

**UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA  
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS E VETERINÁRIAS  
CÂMPUS DE JABOTICABAL**

**ZONEAMENTO DE POTENCIAL TOPOGRÁFICO  
COM USO DE GEOTECNOLOGIAS PARA IMPLEMENTAÇÃO  
DE SISTEMAS DE IRRIGAÇÃO**

**João Guilherme Da Cruz**

**Jaboticabal – SP  
1º Semestre/2026**

**UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA  
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS E VETERINÁRIAS  
CÂMPUS DE JABOTICABAL**

**ZONEAMENTO DE POTENCIAL TOPOGRÁFICO  
COM USO DE GEOTECNOLOGIAS PARA IMPLEMENTAÇÃO  
DE SISTEMAS DE IRRIGAÇÃO**

**João Guilherme Da Cruz**

**Orientador: Prof. Dr<sup>a</sup>. Teresa Cristina Tarlé Pissarra**

**Coorientador: Me. Felipe Del Massa Martins**

**Trabalho apresentado à Faculdade de  
Ciências Agrárias e Veterinárias – UNESP,  
Campus de Jaboticabal para graduação em  
ENGENHARIA AGRONÔMICA.**

**Jaboticabal – SP**

**1º Semestre/2026**

C957z Cruz, João Guilherme  
Zoneamento de potencial topográfico com uso de geotecnologias para implementação de sistemas de irrigação / João Guilherme Cruz. -- Jaboticabal, 2026  
32 p. : tabs., mapas

Trabalho de conclusão de curso (Bacharelado - Engenharia Agrônômica) - Universidade Estadual Paulista (UNESP), Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Jaboticabal

Orientadora: Teresa Cristina Tarlé Pissarra  
Coorientador: Felipe Del Massa Martins

1. Política de Uso do Solo e da água. 2. Irrigação. 3. Declividade. 4. Agricultura de Precisão. 5. Uso do solo. I. Título.

João Guilherme da Cruz

**ZONEAMENTO DE POTENCIAL TOPOGRÁFICO COM USO DE  
GEOTECNOLOGIAS PARA IMPLEMENTAÇÃO DE SISTEMAS DE IRRIGAÇÃO**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à Universidade Estadual Paulista (UNESP), Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Jaboticabal, para obtenção do título de Bacharel em **Engenharia Agrônômica**.

Orientador: Profa. Dra. Teresa Cristina Tarlé Pissarra

Coorientador (se houver): Me. Felipe Del Massa Martins

Área de Concentração: Geomática; Engenharia de Água e Solo

Trabalho aprovado em 28/01/2026

Banca Examinadora:

Documento assinado digitalmente  
**gov.br** TERESA CRISTINA TARLE PISSARRA  
Data: 29/01/2026 11:24:24-0300  
Verifique em <https://validar.itl.gov.br>


Profa. Dra. Teresa Cristina Tarlé Pissarra  
UNESP - Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias - Campus de Jaboticabal

Documento assinado digitalmente  
**gov.br** ANILDO MONTEIRO CALDAS  
Data: 28/01/2026 10:19:50-0300  
Verifique em <https://validar.itl.gov.br>

Prof. Dr. Anildo Monteiro Caldas  
UFRPE - Universidade Federal Rural de Pernambuco - Recife-PE

Documento assinado digitalmente  
**gov.br** JULIANA DIAS PEDROSO  
Data: 29/01/2026 10:50:18-0300  
Verifique em <https://validar.itl.gov.br>

Me. Juliana Dias Pedrosa  
UNESP - Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias - Campus de Jaboticabal

  
Prof. Dr. Luiz Fabiano Palaretti  
Chefe do Departamento

APROVADO AD.  
Referendum

em

10/2/2026

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço, primeiramente, à Deus, pela força e sabedoria ao longo desta jornada. À minha orientadora, Profa. Dra. Teresa Cristina Tarlé Pissarra, pela orientação dedicada, paciência e apoio técnico durante a execução deste trabalho, e ao meu coorientador, o Me. Felipe Del Massa Martins. Agradeço aos docentes e servidores da Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias da UNESP, pelo conhecimento transmitido e apoio institucional. Aos colegas de curso, pelas trocas de aprendizado e parceria ao longo da graduação. Aos colegas do Laboratório de Geomática da FCAV, em especial a Dra. Gislaine da Costa Mendonça. Agradeço também as bolsas de iniciação científica que tive geridas pelos seguintes órgãos: COPE Conecta, gerida pela PROADE/COPE, que é uma iniciativa de permanência estudantil para estudantes de graduação, e CNPq (Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico) através do PIBIC (Programa Institucional de Bolsas de Iniciação Científica) e PIBITI (Programa Institucional de Bolsas de Iniciação em Desenvolvimento Tecnológico e Inovação). Um agradecimento especial à minha família, por todo o amor, suporte e incentivo.

## SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO .....	6
2. REVISÃO DE LITERATURA .....	9
2.1. Potencial topográfico para irrigação .....	9
2.2. Limiares de declividade para sistemas de irrigação por pivô central .....	11
2.3. Geotecnologias aplicadas ao zoneamento agrícola de pivôs centrais ..	12
3. MATERIAL E MÉTODOS .....	14
3.1. Área de Estudo .....	14
3.2. Base de Dados .....	15
3.3. Processamento dos dados geoespaciais .....	16
3.4. Integração das variáveis e análise espacial.....	17
3.5. Síntese metodológica.....	18
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO .....	18
5. CONCLUSÕES .....	27
6. REFERÊNCIAS.....	29

## RESUMO

A expansão de sistemas de irrigação por pivô central exige planejamento criterioso, especialmente em relação às características topográficas do terreno, que influenciam diretamente a eficiência hidráulica, os custos operacionais e os impactos ambientais. Nesse contexto, o presente trabalho teve como objetivo avaliar o potencial topográfico para irrigação por pivô central na microbacia hidrográfica do Córrego Rico, por meio da aplicação de geotecnologias e da integração entre dados topográficos, hidrológicos e de uso e cobertura do solo. Foram utilizados dados de Modelo Digital de Elevação (SRTM, 30 m) para a geração do mapa de declividade, posteriormente reclassificado em áreas com potencial ( $\leq 5\%$ ) e sem potencial ( $> 5\%$ ) para irrigação. O mapeamento do uso e ocupação do solo foi realizado com base nos dados do MapBiomias (Coleção 9), enquanto a hidrografia foi obtida a partir da base de dados da Agência Nacional de Águas (ANA, 2019). As análises espaciais foram conduzidas em ambiente SIG, permitindo o cruzamento entre declividade e uso do solo e a quantificação das áreas em cada classe. Os resultados indicaram que a maior parte das áreas agrícolas da bacia encontra-se em relevo com declividade inferior ou igual a 5%, com destaque para a cultura da cana-de-açúcar e áreas de mosaico de agricultura e pastagem, evidenciando elevado potencial para a implantação ou intensificação de sistemas de irrigação. Em contrapartida, parcelas significativas de áreas agrícolas localizam-se em declividades superiores a 5%, indicando restrições técnicas e maior necessidade de práticas conservacionistas. Conclui-se que o uso integrado de geotecnologias constitui ferramenta eficiente para o zoneamento agrícola de pivôs centrais, subsidiando o planejamento territorial e

contribuindo para a adoção de sistemas de irrigação mais eficientes e ambientalmente sustentáveis.

**Palavras-chave:** política de uso do solo; pivô central; declividade; agricultura de precisão; uso do solo.

## ABSTRACT

The expansion of center pivot irrigation systems requires careful planning, particularly regarding terrain topographic characteristics, which directly affect hydraulic efficiency, operational costs, and environmental impacts. In this context, this study aimed to evaluate the topographic potential for center pivot irrigation in the Córrego Rico watershed through the application of geotechnologies and the integration of topographic, hydrological, and land use data. Digital Elevation Model data (SRTM, 30 m) were used to generate the slope map, which was subsequently reclassified into areas with irrigation potential ( $\leq 5\%$ ) and non-potential areas ( $> 5\%$ ). Land use and land cover mapping was based on MapBiomas data (Collection 9), while hydrographic information was obtained from the Brazilian National Water Agency (ANA, 2019). Spatial analyses were performed in a GIS environment, allowing the overlay of slope and land use data and the quantification of areas within each class. The results showed that most agricultural areas in the watershed are located on slopes equal to or lower than 5%, particularly areas occupied by sugarcane and agricultural–pastoral mosaics, indicating high potential for the implementation or intensification of irrigation systems. Conversely, a significant portion of agricultural land occurs on slopes greater than 5%, representing technical constraints and a greater need for soil conservation practices. It is concluded that the integrated use of geotechnologies is an effective tool for the agricultural zoning of center pivot irrigation systems, supporting territorial planning and contributing to more efficient and environmentally sustainable irrigation practices.

**Keywords:** land use policy; center pivot irrigation; slope; precision agriculture; land use.

## 1. INTRODUÇÃO

A intensificação sustentável da produção agrícola tem se tornado um dos principais desafios do setor agropecuário diante do crescimento da demanda por alimentos, da variabilidade climática e das restrições ambientais impostas ao uso dos recursos naturais. Nesse contexto, a irrigação destaca-se como uma das tecnologias mais relevantes para a estabilidade produtiva, eficiência no uso da água e mitigação dos riscos associados à irregularidade das precipitações, especialmente em regiões tropicais e subtropicais (FAO, 2017).

Entre os diferentes métodos de irrigação disponíveis, os sistemas de irrigação por pivô central apresentam ampla adoção em função de sua elevada eficiência de aplicação, facilidade de automação e capacidade de atender grandes áreas agrícolas com relativa uniformidade hídrica (Evans & King, 2012; Mantovani, Bernardo & Palaretti, 2009). Entretanto, a implantação e o desempenho desses sistemas estão diretamente condicionados às características físico-ambientais do terreno, com destaque para a topografia, que influencia tanto a viabilidade técnica quanto os custos operacionais e os impactos ambientais associados à irrigação.

A declividade do terreno é reconhecida como um dos principais fatores limitantes à implantação de sistemas de irrigação mecanizada, uma vez que interfere na estabilidade estrutural do equipamento, na uniformidade de distribuição da lâmina de água, no consumo energético e na suscetibilidade a processos erosivos (Silva & Tolentino Júnior, 2020; Barros et al., 2020). Em áreas com declividades mais acentuadas, a eficiência do sistema pode ser comprometida pelo escoamento

superficial excessivo e pelo transporte gravitacional de partículas do solo, exigindo práticas corretivas que elevam os custos e os riscos ambientais.

Dessa forma, o planejamento de projetos de irrigação por pivô central demanda um levantamento detalhado das condições topográficas, associado à análise integrada de outros atributos da paisagem, como uso e ocupação do solo, solos e disponibilidade hídrica. A adoção de critérios técnicos baseados no potencial topográfico das áreas agrícolas é fundamental para assegurar a eficiência dos sistemas produtivos e a sustentabilidade do uso da água e do solo (Mantovani et al., 2013; Barros et al., 2020).

Nesse cenário, as geotecnologias, como o sensoriamento remoto, os Sistemas de Informação Geográfica (SIG) e os Modelos Digitais de Terreno (MDT), têm se consolidado como ferramentas essenciais para o planejamento territorial agrícola. Essas tecnologias possibilitam a integração, o processamento e a análise espacial de grandes volumes de dados georreferenciados, permitindo a identificação de áreas aptas, restritas ou inadequadas à implantação de sistemas de irrigação (Burrough & McDonnell, 2015; Silva et al., 2021).

O avanço da Agricultura de Precisão (AP) reforça essa abordagem ao considerar a variabilidade espacial dos atributos físicos e ambientais da paisagem no manejo agrícola. A incorporação de informações topográficas de alta resolução permite aprimorar o planejamento de lavouras irrigadas, aumentar a eficiência do uso de insumos e reduzir impactos ambientais, tornando os sistemas produtivos mais resilientes e sustentáveis (Srbinoska et al., 2015; Zhang, Wang & Wang, 2020).

Além disso, estudos recentes apontam que a integração de bases geoespaciais com métodos computacionais avançados, incluindo técnicas de análise multicritério e inteligência artificial, amplia significativamente o potencial de suporte à tomada de decisão em bacias hidrográficas agrícolas. Essas abordagens permitem transformar dados espaciais em informações estratégicas para o desenvolvimento de soluções tecnológicas aplicadas à gestão territorial e hídrica (Bhave et al., 2014; Li et al., 2019).

No contexto brasileiro, a disponibilidade de bases públicas de dados geoespaciais, como o SRTM, o MapBiomas e os dados hidrográficos da Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico (ANA), tem favorecido o desenvolvimento de estudos aplicados ao planejamento da irrigação em escala regional e de bacia hidrográfica. A utilização dessas bases possibilita análises reprodutíveis, de baixo custo e com elevada confiabilidade técnica, contribuindo para o ordenamento territorial da agricultura irrigada (ANA, 2019; Souza et al., 2022).

Diante desse cenário, torna-se evidente a necessidade de zoneamentos agrícolas específicos para sistemas de irrigação por pivô central, que considerem prioritariamente o potencial topográfico das áreas agrícolas, associado ao uso e ocupação do solo e à rede hidrográfica. O zoneamento configura-se, assim, como instrumento estratégico para orientar a expansão racional da irrigação, reduzir conflitos de uso do solo e minimizar impactos ambientais.

Nesse sentido, o presente trabalho tem como objetivo aplicar técnicas de geoprocessamento e análise espacial para o zoneamento agrícola de áreas com potencial à implantação de pivôs centrais na microbacia do Córrego Rico, integrando informações de declividade, uso e ocupação do solo e hidrografia. A proposta busca contribuir para o planejamento agrícola sustentável, fornecendo subsídios técnicos

que apoiem a tomada de decisão e o desenvolvimento de sistemas de irrigação mais eficientes e ambientalmente responsáveis.

## **2. REVISÃO DE LITERATURA**

### **2.1. Potencial topográfico para irrigação**

A irrigação agrícola representa um dos principais instrumentos para a intensificação sustentável da produção de alimentos, fibras e bioenergia, especialmente em regiões sujeitas à variabilidade climática. Entretanto, a viabilidade técnica e a eficiência dos sistemas de irrigação estão fortemente condicionadas às características físicas do terreno, com destaque para a topografia, que influencia diretamente o comportamento hidrológico, a uniformidade de aplicação de água e os custos de implantação e operação dos sistemas (MANTOVANI; BERNARDO; PALARETTI, 2009).

O potencial topográfico para irrigação pode ser entendido como a capacidade física do relevo em suportar sistemas irrigados de forma eficiente e ambientalmente segura. Entre os principais parâmetros considerados destacam-se a declividade, a amplitude altimétrica, o comprimento de rampa e o grau de dissecação do relevo. Esses elementos controlam o escoamento superficial, a infiltração da água no solo e a suscetibilidade à erosão, sendo, portanto, determinantes para o planejamento agrícola (BARROS et al., 2020).

A declividade do terreno é reconhecida como um dos fatores geomorfológicos mais relevantes na avaliação da aptidão para irrigação. Em áreas com relevo suave, a aplicação da lâmina de irrigação tende a ser mais uniforme, reduzindo perdas por escoamento superficial e favorecendo maior eficiência do uso da água. Em

contrapartida, em terrenos declivosos, a ação da gravidade pode comprometer a distribuição hídrica, intensificando processos erosivos e reduzindo a eficiência hidráulica dos sistemas (EVANS; KING, 2012).

No caso específico dos sistemas de irrigação por pivô central, amplamente utilizados no Brasil, a literatura aponta que declividades superiores a determinados limiares comprometem significativamente o desempenho do equipamento. A velocidade constante de deslocamento do pivô resulta em menor tempo de aplicação de água nas porções mais elevadas do terreno, o que pode gerar déficits hídricos localizados e heterogeneidade no desenvolvimento das culturas (SILVA; TOLENTINO JÚNIOR, 2020).

Além da eficiência hidráulica, a topografia influencia diretamente os custos operacionais e estruturais dos sistemas irrigados. Terrenos com maior inclinação demandam maior potência para movimentação do equipamento, maior desgaste mecânico e, frequentemente, a adoção de obras complementares de adequação do relevo, como terraceamento e nivelamento, o que eleva os custos de implantação (MANTOVANI et al., 2009).

Do ponto de vista ambiental, áreas irrigadas em relevo declivoso apresentam maior risco de degradação do solo, sobretudo quando associadas a práticas inadequadas de manejo. O aumento do escoamento superficial favorece a perda de solo e nutrientes, comprometendo a qualidade da água nos corpos hídricos adjacentes e reduzindo a sustentabilidade do sistema produtivo (FAO, 2017).

Dessa forma, o estudo do potencial topográfico para irrigação assume papel estratégico no planejamento territorial agrícola, permitindo identificar áreas aptas,

marginalmente aptas e inaptas à irrigação. Essa abordagem contribui para a tomada de decisão fundamentada, orientando a expansão de sistemas irrigados de forma eficiente, econômica e ambientalmente responsável.

## **2.2. Limiares de declividade para sistemas de irrigação por pivô central**

A definição de limiares de declividade constitui um dos principais critérios técnicos para o planejamento e a implantação de sistemas de irrigação por pivô central. Esses limiares estão diretamente associados à capacidade do sistema em aplicar água de maneira uniforme e eficiente, minimizando perdas e impactos ambientais. Estudos nacionais e internacionais indicam que a eficiência máxima desses sistemas ocorre em terrenos com declividade inferior a 5% (EVANS; KING, 2012; SILVA; TOLENTINO JÚNIOR, 2020).

Em áreas com declividade até 5%, a lâmina de irrigação tende a ser distribuída de forma homogênea, uma vez que o relevo não impõe restrições significativas ao deslocamento do equipamento nem à infiltração da água no solo. Nessas condições, os riscos de escoamento superficial são reduzidos, favorecendo maior eficiência do uso da água e melhor desempenho agrônômico das culturas (MANTOVANI et al., 2009).

Quando a declividade ultrapassa esse limiar, a uniformidade da aplicação de água pode ser comprometida. As porções mais elevadas do terreno recebem menor volume de água devido ao menor tempo de permanência do pivô, enquanto as áreas mais baixas tendem a receber volumes excessivos, o que pode resultar em encharcamento, lixiviação de nutrientes e compactação do solo (BARROS et al., 2020).

Além disso, terrenos com declividade superior a 5% apresentam maior propensão ao escoamento superficial, especialmente durante eventos de irrigação com lâminas elevadas. Esse processo intensifica a erosão hídrica, promovendo a perda de solo fértil e aumentando a carga de sedimentos transportados para a rede de drenagem, com reflexos negativos na qualidade da água (FAO, 2017).

Apesar dessas limitações, a literatura aponta que a irrigação por pivô central pode ser tecnicamente viável em áreas com declividades moderadas, desde que sejam adotadas soluções específicas de engenharia. Entre essas estratégias destacam-se o uso de emissores com vazões diferenciadas, sistemas de compensação de pressão e ajustes no manejo da lâmina de irrigação (EVANS; KING, 2012).

No entanto, mesmo com o uso dessas tecnologias, a eficiência do sistema em áreas declivosas tende a ser inferior àquela observada em terrenos planos. Assim, a análise do custo-benefício torna-se essencial, considerando não apenas o retorno econômico, mas também os impactos ambientais e a durabilidade do sistema (MANTOVANI et al., 2009).

Portanto, os limiares de declividade devem ser incorporados como critério fundamental no zoneamento agrícola de áreas irrigadas, permitindo orientar a expansão de pivôs centrais de forma racional e alinhada aos princípios da sustentabilidade e da conservação dos recursos naturais.

### **2.3. Geotecnologias aplicadas ao zoneamento agrícola de pivôs centrais**

O avanço das geotecnologias tem promovido profundas transformações no planejamento agrícola, especialmente no contexto da irrigação. Ferramentas como o

sensoriamento remoto e os Sistemas de Informações Geográficas (SIG) permitem a análise integrada de dados espaciais, viabilizando avaliações mais precisas do potencial topográfico para irrigação em escala local e regional (BURROUGH; MCDONNELL, 2015).

O sensoriamento remoto possibilita a obtenção de informações da superfície terrestre por meio de sensores orbitais, fornecendo dados sobre uso e cobertura do solo, vigor vegetativo, umidade do solo e variáveis biofísicas das culturas. Esses dados são fundamentais para compreender a dinâmica espacial da paisagem agrícola e identificar áreas com maior ou menor aptidão para sistemas irrigados (SRBINOVSKA et al., 2015).

Além disso, produtos derivados do sensoriamento remoto, como os Modelos Digitais de Elevação (MDE), permitem a caracterização detalhada do relevo, possibilitando o cálculo da declividade, orientação das encostas e identificação de áreas suscetíveis à erosão. Esses parâmetros são amplamente utilizados na definição do potencial topográfico para irrigação (ZHANG et al., 2020).

Os Sistemas de Informações Geográficas desempenham papel central na integração e análise desses dados, permitindo o cruzamento de informações topográficas com dados de uso do solo, hidrografia e solos. A partir dessas análises, é possível gerar mapas temáticos de aptidão agrícola, subsidiando o zoneamento de áreas adequadas à implantação de pivôs centrais (BURROUGH; MCDONNELL, 2015).

No contexto da agricultura de precisão, a integração entre SIG, sensoriamento remoto e dados de campo possibilita o manejo espacializado da irrigação, ajustando

lâminas de água de acordo com a variabilidade topográfica e ambiental. Essa abordagem contribui para o uso racional da água e para o aumento da eficiência dos sistemas irrigados (SRBINOVSKA et al., 2015).

Além dos aspectos produtivos, as geotecnologias permitem incorporar critérios ambientais ao planejamento da irrigação, como a proximidade de corpos hídricos, áreas de preservação permanente e zonas suscetíveis à erosão. Dessa forma, o zoneamento agrícola torna-se uma ferramenta estratégica para a conciliação entre produção e conservação ambiental (FAO, 2017).

Assim, a aplicação de geotecnologias no zoneamento agrícola de pivôs centrais configura-se como uma abordagem indispensável para o planejamento territorial moderno, permitindo decisões baseadas em dados, redução de riscos e maior sustentabilidade dos sistemas irrigados.

### **3. MATERIAL E MÉTODOS**

#### **3.1. Área de Estudo**

A área analisada corresponde à microbacia hidrográfica do Córrego Rico, localizada entre as latitudes 21°10' S e 21°27' S e as longitudes 48°08' W e 48°33' W, abrangendo aproximadamente 541 km<sup>2</sup>. O relevo apresenta variação altimétrica entre 410 m e 740 m, conforme caracterização espacial realizada por Pissarra et al. (2006).

De acordo com a classificação climática de Köppen, a região insere-se no tipo Aw, caracterizado por clima tropical com estação seca no inverno. Os índices pluviométricos médios anuais variam entre 1.100 mm e 1.700 mm, enquanto as temperaturas médias registram cerca de 22 °C no período mais quente e 18 °C no

mês de menor temperatura, segundo dados apresentados por De Souza Rolim et al. (2016).

Do ponto de vista fisiográfico, a microbacia está inserida no Planalto Ocidental Paulista, onde as áreas mais elevadas são predominantemente ocupadas por Argissolos Vermelho-Amarelos, desenvolvidos a partir de materiais sedimentares areníticos associados à Formação Bauru, que se caracteriza pela presença de cimento calcário intergranular. Em contraste, as porções topograficamente mais baixas e adjacentes ao leito principal do córrego apresentam maior ocorrência de Latossolos Vermelhos, formados sobre rochas vulcânicas básicas pertencentes à Formação Serra Geral, evidenciando a influência conjunta do relevo e da geologia na distribuição dos solos da bacia (IGG, 1974).

No que se refere à dinâmica socioeconômica, a microbacia do Córrego Rico possui forte vocação agropecuária, com destaque para o cultivo de cana-de-açúcar, citricultura, silvicultura e a pecuária bovina. Além disso, observa-se a presença de atividades industriais e comerciais concentradas nas áreas urbanas dos municípios inseridos no território da bacia.

### **3.2. Base de Dados**

Para a realização do zoneamento agrícola de pivôs centrais, foram utilizados dados geoespaciais de acesso público. O Modelo Digital de Terreno (MDT) foi obtido a partir dos dados da missão Shuttle Radar Topography Mission (SRTM, consulte Farr et al., 2007) que são um esforço de pesquisa internacional que obteve modelos digitais de elevação em uma escala quase global. O produto SRTM V3 (SRTM Plus) é fornecido pelo NASA JPL com uma resolução de 1 segundo de arco

(aproximadamente 30 m). Este MDT serviu como base para a derivação da declividade do terreno, variável considerada fundamental para a viabilidade técnica da irrigação mecanizada.

O uso e cobertura do solo foram mapeados a partir da base de dados do MapBiomas – Coleção 9, referente ao ano mais recente disponível. Essa base fornece informações espacializadas e padronizadas sobre classes de uso do solo, incluindo agricultura, pastagem, vegetação natural, áreas urbanizadas e outros usos antrópicos, permitindo avaliar a compatibilidade entre o uso atual da terra e a aptidão para implantação de pivôs centrais.

Adicionalmente, foram utilizados dados de hidrografia, obtidos junto à Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico (ANA), com base no banco de dados hidrográficos oficial do Brasil (ANA, 2019). Esses dados incluem a rede de drenagem superficial, como rios, córregos e cursos d'água, sendo fundamentais para a análise da disponibilidade hídrica e para o suporte ao planejamento da irrigação agrícola.

### **3.3. Processamento dos dados geoespaciais**

O processamento e a análise dos dados foram realizados em ambiente de Sistema de Informação Geográfica (SIG), utilizando o software QGIS, versão estável mais recente disponível no período do estudo. Inicialmente, todos os dados foram reprojatados para um mesmo sistema de referência cartográfica, garantindo consistência espacial entre as camadas analisadas.

A partir do MDT SRTM, foi gerado o mapa de declividade, expresso em porcentagem, por meio das ferramentas de análise de terreno do SIG. Em seguida, a declividade foi reclassificada em duas classes de aptidão topográfica para pivôs

centrais, com base em critérios técnicos amplamente adotados na literatura: áreas com declividade igual ou inferior a 5%, consideradas aptas à implantação de sistemas de irrigação por pivô central, e áreas com declividade superior a 5%, classificadas como áreas com restrição ou não aptas, devido às limitações operacionais e ao maior risco de processos erosivos.

O mapa de uso e cobertura do solo do MapBiomass foi recortado para os limites da bacia hidrográfica e reagrupado em classes de interesse para o estudo, destacando principalmente agricultura, pastagem, mosaico de agricultura e pastagem, vegetação natural e áreas urbanizadas. Esse procedimento permitiu uma análise mais objetiva da relação entre uso atual da terra e aptidão topográfica.

#### **3.4. Integração das variáveis e análise espacial**

As camadas de declividade, uso e cobertura do solo e hidrografia foram integradas por meio de operações de sobreposição espacial (overlay), possibilitando a identificação das áreas onde as condições topográficas favoráveis coincidem com usos agrícolas consolidados e proximidade de recursos hídricos. Essa integração resultou em mapas temáticos e tabelas de atributos que quantificam as áreas correspondentes a cada combinação de classes.

A análise espacial permitiu identificar zonas prioritárias para a implantação de pivôs centrais, bem como áreas com restrições técnicas e ambientais. O cruzamento entre declividade e uso do solo forneceu subsídios para avaliar o potencial de intensificação agrícola, enquanto a inclusão da hidrografia contribuiu para o entendimento da distribuição espacial dos recursos hídricos e sua relação com as áreas aptas à irrigação.

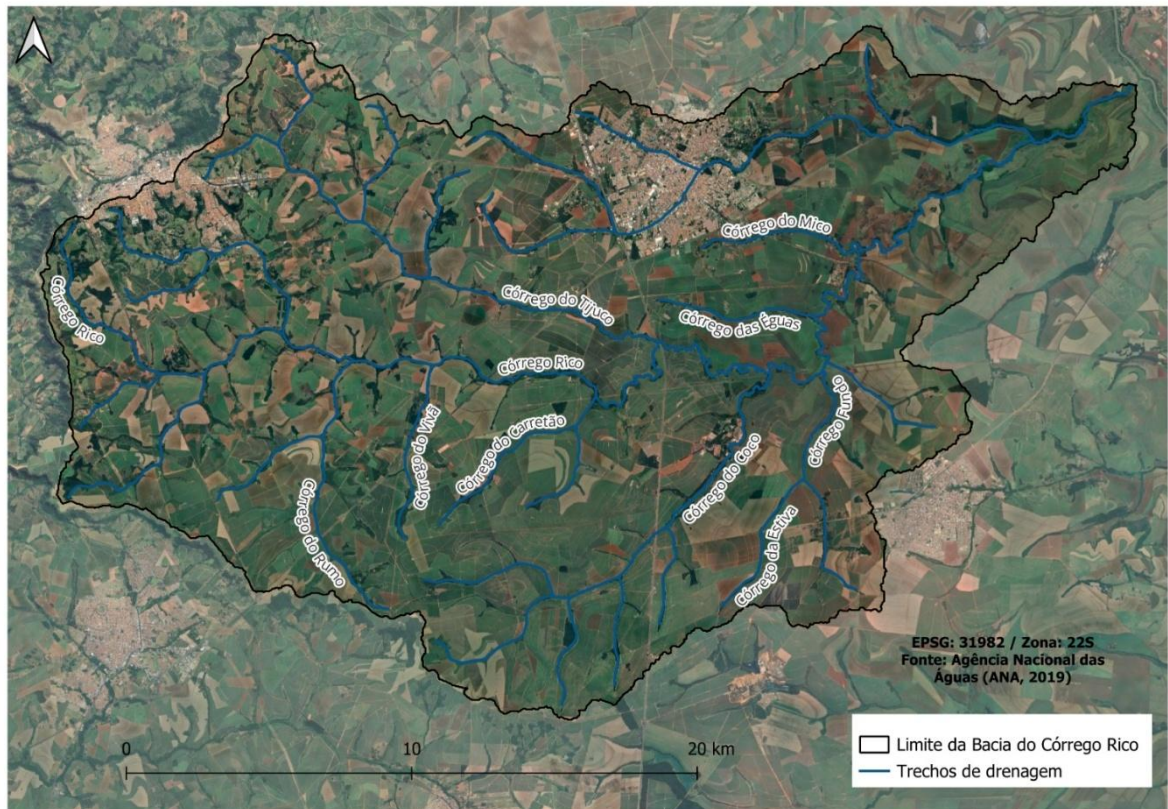
### **3.5. Síntese metodológica**

Por fim, os produtos gerados (mapas de declividade, uso do solo, hidrografia e potencial topográfico para irrigação) foram analisados de forma integrada, permitindo a interpretação espacial dos resultados à luz dos critérios técnicos da irrigação mecanizada e do planejamento agrícola sustentável. A metodologia adotada demonstra o potencial das geotecnologias como ferramenta eficiente para o zoneamento agrícola, oferecendo suporte técnico à tomada de decisão quanto à implantação racional de sistemas de irrigação por pivô central.

## **4. RESULTADOS E DISCUSSÃO**

A análise da hidrografia é essencial para compreender a dinâmica do escoamento superficial e a interação entre elementos naturais e intervenções antrópicas. A rede de drenagem da área de estudo, representada pela Figura 1, foi delimitada a partir do Modelo Digital de Elevação do Terreno (DEM), abrangendo aproximadamente 563 km<sup>2</sup>, com altitudes que variam desde cerca de 754 m, nas áreas mais elevadas da Serra do Jabuticabal, até aproximadamente 498 m no ponto de exutório, junto ao leito do Rio Mogi Guaçu.

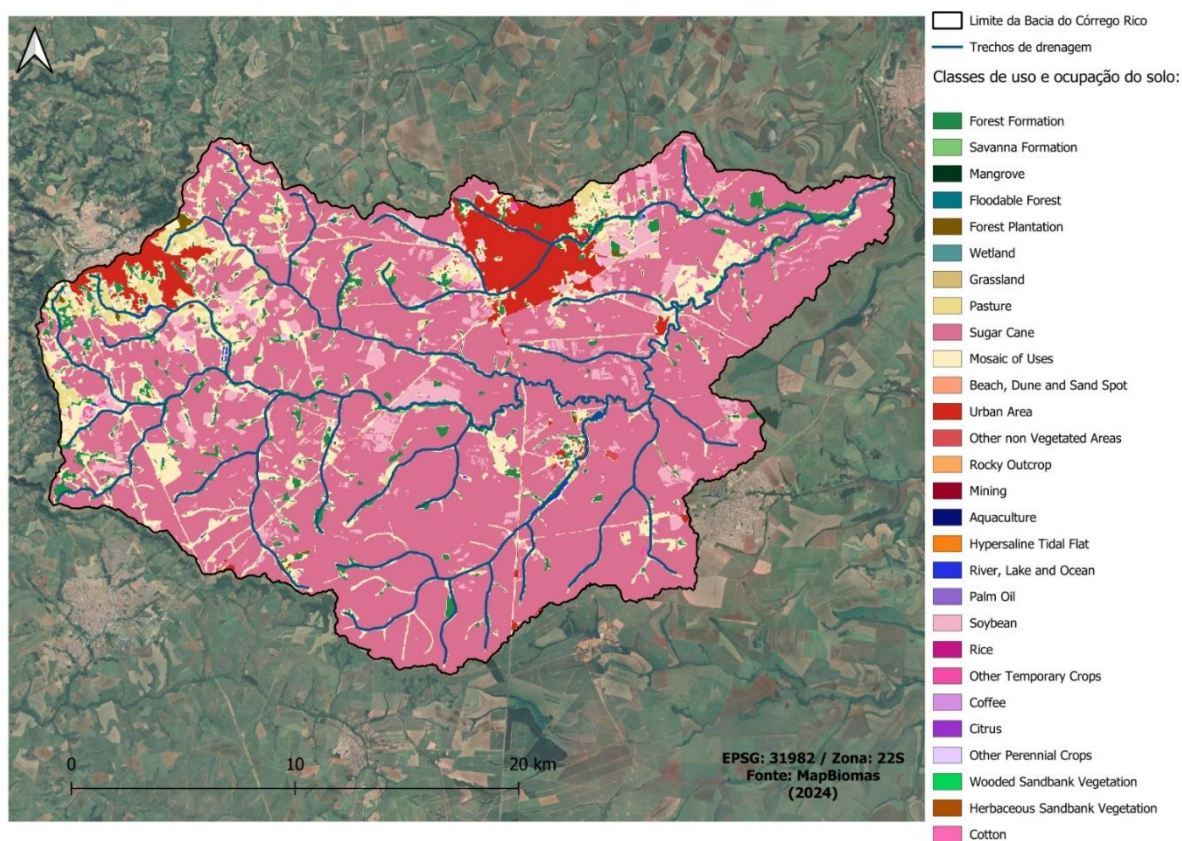
O curso d'água principal é o Córrego Rico, que apresenta orientação predominante no sentido leste–oeste e integra a Bacia Hidrográfica do Médio Mogi-Guaçu. Ao longo de seu percurso, o córrego recebe a contribuição de diversas microbacias, destacando-se, em uma de suas margens, os córregos da Fazenda Glória, do Rumo, do Vivã, do Carretão, do Coco, do Fundo e do Gordura, enquanto na margem oposta ocorrem os córregos do Gambá, do Tijuco, das Éguas e do Jabuticabal (Pissarra et al., 2009).



**Figura 1.** Mapa de drenagem da microbacia do Córrego Rico, Monte Alto – SP (Fonte: ANA, 2019).

As nascentes de parte significativa da rede de drenagem localizam-se na Serra do Jaboticabal, no município de Monte Alto, em altitudes próximas a 740 m, enquanto o Córrego do Jaboticabal tem sua nascente no município homônimo, a cerca de 670 m de altitude. Classificado como um tributário de sexta ordem da Bacia do Alto Rio Paraná (Pissarra, 2002), o Córrego Rico atravessa cinco municípios e percorre aproximadamente 60 km até sua confluência com o Rio Mogi Guaçu. Ao longo de seu trajeto, o curso d'água desempenha papel estratégico no abastecimento urbano e no recebimento de efluentes tratados, especialmente nos municípios de Monte Alto e Jaboticabal, reforçando a relevância de estudos hidrológicos e de planejamento ambiental na região.

A interpretação visual das imagens de satélite foi realizada com base na correlação entre os elementos espectrais observados e os atributos fisionômicos das comunidades vegetais e demais alvos da paisagem, permitindo a identificação e o reconhecimento das feições tanto em campo quanto nos produtos de sensoriamento remoto. A análise considerou padrões de forma, textura, tonalidade e contexto espacial como critérios auxiliares à interpretação. Conforme constatado na Figura 2, a cana-de-açúcar configura-se como um dos principais vetores de pressão ambiental na Bacia Hidrográfica do Córrego Rico, contribuindo significativamente para a alteração das condições naturais do meio físico.



**Figura 2.** Mapa de uso e ocupação do solo da microbacia do Córrego Rico, Monte Alto – SP, com destaque para a rede de drenagem (Fonte: MapBiomias, 2024 e ANA, 2019).

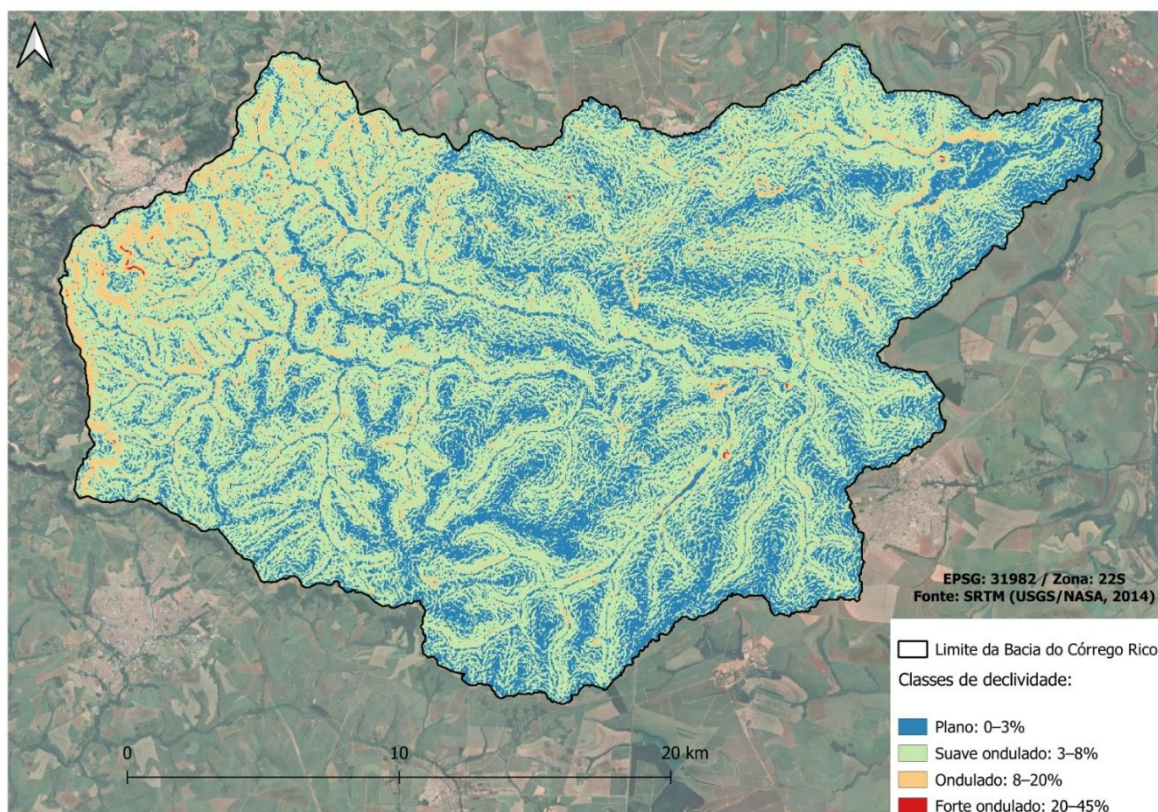
Os dados apresentados em seguida na Tabela 1 foram fornecidos pelo MapBiomas. No processo de uso e ocupação do solo, a cultura predominante, como já mencionado anteriormente, é cana-de-açúcar, seguido por Mosaico de usos, Soja, Área Urbanizada e Formação Florestal.

<b>Classe</b>	<b>Nome</b>	<b>Área (ha)</b>
46	Café	11,77
47	Citrus	24,69
48	Outras Lavouras Perenes	52,07
9	Silvicultura	99,05
25	Outras Áreas não Vegetadas	100,71
41	Outras Lavouras Temporárias	110,98
33	Rio, Lago e Oceano	161,01
11	Campo Alagado e Área Pantanosa	240,27
15	Pastagem	837,66
3	Formação Florestal	2.574,14
24	Área Urbanizada	2.874,35
39	Soja	3.603,15
21	Mosaico de Usos	8.471,41
20	Cana-de-Açúcar	38.003,49
<b>Total</b>		<b>57.164,72</b>

**Tabela 1.** Uso e Ocupação do Solo na Microbacia do Corrêgo Rico, Monte Alto – SP, em hectare (Fonte: Mapbiomas, 2024).

A altitude média da Bacia Hidrográfica do Córrego Rico é de aproximadamente 650 metros. A declividade é uma característica que infere no deslocamento de partículas do solo e, portanto, a intensidade do processo erosivo. A análise da declividade da microbacia do Córrego Rico (Figura 3) evidencia o domínio das classes ‘Suave Ondulado’ e ‘Plano’, conforme consta na Tabela 2, que ocupam a maior parte do território, especialmente nas áreas centrais e nas porções de menor altitude. As classes com inclinações intermediárias, como ‘Ondulado’, apresentam distribuição descontínua, ocorrendo principalmente ao longo das linhas de drenagem e nas

margens da bacia, onde o relevo se mostra mais dissecado. Já as áreas com maiores declividades, enquadradas na classe 'Forte Ondulado', restringem-se a setores pontuais, concentrando-se sobretudo nas porções leste, sudeste e noroeste da bacia hidrográfica.

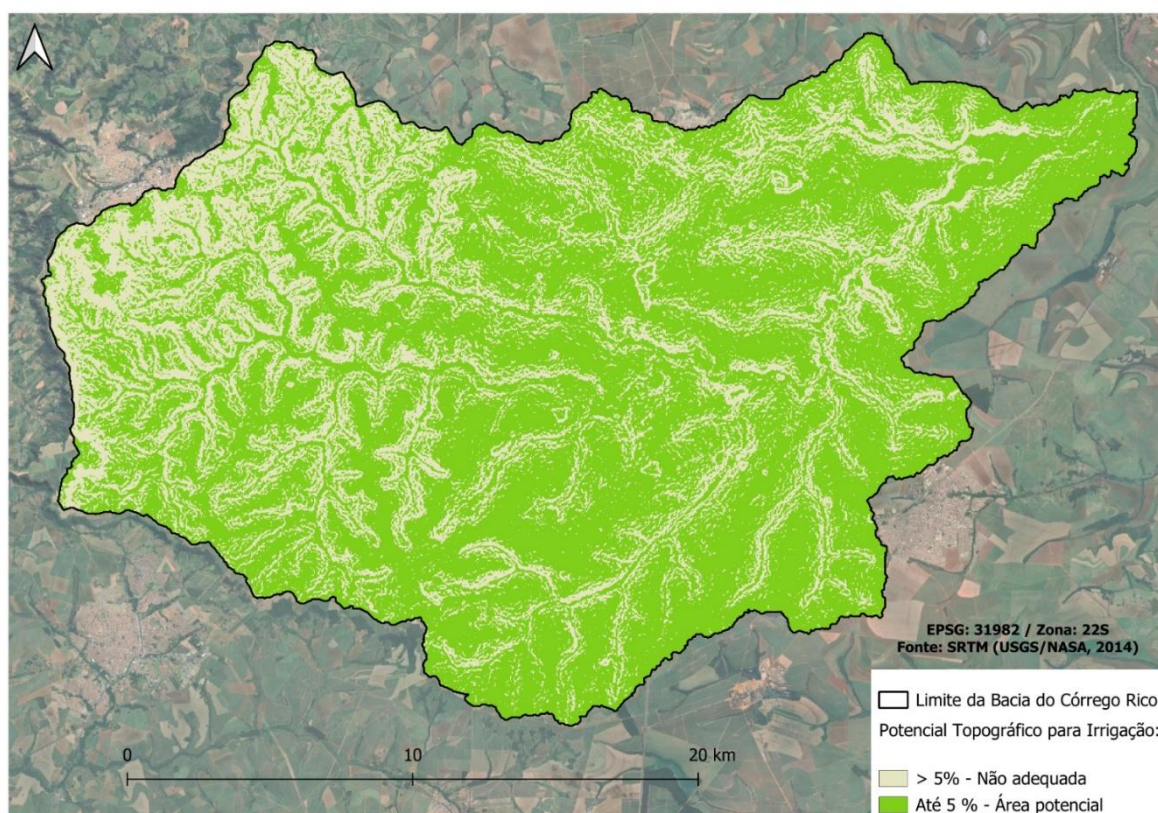


**Figura 3.** Mapa de declividade da microbacia do Córrego Rico, Monte Alto – SP (Fonte: SRTM (USGS/NASA, 2014) e Classificação EMBRAPA).

Classe	Declividade	Área (ha)
1	Plano: 0-3%	18.043,83
2	Suave ondulado: 3-8%	35.531,73
3	Ondulado: 8-20%	3.495,60
4	Forte ondulado: 20-45%	20,52

**Tabela 2.** Declividade predominante da microbacia do Córrego Rico, Monte Alto – SP (Fonte: SRTM (USGS/NASA, 2014)).

A análise integrada de dados topográficos e de uso do solo na Bacia do Córrego Rico possibilitou delinear zonas com diferentes níveis de aptidão para implantação de pivôs centrais (Figura 4). Os resultados mostram que as áreas com declividade inferior a 5% tendem a ser mais favoráveis para a operação de equipamentos mecanizados de irrigação, corroborando critérios técnicos frequentemente adotados em análises semelhantes em outras regiões agrícolas



**Figura 4.** Mapa de Potencial Topográfico para Irrigação da microbacia do Córrego Rico, Monte Alto – SP.

A análise conjunta das Tabelas 3 e 4 evidencia padrões espaciais consistentes entre o uso e ocupação do solo e a aptidão topográfica para a irrigação, permitindo uma interpretação integrada do potencial territorial da microbacia do Córrego Rico para a implantação de sistemas de irrigação por pivô central. Os resultados

demonstram que a distribuição das classes de uso do solo não ocorre de forma aleatória em relação ao relevo, refletindo tanto condicionantes físicos quanto decisões históricas de ocupação agrícola.

Nas áreas classificadas como potencialmente aptas à irrigação (Tabela 3), observa-se o claro predomínio da cana-de-açúcar, que ocupa aproximadamente 27.777 ha, correspondendo à maior parcela das áreas com declividade favorável. Esse resultado indica elevada compatibilidade entre essa cultura e os terrenos mais planos da bacia, além de evidenciar oportunidades concretas para a adoção ou ampliação da irrigação mecanizada, com menores custos de implantação e menor risco de degradação do solo. Esse padrão também reforça a tendência de concentração de culturas altamente mecanizadas em áreas com melhor aptidão topográfica.

<b>Classe</b>	<b>Nome</b>	<b>Área (ha)</b>
46	Café (beta)	2,26
47	Citrus	8,57
48	Outras Lavouras Perenes	22,62
9	Silvicultura	33,39
11	Campo Alagado e Área Pantanosa	103,83
41	Outras Lavouras Temporárias	103,93
33	Rio, Lago e Oceano	111,16
25	Outras Áreas não Vegetadas	117,00
15	Pastagem	390,38
3	Formação Florestal	1789,44
24	Área Urbanizada	1831,22
39	Soja	2481,52
21	Mosaico de Agricultura e Pastagem	4943,42
20	Cana-de-açúcar	27776,99

Tabela 3. Área com Potencial Topográfico em relação ao uso e ocupação do solo (Fonte: MapBiomias, 2024 e SRTM, 2014).

O mosaico de agricultura e pastagem, com cerca de 4.943 ha em áreas aptas, representa um uso intermediário, indicando espaços com potencial significativo para intensificação produtiva por meio da conversão para sistemas agrícolas irrigados ou da modernização das práticas já existentes. A presença expressiva de soja (2.482 ha) em áreas com relevo favorável reforça o alinhamento entre agricultura anual mecanizada e condições topográficas adequadas, aspecto fundamental para a viabilidade técnica do pivô central.

As classes de formação florestal (1.789 ha) e área urbanizada (1.831 ha) também aparecem em áreas com potencial topográfico, porém com funções distintas. Enquanto a vegetação natural desempenha papel essencial na regulação hidrológica e na conservação ambiental, a presença de áreas urbanas indica restrições práticas à expansão agrícola irrigada, embora essas áreas influenciem diretamente a demanda e a gestão dos recursos hídricos da bacia.

Em contraste, a Tabela 4, referente às áreas não adequadas à irrigação, revela que uma parcela relevante das atividades agropecuárias encontra-se em terrenos com maiores limitações topográficas. A cana-de-açúcar permanece como a classe de maior extensão nessas áreas, totalizando cerca de 9.804 ha, o que sugere a existência de cultivos em encostas ou terrenos ondulados, onde a implantação de pivôs centrais se torna tecnicamente restritiva e ambientalmente mais sensível. Nessas condições, práticas conservacionistas tornam-se indispensáveis para mitigar riscos de erosão e degradação do solo.

<b>Classe</b>	<b>Nome</b>	<b>Área (ha)</b>
47	Citrus	0,56
46	Café (beta)	11,44
11	Campo Alagado e Área Pantanosa	15,40
48	Outras Lavouras Perenes	28,31
25	Outras Áreas não Vegetadas	42,67
33	Rio, Lago e Oceano	50,62
41	Outras Lavouras Temporárias	51,55
9	Silvicultura	63,62
15	Pastagem	627,90
39	Soja	759,15
24	Área Urbanizada	942,08
3	Formação Florestal	1271,66
21	Mosaico de Agricultura e Pastagem	3646,69
20	Cana-de-açúcar	9804,05

Tabela 4. Área não adequada a Irrigação em relação ao uso e ocupação do solo (Fonte: MapBiomias, 2024 e SRTM, 2014).

O mosaico de agricultura e pastagem, com aproximadamente 3.647 ha em áreas não aptas, evidencia que parte significativa da produção agropecuária ocorre em relevo desfavorável, o que pode comprometer a eficiência produtiva e aumentar a vulnerabilidade ambiental. A formação florestal, que ocupa cerca de 1.272 ha nessas áreas, destaca-se como elemento fundamental para a estabilidade do relevo, justificando sua manutenção como áreas de proteção e conservação.

A soja (759 ha) e a pastagem (628 ha) também estão presentes em áreas com restrição topográfica, indicando situações em que o uso agrícola se estabelece sob condições menos favoráveis, o que reforça a necessidade de planejamento territorial orientado por critérios técnicos. A ocorrência de áreas urbanizadas (942 ha) em terrenos não adequados reflete o processo histórico de ocupação e amplia a complexidade da gestão ambiental e hídrica da bacia.

De forma integrada, a comparação entre as Tabelas 3 e 4 demonstra que a maior parte das áreas agrícolas mais intensivas da microbacia concentra-se em terrenos com declividade favorável, configurando um cenário promissor para a implantação planejada de pivôs centrais. Contudo, a presença expressiva de usos agrícolas em áreas não aptas evidencia riscos ambientais e limitações operacionais, reforçando a importância do zoneamento agrícola baseado em geotecnologias como instrumento estratégico para orientar a expansão da irrigação, reduzir conflitos de uso do solo e promover a sustentabilidade produtiva da microbacia do Córrego Rico.

## **5. CONCLUSÕES**

A aplicação de geotecnologias no zoneamento agrícola da microbacia do Córrego Rico demonstrou-se eficaz para a identificação e a espacialização das áreas com diferentes níveis de aptidão à implantação de sistemas de irrigação por pivô central. A integração de dados topográficos, de uso e ocupação do solo e da rede hidrográfica, em ambiente de Sistema de Informação Geográfica, permitiu uma análise consistente das condicionantes físico-ambientais que influenciam diretamente a viabilidade técnica e ambiental da irrigação mecanizada.

Os resultados evidenciaram que a maior parte das áreas agrícolas da microbacia encontra-se em terrenos com declividades favoráveis, especialmente nas classes de relevo plano e suave ondulado, o que configura um cenário propício à expansão planejada da irrigação por pivô central. A expressiva ocupação dessas áreas por culturas como cana-de-açúcar, soja e mosaicos de agricultura e pastagem reforça a compatibilidade entre o uso atual do solo e as condições topográficas necessárias à mecanização e à intensificação produtiva.

Por outro lado, a presença significativa de atividades agropecuárias em áreas classificadas como não adequadas à irrigação, associadas a maiores declividades, evidencia limitações operacionais e potenciais riscos ambientais, como aumento da suscetibilidade à erosão e à degradação do solo. Esses resultados ressaltam a importância da adoção de práticas conservacionistas e do uso criterioso da irrigação, especialmente em áreas com restrições topográficas, onde a implantação de pivôs centrais pode implicar maiores custos e impactos ambientais.

A análise da rede hidrográfica, baseada nos dados da Agência Nacional de Águas, contribuiu para o entendimento da distribuição espacial dos recursos hídricos na microbacia e reforçou a necessidade de planejamento integrado entre disponibilidade de água, uso do solo e aptidão topográfica. Tal integração é fundamental para garantir a sustentabilidade hídrica e o equilíbrio ambiental frente à expansão da agricultura irrigada.

Dessa forma, o zoneamento agrícola proposto constitui uma ferramenta estratégica para o planejamento territorial da irrigação por pivô central, oferecendo subsídios técnicos para a tomada de decisão por produtores rurais, gestores públicos e órgãos de planejamento. A metodologia adotada, baseada em dados públicos e técnicas de geoprocessamento, apresenta potencial de replicação em outras bacias hidrográficas, contribuindo para o uso racional da água, a conservação do solo e o desenvolvimento sustentável da agricultura irrigada.

## 6. REFERÊNCIAS

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS E SANEAMENTO BÁSICO (ANA). Base hidrográfica otocodificada do Brasil. Brasília: ANA, 2019.

ALVES, R. E. A relação entre agricultura, degradação do solo e tempestades de areia. **Revista Ayika**, v. 1, n. 1, p. 50-66, 2021.

ATTANASIO, C. M. et al. A importância das áreas ripárias para a sustentabilidade hidrológica do uso da terra em microbacias hidrográficas. **Bragantia**, v. 71, n. 4, p. 493-501, 2012.

BACK, A. J. Estimativas de perdas de solo por erosão hídrica por meio da Equação Universal de Perdas de Solo. **Boletim Técnico**, n. 210, 2023.

BAEZA, S. et al. Two decades of land cover mapping in the Río de la Plata grassland region: The MapBiomias Pampa initiative. **Remote Sensing Applications: Society and Environment**, v. 28, p. 100834, 2022.

BARROS, R. M.; SILVA, J. R.; OLIVEIRA, F. T.; COSTA, A. L. Topographic constraints on irrigation systems and soil erosion risk. **Land Use Policy**, Amsterdam, v. 95, p. 104-111, 2020.

BERTONI, J.; LOMBARDI NETO, F. **Conservação do solo**. 6. ed. São Paulo: Ícone, 2012.

BESKOW, S. et al. Soil erosion prediction in the Grande River Basin, Brazil using distributed modeling. **Catena**, v. 79, n. 1, p. 49-59, 2009.

BEUTLER, J. F. et al. Perdas de solo e água num Latossolo Vermelho aluminoférrico submetido a diferentes sistemas de preparo e cultivo sob chuva natural. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 27, p. 509-517, 2003.

BEZERRA, S. A.; CANTALICE, J. R. B. Interrill erosion under different conditions of soil cover of sugarcane. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 30, p. 565-573, 2006.

BHAVE, A. G.; CONWAY, D.; DESSAI, S.; STAINFORTH, D. A. Water resource planning under future climate and socio-economic uncertainty. **Environmental Modelling & Software**, Oxford, v. 61, p. 306-316, 2014.

BUENO, C. R. P.; ARRAES, C. L.; MIQUELONI, D. P. Aplicação do sistema de informação geográfica para determinação do fator topográfico em bacias hidrográficas. **Revista Brasileira de Tecnologia Aplicada nas Ciências Agrárias**, v. 4, n. 2, p. 30-47, 2011.

BURROUGH, P. A.; MCDONNELL, R. A. Principles of geographical information systems. 3. ed. Oxford: **Oxford University Press**, 2015.

CARAMINAN, L. M.; DE MORAIS, E. S. Explorando à álgebra de mapas com a EUPS e a sua utilidade para a gestão integrada: a bacia hidrográfica do córrego Pindaúva, PR, Brasil. **Revista Brasileira de Geomorfologia**, v. 23, n. 1, p. 1117, 2022.

CARAMINANE, A. M.; MORAIS, M. C. Aplicação da Equação Universal de Perda de Solos na avaliação da dinâmica das perdas de solos na bacia hidrográfica do córrego Pindaúva (PR) entre 1980 e 2018. **Revista Brasileira de Geomorfologia**, v. 23, n. 1, p. 1117-1132, 2022.

CARDOSO, E. L. **Perda de solo por erosão usando USLE e SIG, no manancial da bacia hidrográfica do córrego rico**. 2023. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal, 2023.

CAROLLO, F. G.; FERRO, V.; SERIO, M. A. Predicting rainfall erosivity by momentum and kinetic energy in Mediterranean environment. **Journal of Hydrology**, v. 560, p. 173-183, 2018.

CARVALHO, J. L. N. et al. Crop rotation and green manure in soybean-sugarcane systems: Impacts on soil carbon and nitrogen dynamics. **Agriculture, Ecosystems & Environment**, v. 304, p. 107149, 2020.

COSTA, B. O. **Perda de solo na bacia hidrográfica do Córrego Rico – SP, utilizando técnicas de geoprocessamento**. 2014. Tese (Doutorado em Agronomia) - Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal, 2014.

DE MORISSON VALERIANO, M.; DE FÁTIMA ROSSETTI, D. Topodata: Brazilian full coverage refinement of SRTM data. **Applied Geography**, v. 32, n. 2, p. 300-309, 2012.

DE OLIVEIRA COSTA, B. et al. Factors of soil erosion in the Córrego Rico watershed, São Paulo, Brazil. **IRRIGA**, v. 21, n. 3, p. 530-530, 2016.

DE SOUZA PINHEIRO, L.; DA CUNHA, C. M. L. A importância da geração do fator topográfico (LS) da EUPS para modelagem erosiva de bacia hidrográfica. **Revista Geográfica de América Central**, v. 2, n. 47E, 2011.

DE SOUZA ROLIM, G. et al. Köppen and Thornthwaite climate classification systems in defining climatical regions of the state of São Paulo, Brazil. **International Journal of Climatology**, v. 36, n. 2, 2016.

DESMET, P. J. J.; GOVERS, G. A GIS procedure for automatically calculating the USLE LS factor on topographically complex landscape units. **Journal of Soil and Water Conservation**, v. 51, n. 5, p. 427-433, 1996.

DUARTE, M. L. et al. Determinação da Erodibilidade do Solo por Meio de Dois Métodos Indiretos em uma bacia hidrográfica na região sul do estado do Amazonas, Brasil. **Revista Brasileira de Geomorfologia**, v. 21, n. 2, 2020.

EVANS, R. G.; KING, B. A. Site-specific sprinkler irrigation in a water-limited future. *Transactions of the ASABE, St. Joseph*, v. 55, n. 2, p. 493-504, 2012.

FARACO, P. H. F. P. B. **Influência da suscetibilidade à erosão no uso e ocupação do solo: o caso da bacia do rio Jacaré-Pepira**. 2023. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia) - Universidade de São Paulo, São Carlos, 2023.

FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS (FAO). **Water for sustainable food and agriculture**. Rome: FAO, 2017.

GOMES, T. F. et al. Runoff, soil loss, and sources of particulate organic carbon delivered to streams by sugarcane and riparian areas: An isotopic approach. **Catena**, v. 181, p. 104083, 2019.

LI, X. et al. Sugarcane nitrogen concentration and irrigation level prediction based on UAV multispectral imagery. **Sensors**, v. 22, n. 7, p. 2711, 2022.

LOMBARDI NETO, F.; MOLDENHAUER, W. C. Erosividade da chuva: sua distribuição e relação com as perdas de solo em Campinas (SP). **Bragantia**, v. 51, p. 189-196, 1992.

MANTOVANI, E. C.; BERNARDO, S.; PALARETTI, L. F. Irrigação: princípios e métodos. 2. ed. Viçosa, MG: Editora UFV, 2009.

MARCUSSI, A. B. **Caracterização do uso do solo e das áreas de preservação permanente, visando a adequação ambiental**. 2010. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal, 2010.

MARTINS, S. G. et al. Erodibilidade do solo nos tabuleiros costeiros. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v. 41, n. 3, p. 322-327, 2011.

MATIAS, T. P. et al. A sustentabilidade Ambiental: da utopia à emergência. **Revista Brasileira de Educação Ambiental**, v. 15, n. 4, p. 160-174, 2020.

PIMENTEL, D.; BURGESS, M. Soil erosion threatens food production. **Agriculture**, v. 3, p. 443-463, 2013.

PISSARRA, T. C. T. et al. Análise morfométrica da microbacia hidrográfica do córrego rico, região nordeste do Estado de São Paulo. **Científica**, v. 34, n. 2, p. 170-177, 2006.

PISSARRA, T. C. T.; POLITANO, W.; FERRAUDO, A. S. Avaliação de características morfométricas na relação solo-superfície da bacia hidrográfica do Córrego Rico, Jaboticabal (SP). **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 28, n. 2, p. 297-305, 2004.

RODRIGUES, F. M. et al. Mapping for environmental planning the basin of Córrego Rico, São Paulo. **Journal of Hyperspectral Remote Sensing**, v. 3, n. 3, p. 45-58, 2013.

RODRIGUES, Flávia Mazzer. Caracterização ambiental da bacia hidrográfica do Córrego Rico, Jaboticabal-SP. 2013.

SILVA, F. D. G. B. et al. Previsão da perda de solo na Fazenda Canchim - SP (EMBRAPA) utilizando geoprocessamento e o USLE 2D. **Engenharia Sanitária e Ambiental**, v. 15, n. 2, p. 141-148, 2010.

SILVA, R. A.; TOLENTINO JÚNIOR, M. Declividade como fator limitante à implantação de sistemas de irrigação. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 24, n. 6, p. 393-400, 2020.

SILVA, R. L.; DE MARIA, I. C. Erosão em sistema plantio direto: influência do comprimento de rampa e da direção de semeadura. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 15, p. 554-561, 2011.

SOUZA JR, C. M. et al. Reconstructing three decades of land use and land cover changes in brazilian biomes with landsat archive and earth engine. **Remote Sensing**, v. 12, n. 17, p. 2735, 2020.

SOUZA, V.; GALVANI, E. Determinação do potencial natural à erosão laminar na bacia do Rio Jacaré Guaçú (SP). **Revista do Departamento de Geografia**, v. 29, p. 8-23, 2015.

SRBINOVSKA, M.; GAVRILOVSKA, L.; DIMIROVSKI, G.; KRSTEVSKI, D. Environmental parameters monitoring in precision agriculture using wireless sensor networks. **Computers and Electronics in Agriculture**, Amsterdam, v. 110, p. 146-154, 2015.

THOMAZ, E. L.; MARCATTO, F. S.; ANTONELI, V. Soil erosion on the Brazilian sugarcane cropping system: An overview. **Geography and Sustainability**, v. 3, n. 2, p. 129-138, 2022.

XAVIER, A. C. et al. New improved Brazilian daily weather gridded data (1961–2020). **International Journal of Climatology**, v. 42, n. 16, p. 8390-8404, 2022.

ZANINI, H. L. H. T. et al. Caracterização da água da microbacia do córrego Rico avaliada pelo índice de qualidade de água e de estado trófico. **Engenharia Agrícola**, v. 30, p. 732-741, 2010.

ZHANG, C.; WANG, Q.; WANG, X. Precision agriculture—a worldwide overview. **Computers and Electronics in Agriculture**, Amsterdam, v. 174, p. 105-114, 2020.

ZOLIN, D. A. et al. Carta de áreas prioritárias à recuperação para a microbacia do córrego Curupaí, Mato Grosso do Sul. **Research, Society and Development**, v. 11, n. 6, e47011629416, 2022.