

## Geoinformação e Sensoriamento Remoto em Geografia

# Apropriação e pressão do uso da terra em bacias hidrográficas: uma proposta de mapeamento para subsidiar estudos ambientais

Land use appropriation and pressure in watersheds: a mapping proposal to support environmental studies

Apropiación y presión del uso de la tierra en cuencas hidrográficas: una propuesta de mapeo para apoyar estudios ambientales

Edmiller José Silva Degrande<sup>I</sup> , Paulo Cesar Rocha<sup>II</sup> 

<sup>I</sup>Secretaria da Educação do Estado de São Paulo, Presidente Prudente, SP, Brasil

<sup>II</sup>Universidade Estadual Paulista (Unesp) , Presidente Prudente, SP, Brasil

## RESUMO

O uso da terra, sem manejo adequado, pode acarretar um conjunto de impactos degenerativos sobre o meio físico. A espacialização das diferentes formas de uso da terra e de sua consequente influência adversa sobre a paisagem natural é substancial para os estudos ambientais. Nesse contexto, o presente trabalho tem como objetivo avaliar a intensidade do processo apropriativo da monocultura de cana-de-açúcar sobre as bacias hidrográficas e canais fluviais, por meio de uma proposta adaptada à análise ambiental. Os procedimentos foram pautados em técnicas de geoprocessamento operadas em Sistema de Informação Geográfica (ArcGIS 10.8), adotando-se como unidade territorial as sub-bacias hidrográficas do rio Aguapeí-São Paulo. Quanto à classe de uso da terra, utilizou-se a cana-de-açúcar, considerando sua área nos anos de 2003 e 2023. Como resultados, obtiveram-se o Índice de Apropriação das Sub-bacias Hidrográficas pela Cana-de-açúcar (IASBHC) e o Índice de Pressão sobre os Canais de Drenagem pela Cana-de-açúcar (IPCDC). Ambos os índices demonstraram diminuição da classe Muito baixa e substancial evolução das demais, com destaque para a classe Média. No caso do IASBHC, o decréscimo da classe Muito Baixa foi de 79% para 31,5% entre 2003 e 2023, por outro lado, a classe Média que representava 1,4% do território em 2003, passou a quantificar 32% no ano de 2023. Do mesmo modo, a classe muito baixa do IPCDC correspondia a 74% (2003) e 31% (2023) da área em questão, enquanto sua classe Média evoluiu de 2,4% para 25%, na escala temporal. A proposta metodológica apresentada pode ser adaptada a outras formas de uso da terra; além disso, os índices podem ser correlacionados a outras variáveis ambientais, subsidiando o planejamento ambiental e estudos voltados à mitigação de impactos associados à ação humana.

**Palavras-chave:** Cana-de-açúcar; Bacias hidrográficas; Rede hidrográfica; Planejamento ambiental

## ABSTRACT

Land use, without proper management, can lead to a set of degenerative impacts on the physical environment. The spatialization of different forms of land use and their consequent deleterious influence on the natural landscape is substantial for environmental studies. In this context, the present work aims to evaluate the intensity of the appropriation process of sugarcane monoculture on watersheds and river channels, through a proposal adapted to environmental analysis. The procedures were based on geoprocessing techniques operated in a Geographic Information System (ArcGIS 10.8), adopting the sub-watersheds of the Aguapeí River-São Paulo, as the territorial unit. Regarding the land use class, sugarcane was considered, taking into account its area in the years 2003 and 2023. As a result, the Sugarcane Appropriation Index of Sub-Watersheds (SAISW) and the Sugarcane Pressure Index on Drainage Channels (SPIDC) were obtained. Both indices showed a decrease in the Very Low class and a substantial improvement in the others, with emphasis on the Medium class. In the case of the SAISW, the decrease in the *Very Low* class was from 79% to 31.5% between 2003 and 2023. On the other hand, the *Medium* class, which represented 1.4% of the territory in 2003, rose to 32% in 2023. Similarly, the *Very Low* class of the SPIDC corresponded to 74% (2003) and 31% (2023) of the area in question, while its *Medium* class increased from 2.4% to 25% over the same period. The methodological proposal presented can be adapted to other forms of land use; furthermore, the indices can be correlated with other environmental variables, supporting environmental planning and studies aimed at mitigating impacts associated with human activity.

**Keywords:** Sugarcane; Watersheds; Hydrographic network; Environmental planning

## RESUMEN

El uso de la tierra, sin un manejo adecuado, puede acarrear un conjunto de impactos degenerativos sobre el medio físico. La espacialización de las diferentes formas de uso de la tierra y su consecuente influencia deletérea sobre el paisaje natural es sustancial para los estudios ambientales. En este contexto, el presente trabajo tiene como objetivo evaluar la intensidad del proceso apropiativo de la monocultura de caña de azúcar sobre las cuencas hidrográficas y canales fluviales, mediante una propuesta adaptada al análisis ambiental. Los procedimientos se basaron en técnicas de geoprocésamiento operadas en un Sistema de Información Geográfica (ArcGIS 10.8), adoptando como unidad territorial las subcuencas hidrográficas del río Aguapeí-São Paulo. En cuanto a la clase de uso de la tierra, se utilizó la caña de azúcar, considerando su área en los años 2003 y 2023. Como resultados, se obtuvieron el Índice de Apropiación de las Subcuencas Hidrográficas por la Caña de Azúcar (IASC) y el Índice de Presión sobre los Canales de Drenaje por la Caña de Azúcar (IPCDC). Ambos los índices mostraron una disminución de la clase Muy baja y una evolución sustancial de las demás, con destaque para la clase Media. En el caso del IASC, la disminución de la clase *Muy Baja* fue de 79% a 31,5% entre 2003 y 2023. Por otro lado, la clase *Media*, que representaba 1,4% del territorio en 2003, pasó a corresponder a 32% en el año 2023. De igual modo, la clase *Muy Baja* del IPCDC correspondía a 74% (2003) y 31% (2023) del área en cuestión, mientras que su clase *Media* aumentó de 2,4% a 25% en la escala temporal. La propuesta metodológica presentada puede adaptarse a otras formas de uso de la tierra; además, los índices pueden correlacionarse con otras variables ambientales, subsidiando la planificación ambiental y estudios orientados a la mitigación de impactos asociados a la acción humana.

**Palabras-clave:** Caña de azúcar; Cuencas hidrográficas; Red hidrográfica; Planificación ambiental

## 1 INTRODUÇÃO

O uso da terra de modo insustentável pode repercutir em processos degradacionais, afetando tanto o meio físico (Mahmood *et al.*, 2024; Schwamback, 2024; Koenig e Deenapanray, 2024; Santos *et al.*, 2024; Apoorva e Kundlas, 2024), quanto a qualidade de vida da sociedade (Randell, 2022; Mota Júnior, Trentin e Silva, 2023).

Para García-Álvarez *et al.* (2022), as informações sobre o uso da terra são substanciais para a identificação de impactos induzidos pela ação humana. Assim, pesquisadores têm, cada vez mais, proposto métodos para sua espacialização. Dessa forma, o mapeamento do uso da terra, sobretudo quando correlacionado a outras variáveis, podem fornecer dados valiosos para o planejamento de áreas sob risco ambiental, conforme apontam os trabalhos de Nut *et al.* (2021), Belay e Mengistu (2021) e Ma *et al.* (2023), relacionando o uso da terra a processos erosivos; de Wang *et al.* (2022), Bi *et al.* (2023), que associam formas de uso da terra a contaminação dos solos; e Ahmad *et al.* (2021) e Paul *et al.* (2021), que estudaram a relação entre uso da terra e contaminação da água.

Nesse contexto, a formulação de indicadores ou índices ambientais podem contribuir para a melhor gestão dos recursos naturais, facilitando a tomada de decisões de modo sustentável (Graymore *et al.*, 2009; Prasanna *et al.*, 2012; Simonetti, *et al.*, 2019 e Santos *et al.*, 2020).

Como exemplo, Machado *et al.* (2020), em seu trabalho, apresentam uma ferramenta para avaliar a qualidade ambiental dos rios a partir de dados como a conectividade fluvial e a condição de suas margens, ou seja, a presença ou não de vegetação ripária, que pode variar em função das modificações no uso da terra.

Silva *et al.* (2023) elaboraram um índice de sustentabilidade ambiental aplicado a bacias hidrográficas, com base na correlação entre dados como a qualidade da água, o índice de vegetação, além das condições sanitárias. A partir dessas informações, os autores conseguiram mapear áreas com melhor ou pior índice de sustentabilidade dos recursos hídricos.

Com o objetivo de contribuir com análises ambientais, sobretudo em áreas sob a expansão de monoculturas, Rocha (2017) e Rocha (2020) propôs o índice de apropriação de unidades territoriais pelo uso da terra, bem como a pressão sobre os canais de drenagem pelas atividades humanas. Em sua proposta metodológica, este autor apresenta os referidos índices por meio de gráficos estatísticos, carecendo de informações espacializadas por meio de mapeamento. No intuito de colaborar com a referida proposição, o presente trabalho parte da seguinte problemática: o mapeamento dos índices de apropriação e pressão do meio físico pelo uso da terra são ferramentas eficazes para a análise ambiental?

Nessa perspectiva, o objetivo deste trabalho é avaliar a intensidade do processo apropriativo da monocultura de cana-de-açúcar sobre as bacias hidrográficas e canais fluviais, através de uma proposta metodológica adaptada à análise ambiental. Destarte, tendo como unidade territorial as sub-bacias hidrográficas (SBH) do rio Aguapeí-São Paulo e a cana-de-açúcar como classe de uso da terra para expressar a influência humana, consideramos como escala temporal os anos de 2003 e 2023, a fim de comparar as variações nos índices ao longo do tempo.

Embora haja inúmeros artigos cuja finalidade esteja pautada em propostas de indicadores ambientais, denota-se que ainda há carência de trabalhos que proponham ferramentas de mapeamento da influência das monoculturas sobre o meio. Sendo assim, buscamos suprir essa lacuna ao escolher a monocultura da cana-de-açúcar como classe de uso da terra na aplicação metodológica. A escolha da referida classe foi uma adaptação à realidade da área de estudo, a qual vem sofrendo com o aumento exponencial do setor sucroalcooleiro (MapBiomas, 2024).

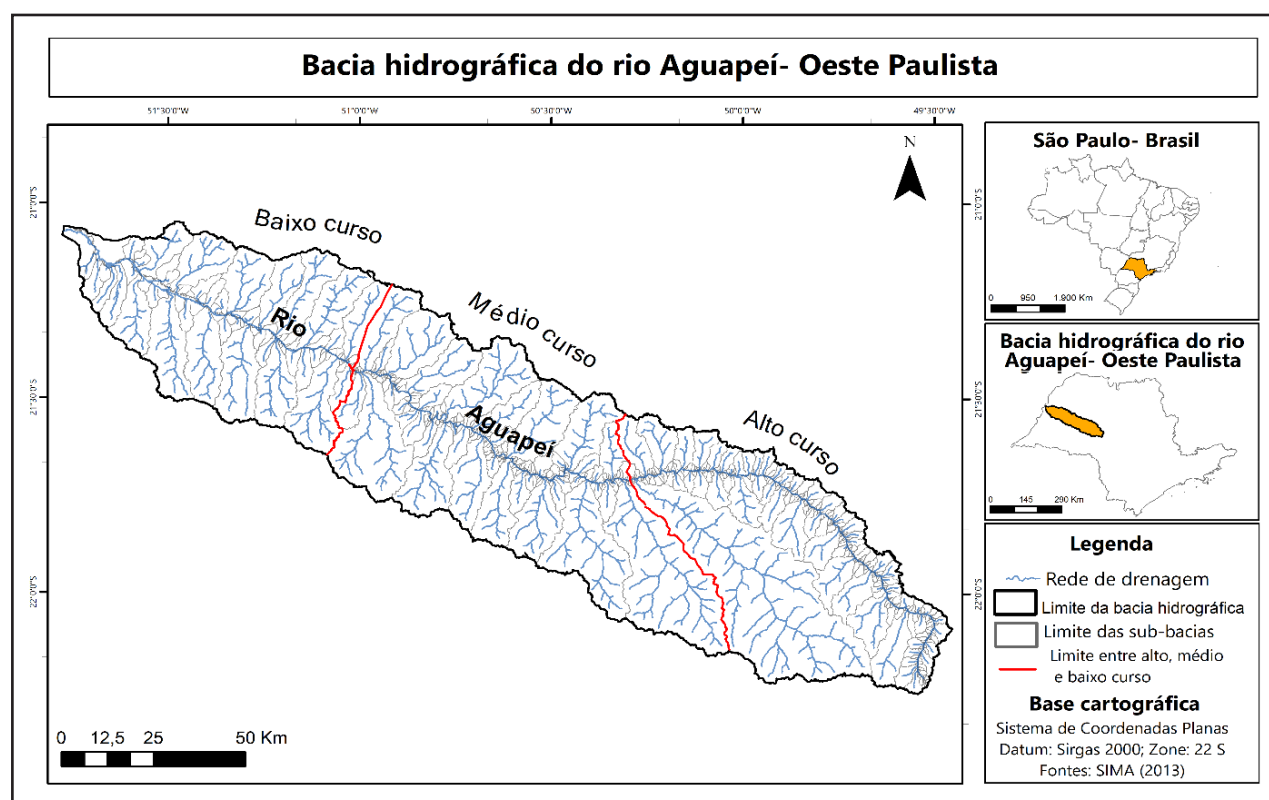
A monocultura canavieira é considerada uma das atividades agrícolas que mais afeta a qualidade ambiental, sendo seus impactos negativos, avaliados em diversos estudos, tais como: Filoso *et al.* (2015); Vera, Wicke e Hilst (2020); Ogura *et al.* (2022); Degrande (2023); Degrande e Rocha (2023); Santos (2024) e Santos *et al.* (2024).

Dessa forma, este trabalho mostra-se pertinente ao integrar-se aos esforços de contribuição para os estudos em bacias hidrográficas, disponibilizando uma ferramenta complementar voltada ao aprimoramento da gestão ambiental.

## 1.1 Área de estudo

Situada no Oeste do estado de São Paulo, a bacia hidrográfica do rio Aguapeí possui aproximadamente 12.029 km<sup>2</sup>, entre as coordenadas 21°03'02"S / 51°46'02"O, em sua porção mais a jusante e 22°15'06"S / 49°31'05"O, no extremo leste da área. As nascentes de seu rio principal se encontram na região do Planalto Residual de Marília, fluindo no sentido oeste, com sua foz no rio Paraná (Figura 1).

Figura 1 – Localização da área de estudo



Fonte: Autores (2025)

Quanto ao seu aspecto geológico, a região está inserida na Bacia Sedimentar do Paraná, definida por Zalán (1990) como intracratônica, com rochas sedimentares e vulcânicas.

As unidades geomorfológicas presentes na área de estudo correspondem ao Planalto Centro Ocidental e ao Planalto Residual de Marília (Ross e Moroz, 1997). Entre os dados geomorfométricos, destacam-se a hipsometria entre 246 m à 721 m e a declividade, com valores alternando entre inferiores a 6% até superiores a 30% (Degrande, 2023).

De acordo com Boin (2000), o clima na região é classificado como Tropical (Aw) e Subtropical (Cwa). A taxa de pluviosidade (média anual) varia entre 1.200 a 1.500 mm, enquanto a média térmica anual é de 22° (CBH-AP, 1997; Boin, 2000).

Segundo a classificação de Rossi (2017), para os tipos de solos no estado de São Paulo, predomina na área em questão a classe Argissolos (73%), caracterizado segundo Lombardi Neto (1994), por sua baixa resistência a processos erosivos. Outras classes presentes são: Latossolos (20%), Gleissolos Háplicos (4%), Planossolos Háplicos (2%) e Neossolos (1%) (Rossi, 2017; Degrande, 2023).

No que se refere à ocupação da região, iniciada sobretudo no século XX, a vegetação original representada pela Floresta Estacional Semidecidual foi substituída pela expansão de vilas, cidades, bem como pelo incentivo econômico agrícola, com destaque para a produção cafeeira (Leite, 1998). No decorrer do século XX, o uso da terra sofreu diversificação, com o cultivo do amendoim, algodão e a pecuária (CBH-AP, 1997). Por outro lado, desde o final do século XX, a monocultura canavieira passou a dominar a região, essencialmente sobre áreas anteriormente destinadas à pastagem (MapBiomias, 2024). Esse avanço ocorreu sob o incentivo de políticas governamentais que buscavam levar o “desenvolvimento” ao extremo oeste paulista, então considerado economicamente inferior em comparação à maioria das demais regiões do estado (Bray, Ferreira e Ruas, 2000).

## 2 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

Os índices de apropriação e pressão foram propostos, por Rocha (2017) e Rocha (2020) para expressar as relações tanto espaciais quanto temporais do uso da terra

sobre determinado território. Assim, apresentamos neste trabalho o mapeamento dos referidos índices, que, em sua proposição original, foram representados por meio de gráficos estatísticos. Para tanto, utilizamos técnicas de geoprocessamento associadas ao Sistema de Informação Geográfica Arcgis 10.8.

Ao adaptarmos a metodologia do autor supracitado para nossa área de estudo, escolhemos como unidade territorial as sub-bacias hidrográficas do rio Aguapeí, visto que estas têm sofrido significativas alterações quanto ao uso da terra nos últimos anos, sobretudo pelo avanço do setor sucroalcooleiro, como demonstrado por Degrande (2023), Santos (2024) e Ulloffa (2025). Diante deste contexto, optamos por analisar os índices de apropriação e pressão sob a perspectiva da realidade regional, ou seja, a expansão canavieira.

A aplicação da presente proposta metodológica em SBH permite verificar áreas sob maior ou menor influência da cana-de-açúcar, dentro da bacia hidrográfica de referência. A fim de verificar as variações nos índices de apropriação e pressão, utilizou-se como escala temporal os anos de 2003 e 2023.

Apresentamos na sequência, as etapas realizadas para a aquisição do IASBHC, IPCDC, bem como para o estabelecimento de suas classes.

## **2.1 Expansão da cana-de-açúcar na bacia hidrográfica do rio Aguapeí**

O processamento para a verificação da evolução do território canavieiro na área de estudo contou com dados adquiridos do MapBiomas (2024), a partir de imagens *Landsat*, com resolução de 30 m. A análise considerou a distribuição da área com cana-de-açúcar entre os compartimentos da bacia hidrográfica, ou seja, entre seu alto, médio e baixo curso. Tais compartimentações foram fornecidas pelo Secretaria de Infraestrutura e do Meio Ambiente (SIMA, 2013), em escala de 1: 50.000, a qual considerou como critérios os aspectos geomorfológicos e hidrográficos da bacia.



## 2.2 Índice de Apropriação das Sub-bacias Hidrográficas pela Cana-de-açúcar-IASBHC

Este índice demonstra a relação entre a área plantada de cana-de-açúcar na sub-bacia hidrográfica e a área da SBH, representada pela Equação 1:

$$\text{IASBHC} = \frac{\text{ACSBH}}{\text{ASBH}} \quad (1)$$

Onde:

IASBHC= Índice de Apropriação da Sub-bacia Hidrográfica pela Cana-de-açúcar;

ACSBH= Área com Cana-de-açúcar na Sub-bacia Hidrográfica;

ASBH= Área da Sub-bacia Hidrográfica

Os dados vetoriais necessários para o mapeamento da IASBHC foram os *shapefiles* das SBH, em escala de 1: 50.000, fornecidos pela Secretaria de Infraestrutura e do Meio Ambiente (SIMA, 2013), além da área plantada de cana-de-açúcar obtida do MapBiomass (2024).

A elaboração do mapa contou com procedimentos divididos em 5 etapas (Figura 2). Inicialmente, calculou-se (em ha) a área das sub-bacias hidrográficas, bem como da cana-de-açúcar, em suas tabelas de atributos, por meio da função *Calculate Geometry*, demonstrado nas etapas 1 e 2.

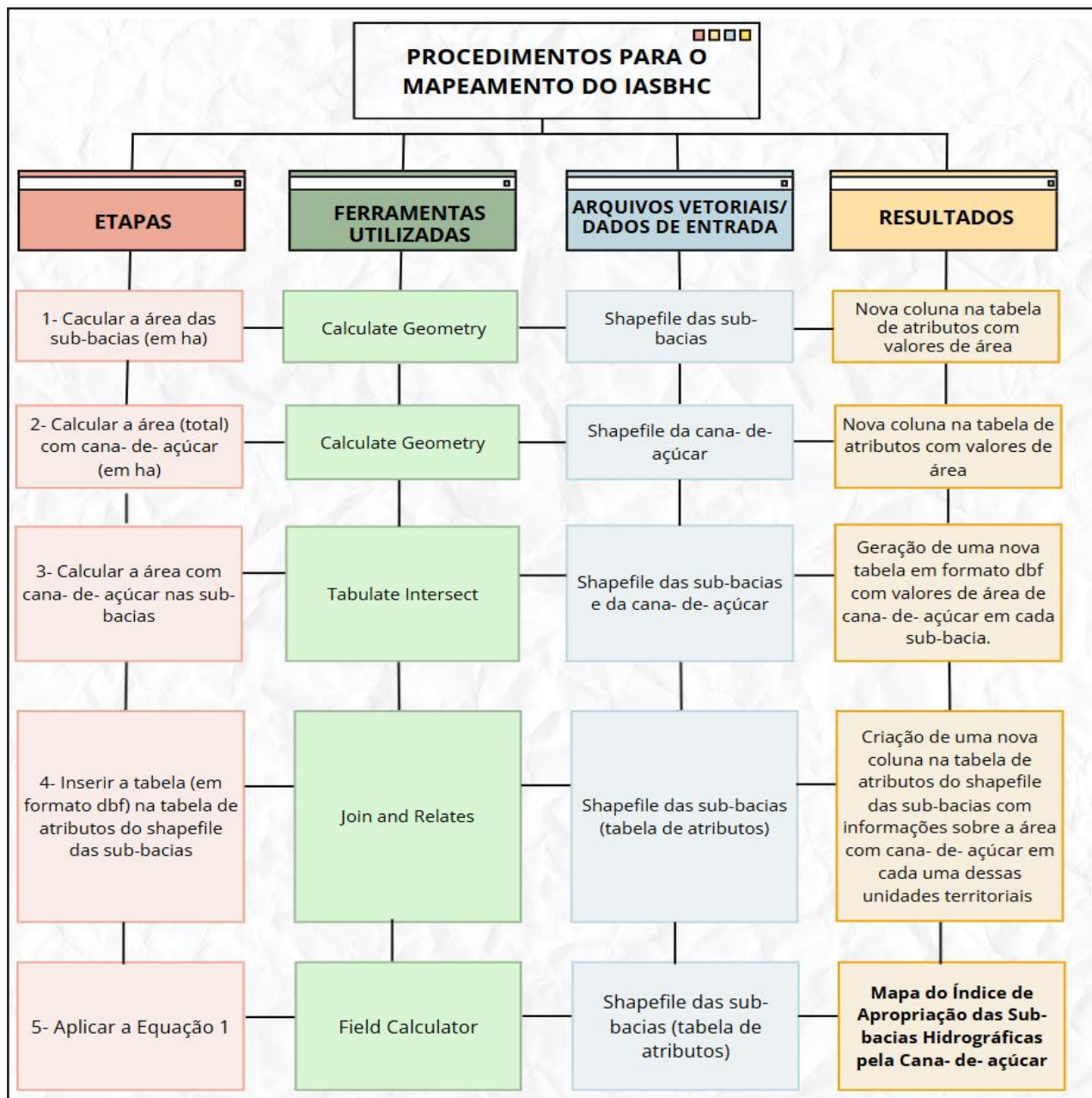
Em prosseguimento, realizou-se a intersecção entre as tabelas de atributos dos arquivos vetoriais SBH e cana-de-açúcar, a fim de quantificar as áreas com cana-de-açúcar em cada sub-bacia hidrográfica. Para tanto, a ferramenta utilizada foi *Tabulate Intersection*. Este procedimento gerou uma nova tabela (em formato *dbf*) com o resultado das correlações realizadas.

Na quarta etapa, inserimos a referida tabela em formato *dbf* na tabela de atributos dos *shapefiles* das SBH, com auxílio da ferramenta *Join and Relates*, permitindo a efetuação da próxima etapa (5) que constituiu na aplicação da Equação 1 e, conseqüentemente, a obtenção da IASBHC.



Os valores gerados são adimensionais e alternam entre 0 a 1. Quanto mais próximos de 1, maior é a influência da classe de uso da terra considerada sobre a área analisada. Para a definição das classes, consideramos as informações contidas no Quadro 1.

Figura 2 – Esquema demonstrativo dos procedimentos realizados para o mapeamento do IASBHC



Fonte: Autores (2025)

### 2.3 Índice de Pressão dos Canais de Drenagem pela Cana-de-açúcar- IPCDC

Este índice corresponde a relação entre a extensão dos canais de drenagem interseccionada pela cana-de-açúcar, sob a influência de 100 m em seu entorno, e a extensão total da rede de drenagem da bacia hidrográfica (Equação 2):

$$\text{IPCDC} = \frac{\text{ECC}}{\text{EC}} \quad (2)$$

Onde:

IPCDC= Índice de Pressão dos Canais de Drenagem pela Cana-de-açúcar;

ECC= Extensão dos Canais de drenagem sob a influência da Cana-de-açúcar;

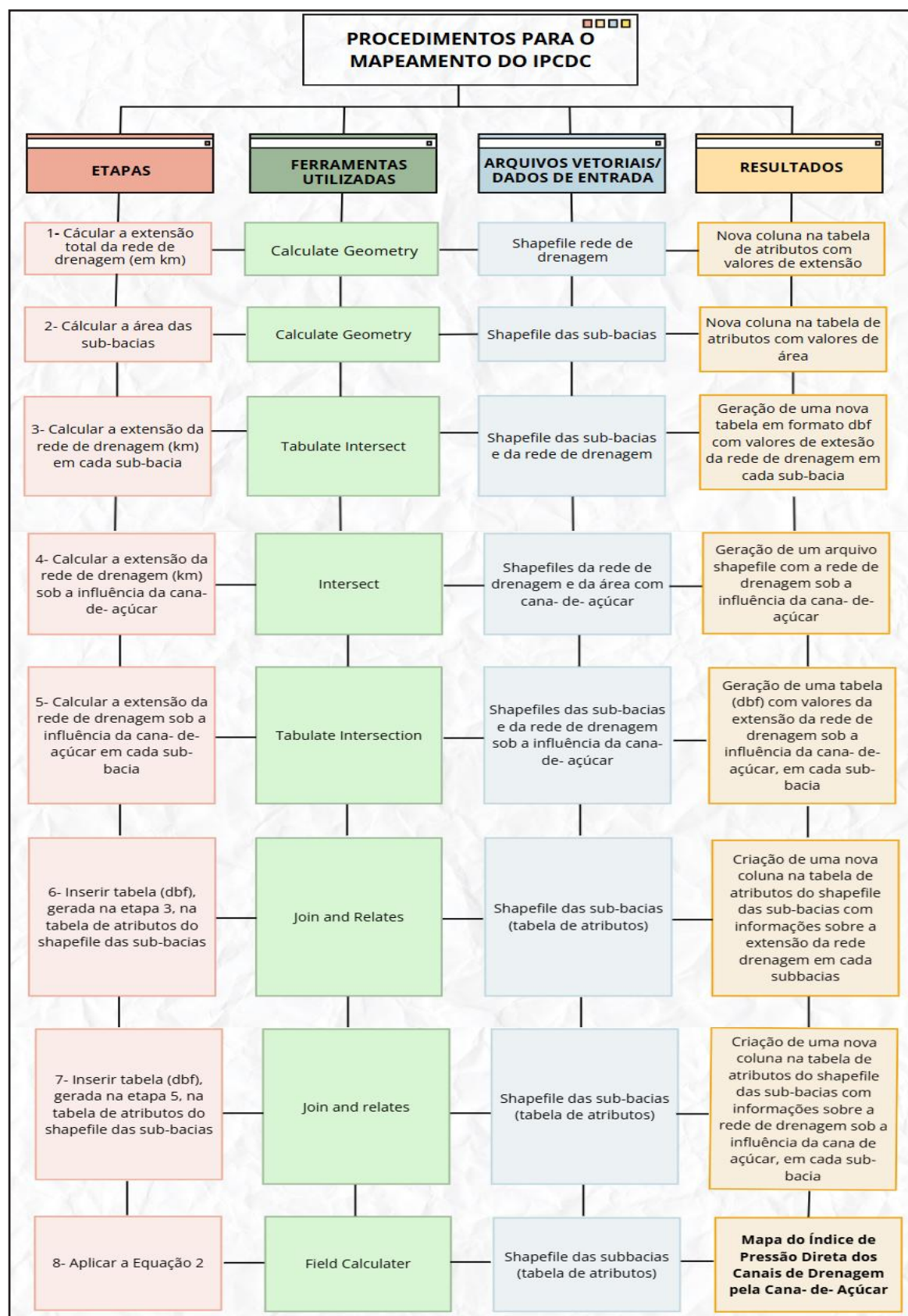
EC= Extensão dos Canais de drenagem

Os procedimentos para a obtenção deste índice consistiram em 8 etapas (Figura 3). Os dados necessários para seu processamento no SIG foram a rede drenagem da área de estudo, disponibilizada pelo SIMA (2013), em escala de 1: 50.000; a área com cana-de-açúcar (MapBiomass, 2024), e as SBH (SIMA, 2013).

No primeiro momento, calculou-se (em sua tabela de atributos) a extensão (Km) total dos canais fluviais da área de drenagem de referência, ou seja, da bacia hidrográfica do rio Aguapeí, utilizando-se a ferramenta *Calculate Geometry*. Na sequência, realizou-se o mesmo procedimento para calcular a área das sub-bacias hidrográficas (em ha). Concluído os referidos processos, pôde-se, na etapa 3, calcular a extensão da rede drenagem em cada SBH. Para tanto, utilizou-se a função *Tabulate Intersection*.

A extensão da rede de drenagem sob a influência da cana-de-açúcar (etapa 4) obteve-se por meio da intersecção entre os dados vetoriais: área com cana-de-açúcar e rede de drenagem total. Assim, aplicou-se a ferramenta *Intersection*, a qual oferece a opção *tolerance*, onde adicionou-se o valor 100 m, para que o SIG considere a pressão da cana-de-açúcar sobre os canais de drenagem no entorno de 100 m. O resultado deste processamento é demonstrado na Figura 4, onde os canais fluviais sob a influência da cana-de-açúcar são representados em vermelho.

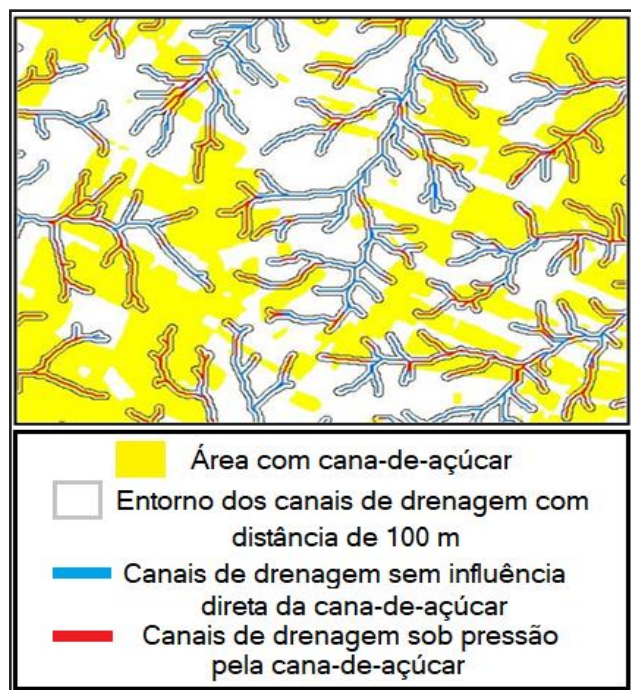
Figura 3 – Esquema demonstrativo dos procedimentos realizados para o mapeamento do IPCDC



Fonte: Autores (2025)



Figura 4 – Influência da cana-de-açúcar sobre os canais de drenagem



Fonte: Autores (2025)

Na sequência (etapa 5), com o uso da ferramenta *Tabulate Intersection*, calculou-se a extensão da rede de drenagem sob a influência da cana-de-açúcar em cada SBH, gerando uma tabela em formato *dbf* com as referidas informações.

O próximo passo se pautou em adicionar, na tabela de atributos das SBH, o arquivo *dbf* criado na etapa 3. A ferramenta necessária para o referido procedimento foi o *Join and Relates*, resultando em uma nova coluna na tabela de atributos do *shapefile* das sub-bacias hidrográficas, com informações sobre a extensão da rede de drenagem em cada SBH.

Em seguida, efetuou-se o mesmo procedimento inserindo na tabela de atributos das sub-bacias hidrográficas o arquivo gerado na etapa 5, a qual passou a apresentar informações sobre os canais de drenagem interseccionados pela cana-de-açúcar.

Portanto, com os dados de extensão dos canais de drenagem (total) e daqueles sob a pressão da cana-de-açúcar, nas sub-bacias hidrográficas, inseridos na tabela de atributos das SBH, pode-se aplicar a Equação 2, por meio da ferramenta *Field Calculator*, resultando no mapeamento do IPCDC.

Do mesmo modo que o IASBHC, o IPCDC apresenta valores adimensionais. Tais valores foram reclassificados qualitativamente evidenciando o grau de influência da cana-de-açúcar sobre a área analisada. Estas informações foram apresentadas no item subsequente.

## 2.4 Classes de IASBHC e IPCDC

Os resultados dos índices de apropriação e pressão foram divididos em 5 classes. Para a definição de seus valores, considerou-se os impactos adversos que a cana-de-açúcar pode ocasionar sobre o meio físico- os quais serão discutidos no próximo item. Partindo desta premissa, os valores quantitativos dos índices mapeados, bem como sua reclassificação qualitativa estão descritos no Quadro 1.

Quadro 1 – Classes de IASBHC e IPCDC

| IASBHC/ IPCDC<br>(quantitativo) | Classes<br>(qualitativa) | Descrição                                                                                                                                                       |
|---------------------------------|--------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| > 0 a 0,2                       | Muito baixo              | Áreas pouco influenciadas pela cana-de-açúcar, onde a existência de processos degradacionais estão associados, essencialmente, a outras formas de uso da terra. |
| 0,21 a 0,4                      | Baixo                    | Áreas sob alerta dos impactos da expansão canavieira.                                                                                                           |
| 0,41 a 0,6                      | Médio                    | Áreas com considerável aumento no plantio de cana-de-açúcar e aumento potencial do risco à impactos ambientais negativos.                                       |
| 0,61 a 0,8                      | Alto                     | Áreas com alto risco à geração de impactos ambientais degenerativos.                                                                                            |
| 0,81 a 1,0                      | Muito alto               | Áreas com riscos extremos à diversidade de impactos ambientais adversos.                                                                                        |

Fonte: Organizado pelos autores (Jul, 2025)

A reclassificação dos índices em classes qualitativas foi realizada com o intuito de facilitar a compreensão do nível de apropriação e da pressão sofrida pela área de estudo, possibilitando a análise integrada dos resultados - quando correlacionados a outras variáveis - e a identificação de padrões que auxiliem na tomada de decisões voltadas ao manejo e à conservação do território.

### 3 RESULTADOS E DISCUSSÕES

#### 3.1 Expansão da monocultura canavieira e seus impactos ambientais adversos

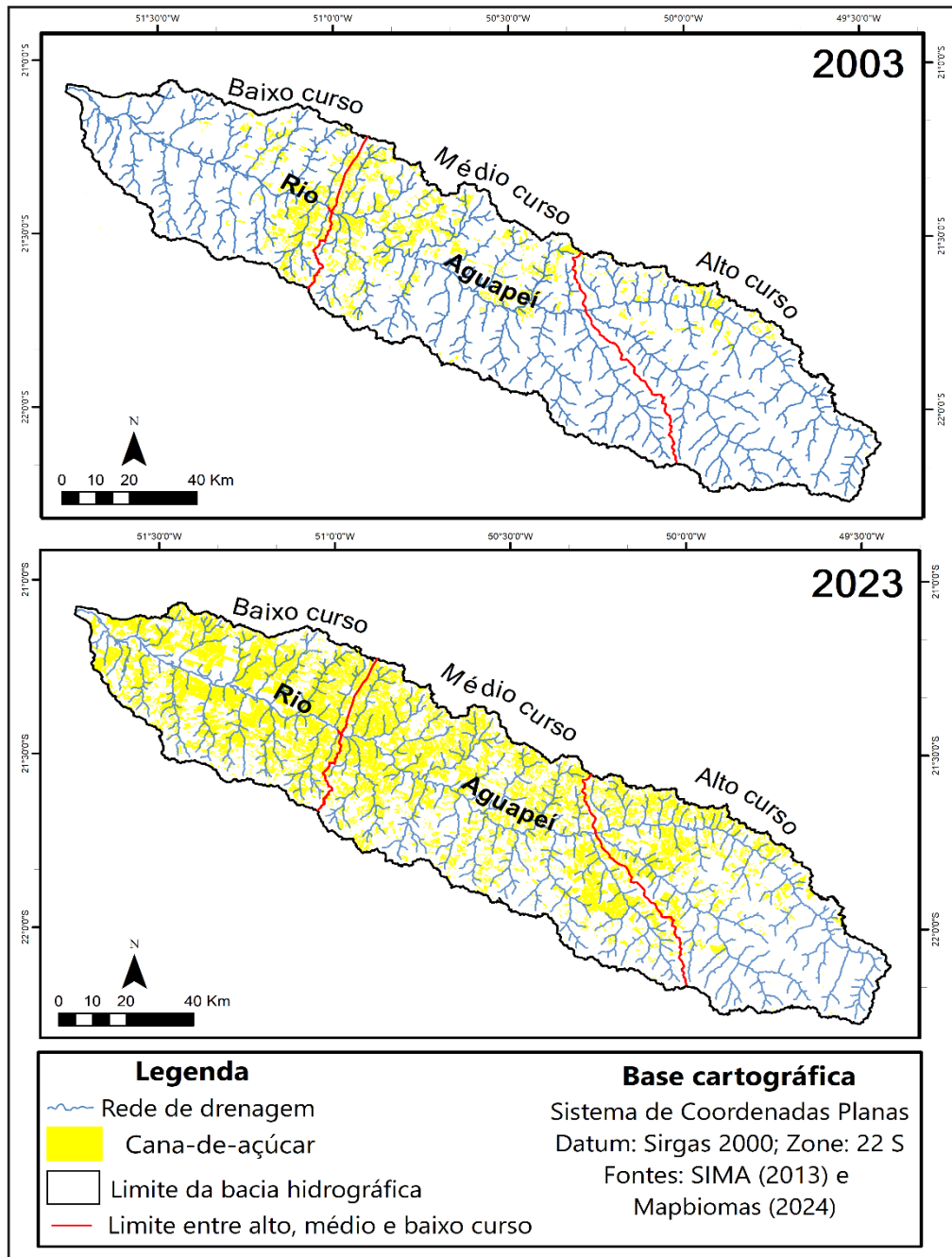
O avanço do setor sucroalcooleiro, sobretudo no Oeste Paulista, tem sido fomentado por políticas que visam o aumento da produção de açúcar e álcool, como o Plano de Desenvolvimento do Oeste do Estado de São Paulo (Pró-Oeste) e do Programa de Expansão da Canavicultura para a produção de combustível do estado de São Paulo-Procana, estabelecidas na década de 1980 (Bray, Ferreira e Ruas, 2000; Dias, 2021).

Nessa conjuntura, a área de estudo tem se destacado pelo significativo crescimento de área plantada de cana-de-açúcar especialmente no início dos anos 2000- período de intenso desenvolvimento de carros com a tecnologia *flex fuel* (Degrande e Rocha, 2023), como observado na Figura 5.

Na área de estudo, os municípios afetados pela expansão canavieira são aqueles que integram a Unidade de Gerenciamento de Recursos Hídricos do rio Aguapeí (UGRHI- 20), que são áreas delimitadas pelos comitês de bacias hidrográficas para melhor planejamento hídrico no estado de São Paulo. Sendo assim, seus municípios correspondentes são: Álvaro de Carvalho, Arco-Íris, Clementina, Dracena, Gabriel Monteiro, Garça, Getulina, Guaimbé, Herculândia, Iacri, Júlio Mesquita, Lucélia, Luiziânia, Monte Castelo, Nova Guataporanga, Nova Independência, Pacaembu, Panorama, Parapuã, Paulicéia, Piacatu, Pompéia, Queiroz, Quintana, Rinópolis, Salmourão, Santa Mercedes, Santópolis do Aguapeí, São João do Pau D'Alho, Tupã, Tupi Paulista e Vera CBH-AP (1997).

Ao compararmos a área destinada à cana-de-açúcar na bacia hidrográfica do rio Aguapeí entre os anos de 2003 e 2023, denota - se que houve aumento exponencial. Enquanto no ano de 2003 a cana-de-açúcar ocupava 84.623,8 ha, em 2023, o território apropriado pela referida cultura era de 365.486 ha, o que demonstra evolução de 76,9% (Gráfico 1).

Figura 5 – Área com cana-de-açúcar na bacia hidrográfica do rio Aguapeí em 2003 e 2023



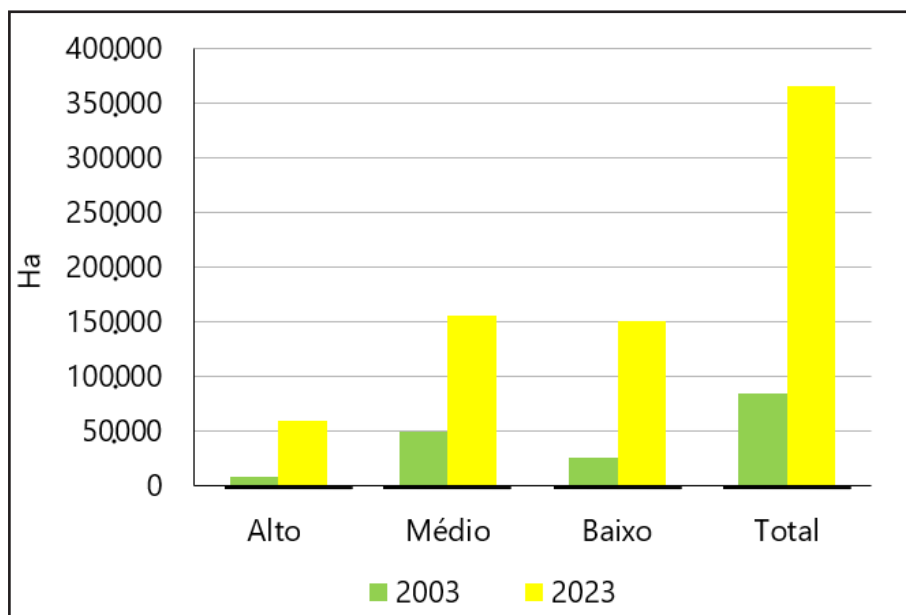
Fonte: Autores (2025)

Ao verificarmos a distribuição dessa cultura entre os compartimentos da bacia hidrográfica, o médio curso concentrou a produção canavieira em ambos os anos analisados, seguido do baixo curso. Essas áreas estão sujeitas a expansão do setor sucroalcooleiro devido seu meio físico apresentar menores valores geomorfométricos, como hipsometria e declividade, favorecendo o tráfego de maquinários utilizados



no processo de cultivo de cana-de-açúcar, tais como: plantio, irrigação, adubação, colheita, etc. (Degrande e Rocha, 2023).

Gráfico 1 – Área com cana-de-açúcar na bacia hidrográfica do rio Aguapeí em 2003 e 2023



Fonte: Autores (2025)

A expansão canavieira tem como principais consequências ambientais, o aumento de processos degenerativos, os quais têm sido corroborados por diversos autores, tais como, Filoso *et al.* (2015), que ao exporem os principais impactos negativos oriundos da produção do etanol no Brasil, salientam a poluição atmosférica, ocasionada pela queima da cana antes de sua colheita, pois, mesmo que no estado de São Paulo tal prática tenha sido proibida, ainda persiste em muitas regiões do país. Os autores também alertam para a alteração no ciclo hidrológico, uma vez que a expansão da referida cultura agrícola pode afetar a evapotranspiração, agravando problemas como a escassez hídrica. Outro impacto negativo se refere a degradação do solo, seja pela compactação no processo de manejo com o uso intensivo de maquinários, ou mesmo a perda de seus nutrientes (Filoso *et al.*, 2015).

Vera, Wicke e Hilst (2020), ao estudarem sobre a variação espacial dos impactos ambientais da expansão da cana-de-açúcar no Brasil, alertam que embora

a difusão dessa cultura tem ocorrido sobre pastagens, áreas como fragmentos de vegetação nativa também têm sido afetados, gerando pressão sobre os ecossistemas e comprometendo a biodiversidade.

Oruga *et al.* (2022), ao avaliarem o aumento de áreas com cana-de-açúcar no estado de São Paulo, destacam seus impactos sobre a qualidade dos solos, acentuando processos erosivos, bem como seu empobrecimento pela perda de nutrientes e carbono, além da acidificação e salinização. Para os autores, a monocultura canavieira pode comprometer a qualidade da água devido ao intenso processo de irrigação além do risco de contaminação por agentes químicos. No tocante a biodiversidade, tal cultura repercute na fragmentação de habitats, reduzindo a macrofauna do solo, assim como o desencadeamento de impactos ecotoxicológicos, tanto aos organismos terrestres, quanto aquáticos.

Segundo Santos *et al.* (2024), a vinasse- que constitui-se em um resíduo líquido resultante da produção do etanol- é um produto que vem causando degradação ambiental aos ecossistemas aquáticos no Brasil, como por exemplo, a mortandade da fauna aquática em água doce.

No âmbito do Oeste Paulista, estudos realizados por Prates *et al.* (2021), nas Unidades de Gerenciamento de Recursos Hídricos (UGRHI) 20 e 21, apontam que o incentivo à cultura canavieira possui relação direta com o aumento no uso de fertilizantes químicos, contribuindo para o processo de eutrofização dos cursos hídricos, além da contaminação dos solos.

Também tendo como área de estudo as UGRHIs 20- 21 e 22, Santos (2024) salienta para o aumento significativo do escoamento superficial devido as mudanças no uso da terra ao longo do tempo. Em seu trabalho, a autora destaca a forte influência da monocultura canavieira nesse processo, contribuindo para o desenvolvimento de feições erosivas, assim como a intensificação no transporte de água e sedimentos contaminados pelos agroquímicos utilizados nos canaviais. Esses elementos contaminados tendem a chegar ao canal fluvial, impactando o meio aquático.

Degrande (2023), correlacionou a expansão sucroalcooleira em bacias hidrográficas do Oeste Paulista com o uso exponencial de agrotóxicos, promovendo a contaminação dos solos e da rede de drenagem, além de incentivar a supressão da vegetação natural, até mesmo em áreas ambientalmente protegidas pela legislação estadual.

O aumento demasiado da área plantada de cana-de-açúcar, ao longo do tempo, bem como sua suscetibilidade à impactos ambientais, está diretamente associado às variações em seus índices de apropriação e pressão, como veremos no item a seguir.

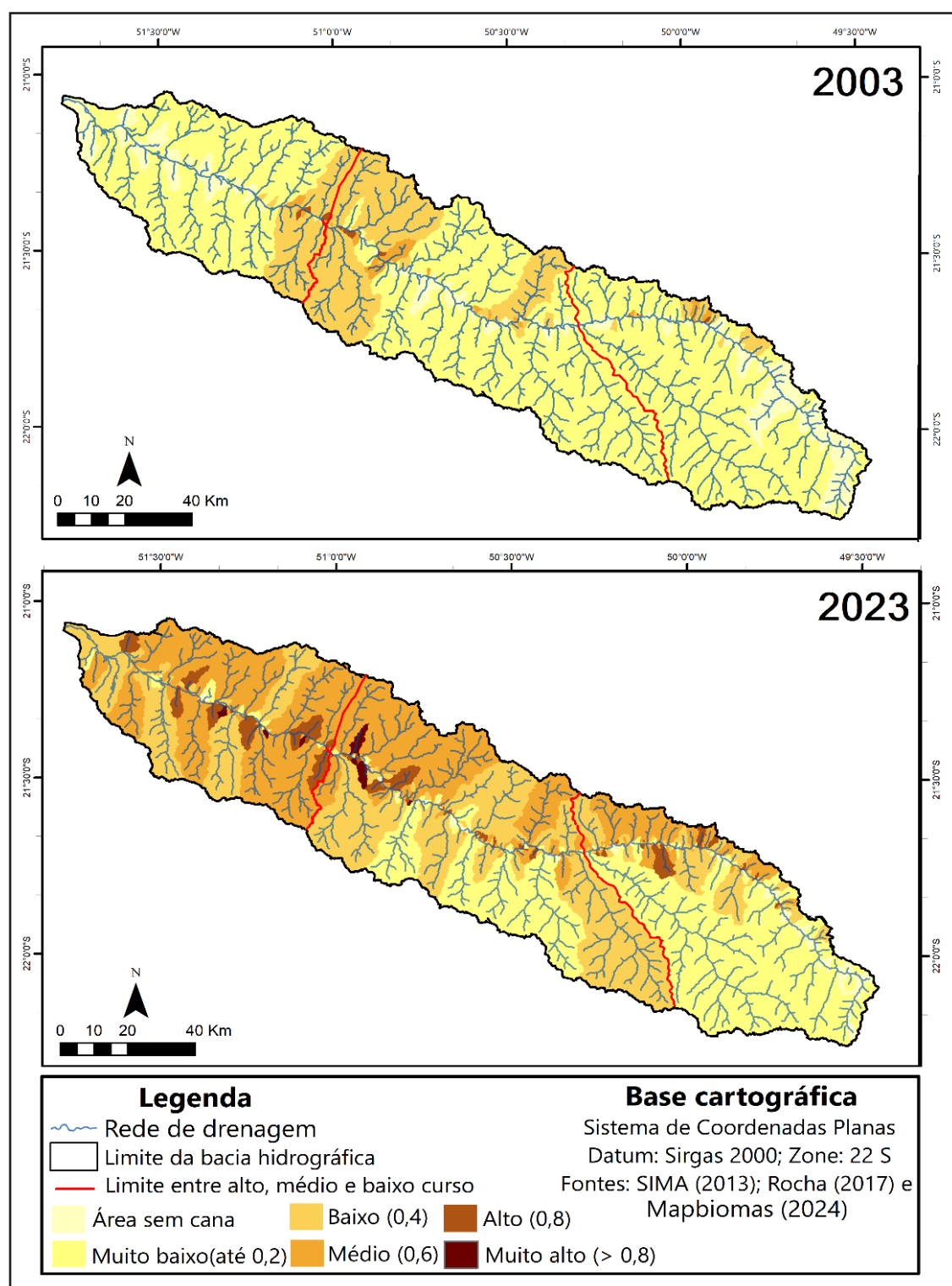
### **3.2 Índices de apropriação e pressão**

Os resultados representam a área das sub-bacias hidrográficas apropriadas ou com seus canais de drenagem pressionados pela cana-de-açúcar. Quanto ao IASBH, denotou-se alterações significativas entre o período analisado, conforme observado na Figura 6 e Gráfico 2.

Em 2003, a classe Muito baixa representava 79% da área das SBH, reduzindo para 31,5% no ano de 2023. As classes Baixa e Média foram as que mais evoluíram, uma vez que, em 2003, estas representavam 19% e 1,4% do território das sub-bacias hidrográficas, respectivamente. Entretanto, ambas as classes apresentaram 32% de IASBHC, em 2023.

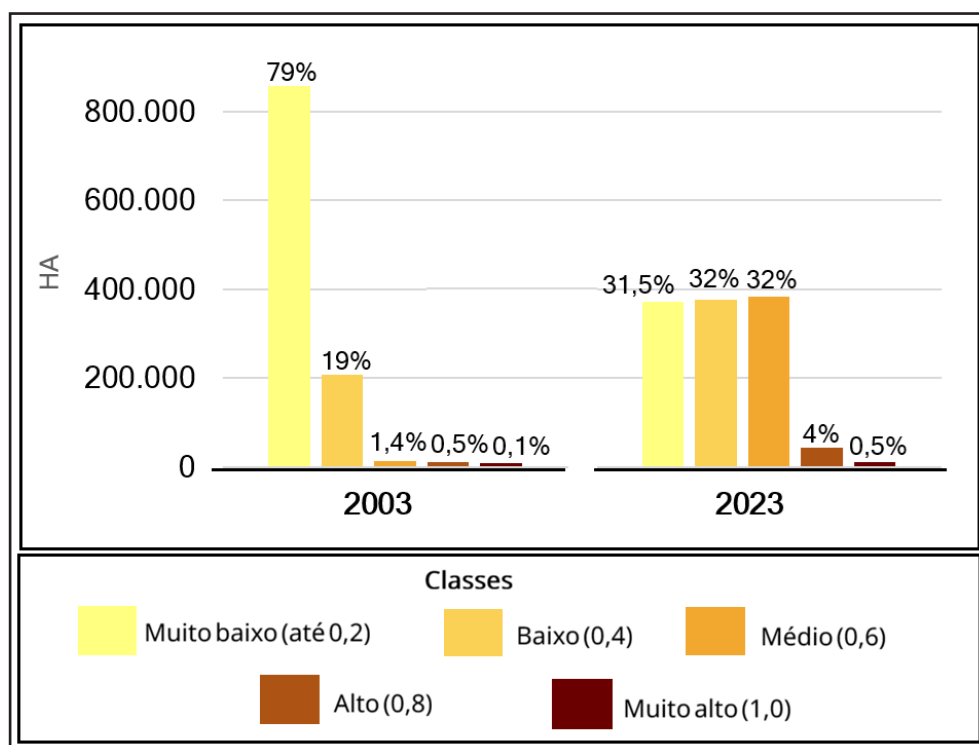
No tocante a classe Alta, seus dados percentuais foram de 0,5% (2003) e 4% (2023), enquanto a classe Muito alta alternou entre 0,1% em 2003 para 0,5% no ano de 2023. Embora seu crescimento percentual tenha ocorrido de modo menos intenso, as referidas classes se encontram em processo de evolução espacial.

Figura 6 – Índice de Apropriação das Sub-bacias Hidrográficas do rio Aguapeí pela Cana-de-açúcar em 2003 e 2023



Fonte: Autores (2025)

Gráfico 2 – Índice de Apropriação das Sub-bacias Hidrográficas do rio Aguapeí pela Cana-de-açúcar em 2003 e 2023



Fonte: Autores (2025)

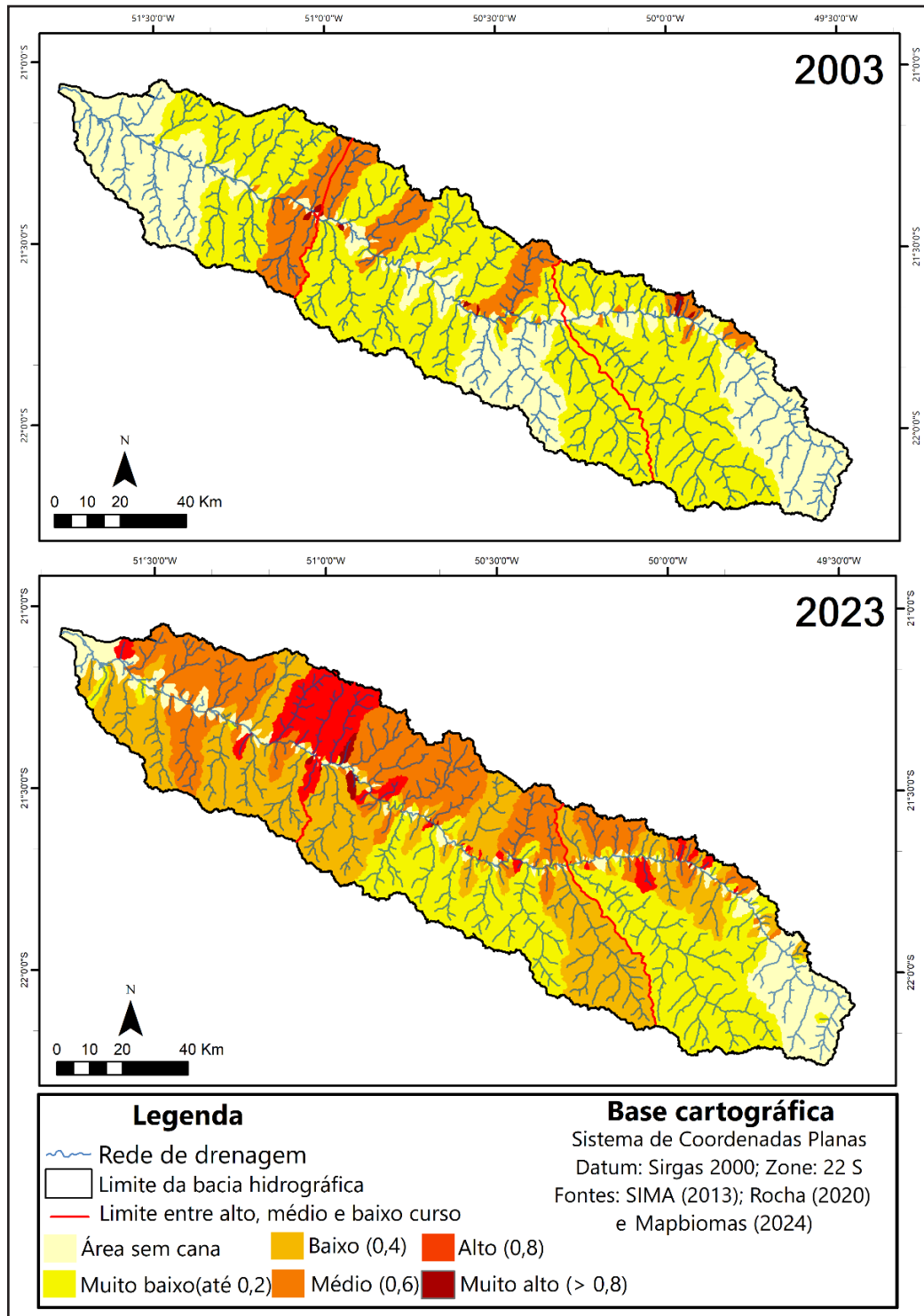
Seguindo a tendência apontada por Rodrigues e Ross (2020), acerca do processo de expansão da monocultura canavieira sobre relevos suaves, com menores índices de dissecação, o baixo e médio curso das sub-bacias hidrográficas do rio Aguapeí são os compartimentos onde os valores de IASBH mais sofreram alterações, ou seja, evolução em seus valores percentuais.

De acordo com o Degrande (2023), tal avanço do setor sucroalcooleiro nessa região da área de estudo ocorre, também, sobre territórios protegidos ambientalmente, como, por exemplo, nas Zonas de Amortecimento do Parque Estadual do Aguapeí. Sendo assim, conforme registrado no estudo de Vera, Wicke e Hilst (2020), o fomento da cultura canavieira não substitui apenas outras formas de uso da terra, mas, também, potencializa o processo de supressão da vegetação natural.



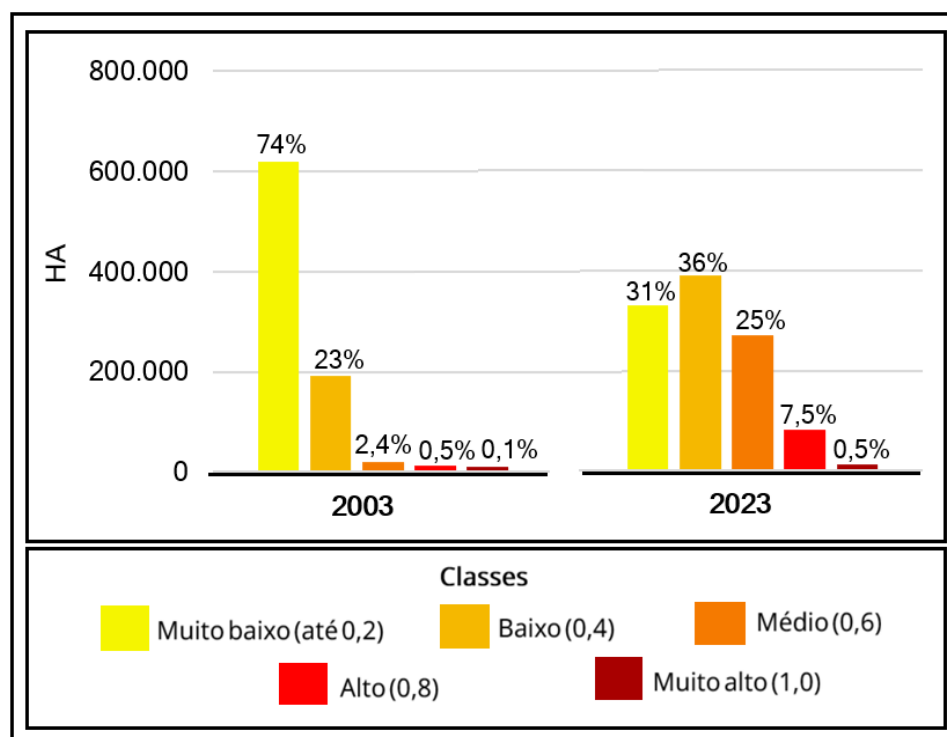
Seguindo a mesma tendência, o IPCDC sofreu alterações ao longo do tempo, com diminuição de sua classe Muito baixa de 74% para 31%, entre os anos de 2003 e 2023, respectivamente, e aumento das demais classes (Figura 7 e Gráfico 3).

Figura 7 – Índice de Pressão nos Canais de Drenagem pela Cana-de-açúcar nas Sub-bacias Hidrográficas do rio Aguapeí em 2003 e 2023



Fonte: Autores (2025)

Gráfico 3 – Índice de Pressão nos Canais de Drenagem pela Cana-de-açúcar nas Sub-bacias Hidrográficas do rio Aguapeí em 2003 e 2023



Fonte: Autores (2025)

A classe Baixa foi a que apresentou maior valor percentual, ou seja, de 23% (2003) para 36% (2023), seguida da classe Média, a qual correspondeu a 2,4% do território das SBH em 2003 e 25% no ano de 2023. Com relação a classe Alta, sua evolução foi de 0,5% (2003) para 7,5% (2023), enquanto da classe Muito alta obteve a menor taxa de crescimento, visto que sua área representou 0,1% e 0,5% do território das SBH, nos respectivos anos de análise.

Os resultados do IPCDC apresentaram a mesma tendência verificada no IASBHC e, embora as classes Alta e Muito alta foram as que demonstraram as menores taxas de evolução, o simples avanço das classes Baixa e Média, pode repercutir em um conjunto variado de impactos sobre o meio físico conforme já destacado neste trabalho.

Quando analisamos em específico o aumento da pressão da cana-de-açúcar sobre os canais fluviais, os impactos negativos transcendem a questão ambiental, uma vez que a rede de drenagem está cada vez mais suscetível ao assoreamento e a

contaminação por agroquímicos. Desse modo, partindo da realidade regional de que muitos desses cursos hídricos são aproveitados para o abastecimento público, seu uso insustentável pode impactar diretamente a população humana, seja pela diminuição da vazão dos rios, ou até mesmo pela contaminação dos mesmos.

Por fim, os resultados evidenciam a necessidade de que os órgãos públicos adotem decisões que favoreçam uma gestão ambiental mais eficiente da área estudada, com o objetivo de mitigar possíveis processos de degradação em curso, além de prevenir que novos impactos ocorram.

## 4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O presente trabalho se pautou em avaliar a intensidade do processo apropriativo da monocultura de cana-de-açúcar sobre as bacias hidrográficas e canais fluviais, através de uma proposta metodológica adaptada à análise ambiental.

Os resultados da aplicação metodológica demonstraram que o avanço da monocultura canavieira na região vem intensificando os IASBHC e IPCDC, com a diminuição da classe Muito baixa e evolução das demais, com destaque para as classes Baixa e Média. Tais alterações nos referidos índices implica no aumento de processos degenerativos, comprometendo a qualidade ambiental da área de estudo.

A verificação dos resultados corrobora para o uso da proposta metodológica como um complemento na análise ambiental, facilitando a avaliação da dinâmica do uso da terra e suas possíveis implicações ambientais- como a geração de processos erosivos, aumento no escoamento superficial, contaminação do meio físico, entre outros-, especialmente em áreas de expansão de monoculturas. Apesar de utilizarmos as sub-bacias hidrográficas como unidades territoriais e a cana-de-açúcar como classe de uso da terra, esta metodologia é adaptável a realidade da área de estudo considerada.

Portanto, ressaltamos que o mapeamento dos índices de apropriação e pressão são importantes indicadores para pesquisas que tenham como foco a análise da

influência humana sobre o meio. Além disso, a possibilidade de sua correlação com outros componentes da paisagem, contribui para seu estudo integrado, subsidiando o planejamento ambiental.

## AGRADECIMENTOS

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico- CNPq pelo apoio financeiro para a realização deste trabalho.

## REFERÊNCIAS

AHMAD, W., IQBAL, J., NASIR, M. J., AHMAD, B., KHAN, M. T., KHAN, S. N., ADNAN, S. Impact of land use/land cover changes on water quality and human health in district Peshawar Pakistan. **Scientific Reports**, Londres, v. 11, p.1-14, ago. 2021. Disponível em: <https://doi.org/10.1038/s41598-021-96075-3>. Acesso em: 16 abr. 2025.

APOORVA, M. S.; KUNDLAS, K. Negative impacts of intensive agricultural practices on environment and ecosystem: a review. **International Journal of Research in Agronomy**, Shimoga, v. 7, p. 285–289, dez. 2024. Disponível em: <https://doi.org/10.33545/2618060X.2024.v7.i12d.2146>. Acesso em: 15 jun. 2025.

BELAY, T., MENGISTU, D. A. Impacts of land use/land cover and climate changes on soil erosion in Muga watershed, Upper Blue Nile basin (Abay), Ethiopia. **Ecological Processes**, Cham, v. 10, p. 1-23, nov. 2021. Disponível em: <https://doi.org/10.1186/s13717-021-00339-9>. Acesso em: 19 abr. 2025.

BI, D., WANG, B., LI, Z., ZHANG, Y., KE, X., HUANG, C., LIU, Y. L. CHRISTIE, P., WU, L. Occurrence and distribution of microplastics in coastal plain soils under three land-use types. **Science of The Total Environment**, Amsterdã, v. 855, p. 1-9, jan. 2023. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2022.159023>. Acesso em: 16 abr. 2025.

BOIN, M. N. **Chuvas e Erosões no Oeste Paulista: Uma Análise Climatológica Aplicada**. 2000. 264 p. Tese (Doutorado em Geociências e Meio Ambiente) – Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Universidade Estadual Paulista, Rio Claro, 2000. Disponível em: <https://repositorio.unesp.br/server/api/core/bitstreams/d1b84131-dea2-4de4-8319-6ef663d1a04b/content>. Acesso em: 03 abr. 2025.

BRAY, S. C., FERREIRA, E. R., RUAS, D. G. G. **As políticas da agroindústria canavieira e o PROÁLCOOL no Brasil**. 1ª ed. Marília: Editora Oficial Universitária, 2000.

COMITÊ DE BACIAS HIDROGRÁFICAS DOS RIOS AGUAPEÍ E PEIXE (CBH-AP). **Relatório Zero**. 1997. Disponível em: <http://cbhap.org/publicacoes/pbh/relatorioz/>. Acesso em: 20 abr. 2025.

DIAS, F. M. Alguns elementos sobre a cadeia produtiva da cana- açúcar no Brasil. **Geosul**, Florianópolis, v. 36, p. 116-142, mai/ago. 2021. Disponível em: <https://doi.org/10.5007/2177-5230.2021.e73805>. Acesso em: 15 abr. 2025.

DEGRANDE, E. J. S. **Vulnerabilidade à contaminação ambiental por agrotóxicos nas bacias hidrográficas dos rios Aguapeí e Peixe- SP: uma análise associada a expansão da cana-de-açúcar**. 2023. 260 f. Tese (Doutorado em Geografia) - Faculdade de Ciências e Tecnologia, Universidade Estadual Paulista, Presidente Prudente. Disponível em: <https://hdl.handle.net/11449/255031>. Acesso: 20 dez. 2025.

DEGRANDE, E. J. S.; ROCHA, P. Estimating the use of pesticides: an analysis associated with the expansion of sugarcane in the Aguapeí River hydrographic basin, Oeste Paulista – Brazil. **International Journal of Human Sciences Research**, Presidente Prudente-SP, v. 3, n. 15, 2023. p. 1-15. Disponível em: <https://d1wqtxts1xzle7.cloudfront.net/121279401/76697-libre.pdf>. Acesso em: 2 mai. 2026.

FILOSO, S., CARMO, J. B., MARDEGAN, S. F., LINS, S. R. M., GOMES, T. F., MARTINELLI, L. A. Reassessing the environmental impacts of sugarcane ethanol production in Brazil to help meet sustainability goals. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, Amsterdã, v. 52, p. 1847-1856, dez. 2015. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.rser.2015.08.012>. Acesso em: 10 mai. 2025.

GARCÍA-ÁLVAREZ, D., CAMACHO, M. T. O., PAEGELOW, M., MAS, J. F. **Land Use Cover Datasets and Validation Tools**. 1ª ed. Switzerland: Springer Nature, 2022. Disponível em: [10.1007/978-3-030-90998-7](https://doi.org/10.1007/978-3-030-90998-7). Acesso em: 18 abr. 2025.

GRAYMORE, M. L. M., WALLIS, A. M., RICHARDS, A. J. An Index of Regional Sustainability: AGIS-based multiple criteria analysis decision support system for progressing sustainability. **Ecological Complexity**, Amsterdã, v. 6, p. 453-462, dez. 2009. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.ecocom.2009.08.006>. Acesso em: 13 jun. 2025.

KOENIG, X. G. H., DEENAPANRAY, P. N. K. Land use and environmental degradation in the island state of Mauritius: Governance and problem conceptions. **Land Use Policy**, Amsterdã, v. 146, p. 1-16, nov. 2024. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.landusepol.2024.107332>. Acesso em: 25 mar. 2025.

LEITE, J. F. **A ocupação do Pontal do Paranapanema**. 1ª ed. São Paulo: Hucitec, 1998.

LOMBARDI NETO, F. Terraceamento agrícola. In: Lombardi Neto, F.; Drugowich, M. I. (Coord.). **Manual técnico de manejo e conservação do solo e água**. Campinas: Coordenadoria de Assistência Técnica Integral, v. 4, 1994. p. 11-35.

MA, S., WANG, L. J., WANG, H. Y., ZHAO, Y. G., JIANG, J. Impacts of land use/land cover and soil property changes on soil erosion in the black soil region, China. **Journal of Environmental Management**, Sheridan (EUA), v. 328, p. 1-12, fev. 2023. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2022.117024>. Acesso em: 19 abr. 2025.

MACHADO, A. C. M., VERÓL, A. P., BATTEMARCO, A. P., B. P., MIGUEZ, M. G. Proposal of a complementary tool to assess environmental river quality: The River Classification Index (RCI), **Journal of Cleaner Production**, Amsterdã, v. 254, p. 1-12, mai. 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.120000>. Acesso em: 14 abr. 2025.

MAHMOOD, M., AHMED, W., AYYOUB, A., ELRYS, A. S., MUSTAFA, A., LI, W., XU, Z. Impacts of land use change on soil carbon storage and phosphorus fractions in tropics. **Catena**, Amsterdã, v. 247, p. 1-12, dez. 2024. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.catena.2024.108550>. Acesso em: 20 mar. 2025.

MOTA JUNIOR, E. R., TRENTIN, C. B., SILVA, E. B. Expansão de fronteiras agrícolas e transformações no uso e cobertura da terra em áreas circunvizinhas a terras indígenas no sudeste mato grossense. **Caminhos de geografia**, Uberlândia, v. 24, p. 272-286, jan. 2023. Disponível em: <http://doi.org/10.14393/RCG249162476>. Acesso em: 15 abr. 2025.

NUT, N., MIHARA, M., NGO, B., SIGUA, G., PRASAD, V., REYES, M. R. Land Use and Land Cover Changes and Its Impact on Soil Erosion in Stung Sangkae Catchment of Cambodia. **Sustainability**, Basileia, v. 13, p.1-25, ago. 2021. Disponível em: <https://doi.org/10.3390/su13169276>. Acesso em: 18 abr. 2025.

OGURA, A. P., SILVA, A. C., CASTRO, G. B., ESPÍNDOLA, E. L. G., SILVA, A. L. An overview of the sugarcane expansion in the state of São Paulo (Brazil) over the last two decades and its environmental impacts. **Sustainable Production and Consumption**, Amsterdã, v. 32, p. 66-75, jul. 2022. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.spc.2022.04.010>. Acesso em: 05 abr. 2025.

PAUL, V., SANKAR, M. S., VATTIKUTI, S., DASH, P., ARSLAN, Z. Pollution assessment and land use land cover influence on trace metal distribution in sediments from five aquatic systems in southern USA. **Chemosphere**, Oxford, v. 263, p. 1-11, jan. 2021. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2020.128243>. Acesso em: 20 mar. 2025.

PRASANNA, M. V., PRAVEENA, S. M., CHIDAMBARAM, S., NAGARAJAN, R., ELAYARAJA, A. Evaluation of water quality pollution indices for heavy metal contamination monitoring: a case study from Curtin Lake, Miri City, East Malaysia. **Environmental Earth Sciences**, Berlin, v. 67, p. 1987-2001, mar. 2012. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/s12665-012-1639-6>. Acesso em: 12 mai. 2025.

PRATES, R; CARREIRA, B; DEGRANDE, E.J.S; ROCHA, P.C. Análise do uso de NPK na Cultura da Cana- de- Açúcar nas Bacias Hidrográficas dos rios Aguapeí e Peixe, Oeste Paulista. In: XIV Encontro Nacional de Pós- Graduação em e Pesquisa em Geografia (ENANPEGE), v. 14, 2021, João Pessoa- PB. **Anais [...]** João Pessoa- PB: Realize Eventos Científicos & Editora, 2021. p. 1- 19. Disponível em: <https://editorarealize.com.br/artigo/visualizar/78449>. Acesso em: 1 mai. 2025.

PROJETO MAPBIOMAS. **Coleção 9.0 da Série Anual de Mapas de Uso e Cobertura da Terra do Brasil**, 2024. Disponível em: [https://mapbiomas.org/colecoes-mapbiomas\\_1?cama\\_set\\_language=pt-BR](https://mapbiomas.org/colecoes-mapbiomas_1?cama_set_language=pt-BR). Acesso em: 17 abr. 2025.



RANDELL, H. The challenges of dam-induced displacement: Reducing risks and rethinking hydropower. **One Earth**, Cambridge, Massachusetts (EUA), v. 5, p. 849-852, ago. 2022. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.oneear.2022.07.002>. Acesso em: 9 abr. 2025.

ROCHA, P. C. Índices de apropriação do meio físico em bacias hidrográficas: conceituação e estudo de caso. In: GOUVEIA, J. M. C; ROCHA, P. C; MAURO, C. A. D; ARAÚJO, R. R. (Org.). **Sustentabilidade em bacias hidrográficas: conhecimento, inovação e tecnologias em recursos hídricos**. 1ed.Tupã-SP: Editora ANAP, 2020. p. 139-152.

ROCHA, P. C. Índices de apropriação do relevo e do solo em bacias hidrográficas: conceituação e estudo de caso. In: VI Workshop Internacional sobre Planejamento e Desenvolvimento Sustentável em Bacias Hidrográficas, Uberlândia, v. 6, **Workshop [...]**, Universidade Federal de Uberlândia, 2017.

RODRIGUES, G. S. S. C; ROSS, J. L. S. **A trajetória da cana-de-açúcar no Brasil: perspectivas geográfica, histórica e ambiental**. 1ª ed. Uberlândia- MG: Edufu, 2020.

ROSS, J. L. S.; MOROZ, I. C. **Mapa Geomorfológico do Estado de São Paulo**. São Paulo: Laboratório de Geomorfologia – Departamento de Geografia, FFLCH/USP/Laboratório de Cartografia Geotécnica - Geologia Aplicada – IPT/FAPESP – Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo, 1997.

ROSSI, M. **Mapa pedológico do Estado de São Paulo: revisado e ampliado. Escala 1:250.000** – São Paulo: Instituto Florestal, 2017.

SANTOS, A. A. **Potencial de escoamento superficial em três unidades de gerenciamento de recursos hídricos do Oeste Paulista e sua relação com as mudanças no uso e cobertura da terra**. 2024. 181p. Tese (Doutorado em geografia)- Universidade Estadual Paulista, Presidente Prudente, 2024. Disponível: <https://repositorio.unesp.br/entities/publication/12ddeb34-27b7-4801-a362-74f649597b75>. Acesso: 05 mar. 2025.

SANTOS, A. V. M., FERNANDES, J. A., ANDRADE, G. S., MORAES, P. M., MAGURRAN, A. E., PELICICE, F. M., GIARRIZZO, T. An overview of vinasse pollution in aquatic ecosystems in Brazil. **Environmental Management**, Berlin, v. 74, p. 1037–1044, jun. 2024. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/s00267-024-01999-x>. Acesso em: 14 jun. 2025.

SANTOS, A. R., ARAÚJO, E. F., BARROS, Q. S., FERNANDES, M., FERNANDES, M. R., MOREIRA, T. R., SOUZA, K. B., SILVA, E. F., SILVA, J. P., SANTOS, J. S., BILLO, D., SILVA, R. F., NASCIMENTO, G. S., GANDINE, S. M., PINHEIRO, A. A., RIBEIRO, W. R., GONÇALVES, M. S., SILVA, S. F., SENHORELO, A. P., HEITOR, F. D., TELLES, L. A. Fuzzy concept applied in determining potential forest fragments for deployment of a network of ecological corridors in the Brazilian Atlantic Forest. **Ecological Indicators**, Amsterdã, v. 115, p. 1-14, ago. 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2020.106423>. Acesso em: 6 maio. 2025.

SANTOS, J. B. G., NUNES, M. L A., NEVES, S. M. A. S., LEMOS, C. M G., HACON, S. S. Mudanças no uso e cobertura da terra e os seus impactos nos serviços ecossistêmicos do município de Juína, Amazônia Meridional. **Revista Brasileira de Geografia Física**. Recife, v. 17, p. 4177–4205, out. 2024. Disponível em: <https://doi.org/10.26848/rbgf.v17.6.p4177-4205>. Acesso em: 12 abr. 2025.

SANTOS, V. M. A., FERNANDES, J. A., ANDRADE, G. S. A., MORAES, P. M. M., MAGURRAN, A. E., PELICICE, F. M., GIARRIZZO, T. An overview of vinasse pollution in aquatic ecosystems in Brazil. **Environmental Management**. Nova York, v. 74, p. 1037-1044, jun. 2024. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/s00267-024-01999-x>. Acesso em: 12 abr. 2025.

SCHWAMBACK, D., BRANDÃO, A. R. A., ROSALEM, L. M. P., OLIVEIRA, P. T. S., ANACHE, J. A. A., WENDLAND, E., BERNDTSSON, R., PERSSON, M. Land use transformations in the Brazilian Savanna: A decade of soil erosion and runoff measurements. **Catena**, Amsterdã, v. 246, p. 1-14, nov. 2024 . Disponível: <https://doi.org/10.1016/j.catena.2024.108412>. Acesso: 20 mar. 2025.

SECRETARIA DE INFRAESTRUTURA E MEIO AMBIENTE DO ESTADO DE SÃO PAULO (SIMA). **Rede de Drenagem do Estado de São Paulo, escala 1: 50.000**. São Paulo: 2013. Disponível em: <https://www.infraestruturameioambiente.sp.gov.br/cpla/cessao-de-dados/>. Acesso em: 17 mar. 2022.

SECRETARIA DE INFRAESTRUTURA E MEIO AMBIENTE DO ESTADO DE SÃO PAULO (SIMA). **Sub-bacias do Estado de São Paulo, escala 1: 50.000**. São Paulo: 2013. Disponível em: <https://www.infraestruturameioambiente.sp.gov.br/cpla/cessao-de-dados/>. Acesso em: 17 mar. 2022.

SILVA, D. C., OLIVEIRA, R. A., SIMINETTI, V. C., TONIOLO, B. P., SALES, J. C., LOURENÇO, R. W. Creation of an environmental sustainability index for water resources applied to watersheds. **Environment, Development and Sustainability**, Berlin, v. 25, p. 11285- 11305, jul. 2023. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/s10668-022-02527-9>. Acesso em: 5 jun. 2025.

SIMONETTI, V. C., FRASCARELI, D., GONTIJO, E. S., MELO, D. S., FRIESE, K., SILVA, D. C. C., ROSA, A. H. Water quality indices as a tool for evaluating water quality and effects of land use in a tropical catchment. **International Journal of River Basin Management**, Abingdon, Reino Unido, v. 17, p. 1-12, ago. 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.1080/15715124.2019.1672706>. Acesso em: 2 jun. 2025.

ULLOFFO, L. M. **Análise Integrada Multitemporal do Espaço Geográfico: Fragilidade Ambiental do Parque Estadual do Aguapeí - SP**. 2025. 109 f. Dissertação (Mestrado profissional em Geografia) - Faculdade de Ciências e Tecnologia, Universidade Estadual Paulista, Presidente Prudente, 2025. Disponível em: <https://hdl.handle.net/11449/313920>. Acesso em: 30 abr. 2026.

VERA, I., WICKE, B., HILST, F. Spatial Variation in Environmental Impacts of Sugarcane Expansion in Brazil. **Land**, Basel, Suíça, v. 9, p. 1-20, out. 2020. Disponível em <https://doi.org/10.3390/land9100397>. Acesso em: 10 jun. 2025.

WANG, X., WANG, L., ZHANG, Q., LIANG, T., LI, J., HANSEN, H. C. B., SHAHEEN, S. M., ANTONIADIS, V., BOLAN, N., RINKLEBE, J. Integrated assessment of the impact of land use types on soil pollution by potentially toxic elements and the associated ecological and human health risk. **Environmental Pollution**, Oxford, v. 299, p. 1-9, abr. 2022. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2022.118911>. Acesso em: 18 abr. 2025.

ZALÁN, P.V., WOLFF, S., ASTOLFI, M., VIERIA, I., CONCEIÇÃO, J., APPI, V., CERQUEIRA, E., MARQUES, C. Interior cratonic basins. In: LEIGHTON, M. W.; *et al.* **Tulsa**: American Association of Petroleum Geologists Memoir, v. 51, 1990. p. 681-708.

## Contribuições de autoria

### 1 – Edmiller José Silva Degrande

Doutorado em Geografia pela Universidade Estadual Paulista (UNESP)

<https://orcid.org/0000-0003-0248-5702> • [edmiller.silva@unesp.br](mailto:edmiller.silva@unesp.br)

Contribuição: Conceituação; Primeira redação; Produção cartográfica; Revisão e edição

### 2 – Paulo Cesar Rocha

Doutorado em Ecologia de Ambientes Aquáticos Continentais pela Universidade Estadual de Maringá

<https://orcid.org/0000-0002-1187-1093> • [paulo-cesar.rocha@unesp.br](mailto:paulo-cesar.rocha@unesp.br)

Contribuição: Supervisão; Proposta metodológica; Revisão e edição

## Como citar este artigo

DEGRANDE, E. J. S.; ROCHA, P. C. Apropriação e pressão do uso da terra em bacias hidrográficas: uma proposta de mapeamento para subsidiar estudos ambientais. **Geografia Ensino & Pesquisa**, Santa Maria, v. 30, e95216, 2026. Disponível em: 10.5902/2236499495216. Acesso em: dia mês abreviado. ano.