

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO CARLOS
CENTRO DE CIÊNCIAS DA NATUREZA

**CARACTERIZAÇÃO DE ÁREAS POTENCIALMENTE FAVORÁVEIS PARA
PRODUÇÃO DE CANA-DE-AÇÚCAR NA BACIA HIDROGRÁFICA DO ALTO
PARANAPANEMA, ENVOLVENDO ASPECTOS CLIMÁTICOS, FÍSICOS E
AMBIENTAIS**

GABRIELA VASCONCELOS RIBEIRO

BURI/SP
2021

GABRIELA VASCONCELOS RIBEIRO

CARACTERIZAÇÃO DE ÁREAS POTENCIALMENTE FAVORÁVEIS PARA
PRODUÇÃO DE CANA-DE-AÇÚCAR NA BACIA HIDROGRÁFICA DO ALTO
PARANAPANEMA ENVOLVENDO ASPECTOS CLIMÁTICOS, FÍSICOS E
AMBIENTAIS

Trabalho de conclusão de curso
apresentado como requisito parcial para a
obtenção do título de bacharel em
Engenharia Ambiental pela Universidade
Federal de São Carlos.

Orientador: Prof. Dr. André Marcondes
Andrade Toledo.

BURI/SP

2021

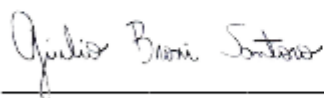
UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO CARLOS
CENTRO DE CIÊNCIAS DA NATUREZA
CURSO DE GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA AMBIENTAL

Folha de Aprovação

Assinatura dos membros da comissão examinadora que avaliou e aprovou a Defesa de Trabalho de Conclusão de Curso do(a)candidato(a) Gabriela Vasconcelos Ribeiro, realizada em 26/11/2021:



Prof. Dr. André Marcondes Andrade Toledo– Orientador(a)
Centro de Ciências da Natureza – UFSCar – Campus Lagoa do Sino.



Mestrando Giulio Brossi Santoro
ESALQ – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”



Analista de Sensoriamento Remoto Sênior Alindomar LacerdaSilva
SCCON – Santiago e Cintra Consultoria

DEDICATÓRIA

A todos os futuros engenheiros ambientais e profissionais da área de geoprocessamento.

À minha família, amigos especiais e docentes que sempre acreditaram em mim e contribuíram para a minha formação.

AGRADECIMENTOS

À minha família por todo o apoio desde o início da graduação, por todos os esforços e incentivos, especialmente à minha irmã, Amanda Vasconcelos Ribeiro e aos meus pais, Katia Cilene Vasconcelos Ribeiro e Jurandir Nunes Ribeiro.

Ao *campus* Lagoa do Sino, da Universidade Federal de São Carlos, pela honra e oportunidade de desenvolvimento pessoal e profissional por meio da Semana da Engenharia Ambiental, Porteiras Abertas, instituições acadêmicas como Associação Atlética Acadêmica Lagoa do Sino e Centro Acadêmico de Engenharia Ambiental, além de projetos de extensão e principalmente, docentes que incentivaram minha jornada.

Ao Centro de Pesquisa e Extensão em Geotecnologias (CePE-Geo) por todo conhecimento, amizade e orientação desde 2018. Meus sinceros agradecimentos ao meu orientador de estágio não obrigatório, de iniciação científica e deste presente trabalho, Prof. Dr. André Marcondes Andrade Toledo, por todo incentivo em cada etapa destes trabalhos. Ao Prof. Dr. Paulo Guilherme Molin, meu agradecimento pelas oportunidades durante a graduação. A ambos os docentes mencionados, obrigada pelos ensinamentos e por confiarem no meu potencial em cada projeto desenvolvido. E ainda, ao Alindomar Lacerda pelo incrível profissional e pela oportunidade de termos trabalhado juntos na Santiago e Cintra Consultoria.

Aos meus queridos amigos de classe e da universidade, por cada conselho, incentivo, vitória comemorada e amizade inigualável. A república Mulherama por ter tornado meus últimos momentos como universitária os melhores possíveis, especialmente, Maria Eduarda Polesi, Naiara Andrade dos Reis, Jade Freitas da Silva e Gabriel Matos de Albuquerque. E ainda, Lucas Stein Barbosa, João Pedro Morasco Agostinho, Diego Siqueira Franco, Aline Rafaela Rodrigues Souto, Vinicius Pereira Orlandi, Felipe Gomes Tassi, Jackeline Ambrósio, Yuri Sousa Castro, Sofia Yura, Giulio Brossi Santoro, Mateus Gomes Moreira e José Matheus Segre Moneva Viveiros.

RESUMO

A caracterização dos aspectos físicos, climáticos e o diagnóstico do uso e ocupação da terra de bacias hidrográficas com o uso de ferramentas disponíveis em geoprocessamento são de extrema importância para auxiliar no planejamento e zoneamento agroambiental. A cana-de-açúcar, uma das principais culturas do agronegócio brasileiro, apresenta expressiva distribuição no estado de São Paulo, historicamente com maior ocorrência nas regiões norte, oeste e centro do estado, mas com tendência de expansão para outras regiões, como a região sul de São Paulo, na bacia hidrográfica do Alto Paranapanema (BH-ALPA). Este trabalho teve como objetivo geral caracterizar aspectos climáticos (precipitação e temperatura), físicos e ambientais (declividade, APP, hidrografia) da bacia hidrográfica do Alto Paranapanema e identificar áreas potencialmente favoráveis para produção de cana-de-açúcar, envolvendo uso de geotecnologias. A partir de imagens SRTM, foi possível reclassificar a declividade em 2 classes (de 0 a 15% e acima de 15%) para realizar interpolação com os outros dados coletados. Ademais, utilizando imagens da coleção 5.0 do MapBiomas, mapeou-se as áreas com cana-de-açúcar de 1989, 1999, 2009 e 2019 na região de estudo, relacionando às questões ambientais, realizou-se um diagnóstico em áreas de preservação permanente dos principais cursos d'água. Com imagens do CBERS 4A foi possível reclassificar o uso da terra em classes de Áreas aptas e Não aptas para produção da cana-de-açúcar. Para a aptidão climática da bacia, utilizou-se dados do zoneamento agroambiental da Secretaria do Meio Ambiente do Estado de São Paulo. A partir de dados pontuais (diários) de temperatura e precipitação de 14 estações meteorológicas do INMET, por meio do processo de interpolação, foram elaborados mapas com a distribuição espacial climática, abrangendo o período de 10 anos. Os maiores valores de temperatura ocorrem na região noroeste da bacia, enquanto os menores ocorrem na região sul e sudeste. A precipitação apresentou maiores valores na região norte/noroeste, no verão, e sul/sudeste, no inverno. De acordo com os estudos realizados, observou-se que cerca de 72% das APPs estão irregulares e precisam ser regeneradas. Isto posto, a bacia ainda apresenta cerca de 33% de sua área classificada como áreas aptas, enquanto 67% correspondem às áreas inaptas.

Palavras-chave: Cana-de-açúcar. Aptidão climática. Geoprocessamento.

ABSTRACT

The characterization of physical and climatic aspects and the diagnosis of land use and land cover of hydrographic basins using geoprocessing tools is extremely important to assist in agro-environmental planning and zoning. Sugarcane, one of the main crops in Brazilian agribusiness, has an expressive distribution in the state of São Paulo, historically concentrating in the north, west and center of the state, but with a tendency to expand to other regions, such as the region south region of São Paulo, in the Alto Paranapanema hydrographic basin (BH-ALPA). This work aimed to characterize climatic (precipitation and temperature), physical and environmental aspects of the Alto Paranapanema hydrographic basin and identify potentially favorable areas for sugarcane production, by using geotechnologies. From SRTM images, we reclassified the slope into 2 classes (from 0 to 15% and above 15%). Furthermore, using images from the MapBiomas 5.0 collection, we mapped the areas with sugarcane for the Years of 1989, 1999, 2009 and 2019 for the whole study area. Regarding the environmental variables, we carried out a diagnosis of the permanent preservation areas (APP) of the main watercourses. With CBERS 4A images, it was possible to reclassify the land use and land cover into suitable and unsuitable areas for sugarcane production. For the climatic suitability of the basin, we used the data from the agro-environmental zoning of the São Paulo State Environment's Office. We further used daily data of temperature and precipitation of 11 meteorological stations of INMET, to create climatic charts showing its spatial distribution by using the interpolation method, covering a time span of 10 years. The highest temperature values occur in the northwestern region of the basin, while the lowest occur in the southern and southeastern regions. Precipitation was higher values in the north/northwest region during summer, whereas in the winter, precipitation was overall higher in the south/southeast. According to other works, we observed that about 72% of the APPs are irregular and need to be recovered. That said, the basin still has about 42% of its area classified as suitable áreas for sugarcane production, while 58% correspond to non-suitable areas.

Keywords: Sugarcane. Climatic acquirement. Geoprocessing.

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ANA	Agência Nacional das Águas
APA	Áreas de Proteção Ambiental
APP	Área de Preservação Permanente
BH-ALPA	Bacia Hidrográfica do Alto Paranapanema
CBH-ALPA	Comitê da Bacia Hidrográfica do Alto Paranapanema
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
INMET	Instituto Nacional de Meteorologia
INPE	Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais
LPVN	Lei de Proteção à Vegetação Nativa
PROÁLCOOL	Programa Nacional do Alcool
SIG	Sistemas de Informações Geográficas
SRTM	<i>Shuttle Radar Topography Mission</i>
UCPI	Unidades de Conservação de Proteção Integral
UGRHI-14	Unidade de Gestão de Recursos Hídricos 14

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Mapa de localização da Bacia Hidrográfica do Alto Paranapanema	16
Figura 2: Principais rios tributários da UGRHI 14.....	17
Figura 3: Fluxograma do estudo	24
Figura 4: Localização das estações meteorológicas	25
Figura 5.1: Série histórica de temperatura da UGRHI 14 – PARTE 1	27
Figura 5.2: Série histórica de temperatura da UGRHI 14 – PARTE 2.....	34
Figura 6.1: Série histórica de precipitação da UGRHI 14 – PARTE 1.....	35
Figura 6.2: Série histórica de precipitação da UGRHI 14 – PARTE 2.....	36
Figura 7: Temperatura anual média da UGRHI-14.....	37
Figura 8: Precipitação anual média da UGRHI-14.....	37
Figura 9: Declividade da UGRHI-14.....	38
Figura 10: Evolução do cultivo de cana-de-açúcar na BH-ALPA.....	41
Figura 11: Uso da terra dentro de APP nas regiões de Campina do Monte Alegre e Buri.....	43
Figura 12: Uso da terra com imagem CBERS 4A.....	46
Figura 13: Zoneamento da UGRHI-14 obtido neste estudo.....	47
Figura 14: Zoneamento da UGRHI-14 de acordo com a Secretaria de Meio Ambiente..	48

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO.....	11
2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	12
2.1. Histórico da cana-de-açúcar	12
2.2. Aptidão climática da cana-de-açúcar	13
3. JUSTIFICATIVA.....	14
4. OBJETIVOS	15
4.1. Gerais.....	15
4.2. Específicos	15
5. METODOLOGIA.....	15
5.1. Área de estudo	15
5.2. Caracterização dos aspectos físicos e aptidão climática da cana-de-açúcar	19
5.3. Coleta e processamento de dados	23
6. RESULTADOS E DISCUSSÃO	26
6.1. Temperatura e precipitação	26
6.2. Declividade	33
6.3. Cana-de-açúcar na BH-ALPA.....	34
6.4. Áreas de Preservação Permanente (APP).....	37
6.5. Uso da terra.....	41
6.6. Aptidão	42
7. CONSIDERAÇÕES FINAIS	44
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	45

1. INTRODUÇÃO

A urbanização do sudoeste paulista teve início no século XVII quando foram fundadas as cidades de Itu e Sorocaba. A partir do século XIX, a ocupação da região foi intensificada com produção agrícola predominante de cana-de-açúcar, café e algodão. Depois ocorreu também de forma expressiva a pecuária e a produção de grãos (milho, soja, etc) (VILLELA, 2015).

Até o século XVIII, o povoamento regional se dá essencialmente em função de ser área de passagem, pela via “natural” representada pelo compartimento Depressão Periférica. Somente a partir do século XIX, a ocupação da área foi mais evidente, em função da organização de seu próprio espaço interno, da seguinte maneira: a) áreas de cultura da cana, parcialmente café (no século XIX) e mais tarde algodão (no século XX) predominaram na atual sub-região de Sorocaba, avançando até Itapetininga; b) na parte mais ao norte (sub-região de Avaré, parcialmente), o povoamento deveu-se à trajetória do café para oeste, funcionando a área como porta de entrada para a mesma. Nessa sub-região instalou-se depois a pecuária; c) em áreas ao longo dos tradicionais caminhos e eixos viários posteriores (estradas e ferrovias) ligando Itapetininga a Itapeva e Itararé ao sul do Paraná, desenvolveram-se inicialmente áreas de cultura alimentar, pequena pecuária e (desde já) alguma mineração (PLANO ALPA, 2003).

A diversificada ocupação econômica regional corresponde, em termos de urbanização, ao aparecimento e crescimento de núcleos e cidades, obviamente com características diversas. A sub-região de Sorocaba (na “entrada” da bacia), em função do rápido crescimento econômico, reforçado, a partir da metade do século XIX, pela industrialização, se urbaniza intensamente com refluxos até a sub-região de Itapetininga. Na porção central (sub-região de Itapetininga) e ao Sul (em Itapeva) verificou-se certo crescimento urbano, muito mais em função do êxodo das áreas rurais, do que por um fortalecimento econômico dos núcleos que atravessaram (PLANO ALPA, 2003).

A produção canavieira no Brasil ganhou destaque em 1975, quando o governo criou o programa PROÁLCOOL, visando o incentivo a qualquer insumo capaz de substituir o petróleo e minimizar a dependência externa aos combustíveis fósseis, além do elevado preço do barril na época. A partir disto, a produção de etanol proveniente da cana aumentou significativamente, passando de 600 milhões de litros em 1975 para 4,3 bilhões de litros em 1976 (SZMRECSÁNYI & MORERIA, 1991).

Segundo o Anuário da Cana (2013), das 422 usinas e destilarias já instaladas no Brasil, 173 estão localizadas no estado de São Paulo. Considerando condições climáticas favoráveis e proximidade com os grandes centros consumidores, o que acabou incentivando instalações de indústrias sucroalcooleiras para o estado.

Neste cenário de expansão da atividade sucroalcooleira, o zoneamento agroambiental é de suma importância, o qual auxilia a identificação de áreas adequadas para produção da cana-de-açúcar, e conservação dos recursos naturais. Busca-se, neste contexto, base de dados detalhada sobre as condições climáticas, relevo, solo, áreas de proteção ambiental e unidades de conservação existentes (SÃO PAULO, 2008).

A monocultura levanta questões sobre os problemas sociais e ambientais. Ao longo do tempo essas questões impulsionaram a busca por alternativas para solucionar os problemas existentes, no sentido de orientar o processo de expansão e minimizar os impactos negativos (VILLELA, 2015).

Os impactos existem em todas as etapas da produção da cana-de-açúcar e podem ser elencados como degradação do solo, erosão, poluição tanto atmosférica quanto dos recursos hídricos, pressão sobre as áreas de vegetação nativa, perda de biodiversidade e condições de trabalho inadequadas (GALLARDO & BOND, 2011).

Neste contexto, o diagnóstico das características físicas de uma bacia hidrográfica se torna uma ferramenta importante para fornecer subsídios à gestão das bacias e promover intervenções no sentido de se conservar os recursos naturais existentes. O uso de geotecnologias possibilita a caracterização física de uma região envolvendo emprego de ferramentas que auxiliam no conhecimento, gestão e monitoramento de bacias (GUERRA, 1980).

A utilização das ferramentas relacionadas às geotecnologias permite diagnosticar riscos ambientais e auxiliar a gestão dos recursos naturais. No caso da bacia hidrográfica do Alto Paranapanema (BH-ALPA), que possui remanescentes de Mata Atlântica e potencial agrícola para produção canavieira, a abordagem dos elementos supracitados pode gerar produtos benéficos para a região (ROCHA, 2000).

2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

2.1. Histórico da cana-de-açúcar

O cultivo da cana-de-açúcar na BH-ALPA se faz presente na região desde os tempos mais remotos, devido as características físicas serem favoráveis para este tipo de cultura, principalmente as cidades e regiões ao redor de Tatuí, Itapetininga e Sorocaba (fora da bacia em estudo) que participaram ativamente do ciclo da cana no século XVII (CBH-ALPA, 1999).

Sendo uma das principais culturas do agronegócio brasileiro, a cana-de-açúcar coloca o Brasil como o maior produtor e exportador mundial de açúcar e álcool da monocultura. O destaque é para o Estado de São Paulo, que é o maior produtor nacional (IEA, 2019).

O plantio da cana-de-açúcar foi manual durante muito tempo, de modo que a partir dos anos 90, surgiu a colheita mecanizada e conseqüentemente, a mecanização do plantio,

que faria com que a colheita fosse ainda mais eficiente. A partir da inexistência de mão de obra no campo para o novo método de produção e das leis ambientais para o fim das queimadas, o plantio mecanizado se tornou ainda mais requisitado (NOVA CANA, 2014).

Independente do modo de produção - manual, semi-mecanizada ou mecanizada -, os custos de produção da cana são elevados e existem dificuldades operacionais. Do ponto de vista ambiental, a mecanização parcial ou total é a melhor opção, visto que é possível aproveitar o palhiço, não há queima e possui elevado rendimento operacional (SILVA & GARCIA, 2009). Mas para a realização da colheita mecanizada a área de produção deve ter no máximo 15% de declividade. A análise e identificação dessas áreas é possível com uso de ferramentas de geoprocessamento e dados de modelos de elevação de terreno disponíveis.

Constatou-se que na safra 2018/19, o índice de mecanização atingiu aproximadamente 95% do total de área cultivada com cana-de-açúcar no estado de São Paulo (IEA, 2020). Dados de anos anteriores, demonstraram que em mais de 500 municípios onde existem produtores de cana, também predomina o uso de máquinas (NOVA CANA, 2014).

Considerando que na safra de 2007/08 o índice de mecanização no Estado era de 41,7% e atualmente é 95%, houve uma evolução na taxa de mecanização de mais de 100%. De acordo com o Protocolo Agroambiental e a Lei nº 11.241/2002, as queimadas estavam previstas para serem erradicadas entre 2021 e 2031, bem como solucionar adversidades como declividade e tamanho das áreas de plantio (IEA, 2020).

2.2. Aptidão climática da cana-de-açúcar

A cana-de-açúcar é cultivada numa extensa área territorial, compreendida entre os paralelos 35° de latitude Norte e Sul do Equador, apresentando melhor comportamento nas regiões quentes. O clima ideal é aquele que apresenta duas estações distintas, sendo uma delas quente e úmida, favorecendo a germinação e o desenvolvimento vegetativo, e a outra fria e seca, promovendo a maturação e conseqüente acúmulo de sacarose (AGROBYTE, 2007).

A monocultura possui crescimento lento em temperaturas abaixo de 20 °C, sendo a cana-de-açúcar uma gramínea, e é necessário temperaturas elevadas para o seu desenvolvimento e conseqüentemente, o processo fotossintético. Em temperaturas superiores a 35 °C o crescimento é lento, e superior a 38 °C a planta interrompe seu desenvolvimento, na tentativa de minimizar os processos metabólicos e a perda de água (GASCHO, et al 1973).

A umidade do solo e do ar é um fator primordial para toda as culturas interferindo no potencial produtivo de forma positiva ou negativa. Devido a fisiologia da cana-de-açúcar e ao seu sistema radicular que se adapta a condições de estresse, a cana apresenta boa resistência ao déficit hídrico (DOORENBOS & KASSAM, 1994).

É fundamental que a cultura de cana-de-açúcar disponha de água durante as diferentes fases de seu ciclo produtivo, principalmente no início do seu desenvolvimento. Sendo a necessidade hídrica em média de 1.200 a 2.500 mm de chuva (dependendo da variedade e região de cultivo ao redor da Terra), estes devem ser distribuídos de acordo com a demanda durante o crescimento. Por dia, o consumo pode variar em torno de 2,0 a 6,0 mm de água, nas principais regiões produtoras, podendo ocorrer divergências (BERNARDO, 2006).

Em áreas produtivas de cana-de-açúcar, na carência de água no solo ou valor abaixo do da quantidade ideal, as plantas passam a sofrer os efeitos da privação hídrica, fato que contribui para o desenvolvimento do estresse hídrico, no qual causa o fechamento dos estômatos e a diminuição da fotossíntese, uma adaptação evolutiva das plantas em resposta a limitação ou escassez de água no solo, que a longo prazo acaba afetando negativamente o crescimento e rendimento final da produtividade (BRUNINI, 2017).

3. JUSTIFICATIVA

Com foco no desenvolvimento de ações que auxiliem o zoneamento agroambiental, envolvendo caracterização dos aspectos físicos e ambientais da BH-ALPA, a coleta e processamento de dados com uso de geotecnologias é fundamental para auxiliar na análise dos recursos naturais e identificar áreas favoráveis para produção da cana-de-açúcar. Os aspectos aqui abordados visam compreender o processo de ocupação territorial atual e entender a pressão sobre os recursos naturais devido a essa ocupação, com o intuito de identificar como está a situação local, bem como potencialidades e fragilidades presentes na bacia hidrográfica do Alto Paranapanema.

As ferramentas relacionadas ao geoprocessamento auxiliam expressivamente no processo de gestão de bacias hidrográficas, pois permitem a representação de dados espaciais em um ambiente interativo que oferece múltiplos recursos, tanto nas fases de coleta e processamento de dados, quanto na interpretação dos resultados, recomendações de recuperação e manejo, bem como realizar modelagem de cenários futuros.

4. OBJETIVOS

4.1. Gerais

Este trabalho teve como objetivo geral caracterizar aspectos climáticos (precipitação e temperatura), físicos e ambientais da bacia hidrográfica do Alto Paranapanema (SP) e identificar áreas potencialmente favoráveis para produção de cana-de-açúcar, envolvendo uso de geotecnologias.

4.2. Específicos

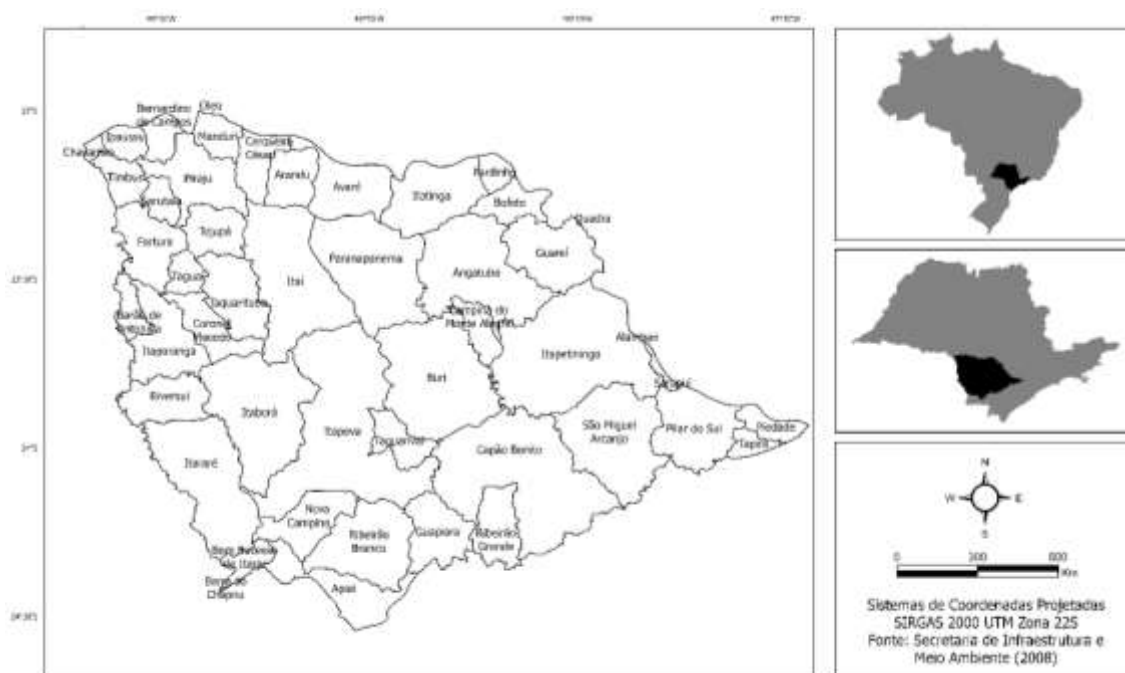
- Adquirir dados climáticos da região sudoeste do estado de São Paulo;
- Elaborar mapas com a distribuição espacial de precipitação e temperatura;
- Identificar e quantificar as Áreas de Preservação Permanentes (APPs), correspondentes aos cursos d'água e declividade;
- Identificar e quantificar áreas ocupadas com cana-de-açúcar;
- Gerar mapa do zoneamento climático da cana-de-açúcar.

5. METODOLOGIA

5.1. Área de estudo

A região de estudo localiza-se no sudoeste paulista entre as coordenadas de latitude 23° S e 24°23' S e longitude 49°42' O e 47°22' O (Figura 1), limitando-se ao norte com a UGRHI 17 (Médio Paranapanema), ao Sul com a UGRHI 11 (Ribeira de Iguape/Litoral Sul), a Leste com a UGRHI 10 (Tietê/Sorocaba) e a Oeste com a região nordeste do estado do Paraná.

Figura 1: Mapa de localização da Bacia Hidrográfica do Alto Paranapanema



Fonte: Autoria própria, 2021.

A bacia é composta por 34 municípios, os quais possuem sede na UGRHI e participam do Comitê da BH-ALPA são: Angatuba, Arandu, Barão de Antonina, Bernardino de Campos, Bom Sucesso de Itararé, Buri, Campina do Monte Alegre, Capão Bonito, Coronel Macedo, Fartura, Guapiara, Guareí, Ipaussu, Itaberá, Itaí, Itapetininga, Itapeva, Itaporanga, Itararé, Manduri, Nova Campina, Paranapanema, Pilar do Sul, Pirajú, Ribeirão Branco, Ribeirão Grande, Riversul, São Miguel Arcanjo, Sarutaiá, Taguaí, Taquarituba, Taquarivaí, Tejupá, Timburi (CBH-ALPA, 2014).

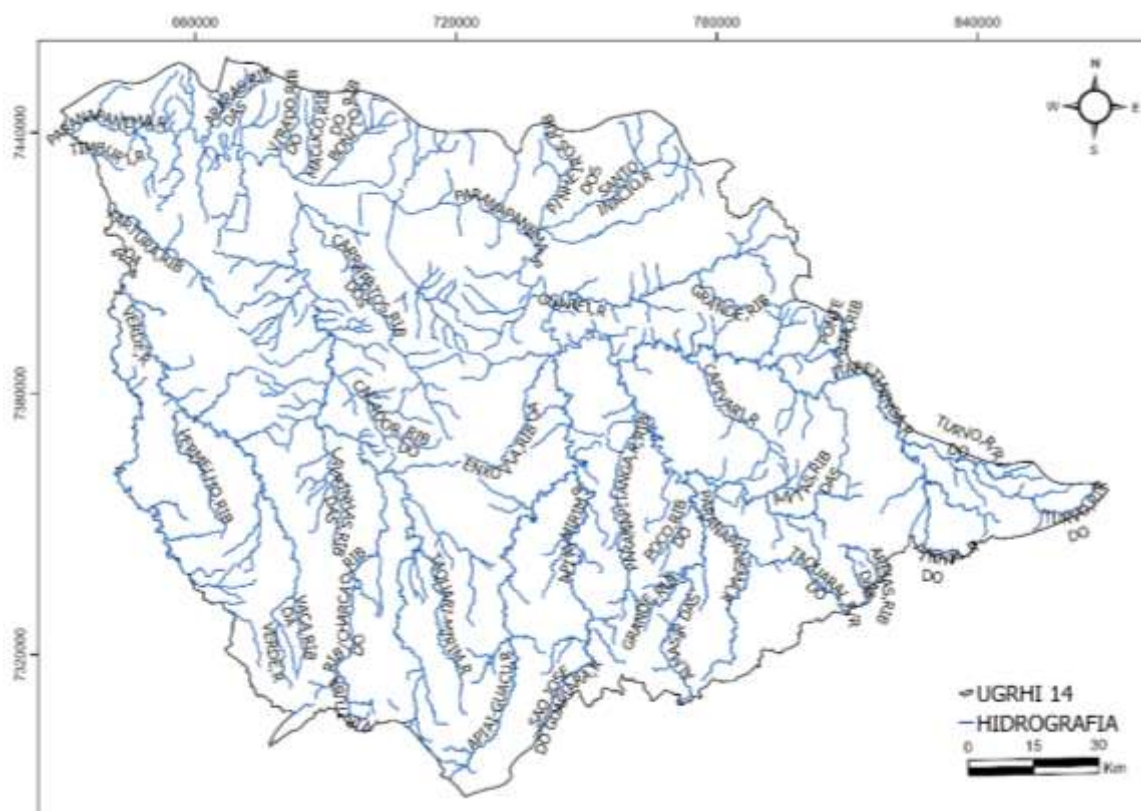
O clima de modo geral é classificado como tropical úmido, representado por Cwa, segundo a classificação climática de Köppen, com altas temperaturas e pluviosidade, podendo atingir uma média de chuva de 1.200 mm/ano.

A geomorfologia da bacia, é formada basicamente por duas unidades morfoestruturais, o Cinturião Orogênico do Atlântico ao leste, e a Bacia Sedimentar do Paraná ocupando a maior parte da área, apresentando, portanto, formas de relevo com morros baixos, planaltos, vales e depressões (PLANO ALPA, 2003).

A Unidade de Gestão de Recursos Hídricos 14 (UGRHI-14) é a maior do Estado de São Paulo, com 22.738,2 km² de área territorial, subdividida em 16 sub-bacias de drenagem. A bacia é reconhecida pelo grande potencial hídrico e turístico, possuindo em seu território, importantes corpos hídricos, todos tributários do Rio Paranapanema, o curso d'água principal. Na margem direita os principais afluentes são: rio Santo Inácio, Jacuí, Guareí,

Itapetininga e Turvo. Já os da margem esquerda são: rio Itararé, Taquari, Apiaí-Guaçu, Paranapitanga e o rio das Almas, conforme apresentado na Figura 2 (PLANO ALPA, 2003).

Figura 2: Principais rios tributários da UGRHI 14



Fonte: Autoria própria, 2021.

A cobertura vegetal da região de estudo é composta por áreas de pastagens, culturas perenes e temporárias, fragmentos de mata, campo, cerradão, cerrado e tipos intermediários, que compreendem importantes *hotspots* como a Mata Atlântica e o Cerrado, e ainda, contém áreas de reflorestamento. A BH-ALPA posiciona-se como uma das bacias hidrográficas com maiores área de cobertura vegetal natural, representando 9,8% do Estado de São Paulo, um total de aproximadamente 338.000 de hectares (CBH-ALPA, 2016).

De acordo com o Plano ALPA (2003), na área desta bacia foram encontrados os seguintes tipos de solos: B textural, B latossólico, hidromórficos e por fim, solos pouco desenvolvidos.

Os solos agrupados na classificação B textural, apresentam-se bem drenados, sem influência de salinização, com sequência de horizontes A, B e C, quando completos; a transição dos horizontes A para B é geralmente clara ou abrupta, ou ainda gradual; já do B para C é gradual ou clara e mais raramente difusa. A porosidade nos solos de B textural mais argiloso é relativamente baixa, enquanto que nos solos de textura mais leve a

porosidade é mais alta, devido a própria textura ou à atividade biológica, geralmente intensa na parte superior do B.

Os solos com B latossólico são caracterizados por apresentarem, quando completos um perfil A, B e C, sendo a transição entre os horizontes A e B normalmente difusa ou gradual e entre o B e C difusa, gradual ou clara. O horizonte B é o mais importante na caracterização dos latossolos, com espessuras variando de 0,40 a 10 m, sendo mais comuns profundidades entre 1,50 e 4 m. A textura é identificada pela fração argila sempre superior a 15 % e a porosidade é geralmente elevada. A estrutura é comumente, muito pequena granular ou pequena granular, onde os grânulos formam uma massa homogênea com fraca coerência, podendo ocorrer também a estrutura prismática, observadas em cortes de estradas mais antigas.

Já os solos hidromórficos, são constituídos por solos de várzea, normalmente com relevo plano, pouco profundos, com características associadas com encharcamento redundando em acumulação de matéria orgânica na primeira camada ou fenômeno de redução nas camadas subjacentes. São solos com sequência de horizontes A, C, G ou A, G podendo também apresentar horizonte Bg ou BG. O horizonte G ou horizonte gleizado é, geralmente, mosqueado de cinzento e bruno. Na área, ocorrem em alguns segmentos dos Rios Capivari e Guareí, e no alto do Apiaí-Guaçu.

Este grupamento é constituído por solos azonais, que apresentam, como principal característica, o pequeno desenvolvimento do perfil. São solos com sequência de horizontes AC ou AD, não apresentando normalmente o B, que quando aparece é pouco desenvolvido, com menos de 10 cm de espessura. Em espessuras maiores tem menos de 15 % de argila. No grupamento Solos Pouco Desenvolvidos estão incluídos os grandes grupos presentes na área, como: Solos Aluviais (A), Litosol com fases de acordo com a natureza do substrato e Regosol.

A UGRHI-14 possui os solos mais férteis, classificados como Terra Roxa Legítima e Terra Roxa Estruturada, originadas das rochas básicas e que ocupam cerca de 20 % da área. São solos argilosos, pouco erosivos, bem drenados e intensamente utilizados para agriculturas de café, milho, cana de açúcar e soja. Já os Latossolos Vermelho Escuro, estão presentes em 30% da área e apresentam baixa fertilidade natural. São pouco erosivos e utilizados principalmente para culturas de cana de açúcar, café, citrus e milho, e para atividades pastoris. O Podzólico Vermelho Amarelo – variação Piracicaba, de ocorrência restrita, é utilizado também para atividades agro-pastoris. O restante dos solos presentes, na maioria de natureza arenosa, mais propensos às danosas ações erosivas, são de pouco interesse agrícola, prestando-se mais para pastagens (PLANO ALPA, 2003).

5.2. Caracterização dos aspectos físicos e aptidão climática da cana-de-açúcar

5.2.1. Temperatura e precipitação

Diversos fatores possuem relação com o bom desenvolvimento da cultura, como por exemplo a temperatura, que influencia diretamente na brotação, perfilhamento e crescimento, além de ser essencial na maturação da cana-de-açúcar. A temperatura ótima fica por volta de 28°C, apresentando potencial máximo de crescimento nesta faixa (AMARAL, 2019).

Segundo Doorembos e Kassan (1979), a cana-de-açúcar é uma cultura que necessita de 1200 a 2500 mm de água ao longo da fase de crescimento. A deficiência hídrica, temperatura fora da faixa ideal e baixa radiação solar disponível, são os principais fatores limitantes para o seu desenvolvimento, dessa forma, comprometendo no rendimento final da cultura.

Para iniciar o tratamento dos dados climáticos, solicitou-se ao INMET os dados das respectivas estações meteorológicas dos anos de 2009 a 2019. O arquivo fornecido pela instituição veio em formato de planilha eletrônica, no qual continha: Temperatura do ar, temperatura máxima e temperatura mínima. Nos dados de precipitação continha as precipitações de cada estação a cada hora, em milímetros.

Isto posto, para os dados de precipitação, somou-se a precipitação diária das horas do dia disponíveis, em seguida a precipitação mensal ano a ano, visto que este é um dado acumulativo. Já para os valores de temperatura, utilizou-se os dados indicados pela temperatura do ar. O procedimento seguinte foi calcular a média diária, seguida da média mensal e por fim, calcular o valor da temperatura média do mês de Janeiro de 2009 a 2019, por exemplo, para enfim obter uma média em relação ao período de estudo. O mesmo cálculo foi realizado para os demais meses do ano.

5.2.2. Declividade

As imagens do modelo digital de elevação do terreno (MDE) do estado de São Paulo, correspondem às imagens SRTM, do inglês *Shuttle Radar Topography Mission*, adquiridas da Secretaria do Meio Ambiente do estado de São Paulo. As imagens são arquivos tipo raster (.tif) e possuem resolução espacial de 30 metros.

No *software* ArcGIS Pro, utilizou-se a ferramenta *Slope*, para gerar o mapa de declividade. Após o processamento, a imagem obtida foi reclassificada considerando apenas 2 classes, sendo elas: de 0 a 15%; e acima de 15%. Justifica-se a escolha dessas duas

classes pois a colheita mecanizada é possível ser realizada em áreas de 0 a 15% de declividade.

5.2.3. Área de preservação permanente

A rede de drenagem foi adquirida na base de dados da Agência Nacional das Águas (ANA) na escala de 1:50.000, em formato *shapefile* (.shp). Com base na rede de drenagem, as Áreas de Preservação Permanentes (APPs) correspondentes às margens de rios foram identificadas através de ferramentas disponíveis em sistemas de informações geográficas (SIG) com a criação de buffers, levando em consideração a legislação ambiental (Lei 4.771/65), e assim, identificado e quantificado o passivo ambiental.

A Lei de Proteção à Vegetação Nativa (LPVN), ou novo Código Florestal Brasileiro, Lei Federal nº 12.651/2012, regulamenta o uso e manejo da terra em propriedades privadas e públicas, estabelecendo obrigações para assegurar que a exploração do solo seja sustentável com o uso dos recursos ambientais. Dentre as obrigações impostas pela lei, encontra-se a restrição de uso das áreas de preservação permanente (APP) e reserva legal (RL) (BRASIL, 2012).

As APPs de cursos hídricos, são as faixas de terra ao longo de cursos hídricos, nascentes, lagos, lagoas e reservatórios que deverão ser preservados em suas condições naturais. Conforme definição do inciso II, do artigo 4º da LPVN, as APP têm função ambiental de preservar os recursos hídricos, a paisagem, a estabilidade geológica e a biodiversidade, além de facilitar o fluxo gênico da fauna e da flora, proteger o solo e assegurar o bem-estar das populações humanas (BRASIL, 2012).

A lei supracitada é conhecida como Código Florestal e determina o tamanho das áreas de preservação permanente de acordo com a largura do corpo d'água, conforme apresentado a seguir:

“Art. 4º Consideram-se de preservação permanente, pelo só efeito desta Lei, as florestas e demais formas de vegetação natural situadas:

I - as faixas marginais de qualquer curso d'água natural perene e intermitente, excluídos os efêmeros, desde a borda da calha do leito regular, em largura mínima de: (Incluído pela Lei nº 12.727, de 2012).

a) 30 (trinta) metros, para os cursos d'água de menos de 10 (dez) metros de largura;

b) 50 (cinquenta) metros, para os cursos d'água que tenham de 10 (dez) a 50 (cinquenta) metros de largura;

c) 100 (cem) metros, para os cursos d'água que tenham de 50 (cinquenta) a 200 (duzentos) metros de largura;

d) 200 (duzentos) metros, para os cursos d'água que tenham de 200 (duzentos) a 600 (seiscentos) metros de largura;

e) 500 (quinhentos) metros, para os cursos d'água que tenham largura superior a 600 (seiscentos) metros;

II - as áreas no entorno dos lagos e lagoas naturais, em faixa com largura mínima de:

a) 100 (cem) metros, em zonas rurais, exceto para o corpo d'água com até 20 (vinte) hectares de superfície, cuja faixa marginal será de 50 (cinquenta) metros;

b) 30 (trinta) metros, em zonas urbanas;

III - as áreas no entorno dos reservatórios d'água artificiais, decorrentes de barramento ou represamento de cursos d'água naturais, na faixa definida na licença ambiental do empreendimento; (Incluído pela Lei nº 12.727, de 2012).

IV - as áreas no entorno das nascentes e dos olhos d'água perenes, qualquer que seja sua situação topográfica, no raio mínimo de 50 (cinquenta) metros; (Redação dada pela Lei nº 12.727, de 2012).

V - as encostas ou partes destas com declividade superior a 45°, equivalente a 100% (cem por cento) na linha de maior declive;

VI - as restingas, como fixadoras de dunas ou estabilizadoras de mangues;

VII - os manguezais, em toda a sua extensão;

VIII - as bordas dos tabuleiros ou chapadas, até a linha de ruptura do relevo, em faixa nunca inferior a 100 (cem) metros em projeções horizontais;

IX - no topo de morros, montes, montanhas e serras, com altura mínima de 100 (cem) metros e inclinação média maior que 25°, as áreas delimitadas a partir da curva de nível correspondente a 2/3 (dois terços) da altura mínima da elevação sempre em relação à base, sendo esta definida pelo plano horizontal determinado por planície ou espelho d'água adjacente ou, nos relevos ondulados, pela cota do ponto de sela mais próximo da elevação;

X - as áreas em altitude superior a 1.800 (mil e oitocentos) metros, qualquer que seja a vegetação;

XI - em veredas, a faixa marginal, em projeção horizontal, com largura mínima de 50 (cinquenta) metros, a partir do espaço

permanente brejoso e encharcado. (Redação dada pela Lei nº 12.727, de 2012).”

Isto posto, foi possível mapear as áreas de preservação permanente da área de estudo, sendo que os rios principais conforme supracitados foram delimitados com buffers entre 100 e 200 metros, enquanto os demais cursos d'água foram mapeados com 30 metros e as nascentes com 50 metros.

5.2.4. Uso da terra

A partir da coleção 5.0 do MapBiomas disponível online, exportou-se as imagens do tipo raster. No software ArcGIS Pro, utilizando a ferramenta *Raster to polygon*, converteu-se para *shapefile* de modo a facilitar a manipulação dos dados. A partir disto, exportou-se as Tabelas de atributos de cada ano analisado para quantificação de cada classe de uso da terra. Sendo assim, foi possível observar o avanço da cana-de-açúcar na bacia do Alto Paranapanema, nos anos de 1989, 1999, 2009 e 2019.

Utilizou-se ainda imagens do satélite CBERS 4A, disponíveis no INPE (Instituto de Pesquisa Espaciais). Com as respectivas imagens da área de estudo, foi realizada a fusão das imagens RGB (*Red, Green, Blue*) inicialmente e em seguida a fusão das imagens PAN (Pancromática) utilizando a ferramenta *Composite Bands*.

A fusão de imagens com diferentes resoluções busca a melhoria da resolução espacial e a manutenção da qualidade espectral. Desse modo, as imagens pancromáticas de alta resolução podem ser combinadas com imagens multiespectrais de melhor resolução espacial mediante o uso de técnicas apropriadas. Sendo assim, a resolução espacial mais alta é incorporada de maneira a representar o conteúdo de informação das imagens com muito mais detalhes, enquanto a resolução espectral é preservada (SCHNEIDER et al, 2003).

Essas imagens apresentam boa qualidade em termos de resolução espacial e radiométrica. Trata-se de imagens com bandas espectrais na região do visível, com 8 metros de resolução espacial, e uma banda Pancromática com 2 metros de resolução espacial.

No software ArcGIS Pro, a classificação se dá pixel a pixel, de modo que o usuário pode utilizar diferentes tipos de classificar a área de interesse. Estes podem ser o supervisionado (Maxver) e o não-supervisionado (Iso Cluster ou Isodata).

O método utilizado no presente trabalho foi o classificador por máxima verossimilhança (*Maximum Likelihood* - Maxver), o qual considera a ponderação das distâncias entre as médias dos valores dos pixels das classes, utilizando parâmetros estatísticos (INPE, 2006). Presume-se que as amostras de treinamento para cada classe e em cada banda estão normalmente distribuídas, ou seja, de forma Gaussiana.

Isto posto, para elaboração do mapa de uso da terra utilizou-se o processamento de classificação supervisionada, no qual foram consideradas 2 classes: Floresta e Não Floresta.

5.2.5. Aptidão climática

De modo a obter classificação, o zoneamento determinou quatro classes de áreas com diferentes graus de aptidão. São elas:

- *Áreas aptas*: São aquelas correspondentes ao território com aptidão climática favorável para o desenvolvimento da cultura da cana-de-açúcar; Estas correspondem as áreas com declividade menor que 15%, com temperaturas médias anual entre 20°C e 38°C e, precipitação média anual maior ou igual a 1200 mm.
- *Áreas aptas com limitações*: São áreas do território que ou apresentam as condições climáticas ideais ou a declividade adequada para a produção da monocultura;
- *Áreas não aptas*: Estas correspondem as áreas com declividade superior a 15%, com temperaturas médias anual menor que 20°C ou maior que 38°C e precipitação média anual menor que 1200 mm.

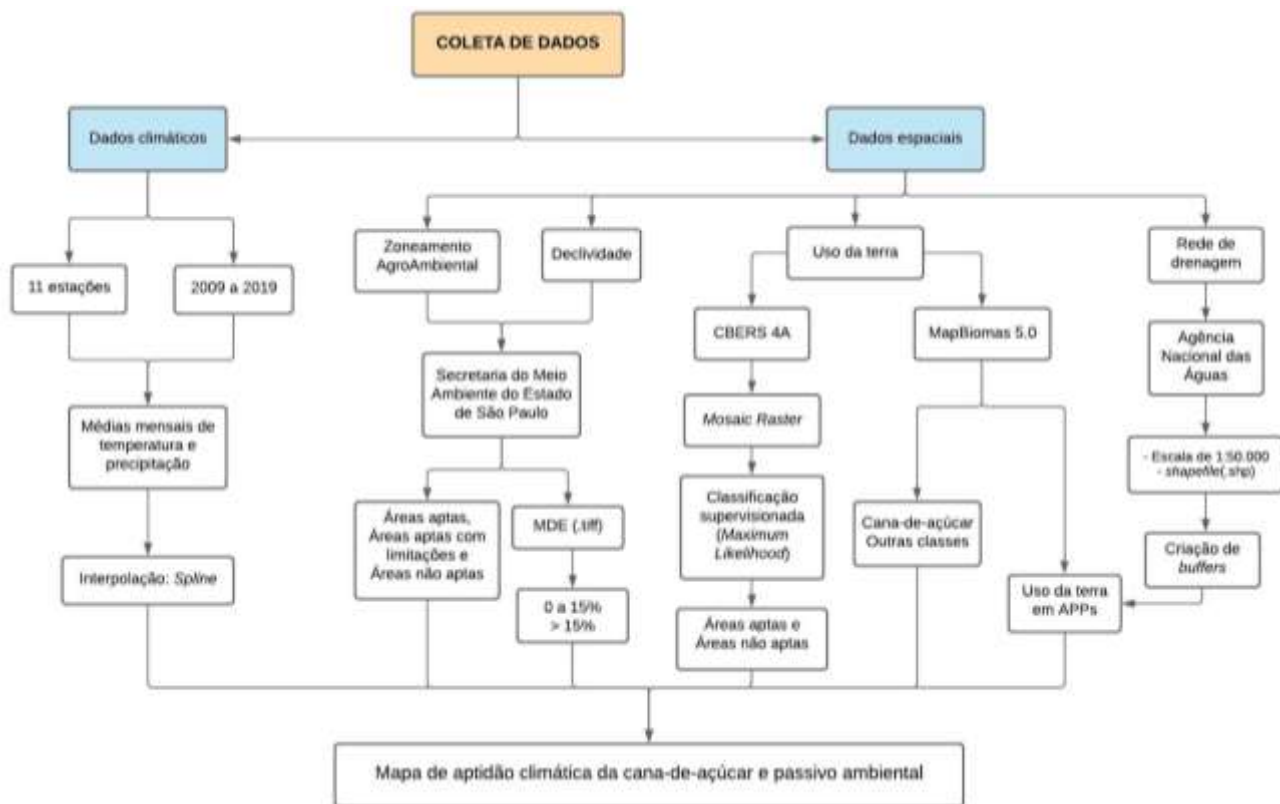
5.3. Coleta e processamento de dados

O presente estudo foi desenvolvido em 3 etapas, de modo a atender os objetivos supracitados. As etapas foram:

- I. Coleta e tratamento de dados primários: Foi realizada a coleta e processamento de dados meteorológicos de 11 estações meteorológicas localizadas no entorno da Bacia. As informações foram disponibilizadas pelo Instituto Nacional de Meteorologia (INMET), com os horários de temperatura e a precipitação de cada estação, datados de 2009 até 2019.
- II. Coleta de dados secundários: Buscou-se informações cartográficas em formato digital para obter a declividade de modo a reclassificar a imagem obtida em apenas 2 classes (0 a 15% e acima de 15%); Para analisar o uso da terra, utilizou-se imagens do satélite CBERS 4A, para classificação da bacia em *Áreas aptas* e *Áreas não aptas*; Por fim, para identificação da evolução das áreas com cana-de-açúcar utilizou-se imagens do MapBiomas coleção 5.0 dos anos de 1989, 1999, 2009 e 2019. Ademais, as imagens do MapBiomas também foram utilizadas para realizar o diagnóstico ambiental nas APPs.
- III. Interpolação dos dados das etapas I e II: O processamento dos dados foi realizado no *software* ArcGIS Pro, interpretados e posteriormente discutidos.

A Figura 3 apresenta o fluxograma com a sequência das atividades desenvolvidas no presente estudo.

Figura 3: Fluxograma do estudo

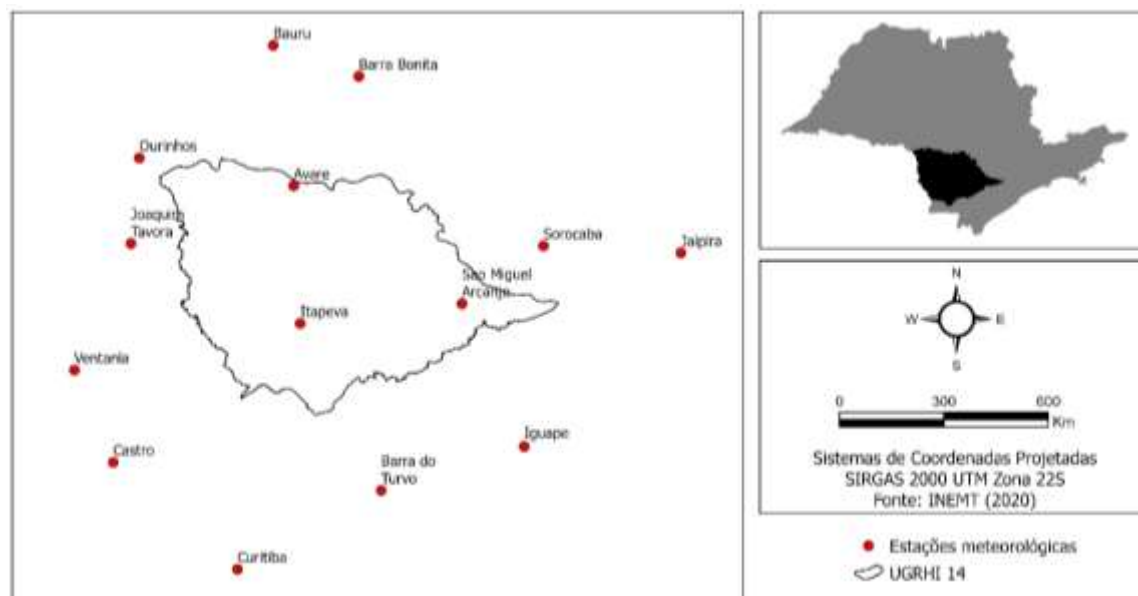


Fonte: Autoria própria, 2021.

As estações automáticas são susceptíveis a falhas, seja devido à manutenção, desativação ou até mesmo por mal funcionamento (danos ou quebras). Sendo assim foi necessária a verificação das células na planilha eletrônica que não obtinham informações ou em que eram inconsistentes, representadas pela palavra “NULL”, as quais foram desconsideradas para realização dos cálculos.

Na Figura 4 a seguir, tem-se a disposição espacial das estações meteorológicas do INMET analisadas neste estudo. Como é possível notar, as estações estão localizadas tanto dentro quanto fora da Bacia Hidrográfica do Alto Paranapanema, de modo a obter um melhor resultado na interpolação dos dados.

Figura 4: Localização das estações meteorológicas



Fonte: Autoria própria, 2021.

Segundo Machado (2017), o interpolador *Spline* apresenta melhor qualidade visual dos mapas no que diz respeito à dados meteorológicos, garantindo melhores resultados e evidenciando o uso do mesmo no presente estudo.

A ferramenta *Spline* não utiliza polinômios de grande ordem para interpolação, o que a diferencia das demais técnicas, dividindo a série de dados em conjuntos e, utilizando polinômios de pequena ordem para cada conjunto e resultando em contornos mais suavizados (CAMPOS, 2010).

A partir dos dados obtidos foram elaborados mapas relativos às médias anuais de temperatura e precipitação correspondente a série histórica entre 2000 a 2019.

Por fim, dados relacionados ao setor sucroalcooleiro foram adquiridos na base de dados da Secretaria de Infraestrutura e Meio Ambiente do Estado de São Paulo para melhor análise dos impactos (positivos e negativos) da cana-de-açúcar na bacia hidrográfica do Alto Paranapanema, como por exemplo a preservação das APPs e avanço da agricultura. Para tal, obteve-se dados do zoneamento agroambiental do estado de São Paulo, dividido em quatro classes: Áreas adequadas, Áreas adequadas com limitação ambiental, Áreas adequadas com restrições ambientais e Áreas inadequadas, detalhadas a seguir.

- *Áreas adequadas*: São aquelas correspondentes ao território com aptidão edafoclimática favorável para o desenvolvimento da cultura da cana-de-açúcar e sem restrições ambientais específicas;

- *Áreas adequadas com limitação ambiental:* São áreas do território com aptidão edafoclimática favorável para cultura da cana-de-açúcar, porém estão inseridas em Áreas de Proteção Ambiental (APA);
- *Áreas adequadas com restrições ambientais:* Estas são as áreas com aptidão edafoclimática favorável para a cultura da cana-de-açúcar, mas possuem Unidades de Conservação de Proteção Integral (UCPI). Além disso, são áreas que possuem alta vulnerabilidade de águas subterrâneas do Estado de São Paulo (1997);
- *Áreas inadequadas:* Estas são correspondem às Unidades de Conservação de Proteção Integral (UCPI) Estaduais e Federais; além de fragmentos classificados como de extrema importância biológica para conservação e ainda, áreas com declividade superior a 20%.

6. RESULTADOS E DISCUSSÃO

6.1. Temperatura e precipitação

Os dados de temperatura e precipitação correspondentes às médias mensais de cada município, podem ser observados nas Figuras 5.1, 5.2, 6.1 e 6.2.

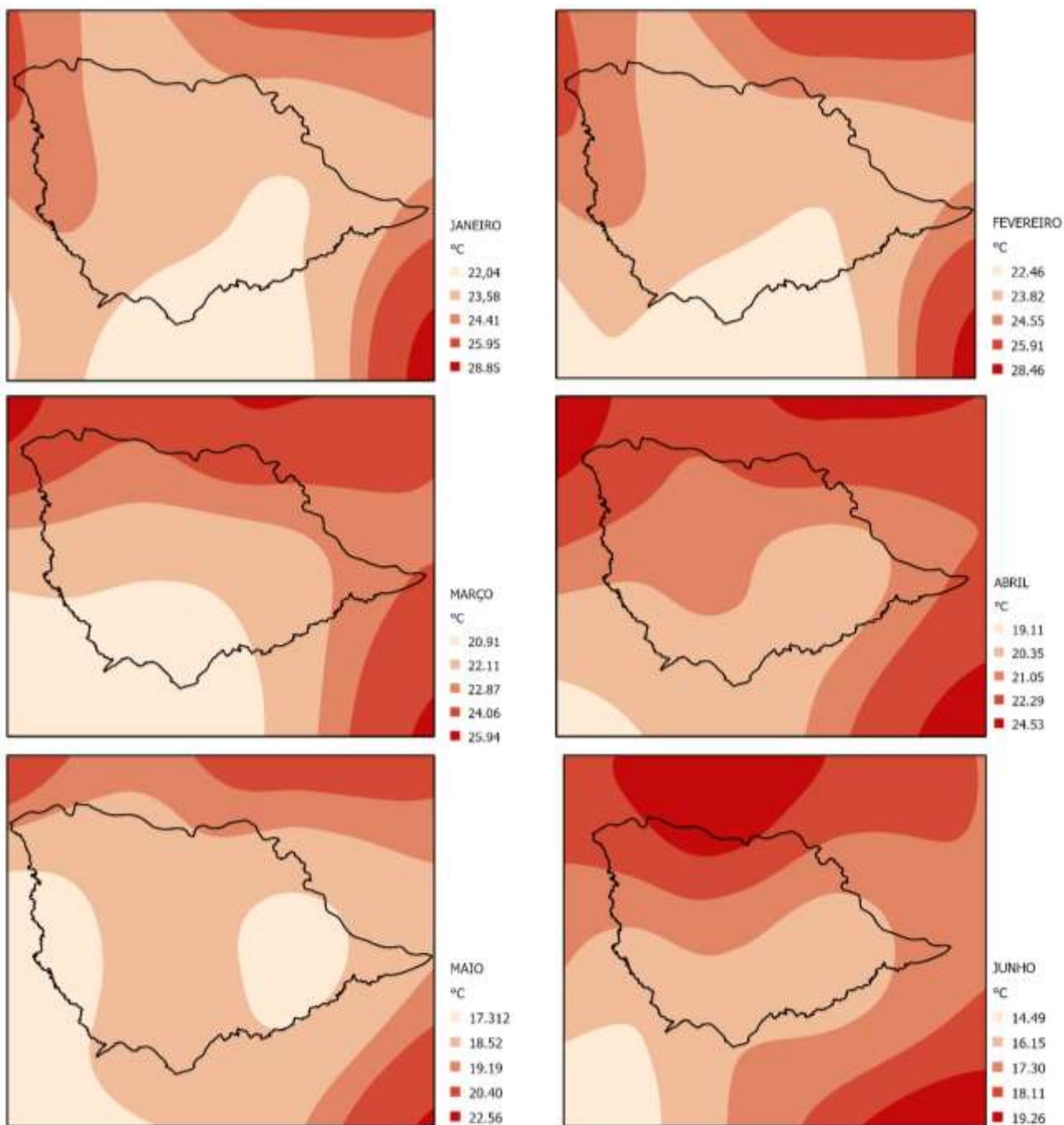
A variação da temperatura mensal pode ser observada nas Figura 5.1 e 5.2 de modo que os maiores valores de temperatura são as áreas norte e noroeste da região onde a bacia está localizada, condizente com a realidade dos municípios de Bauru e Iguape, principalmente.

Os menores valores de temperatura podem ser observados na região sudoeste, nos municípios de Castro e Barra do Turvo, por exemplo.

Já no que diz respeito à precipitação (Figuras 6.1 e 6.2) na área de estudo, os maiores valores na região sudeste e praticamente ao longo dos 12 meses. Ademais, a bacia em si não apresenta médias anuais elevadas, mas sim no seu entorno.

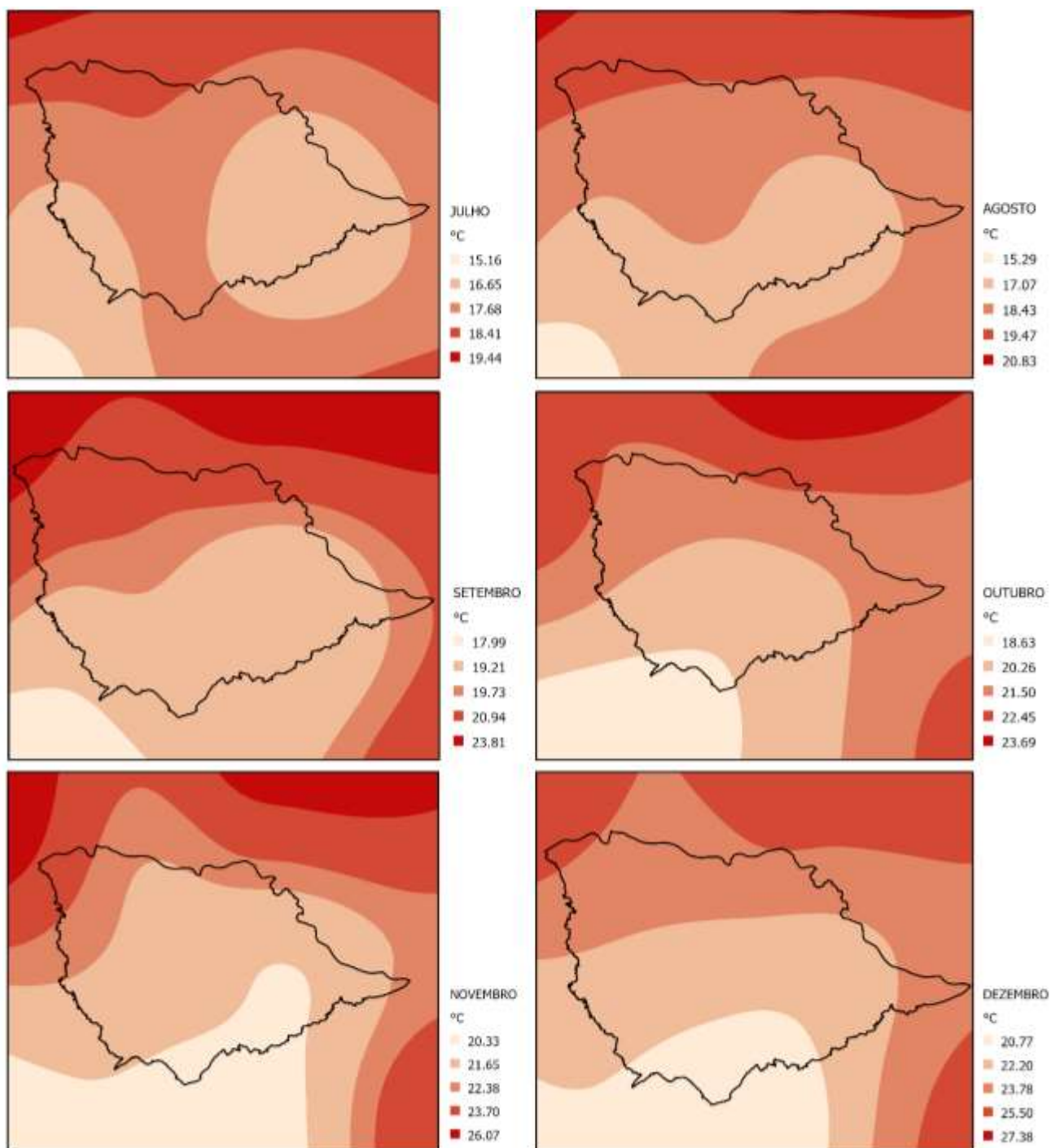
É possível observar ainda que o período mais chuvoso vai de setembro a março, sendo janeiro o mês de maior pluviosidade, seguido de fevereiro e março. No período de abril a agosto, a média mensal de chuva raramente ultrapassa os 100 mm, sendo agosto o mês mais seco na bacia.

Figura 5.1: Médias mensais da temperatura entre 2009-2019 para a UGRHI 14 – PARTE 1



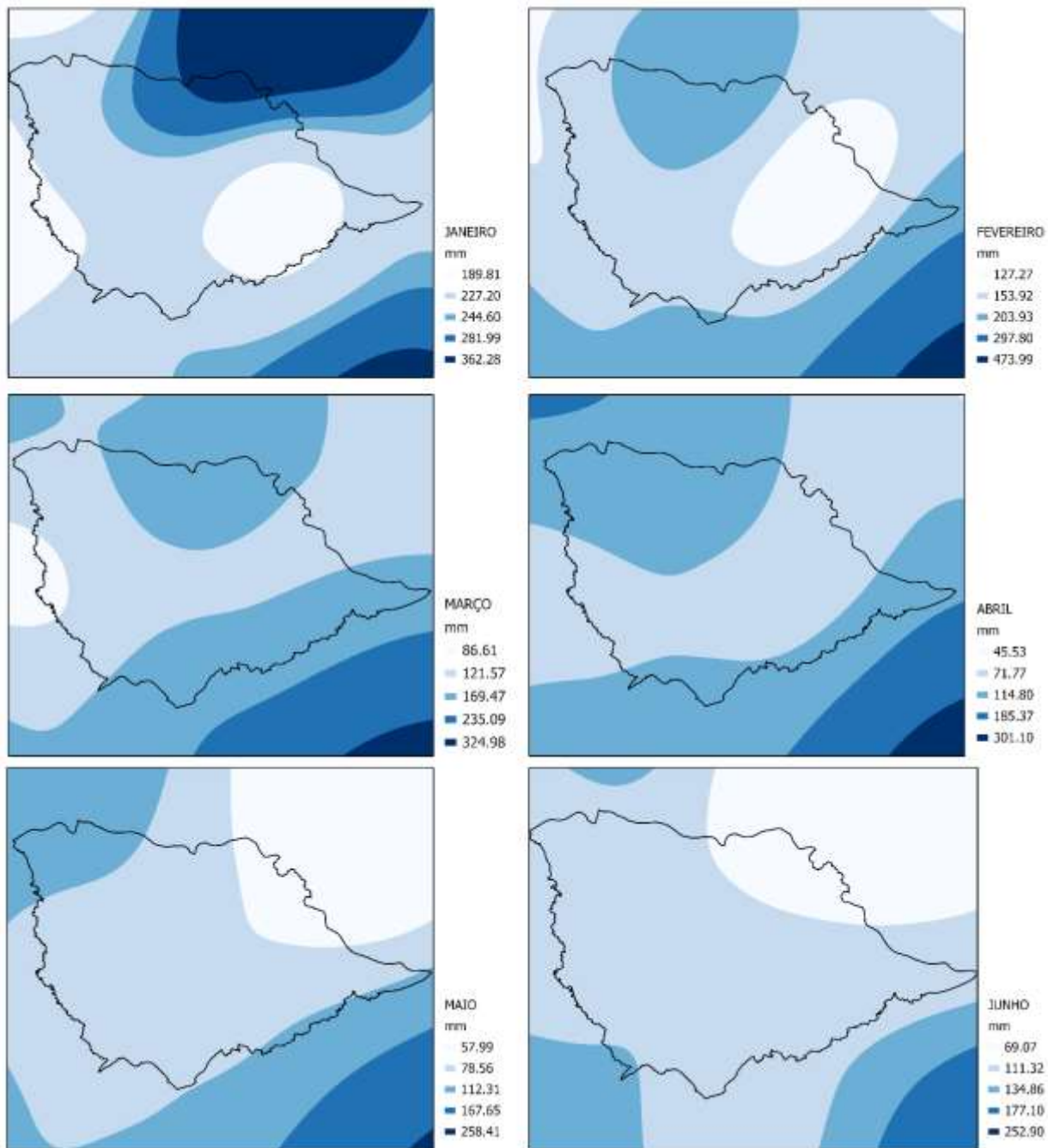
Fonte: Autoria própria, 2021.

Figura 5.2 Médias mensais da temperatura entre 2009-2019 para a UGRHI 14 – PARTE 2



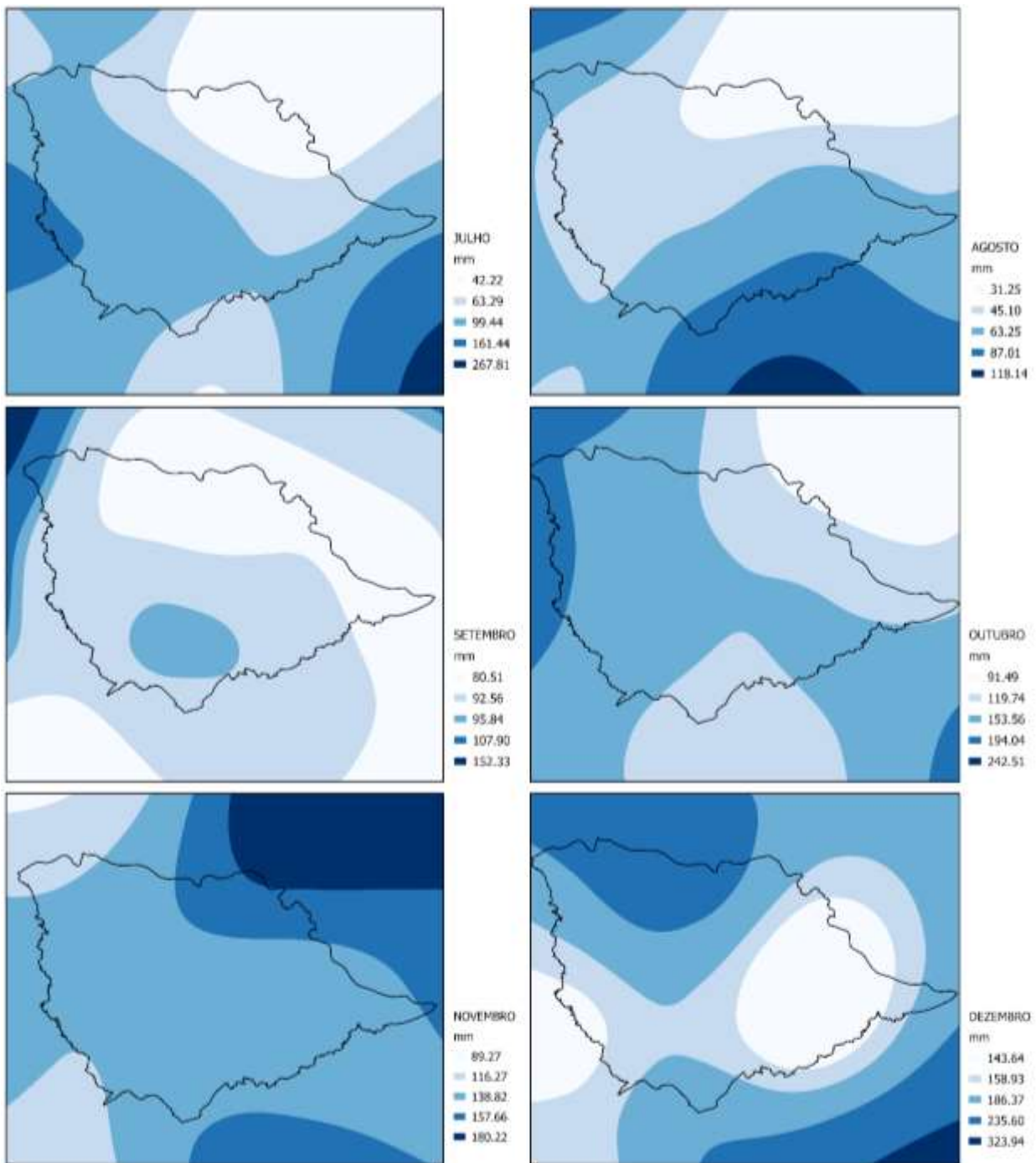
Fonte: Autoria própria, 2021.

Figura 6.1: Médias mensais da precipitação entre 2009-2019 para a UGRHI 14 – PARTE 1



Fonte: Autoria própria, 2021.

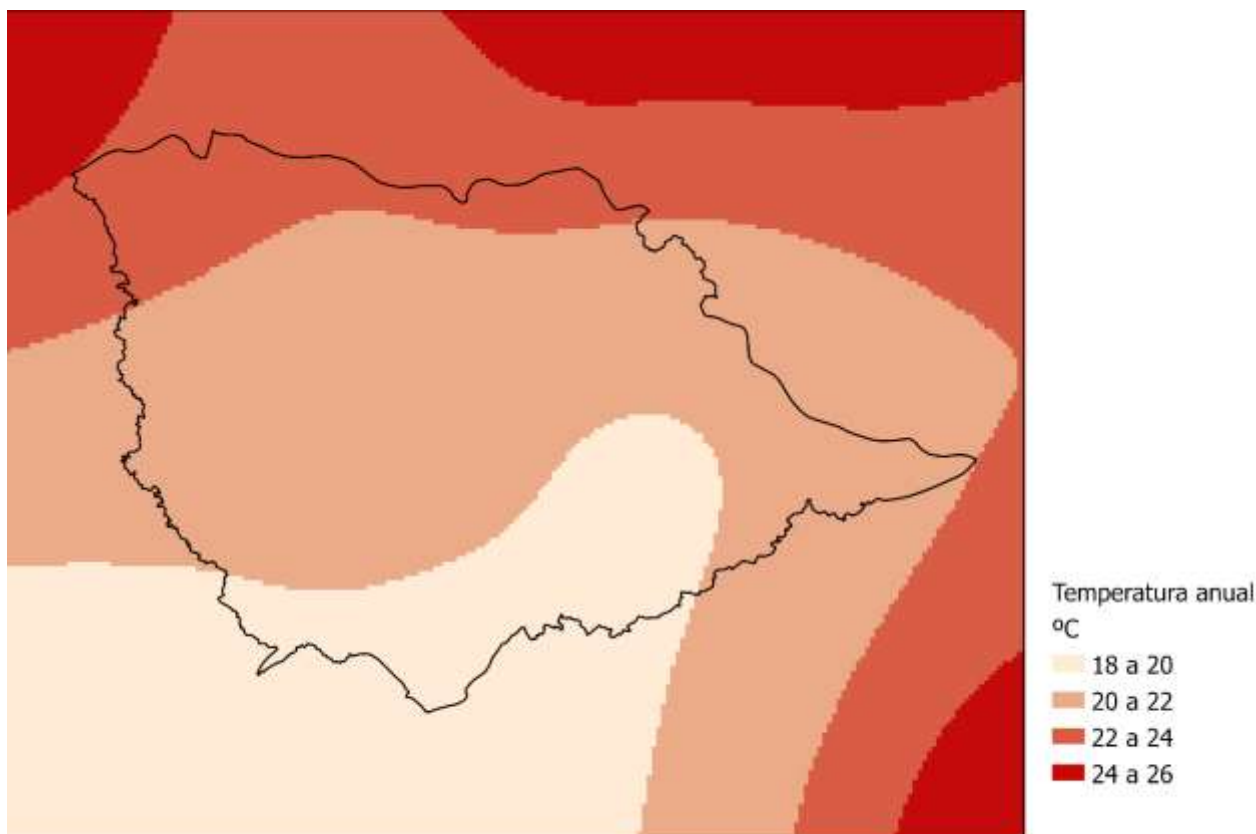
Figura 6.2: Médias mensais da precipitação entre 2009-2019 para a UGRHI 14 – PARTE 2



Fonte: Autoria própria, 2021.

A partir das interpolações obtidas mensalmente, foi possível determinar a precipitação (Figura 7) e a temperatura anuais (Figura 8) para a bacia hidrográfica do Alto Paranapanema.

Figura 7: Temperatura anual média no período de 2009-2019 para a UGRHI-14



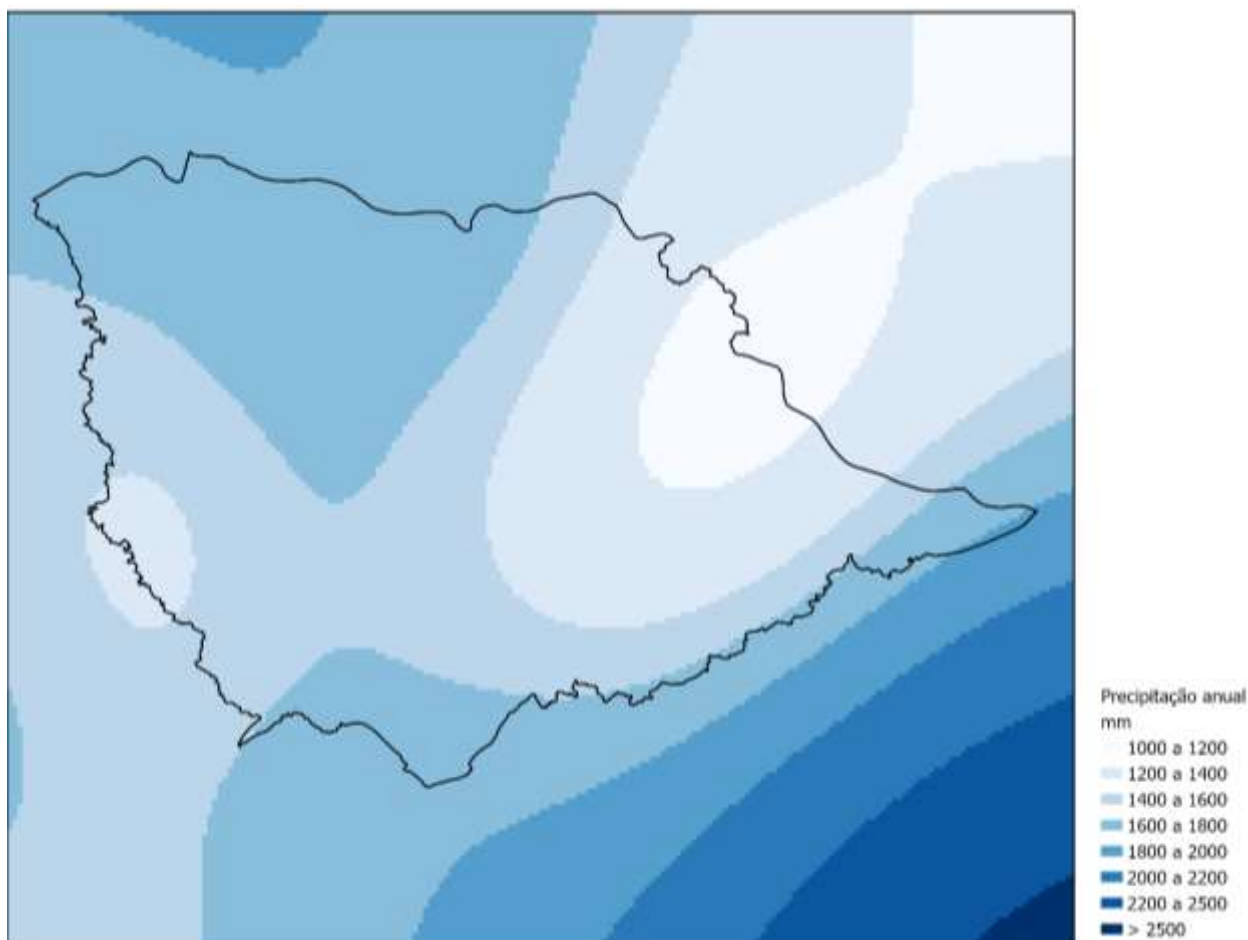
Fonte: Autoria própria, 2021.

Observando o resultado da interpolação da temperatura nota-se que a região Sul da bacia hidrográfica do Alto Paranapanema não apresenta temperatura adequada para o cultivo da cana-de-açúcar.

Para a análise dos censos, os resultados corroboram com os encontrados por Camara e Caldarelli (2016), que reportam que a expansão da cana-de-açúcar no Estado de São Paulo entre 1995 a 2013 provocou a diminuição das áreas de pastagem, especialmente as cultivadas, bem como afetou a área destinada às culturas temporárias e permanentes.

A área colhida de cana-de-açúcar e sua produção aumentaram à medida que o valor da produção associado à cana-de-açúcar aumentou. Esses resultados corroboram com a tendência em outras regiões do estado de São Paulo em relação ao aumento da área para suprir a demanda por etanol (Rudorff et al., 2010).

Figura 8: Precipitação anual média no período de 2009-2019 para a UGRHI-14



Fonte: Autoria própria, 2021.

Observando o resultado da interpolação da precipitação nota-se que praticamente toda a bacia hidrográfica do Alto Paranapanema apresenta a faixa ideal de para o cultivo da cana-de-açúcar.

Entretanto, tem a porção extrema na região leste que apresenta restrição, pois a precipitação é menor que 1200 mm, próximo à Itapetininga e Guareí.

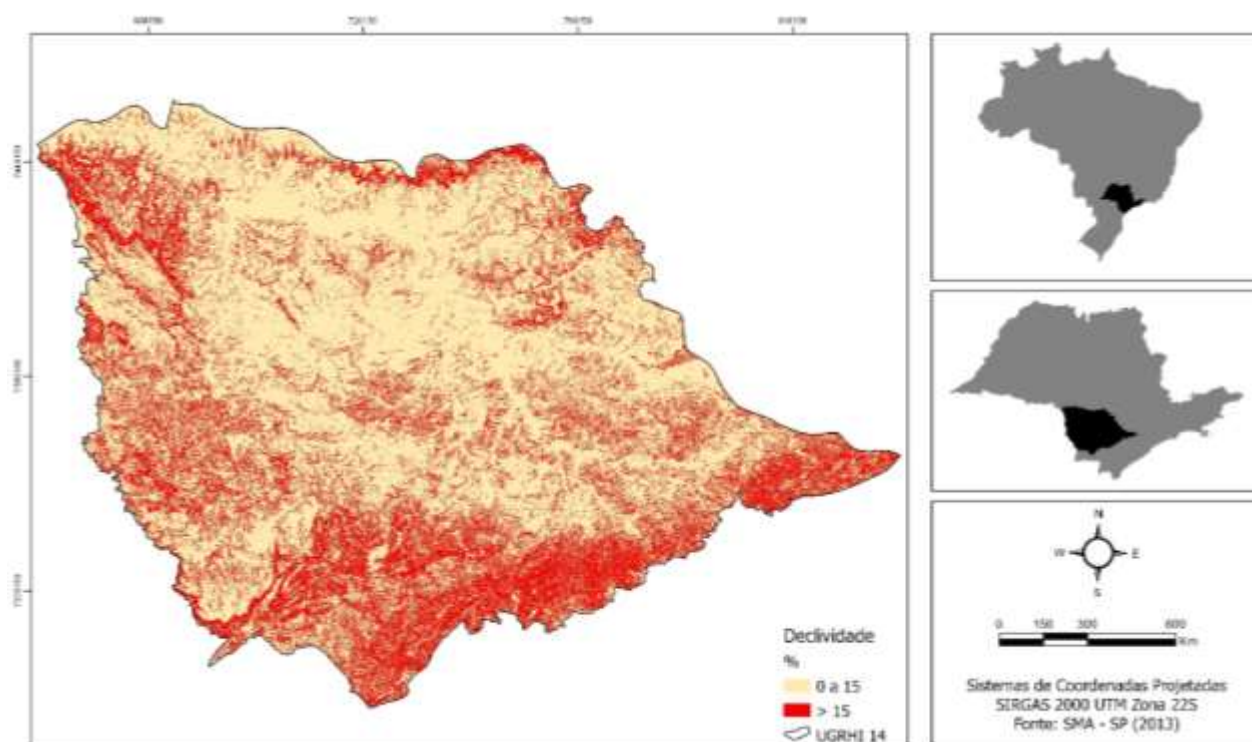
6.2. Declividade

Para avaliar a declividade na bacia, utilizou-se apenas duas classes: 0 a 15% e acima de 15%. Isto posto, é possível observar na Figura 9 que as áreas não indicadas para mecanização agrícola se encontram mais presente nas regiões sudeste, oeste e extremo norte da bacia. Enquanto na região central a predominância é de áreas adequadas para a mecanização.

A baixa declividade do relevo é um dos principais fatores condicionantes à mecanização da produção de cana-de-açúcar. Para trabalhar com segurança em culturas semi-mecanizadas, a declividade máxima deverá estar em torno de 15%; declividades acima desses limites apresentam restrições às práticas mecânicas.

Tal fato é corroborado principalmente pelo do tipo de solo, conforme mencionado anteriormente sobre a geomorfologia da bacia.

Figura 9: Declividade da UGRHI-14



Fonte: Autoria própria, 2021.

De acordo com os processamentos realizados, calculou-se a dimensão das duas classes de declividade (Tabela 1).

Tabela 1. Quantificação das áreas de cada classe de declividade

Declividade	Área (milhões de ha)	%
0 a 15%	18,1	80,4
> 15%	4,4	19,6
Total	22,5	100

Isto posto, identificou-se que 80% da área da bacia apresenta declividade de 0 a 15%. Enquanto que apenas 20% da área da bacia possui declividade acima de 15%.

6.3. Cana-de-açúcar na BH-ALPA

A cana-de-açúcar ocorreu um processo de desorganização da agroindústria canavieira. Mesmo assim a cultura da cana cresceu, ao longo da década de 1990, cerca de 700 mil hectares e sua ocupação chegou a aproximadamente 11,4% de todo o território do estado na safra 1999/00 (IEA, 2014a).

Entre 2000 e 2006 a produção de cana passou de 147,0 milhões para 265,4 milhões de toneladas, um aumento de cerca de 80%, fato notável na Tabela 2 a seguir com os valores de área ocupada pela monocultura na bacia do Alto Paranapanema. Como reflexo, a produção de álcool combustível cresceu aproximadamente 49% e a de açúcar pouco mais de 83% (BACCARIN; GEBARA; SILVA, 2013).

Tabela 2. Evolução da cana de açúcar na bacia

Ano	Área (mil ha)	%
1989	7,1	0,3
1999	20,6	1,1
2009	63,5	2,7
2019	58,1	2,5

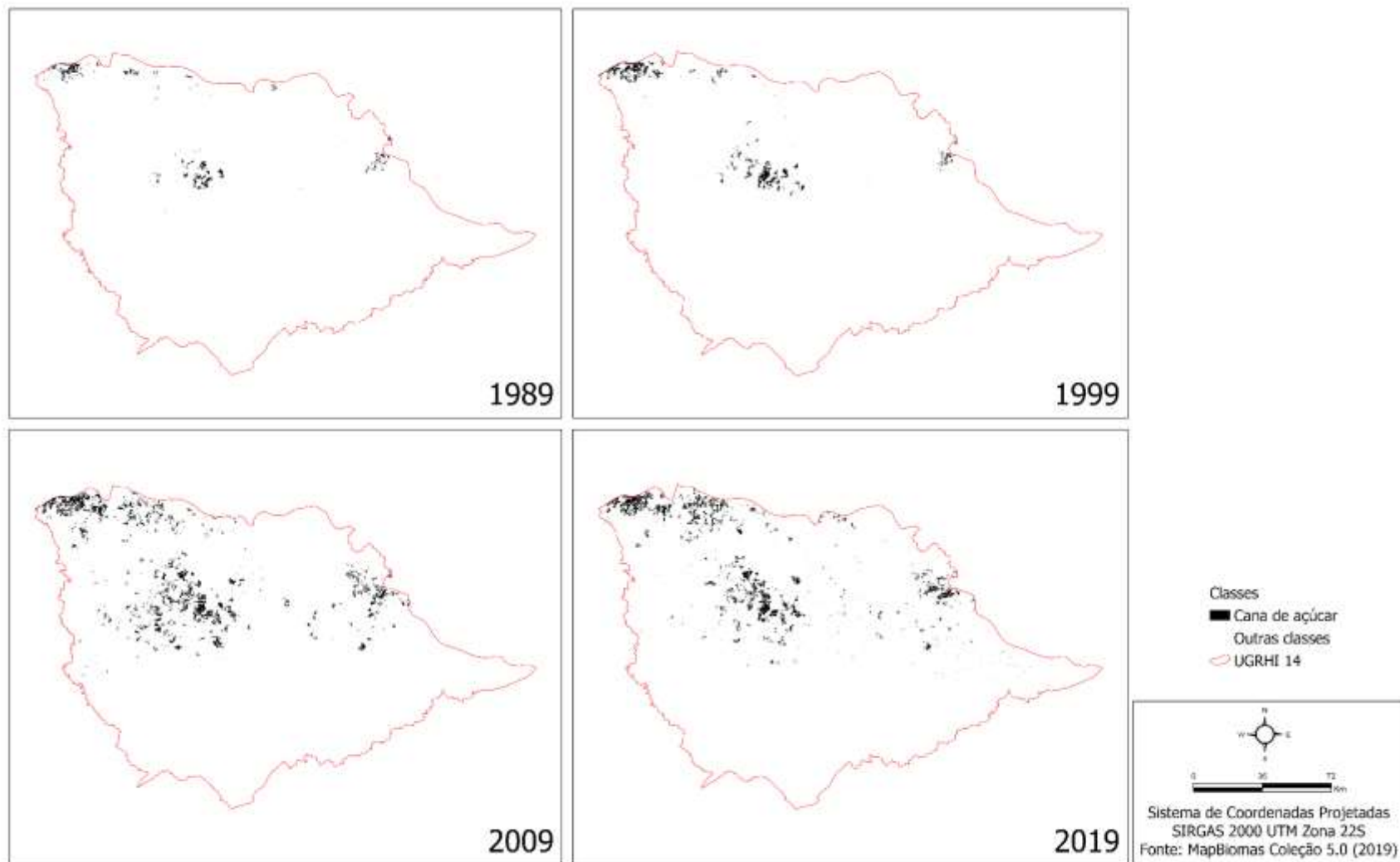
Entretanto, a partir de 2010 foi evidenciado o arrefecimento da atividade canavieira. O cenário agora apresentava elevação de custos de produção do etanol, redução da mistura etanol/gasolina, do preço real da gasolina e das exportações de etanol a partir de 2009, principalmente em função da crise financeira internacional.

Porém, mesmo diante de tal crise, a cultura da cana-de-açúcar continuou avançando pelo território paulista, de forma que na safra 2012/2013 ocupava mais de 6,1 milhões de hectares, quase 25% do território do estado (IEA, 2014a).

Consoante dados da literatura e tabelas apresentadas, a expansão da cana-de-açúcar em um período de 30 anos, que compreende as safras 1982/83 a 2012/13, foi de mais de 250%, conforme apresentado na Figura 10 para a bacia do Alto Paranapanema. A área ocupada, de menos 1,8 milhões de hectares em 1982, passou para quase 6,2 milhões de hectares em 2012.

É possível notar ainda que na parte sul da bacia não há o cultivo da cana-de-açúcar no decorrer do período analisado, corroborando com os dados climáticos e a declividade analisados anteriormente.

Figura 10: Evolução do cultivo de cana-de-açúcar na BH-ALPA



Fonte: Autoria própria, 2021.

6.4. Áreas de Preservação Permanente (APP)

Com cerca de 15% de sua área protegida pela legislação, a bacia do Alto Paranapanema contém em seu território quatro Estações Ecológicas, localizadas nos municípios de Angatuba, Paranapanema, Itapeva e Itaberá, sendo importante local de reprodução e alimentação da rica fauna silvestre. Possui ainda, importante área de Mata Atlântica protegida pelo Parque Estadual Intervales e pelo Parque Estadual de Carlos Botelho.

De acordo com o estudo realizado sobre os principais cursos d'água da Bacia do Alto Paranapanema, observou-se que muitas APPs estão irregulares (Tabela 3). Tal fato ocorre devido à urbanização da região durante seu desenvolvimento, incluindo o plantio de diversas culturas.

Tabela 3. Quantificação em km² do uso da terra em APP na bacia

Classes	Ano							
	1989		1999		2009		2019	
	km ²	%	km ²	%	km ²	%	km ²	%
Florestal	1,62	7,2	1,61	7,14	1,70	7,55	1,73	7,69
Não florestal	2,45	10,89	2,45	10,87	2,7	11,98	2,4	10,67
Cana	1,57	6,98	1,57	6,97	7,7	34,18	6,21	27,60
Corpos d'água	3,00	13,33	3,00	13,31	3,00	13,32	3,40	15,11
Agricultura	5,74	25,51	8,79	39,00	5,59	24,81	6,64	29,51

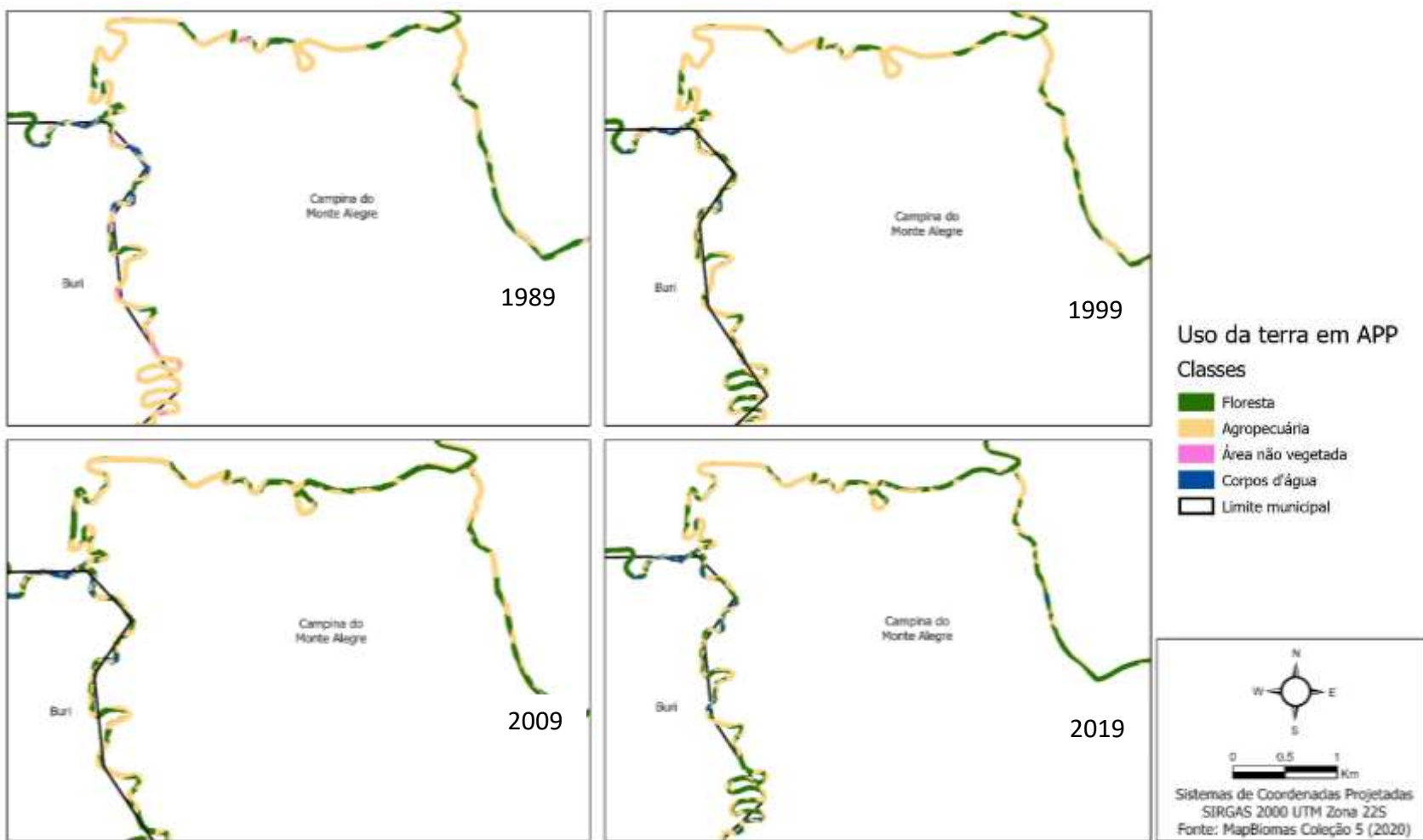
A partir dos dados da tabela acima (que foram baseados nas imagens obtidas pelo MapBiomas), observa-se que o uso *Floresta* e a *Cana-de-açúcar* foram aumentando ao longo das décadas. Em contrapartida, a classe considerada *Não vegetada* (infraestrutura urbana, por exemplo) sofreu uma redução considerável de 1999 a 2009. Além disso, a área destinada a *Agricultura* (que inclui pastagem, culturas perenes, temporárias e soja) também sofreu redução neste mesmo período. A área *Não floresta* da região de estudo sofreu um aumento no ano de 2009 e em seguida retrocedeu, indicando um desmatamento desta classe.

Em relação aos *Corpos d'água*, estes foram preservados ao longo do período analisado, principalmente no ano de 2019, quando houve aumento desta classe dentro das áreas de preservação permanente, indicando adequação às leis ambientais.

Ao avaliar os valores de acordo com o percentual, nota-se que entre 1989 e 1999 não houve variação significativa, enquanto que em 2009, a *Cana-de-açúcar* representa mais de 30% da área de preservação, e a área *Não vegetada* não atinge 10%. Por fim, em 2019, houve crescimento da área de *Agricultura*, similar ao percentual da cana na década anterior.

Na Figura 11 a seguir, um pequeno destaque para as APPs no limite dos municípios de Buri e Campina do Monte Alegre.

Figura 11: Aproximação de uma área da bacia referente ao uso da terra dentro de APP, correspondente a região de confluência dos municípios de Campina do Monte Alegre e Buri



Fonte: Autoria própria, 2021.

Em síntese, o cenário das APPs no decorrer da bacia do Alto Paranapanema encontra-se em estado degradado. Os trechos preservados são devido a existência de reservas ambientais e parques, os quais são voltados às pesquisas e conservação. Ademais, algumas áreas são destinadas ao turismo ecológico, que valorizam o espaço verde. As áreas mais degradadas estão localizadas no centro do mapa, coincidentemente ou não próximas à malha urbana, nas áreas degradadas é possível observar o uso do solo predominantemente para o uso agrícola, onde observa-se um forte movimento de expansão da cultura da cana-de-açúcar sobre as áreas de preservação permanente.

De acordo com os dados de KANASHIRO & SOUZA (2007), as áreas de preservação permanente da bacia hidrográfica do Alto Paranapanema foram mapeadas e estão indicadas na Tabela 4, apresentada em sequência.

Tabela 4. Quantificação da vegetação natural remanescente por município da bacia

Município	APP (ha)	Vegetação remanescente		Área a ser revegetada	
		Município	APP	ha	%
Angatuba	8.495,46	8.601,32	1.860,52	6.634,94	78,10
Arandu	1.752,42	1.494,18	185,13	1.567,29	89,44
Barão de Antonina	2.294,49	1.411,85	195,55	2.098,94	91,48
Bernardino de Campos	1.343,77	1.434,17	247,06	1.096,71	81,61
Bom Sucesso de Itararé	2.337,23	3.916,75	728,95	1.608,28	68,81
Buri	11.565,17	15.415,53	3.509,66	8.055,51	69,65
Campina do Monte Alegre	1.739,46	1.023,42	256,6	1.482,86	85,25
Capão Bonito	22.944,51	49.690,41	10.863,94	12.080,57	52,65
Coronel Macedo	2.649,34	2.213,31	418,38	2.230,96	84,21
Fatura	5.573,76	3.680,52	522,64	5.021,12	90,08
Guapiara	7.275,69	11.267,74	1.969,32	5.306,37	72,93
Guareí	3.853,10	6.556,15	1.220,38	2.632,72	68,33
Ipauçu	1.289,09	1.882,85	367,24	921,85	71,51
Itaberá	11.038,98	13.224,78	2.859,49	8.179,49	74,10
Itaí	9.043,46	9.707,80	1.905,95	7.137,51	78,92
Itapetininga	14.011,77	17.237,47	3.740,42	10.271,35	73,31
Itapeva	16.856,58	22.244,61	4.850,03	12.006,55	71,23
Itaporanga	7.304,09	4.877,80	989,52	6.314,57	86,45
Itararé	10.549,77	9.330,78	1.753,55	8.796,22	83,38
Manduri	1.067,17	1.467,36	119,54	947,23	88,76
Nova Campina	5.999,75	9.117,33	1.935,60	4.064,15	67,74
Paranapanema	10.053,42	7.617,61	1.558,01	8.495,41	84,50
Pilar do Sul	6.036,94	16.281,71	2.061,95	3.974,99	65,84
Piraju	4.809,16	5.404,01	1.079,08	3.730,08	77,56
Ribeirão Branco	12.815,51	17.636,53	3.699,36	9.116,15	71,13

Ribeirão Grande	5.819,45	17.431,28	3.070,39	2.749,06	47,24
Riversul	5.064,97	4.168,10	766,16	4.298,81	84,87
São Miguel Arcanjo	8.899,44	18.255,47	3.399,65	5.489,79	61,69
Sarutaiá	1.244,36	1.667,42	313,56	930,80	74,80
Taguaí	1.885,65	613,17	164,02	1.721,63	91,30
Taquarituba	4.221,89	3.681,11	800,02	3.421,87	81,05
Taquarivaí	1.956,72	1.920,47	486,15	1.470,57	75,15
Tejupá	3.499,90	3.758,92	703,70	2.796,20	79,89
Timburi	2.100,86	4.102,48	765,44	1.335,42	63,57
SOMA	217.393,33	298.334,41	59.366,96	157.985,97	72,67

Fonte: KANASHIRO, M. M. & SOUZA, B. O., 2007.

A região pode ser preservada no que diz respeito à qualidade e à regularidade dos recursos hídricos da bacia e dos corpos d'água afluentes, a partir da existência de vegetação nativa e conseqüentemente, sua conservação. O desenvolvimento ambiental e socioeconômico impulsiona a diversidade biológica do local e turismo ecológico. Ainda neste contexto, a vegetação nativa nas APPs auxilia o processo de produção agrícola, pois pode abrigar inimigos naturais de algumas pragas de lavouras (LEITE, 2013).

Sendo a bacia de estudo predominantemente agrícola, existem modos de preservá-la e recuperá-la, fato este que ocasionou a criação de programas no Fundo Estadual de Recursos Hídricos (FEHIDRO), no qual a maioria dos municípios pertencentes a BH-ALPA está contemplado. Entretanto, somente 20% de tais programas são destinados a Proteção e Recuperação da Qualidade dos Recursos Hídricos.

Por se tratarem de ações momentâneas, não podem ser consideradas efetivas na qualidade e disponibilidade dos recursos hídricos, sendo necessário assim um planejamento estratégico baseado no monitoramento dos recursos hídricos e da vegetação nativa, já que esta é fundamental na qualidade e disponibilidade dos mananciais e apresentarem alto potencial de regeneração (BALBINOT *et al*, 2008).

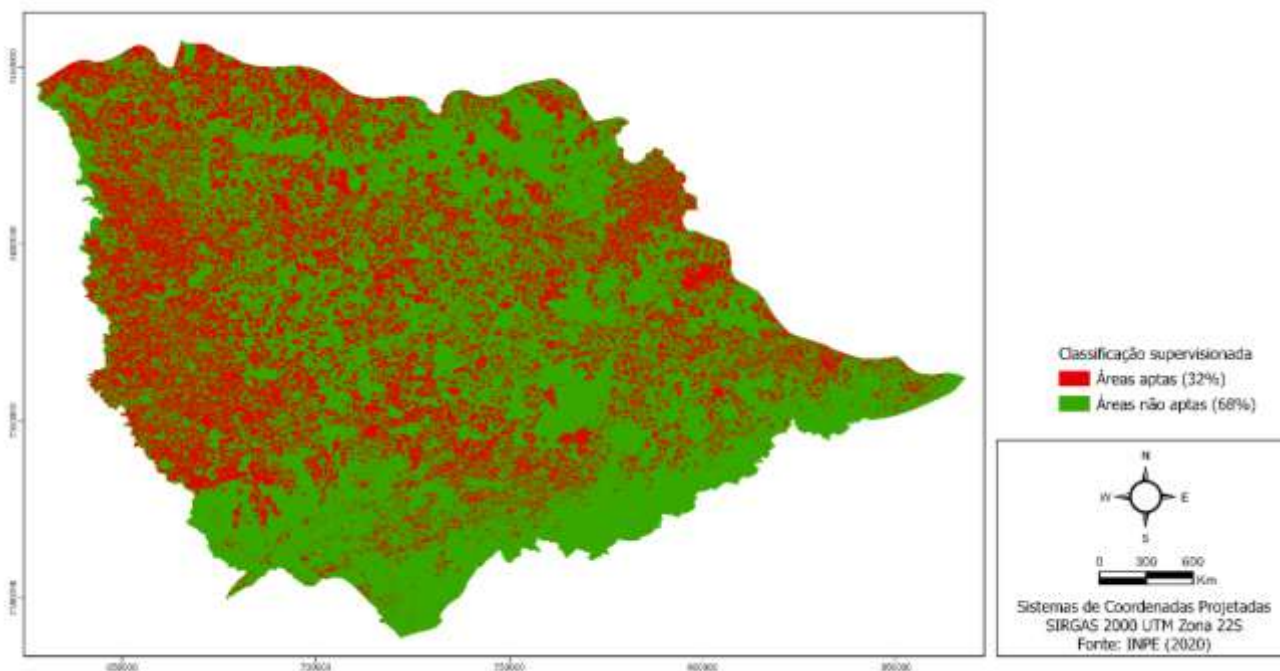
A regeneração natural não é indicada para bacia como a BH-ALPA devido a influência agropecuária existente, sendo classificado assim como potencial muito baixo a baixo, e no que diz respeito à pastagem, este é classificado de baixo a alto. Isto posto, é indicado aos proprietários utilizar técnicas de restauração em conjunto, de modo a complementar umas às outras.

É possível notar que entre os limites municipais, o uso de *Floresta* aumenta gradativamente, bem como os *Corpos d'água*. A área Não vegetada é notada apenas no ano de 1989, enquanto que a *Cana-de-açúcar* não está presente neste destaque, pois já foi apresentada anteriormente.

6.5. Uso da terra

De acordo com a classificação utilizando as imagens CBERS 4A, do ano de 2020, foi possível determinar que a bacia apresenta cerca de 32% de sua área coberta por uso *Áreas aptas* corresponde ao uso de *Não floresta*, enquanto 67% corresponde às *Áreas não aptas - Floresta* (Figura 12). Isto posto, nota-se que a BH-ALPA possui mais da metade de sua área preservada.

Figura 12: Uso da terra com imagem CBERS 4A



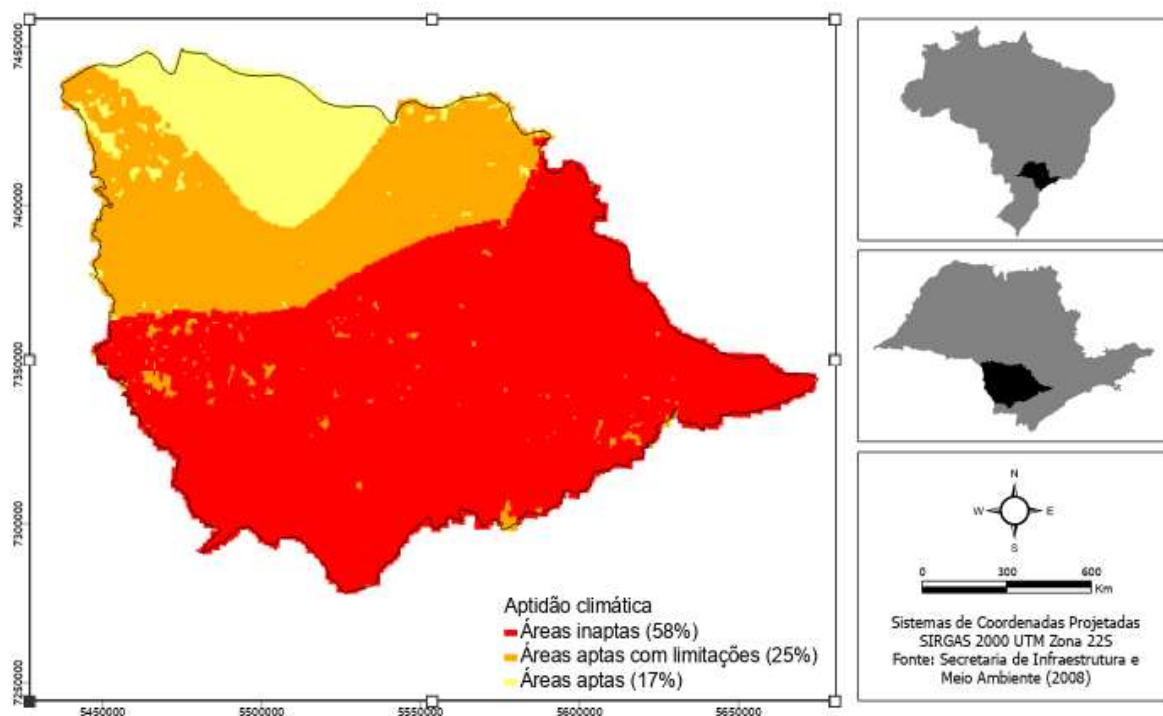
Fonte: Autoria própria, 2021.

Nota-se que a região Sul da bacia apresenta floresta e devido a sua declividade ser acima de 15% consequentemente, não há cultura de cana-de-açúcar nesta área.

6.6. Aptidão

De acordo com as informações coletadas e os parâmetros reclassificados, obteve-se a aptidão climática da bacia hidrográfica do Alto Paranapanema apresentada na Tabela 5 e na Figura 13, o qual foi classificado em áreas aptas, áreas aptas com limitações e áreas inaptas.

Figura 13: Zoneamento da UGRHI-14 obtido neste estudo



Fonte: Autoria própria, 2021.

A partir das informações coletadas (dados climáticos, declividade e APP), foi possível quantificar as classes, apresentadas na Tabela 5 a seguir.

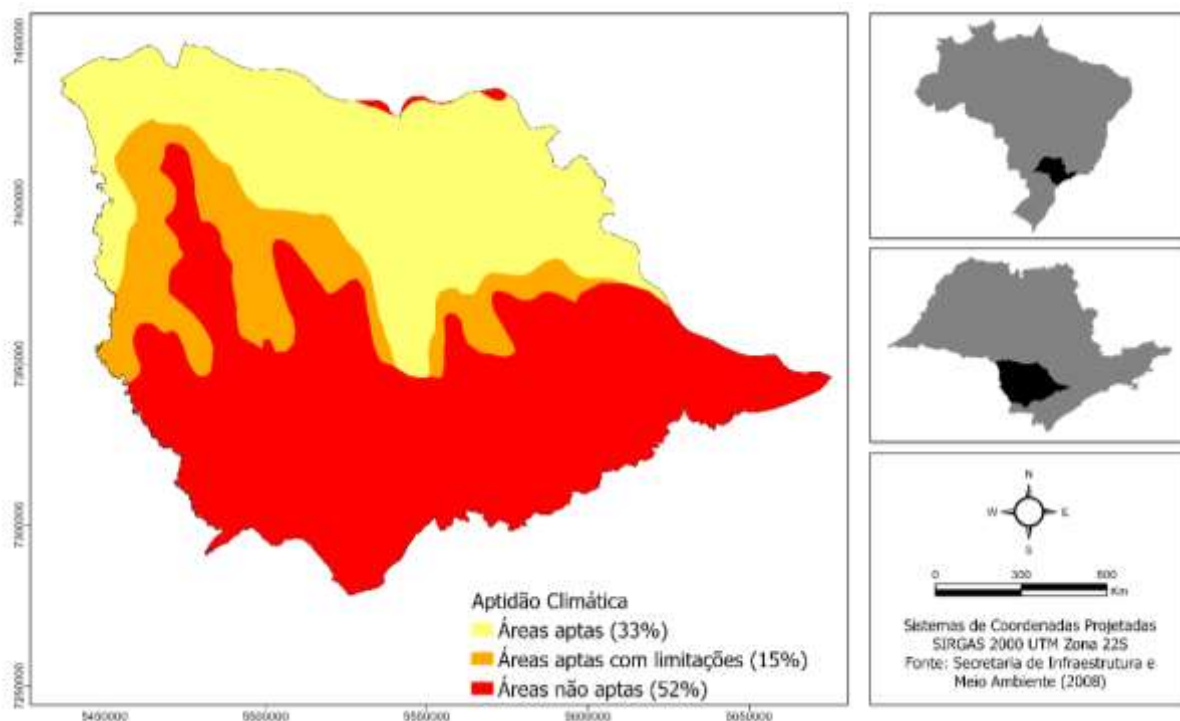
Tabela 5. Quantificação das classes do zoneamento obtido neste estudo

Classes	Área (ha)	Área (km ²)	%
Áreas aptas	386638,79	3866,39	17,04
Áreas aptas com limitações	567705,55	5677,06	25,02
Áreas não aptas	1314662,66	13146,63	57,94
TOTAL	2269007,28	22690,07	100

Para meio de comparação, utilizou-se como base as informações do Zoneamento AgroAmbiental da Secretaria de Infraestrutura e Meio Ambiente de 2008, que levou em consideração dados climáticas, declividade, APP e uso da terra, obteve-

se como resultado um mapa com as áreas indicadas para o cultivo da cana-de-açúcar na área de estudo (Figura 14).

Figura 14: Zoneamento da UGRHI-14 de acordo com a Secretaria de Meio Ambiente



Fonte: Autoria própria, 2021.

A partir das informações coletadas, foi possível quantificar cada uma das classes supracitadas, apresentadas na Tabela 6 a seguir.

Tabela 6. Quantificação das classes do zoneamento da Secretaria de Meio Ambiente de São Paulo

Classes	Área (ha)	Área (km ²)	%
Áreas aptas	750351,704	7503,52	33,07
Áreas aptas com limitações	340883,167	3408,83	15,02
Áreas não aptas	1177772,41	11777,72	51,91
TOTAL	2269007,281	22690,07	100,00

Os dados da Secretaria do Meio Ambiente demonstram que cerca de 48% da área da Bacia Hidrográfica do Alto Paranapanema é considerada adequada, sendo que 33% está apta e 15% apresenta limitações. Já os dados obtidos neste estudo indicam que 42% da área da Bacia Hidrográfica do Alto Paranapanema é considerada adequada, sendo que 17% está apta e 25% apresenta limitações.

Isto posto, nota-se que 52% a 58% da área de estudo está inadequada, ou seja, é considerada como inapta, devido à declividade da região mais ao Sul da bacia não

ser indicada para o cultivo desta monocultura, além das condições climáticas. Além disso, as áreas destinadas à preservação na bacia também se encontram nesta região e por isto o cultivo não é apropriado.

7. CONSIDERAÇÕES FINAIS

De acordo com o estudo realizado na bacia observou-se que o grau de desmatamento das áreas de preservação permanente aumentou pouco com o passar das décadas, o que indica um uso constante e incorreto do solo que deveria estar protegido por lei. Entretanto, o Comitê de Bacia Hidrográfica do Alto Paranapanema vem atuando na tentativa de minimizar esses impactos, recuperando e conservando algumas áreas.

Em síntese, as tentativas supracitadas acabam se tornando insuficientes devido a dimensão da bacia e a falta de fiscalização. Ademais, a implementação do Zoneamento Ecológico Econômico e Agroambiental (ZEE) na bacia - inexistente até 2016 - é crucial para um melhor gerenciamento dos recursos naturais ainda existentes na região.

Outro resultado avaliado através da revisão literária foram os impactos do novo código florestal em áreas agrícolas especificamente da cana-de-açúcar. Pode-se perceber que o novo código florestal impacta positiva e negativamente na produção da cana-de-açúcar. De forma positiva, para a BIOSUL (2014) a ferramenta do CAR, o PRA e a possibilidade de comercialização de Cotas de Reserva Legal são alguns dos instrumentos significantes no processo de adequação de imóveis rurais por essa nova lei em propriedades produtoras de cana.

A partir dos resultados apresentados e estudos sobre o índice de mecanização da cana-de-açúcar, observou-se que o processo de adoção tecnológica nessa atividade agrícola foi extremamente rápido, impulsionado pelos marcos regulatórios com fins de proteção ambiental. Os instrumentos propiciaram dinamismo e competitividade ao setor sucroalcooleiro.

Isto posto, é possível concluir que a Bacia Hidrográfica do Alto Paranapanema possui aspectos físicos e climáticos parcialmente adequados para cultivo da cana de açúcar. Os dados analisados indicam que a declividade é adequada (80% da área total), porém existem áreas florestais que precisam ser preservadas e restrições quanto às áreas já ocupadas com outras classes do uso do solo.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AGROBYTE. **Cana**. Disponível em: <<http://www.agrobyte.com.br/cana.htm>> Acesso em: 19 abr 2021.

AMARAL, M. A. C. et al. **Temperatura base e taxa de crescimento de oito variedades de cana-de-açúcar**. Revista Geama, v. 5, n. 1, p. 21-29, 2019.

BACCARIN, J. G; GEBARA, J. J; SILVA, B. M. **Aceleração da colheita mecânica e seus efeitos na ocupação formal canavieira no estado de São Paulo, de 2007 a 2012**. Informações Econômicas, SP, v.43, n.5, set./out, 2013.

BALBINOT, R. *et al.* O papel da floresta no ciclo hidrológico em bacias hidrográficas The forest role in the hydrological cycle at hydrological basins. **Ambiência**, v. 4, n. 1, p. 131-149, 2008. Disponível em: <<https://revistas.unicentro.br/index.php/ambienca/article/view/294/1892>>. Acesso em 5 out. 2020.

BERNARDO, S. **Manejo da Irrigação na Cana-de-açúcar**. In: congresso nacional de irrigação e drenagem. 2006, Goiás, GO. Anais.... [Brasília, DF: ABID, 2006].

BRASIL. Lei nº 4.771, de 15 de setembro de 1965. **Institui o novo Código Florestal**. Brasília/DF. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/l4771.htm>. Acesso em: 15 jan 2021.

BRASIL. Lei nº 12.651, de 25 de maio de 2012. **Dispõe sobre a Lei de Proteção a Vegetação Nativa**. Brasília/DF. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2011-2014/2012/lei/l12651.htm>. Acesso em: 19 jun 2021.

BRASIL. Secretaria De Desenvolvimento Territorial; Ministério Do Desenvolvimento Agrário. **Plano Territorial de Desenvolvimento Rural Sustentável do Sudoeste Paulista**. Itapeva/São Paulo, 2007. Disponível em: <http://sit.mda.gov.br/download/ptdrs/ptdrs_qua_territorio151.pdf>. Acesso em: 11 jan 2021.

BRUNINI, R. G. **Índices de estresse hídrico em cana-de-açúcar nas diferentes fases de desenvolvimento**. Jaboticabal, 2017. Tese (doutorado) - Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias. Disponível em: <https://repositorio.unesp.br/bitstream/handle/11449/151918/brunini_rq_dr_jabo.pdf;jsessionid=C4A850E83E1A37584DF742A8C9EEB1CD?sequence=3>. Acesso em: 07 nov 2021.

CBH-ALPA. COMITÊ DA BACIA HIDROGRÁFICA DO ALTO PARANAPANEMA. **Situação de Recursos das Bacias Hidrográficas no Estado de São Paulo**. Bacia Hidrográfica do Alto Paranapanema - UGRHI 14. Lins, 1999. Disponível em: <<http://www.sigrh.sp.gov.br/public/uploads/documents/6439/relalpaseg.pdf>>. Acesso em: 01 abr 2019.

CBH-ALPA. COMITÊ DA BACIA HIDROGRÁFICA DO ALTO PARANAPANEMA. **Situação de Recursos das Bacias Hidrográficas no Estado de São Paulo**. Bacia Hidrográfica do Alto Paranapanema - UGRHI 14. Ano Base 2018. São Paulo. 2019. Disponível em: <<http://www.sigrh.sp.gov.br/public/uploads/documents/CBH->

ALPA/18833/relatorio-de-situacao-dos-recursos-hidricos-das-bacias-hidrograficas-do-estado-de-sao-paulo.pdf>. Acesso em: 05 abr. 2019.

CBH-ALPA. COMITÊ DA BACIA HIDROGRÁFICA DO ALTO PARANAPANEMA. **Plano da Bacia Hidrográfica do Alto Paranapanema (UGRHI 14), 2016-2027**. Piraju, 2016. Disponível em: <<http://www.sigrh.sp.gov.br/public/uploads/documents/CBH-ALPA/12024/relatorioalparevisaodezembrov5.pdf>>. Acesso em: 01 abr. 2019.

DOORENBOS, J.; KASSAM, A. H. **Yield response to water**. Italy: Food and Agriculture Organization, Irrigation and Drainage Paper, Rome, 1979. 33p.

DOORENBOS, J.; KASSAM, A. H. **Efeito da água no rendimento das culturas**. Campina Grande: UFPB; FAO, 1994. 306 p. (Estudos FAO Irrigação e Drenagem, 33).

FEHIDRO. Fundo Estadual de Recursos Hídricos. Dados dos projetos financiados pelo FEHIDRO. Disponível em: <www.fehidro.sigrh.sp.gov.br>. Acesso em 19 dez. de 2020.

GALLARDO, A. L. C. F.; BOND, A. **Capturing the complications of land use change in Brazil through environmental assessment: Time for a strategic approach?**. Environmental Impact Assessment Review, v.31, n.3, p. 261-270, April 2011.

GASCHO, G. J.; SHIH, S. F. In: TEERE, I.D., PEET, M.M. **Sugarcane crop-water relations**. Wiley Interscience. New York, p. 445-479, 1973.

GUEDES, S. N. R; VIAN, C. E. F; MORAES, G. I. de; MAIANTE, M. **Uma caracterização das transformações econômicas e sociais na agroindústria canavieira da Argentina, Brasil e México**. História Unisinos, v.17, n.3, pp.280-292, Set./Dez. 2013.

INSTITUTO DE ECONOMIA AGRÍCOLA – IEA. **Estatística da produção paulista**. 2019. Disponível em: <http://ciagri.iea.sp.gov.br/nia1/subjetiva.aspx?cod_sis=1&idioma=1>. Acesso em: 02 out 2020.

INSTITUTO DE ECONOMIA AGRÍCOLA – IEA. **Secretaria de Agricultura e Abastecimento do Estado de São Paulo**. 2020. Disponível em: <<http://www.iea.agricultura.sp.gov.br/out/TerTexto.php?codTexto=14825>>. Acesso em: 19 abr. 2021.

INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS - INPE. **Manual do SPRING: Tutorial de Geoprocessamento**. 2006. Disponível em: <<http://www.dpi.inpe.br/spring/portugues/tutorial/segmentacao.html>>. Acessado em: 11 out 2014.

INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS DO ESTADO DE SÃO PAULO – IPT. **Plano para instalação e uso sustentável de açudes em empreendimentos agrícolas na Bacia Hidrográfica do Alto Paranapanema, SP**. Relatório Técnico nº 112.082-205. São Paulo. 2018.

KANASHIRO, M. M.; SOUZA, B. O. **Mapeamento e quantificação da vegetação natural das áreas de preservação permanente da Unidade de Gerenciamento de Recursos Hídricos do Alto Paranapanema**. IF Sér. Reg., São Paulo, n. 31, p. 97-102, jul. 2007. Disponível em: <

https://smastr16.blob.core.windows.net/iflorestal/RIF/SerieRegistros/IFSR31/IFSR31_97-102.pdf>. Acesso em: 20 set. 2021.

LEITE, A. E. **Práticas Mais Sustentáveis na Produção Agrícola: Motivações e Barreiras no Sudoeste do Estado de São Paulo**, 2013. Disponível em: <http://bdtd.ibict.br/vufind/Record/UNSP_b65376af4f7b487333762c9fa3fa3676>. Acesso em: 17 mai. 2019.

NOVA CANA. **Evolução do plantio e da colheita mecanizados da cana-de-açúcar**. 2014. Disponível em: <<https://www.novacana.com/estudos/evolucao-plantio-colheita-mecanizados-cana-de-acucar-160813>>. Acesso em: 22 fev. 2021.

PROCANA. **Anuário da Cana 2013**. Ribeirão Preto: PROCANA, 2013.

ROCHA, C. H. B. **Geoprocessamento: tecnologia transdisciplinar**. Juiz de Fora, MG: Ed. do Autor, 2000. 220p.

SILVA, F. I. C.; GARCIA, A. **Colheita mecânica e manual da cana-de-açúcar: Histórico e análise**. Nucleus, v.6, n.1, abr. 2009. Disponível em: <<https://dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/4033671.pdf>>. Acesso em 07 dez. 2020.

SCHNEIDER, M. J.; BELLON, O. R. P. & ARAKI, H. **Experimentos em Fusão de Imagens de Alta Resolução**. Boletim Ciências Geodésicas, sec. Artigos, Curitiba, v. 9, nº 1, p.75-88, 2003. Disponível em: <http://www.cienciasgeodesicas.ufpr.br/boletim/pdf/bcg9-1/8Art91_5.pdf>.

SZMRECSÁNYI, T.; MOREIRA, E. P. **O desenvolvimento da agroindústria canaveira no Brasil desde a Segunda Guerra Mundial**. Estudos Avançados, São Paulo, v.5, n. 11, p. 57-79, 1991.

UNICA. União das Indústrias de Açúcar e Alcool. Araçatuba, 2008. Disponível em: <<http://www.unicadata.com.br>>. Acesso em: 12 abr. 2020.

VILLELA, J. M. **Avaliação da influência na expansão da cana-de-açúcar no regime hidrossedimentológico em microbacia do córrego cana do reino, Votuporanga-SP**. 2015. Dissertação (Mestrado). São Carlos, SP. Disponível em:<<https://teses.usp.br/teses/disponiveis/18/18139/tde-03072015-115644/publico/DissertacaoJoaoMarcosVillela.pdf>>. Acesso em: 16 Nov. 2020.