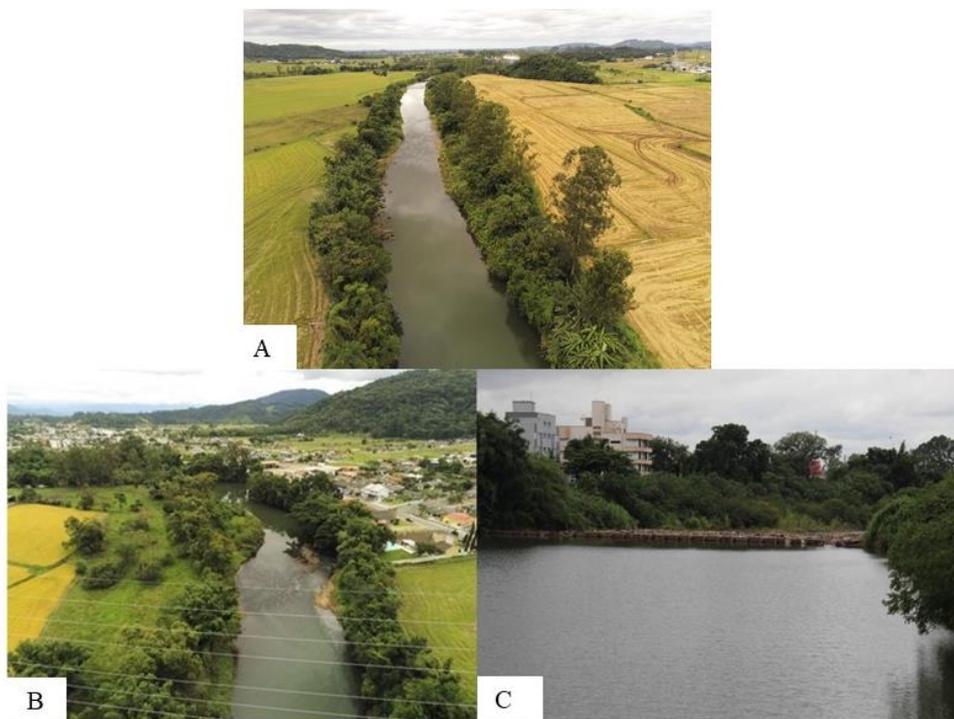


Fonte: Os autores

No trecho 4 foi possível observar a presença de classes de uso e cobertura da terra bem diversificadas, com ocorrência de moradias muito próximas ao rio, além de extensas áreas de cultivo agrícola e estradas asfaltadas. Por se localizar na periferia urbana do município, já em área de ecótono entre a área urbana e área rural, a mata ciliar encontrava-se reduzida, o que deve ser considerado como um fator preocupante, visto que pode influenciar na manutenção das interações bióticas entre pequenos e médios animais, importantes para o equilíbrio do ambiente (LANZER; RAMOS; MARCHETT, 2011). Foi observado também a presença de focos de erosão nas margens (**Figura 8 C**), uma vez que o pátio de algumas residências chega até próximo da calha do rio, cuja mata ciliar foi suprimida dando lugar ao cultivo de gramados e pomares. De outra forma, o trecho 5 (Meleiro 2) encontra-se na área central da cidade evidenciando intervenções no seu próprio leito e margens, como por exemplo a existência de uma pequena barragem (**Figura 8 D**), utilizada para captação de água para irrigação agrícola, que interfere na presença de rápidos e corredeiras. Foi verificada presença parcial da cobertura de vegetação arbórea nas margens do rio, com acentuada presença de construções residenciais e comerciais próximas do seu leito (**Figuras 8 C e D**). As

ocupações são variadas e dos tipos: residências, casas comerciais, edifícios, indústrias, postos de combustíveis e estradas. Durante a aplicação do PAR, no trecho 5, foi possível perceber pela primeira vez, dentre os trechos de rio avaliados, o odor e oleosidade no corpo hídrico oriundos de um posto de combustível, localizado no centro da cidade de Meleiro. Devido a todo processo de ocupação das cidades, o rio acaba sendo um norteador da expansão urbana pela sua função de abastecimento de água para uso doméstico, industrial e agrícola.

Figura 8 – Imagens aérea e panorâmica do trecho 4 – imagem aérea do trecho 5 obtida a partir de drone (A) – Ponte sobre a junção dos rios Manoel Alves com rio sem nome (trecho Meleiro 2), obtidas partir de drone (B) e ao nível do solo a partir de máquina fotográfica (C).



Fonte: Os autores

Ambos trechos 4 e 5 estão localizados na porção média da BHRA, a partir dos quais, a presença de corredeiras e de seixo rolado no leito dos rios se mostram muito pronunciadas, marcando a área de transição entre o terço inferior e médio da bacia. A largura do rio, a profundidade da lâmina de água (mais rasa) e a presença de pequenos “poços” se mostra muito variável em comparação com os trechos 1, 2 e 3. Apesar da presença de seixo na calha do rio e da ocorrência de rápidos e corredeiras (**Figuras 8 A, B, C e D**), tanto no trecho 4 quanto 5, a presença de ambientes diversificados não é muito expressiva mostrando a insuficiência de habitats adequados para a manutenção das populações de organismos aquáticos. A montante do trecho 5, a presença de seixos, corredeiras e

rápidos vai se intensificando, sendo possível constatar a diversificação de habitats e uma melhora sensível na qualidade dos trechos de rios propriamente ditos (escala local), no entanto, as atividades agrícolas ainda são intensas, fazendo com que em escala de paisagem, a cobertura e uso da terra se mantenham semelhantes aos registrados nos demais trechos analisados. Este padrão se mantém até próximo as Encostas da Serra Geral. A partir do trecho 5 a amostragem na UG do rio Manoel Alves foi encerrada, deslocando-se a análise para a UG do rio Rocinha que é tributário da UG do rio Itoupava.

O trecho 6 compreende o rio Rocinha, localizado no município de Timbé do Sul. A cobertura e uso da terra no entorno desse trecho de rio, assim como os demais observados, se encontra em área que apresenta traços de antropização como estradas, expansão urbana e monoculturas (**Figuras 5 F e 9**). Estão ausentes atividades relacionadas a núcleos urbanos e industriais, sendo que o núcleo urbano mais próximo está a mais de 5 km de distância. De acordo com as avaliações, a mediana observada para este trecho foi de 69 pontos, o que o classifica como de integridade ambiental “Natural” (**Tabela 1**).

Figura 9 – Imagens do trecho de rio 6 – Ponte sobre o rio Rocinha, bairro Rocinha município de Timbé do Sul, obtidas partir de drone (A) e ao nível do solo a partir de máquina fotográfica (B).



Fonte: Os autores

As melhores pontuações atribuídas a este trecho estão relacionadas as características da água (transparência e ausência de odor), ao tipo de fundo (**Figura 9 B**) representado por deposição de seixos de diversos tamanhos, substrato e depósitos sedimentares (mais de 50% com habitats diversificados, seixos abundantes e menos de 5% do fundo com deposição de lama). No rio Rocinha pode-se observar que rápidos e corredeiras se apresentam de forma relativamente frequentes e regulares e possuem extensão tão larga quanto o rio. A mata ciliar apresentou-se reduzida com 6 a

12 metros de largura, presença de desflorestamento óbvio, com muitas espécies vegetais exóticas e ausência de vegetação aquática na calha do rio. A ausência de mata ciliar no rio Rocinha com largura adequada, conforme a legislação brasileira (BRASIL, 2012) pode estar relacionada aos fatores antrópicos observados na região do estudo, como a agricultura (monoculturas de arroz irrigado e de sequeiro) e urbanização, que são atividades que contribuem para que ocorra a substituição de praticamente toda vegetação original. A manutenção da mata ciliar é fundamental para a preservação do rio e do solo do entorno, bem como para melhorar a capacidade de infiltração, além de exercer a transpiração, contribuindo para evapotranspiração e conseqüentemente para a manutenção do ciclo da água (VAZ; ORLANDO, 2012).

A macroanálise, considerando os seis trechos avaliados, evidencia que a BHRA apresenta como principais classes de cobertura e uso da terra, três formas distintas: 1 - atividades agropastoris, com destaque para a agricultura de arroz irrigado, 2 - a expansão urbana, caracterizada pelo crescimento das populações residentes por toda a bacia, incrementando assim a carga antrópica sobre os recursos com aumento da demanda por esgotamento sanitário e água potável (SILVA 2021) e 3 – a extração mineral do carvão e outros minerais, que embora não apareça diretamente nos trechos analisados, faz-se indiretamente sentir, pela presença de drenagem ácida de mina, coloração alaranjada dos sedimentos e forte odor de enxofre, observados principalmente a montante do trecho 3, na UG do rio Mãe Luzia. Silva (2021) identificou a presença de oito classes de cobertura e uso da terra na BHRA, sendo predominantes as classes: 1 - vegetação arbórea/arbustiva, 2 - áreas urbanas, 3 – pastagens, 4 - vegetação rasteira e, 5 - áreas agrícolas. Outro ponto importante a destacar nos usos da terra na bacia é quanto ao cultivo de arroz irrigado nas várzeas, que segundo Silva (2021 p. 80) “é predominante no sul de Santa Catarina, especialmente na área da BHRA, pois esta UG apresenta planícies de inundação favoráveis ao estabelecimento dessa cultura”. As áreas de rizicultura na bacia ocupam área de 61.945 ha (CEPA/EPAGRI, 2019).

O rio Araranguá é o receptor mais importante da bacia, drenando grande volume de água proveniente de todas as UG's associadas. Essa contribuição significativa vem dos afluentes, que ao mesmo tempo que carregam contaminantes provenientes das atividades antrópicas como cultura do arroz irrigado, dejetos urbano-industriais, resíduos sólidos, drenagem ácida de minas e metais pesados provenientes das áreas de mineração de carvão, também contribuem com grande vazão de água doce não contaminada, o que faz com que estes poluentes sejam diluídos. Mesmo com a condição de diluição dos poluentes, Silva (2021) aponta a BHRA como uma das mais impactadas do Estado, em função dos usos múltiplos.

Comparando todos os trechos amostrados, o trecho 6 (rio Rocinha) mostrou-se o mais conservado. Este fato pode ser explicado pela menor expressão da urbanização e melhor estado de conservação das matas ciliares das áreas de entorno ao local amostrado e à qualidade do rio Rocinha propriamente dita, quando comparado aos outros trechos avaliados. De acordo com Silva (2002) áreas que apresentam menor impacto antrópico podem fornecer subsídios para o entendimento de ecossistemas em bom estado de conservação. Ressaltando que mesmo de forma moderada, a antropização contribui fortemente para o declínio da qualidade ambiental de rios e de bacias hidrográficas, uma vez que altera fortemente suas as condições naturais.

Considerações Finais

A expansão urbana, a agricultura representada pelo cultivo de arroz irrigado e indústria carbonífera e a extração de outros minérios são as principais atividades antrópicas que interferem negativamente na integridade ambiental da Bacia.

A partir dos resultados obtidos, a qualidade ambiental da Bacia Hidrográfica do Rio Araranguá pode ser classificada como impactada no terço inferior, alterada no terço médio e natural no terço superior. O protocolo de avaliação rápida aplicado se mostrou como ferramenta robusta na avaliação da integridade ambiental da bacia. Corroborou análises prévias, confirmando a existência de paisagens mais conservadas nas Encostas da Serra Geral.

Como trabalhos futuros, sugere-se o incremento no número de trechos avaliados, de modo a refinar as análises da integridade ambiental da Bacia.

Referências

ALVARES, C.A. *et al.* Köppen's climate classification map for Brazil. **Meteorologische Zeitschrift**, [S.L.], v. 22, n. 6, p. 711-728, 1 dez. 2013. Schweizerbart. <http://dx.doi.org/10.1127/0941-2948/2013/0507>

BARBOUR, M.T. *et al.* **Rapid bioassessment protocols for use in streams and wadeable rivers: peryphyton, benthic macroinvertebrates and fish**. Second Edition. Washington: U. S. Environmental Protection Agency, office of water, 1999.

BITTENCOURT, C.; PAULA, M.A.S. **Tratamento de água e efluentes: fundamentos de Saneamento Ambiental e Gestão de Recursos Hídricos**. São Paulo: Érica, 2014, 314 p.

BRASIL. **Lei nº 12.651, de 25 de maio de 2012**. Dispõe sobre proteção da vegetação nativa; altera as Leis nº 6.938, de 31 de agosto de 1981, 9.393, de 19 de dezembro de 1996, e 11.428, de 22 de

dezembro de 2006; revoga as Leis nº 4.771, de 15 de setembro de 1965, e 7.754, de 14 de abril de 1989, e a Medida Provisória nº 2.166-67, de 24 de agosto de 2001; e dá outras providências. Diário Oficial da União: Brasília, DF, 2012. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2011-2014/2012/lei/l12651.htm. Acesso em: 10 jul. 2022.

BRASIL. **Lei nº 9.433, de 08 de janeiro de 1997**. Institui a Política Nacional de Recursos Hídricos, cria o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos, regulamenta o inciso XIX do art. 21 da Constituição Federal, e altera o art. 1º da Lei nº 8.001, de 13 de março de 1990, que modificou a Lei nº 7.990, de 28 de dezembro de 1989. Brasília, DF: Presidência da República, 1997. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/l9433.htm. Acesso em: 18 abr. 2022.

CALLISTO, M. *et al.* Aplicação de um protocolo de avaliação rápida da diversidade de habitats em atividades de ensino e pesquisa (MG-RJ). **Acta Limnologica Brasiliensia**, 14:91-98, 2002.

CAMPOS, S.N. **Uma biografia com um pouco de história do carvão catarinense**. Florianópolis: Insular, 2001, 263 p.

FARJALLA, V.F. *et al.* Turning Water Abundance Into Sustainability in Brazil. **Frontiers In Environmental Science**, [S.L.], v. 9, p. 1-12, 8 dez. 2021. Frontiers Media SA. <http://dx.doi.org/10.3389/fenvs.2021.727051>.

GABRIEL, A.P. **Lugar de Passagem: uma história contada por Manoel Alves**, 1.ed. Meleiro, SC. Ed. da Autora, 2021.

GAMA, L. U. **Diagnóstico ambiental nas Áreas de Preservação Permanente do córrego Lajeado, Uberlândia-MG**. 2022. Dissertação (Mestrado em Qualidade Ambiental) – Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2022.

HANNAFORD, M.J.; BARBOUR, M.T.; RESH, V.H. Training reduces observer variability in visual-based assessments of stream habitat. **J. N. Am. Benthol. Soc.**, v. 16, n. 4, p. 853-860, 1997.

HOBOLD, P. A História de Araranguá: reminiscências desde os primórdios até o ano de 1930. Porto Alegre: Editora Palmarina, 1994. 255 p.

KREBS, A.S.J. **Contribuição ao conhecimento dos recursos hídricos subterrâneos da bacia hidrográfica do rio Araranguá, Sc**. 2004. Tese (Doutorado em Geografia) - Centro de Filosofia e Ciências Humanas, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2004.

KUMAR, P. *et al.* Integrated water resources management for an inland river basin in China. **Watershed Ecology and the Environment**, [S.L.], v. 1, p. 33-38, 2019. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.wsee.2019.10.002>.

LANZER, R.M.; RAMOS, B.V.C.; MARCHETT, C.A. Impactos ambientais do turismo em lagoas costeiras do Rio Grande do Sul. **Caderno Virtual de Turismo**, Rio de Janeiro, v. 13, n. 1, p.134-149, abr. 2013.

IBGE – INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Prévia da População dos Municípios com base nos dados do Censo Demográfico 2022 coletados até 25/12/2022**. Rio de Janeiro: IBGE, 2022. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/estatisticas/sociais/trabalho/22827-censo-demografico-2022.html>

LIMA, P.A.C. *et al.* Análise macroscópica da qualidade ambiental do Ribeirão do Inferno, Grão Mogol (MG) In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AMBIENTAL, 9., 2017, Belo Horizonte.

MARCON, L.; ZOCHE, J.J.; LADWIG, N.I. A expansão urbana da cidade de Araranguá, Santa Catarina, no período de 1957 a 2010 e suas implicações ambientais. **Revista Brasileira de Ciências Ambientais (Online)**, [S.L.], n. 43, p. 32-48, mar. 2017. Zeppelini Editorial e Comunicacao. <http://dx.doi.org/10.5327/z2176-947820170078>.

MARCON, L. **Análise da expansão urbana de Araranguá, SC e suas implicações ambientais**: uma abordagem interdisciplinar. 2014. 92 p. Dissertação (Mestrado) - Curso de Mestrado em Ciências Ambientais, Universidade do Extremo Sul Catarinense, Criciúma, 2014.

NUNES, A.S. *et al.* *Ligustrum lucidum* como uma espécie invasora oportunista em uma Floresta com Araucária no sul do Brasil. **Rodriguésia**, 69(2): 351-362. 2018.

OLIVEIRA-FILHO, E.C.; LIMA, J.E.F.W. Potencial de impacto da agricultura sobre os recursos hídricos na região do Cerrado. Documento n. 56, **EMBRAPA**, Planaltina-DF, p.50, 2002.

PANDOLFO, C. *et al.* **Atlas climatológico do Estado de Santa Catarina**. Florianópolis: Epagri, 2002. CD-ROM.

PLAFKIN, J.L. *et al.* **Rapid Bioassessment Protocols for use in Streams and Rivers**: Benthic Macroinvertebrates and Fish. Washington: U.S. Environmental Protection Agency, 1989.

PORTO, M.F.A.; PORTO, R.L. Gestão de bacias hidrográficas. **Estudos Avançados**, [s.l.], v. 22, n. 63, p.43-60, 2008.

PRESA, J.B. **“O arroz no espigão e o milho no banhado”**: programa Provárzeas – O desenvolvimento de uma política pública e o cultivo do arroz em municípios da bacia do rio Araranguá. UFSC. Florianópolis, 2011.

REIS, L.V.S. **Cobertura florestal e custo do tratamento de águas em bacias hidrográficas de abastecimento público**: caso do manancial do município de Piracicaba. Tese (Doutorado em Recursos Florestais) - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2004.

RIGHETTO, A. M.; GOMES, K.M.; FREITAS, F.R.S. Poluição difusa nas águas pluviais de uma bacia de drenagem urbana. **Engenharia Sanitária e ambiental [online]**, v. 22, n. 06. 2017. [Acessado 20 Maio 2022], pp. 1109-1120. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/S1413-41522017162357>.

RODRIGUES, A.S.L. **Adequação de um Protocolo de Avaliação Rápida para o Monitoramento e Avaliação Ambiental de Cursos D'Água Inseridos em Campos Rupestres**. Ouro Preto: Universidade Federal de Ouro Preto, 2008. 104p.

RODRIGUES, A.S.L.; CASTRO, P.T.A. Protocolos de Avaliação Rápida: Instrumentos Complementares no Monitoramento dos Recursos Hídricos. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, Porto Alegre, v.13, n.1, p.161-170, jan./mar. 2008.

SANTA CATARINA. Fundação do Meio Ambiente (FATMA). **Lista comentada de espécies exóticas invasoras no estado de Santa Catarina**: espécies que ameaçam a diversidade biológica / Sílvia R. Ziller (consultora). - Florianópolis: FATMA, 2016.

SANTA CATARINA. Lei nº. 10.949, de 09 de novembro de 1998, dispõe sobre a caracterização do Estado em 10 (dez) Regiões Hidrográficas. Disponível em: chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/https://www.aguas.sc.gov.br/jsmallfib_top/DHRI/Legislacao/Lei-Estadual-10949-1998.pdf.

SCHUSSEL, Z.; NASCIMENTO NETO, P. Gestão por bacias hidrográficas: do debate teórico à gestão municipal. **Ambiente & Sociedade**, [s.l.], v. 18, n. 3, p.137-152, set. 2015. FapUNIFESP (SciELO). <http://dx.doi.org/10.1590/1809-4422asoc838v1832015>.

SILVA, J.G.S. **Cobertura e uso da terra na Bacia Hidrográfica do rio Araranguá, Santa Catarina, Brasil**. Dissertação (Mestrado em Ciências Ambientais), 164 f. Universidade do Extremo Sul Catarinense, Criciúma, 2021.

SILVA, L.N.M. Estrutura de uma turfeira de altitude no município de São José dos Ausentes (RS-Brasil). Porto Alegre, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2002. 96p. (Dissertação de Mestrado) 2002.

SILVA, V.F. *et al.* Análise da degradação da vegetação nativa em Área de Preservação Permanente na Paraíba. **Revista Brasileira de Geografia Física**, Recife, v. 13, n. 1, p. 121-130, 2020. DOI: <https://doi.org/10.26848/rbgf.v13.1.p121-130>.

SIMÕES, L.B. **Integração entre um modelo de simulação hidrológica e sistema de informação geográfica na delimitação de zonas tampão ripárias**. 2001. 168 f. Tese (Doutorado em Agronomia/Energia na Agricultura) –Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2001.

SOS MATA ATLÂNTICA; Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais – INPE (São Paulo). **Atlas dos Remanescentes Florestais da Mata Atlântica**: período 2019/2020. São Paulo: Fundação SOS Mata Atlântica, 2021. 72 p.

VAZ, L.; ORLANDO, P.H.K. Importância das matas ciliares para manutenção da qualidade das águas de nascentes: Diagnóstico do ribeirão Vai-Vem de Ipameri, GO. **Encontro Nacional de Geografia Agrária**, Uberlândia, out. 2012. Universidade Federal de Uberlândia (UFU).

VEIGA, M.M. *et al.* Análise da contaminação dos sistemas hídricos por agrotóxicos numa pequena comunidade rural do Sudeste do Brasil. **Cadernos de Saúde Pública [online]**, v. 22, n. 11 2006. [Acessado 20 Maio 2022], pp. 2391-2399. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/S0102>.

VOGEL, H.F.; ZAWADZKI, C.H.; METRI, R. Florestas ripárias: importância e principais ameaças. **SaBios-Revista de Saúde e Biologia**, [S. l.], v. 4, n. 1, 2009.