

**INFLUÊNCIA DA COBERTURA VEGETAL NA ATENUAÇÃO DE RAJADAS DE VENTO EM RIO BONITO DO IGUAÇU – PR**

**INFLUENCE OF VEGETATION COVER ON WIND GUST ATTENUATION IN RIO BONITO DO IGUAÇU – PR**

**INFLUENCIA DE LA COBERTURA VEGETAL EN LA ATENUACIÓN DE RÁFAGAS DE VIENTO EN RÍO BONITO DO IGUAÇU - PR**



10.56238/revgeov17n2-020

**Khistian Lucas de Moraes Almeida**

Discente do curso de Engenharia Agrônômica

Instituição: Centro de Ciências Agrárias da Universidade Estadual da Região Tocantina do Maranhão (CCA/UEMASUL)

E-mail: khisstiann1256@gmail.com

**Pedro Lucas Pereira Silva**

Discente do curso de Engenharia Agrônômica

Instituição: Centro de Ciências Agrárias da Universidade Estadual da Região Tocantina do Maranhão (CCA/UEMASUL)

E-mail: pedro.pereira@uemasul.edu.br

**Rones Dias de Abreu**

Discente do curso de Geografia

Instituição: Universidade Estadual da Região Tocantina do Maranhão (UEMASUL) - Amarante

E-mail: rones.abreu@uemasul.edu.br

**Jackeline de Melo Carvalho**

Discente do curso de Geografia

Instituição: Universidade Estadual da Região Tocantina do Maranhão (UEMASUL) - Amarante

E-mail: jackeline.carvalho@uemasul.edu.br

**Daniel Carlos Machado**

Doutorando em Agronomia (Ciência do Solo)

Instituição: Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho" (UNESP) - Campus Jaboticabal

E-mail: daniel.c.machado@unesp.br

**Patrícia Ferreira Cunha Sousa**

Doutora em Agronomia - Genética e Melhoramento de Plantas

Instituição: Universidade do Estado do Amapá (UEAP) - Campus Amapá

E-mail: patricia.sousa@uemasul.edu.br



**Leanne Teles Pereira**

Doutoranda em Biodiversidade e Biotecnologia - Rede BIONORTE

Instituição: Centro de Ciências Agrárias da Universidade Estadual da Região Tocantina do Maranhão  
(CCA/UEMASUL)

E-mail: leanne.pereira@uemasul.edu.br

**Ruth de Abreu Araújo**

Doutora em Produção Vegetal

Instituição: Centro de Ciências Agrárias da Universidade Estadual da Região Tocantina do Maranhão  
(CCA/UEMASUL)

E-mail: rutha.araujo@uemasul.edu.br

**Kalyne Pereira Miranda Nascimento**

Doutoranda em Biodiversidade e Biotecnologia - Rede BIONORTE

Instituição: Centro de Ciências Agrárias da Universidade Estadual da Região Tocantina do Maranhão  
(CCA/UEMASUL)

E-mail: kalyneengenheiraag@hotmail.com

**Wilson Araújo da Silva**

Doutor em Agronomia

Instituição: Centro de Ciências Agrárias da Universidade Estadual da Região Tocantina do Maranhão  
(CCA/UEMASUL)

E-mail: wilson@uemasul.edu.br

**Cristiane Matos da Silva**

Doutora em Ciência e Tecnologia Ambiental

Instituição: Centro de Ciências Agrárias da Universidade Estadual da Região Tocantina do Maranhão  
(CCA/UEMASUL)

E-mail: cristiane.silva@uemasul.edu.br

**Jonathan dos Santos Viana**

Doutor em Agronomia (Ciência do Solo)

Instituição: Centro de Ciências Agrárias da Universidade Estadual da Região Tocantina do Maranhão  
(CCA/UEMASUL)

E-mail: jonathan.viana@uemasul.edu.br

---

**RESUMO**

A intensificação das atividades antrópicas, especialmente a expansão agrícola e a supressão da cobertura vegetal, tem provocado alterações relevantes nos sistemas ambientais, afetando o microclima, a dinâmica atmosférica e a frequência de eventos extremos. Nesse cenário, as geotecnologias assumem papel fundamental ao possibilitar a análise espacial e o monitoramento das mudanças no uso e cobertura do solo, contribuindo para a compreensão dos processos ambientais associados. Este estudo teve como objetivo analisar a influência da cobertura vegetal na dinâmica ambiental do município de Rio Bonito do Iguaçu – PR, com ênfase nas transformações do uso e ocupação do solo, utilizando técnicas de geoprocessamento como subsídio à gestão territorial. A metodologia baseou-se em levantamento bibliográfico e na análise de dados geoespaciais da



plataforma MapBiomias, processados em ambiente de Sistema de Informação Geográfica (SIG) por meio do software QGIS, com apoio do Google Earth Pro para validação visual. Foram realizadas análises comparativas e elaborados mapas temáticos. Os resultados indicaram redução da cobertura vegetal e expansão de áreas agrícolas e urbanizadas, associadas à alteração do balanço energético da superfície, intensificação de ilhas de calor e perda de serviços ecossistêmicos. Em contrapartida, áreas com maior cobertura vegetal apresentaram maior capacidade de regulação climática e ambiental. Conclui-se que a cobertura vegetal é essencial para a estabilidade ambiental regional e que o uso integrado de geotecnologias é indispensável ao planejamento ambiental, à mitigação de impactos e à promoção da sustentabilidade.

**Palavras-chave:** Cobertura Vegetal. Geotecnologias. Uso e Ocupação do Solo.

### ABSTRACT

The intensification of anthropogenic activities, especially agricultural expansion and the suppression of vegetation cover, has caused relevant changes in environmental systems, affecting the microclimate, atmospheric dynamics and the frequency of extreme events. In this scenario, geotechnologies play a fundamental role in enabling spatial analysis and monitoring of changes in land use and land cover, contributing to the understanding of associated environmental processes. This study aimed to analyze the influence of vegetation cover on the environmental dynamics of the municipality of Rio Bonito do Iguaçu – PR, with emphasis on the transformations of land use and occupation, using geoprocessing techniques as a subsidy to territorial management. The methodology was based on a bibliographic survey and the analysis of geospatial data from the MapBiomias platform, processed in a Geographic Information System (GIS) environment through the QGIS software, with the support of Google Earth Pro for visual validation. Comparative analyses were carried out and thematic maps were elaborated. The results indicated a reduction in vegetation cover and expansion of agricultural and urbanized areas, associated with changes in the energy balance of the surface, intensification of heat islands and loss of ecosystem services. On the other hand, areas with greater vegetation cover showed greater capacity for climate and environmental regulation. It is concluded that the vegetation cover is essential for regional environmental stability and that the integrated use of geotechnologies is indispensable for environmental planning, impact mitigation and the promotion of sustainability.

**Keywords:** Mulch. Geotechnologies. Land Use and Occupation.

### RESUMEN

La intensificación de las actividades antropogénicas, especialmente la expansión agrícola y la supresión de la cobertura vegetal, ha provocado cambios relevantes en los sistemas ambientales, afectando al microclima, la dinámica atmosférica y la frecuencia de eventos extremos. En este escenario, las geotecnologías desempeñan un papel fundamental al permitir el análisis espacial y la monitorización de los cambios en el uso y la cobertura del suelo, contribuyendo a la comprensión de los procesos ambientales asociados. Este estudio tuvo como objetivo analizar la influencia de la cobertura vegetal en la dinámica ambiental del municipio de Río Bonito do Iguaçu – PR, con énfasis en las transformaciones del uso y ocupación del suelo, utilizando técnicas de geoprocésamiento como subsidio a la gestión territorial. La metodología se basó en un levantamiento bibliográfico y el análisis de datos geoespaciales de la plataforma MapBiomias, procesados en un entorno de Sistema de Información Geográfica (SIG) a través del software QGIS, con el soporte de Google Earth Pro para validación visual. Se realizaron análisis comparativos y se elaboraron mapas temáticos. Los resultados indicaron una reducción de la cobertura vegetal y la expansión de áreas agrícolas y urbanizadas, asociadas a cambios en el balance energético de la superficie, intensificación de islas de calor y pérdida de servicios ecossistémicos. Por otro lado, las zonas con mayor cobertura vegetal mostraron mayor capacidad para la regulación climática y ambiental. Se concluye que la cobertura vegetal es esencial



para la estabilidad ambiental regional y que el uso integrado de geotecnologías es indispensable para la planificación ambiental, la mitigación de impactos y la promoción de la sostenibilidad.

**Palabras clave:** Mantillo. Geotecnologías. Uso y Ocupación del Suelo.



## 1 INTRODUÇÃO

A trajetória da humanidade é intrinsecamente marcada pela interconexão entre avanço tecnológico e progresso socioeconômico, culminando na busca contínua por otimização e resiliência frente a desafios complexos. No Brasil, uma economia em expansão e profundamente alicerçada no setor primário, essa dinâmica é particularmente evidente. O agronegócio não apenas representa um pilar robusto para a formação do Produto Interno Bruto (PIB) nacional e a geração de superávits comerciais (Souza, 2023; CEPEA, 2023), mas também impõe desafios significativos relacionados à gestão territorial e ambiental, dada a sua escala e intensidade.

A expansão ininterrupta de culturas anuais, como *Glycine max* (L.) Merr. (soja), que se estende por vastas porções do território nacional, embora catalise expressivos ganhos em exportação, acentua a urgência de estratégias avançadas de gestão territorial e ambiental. Nesse panorama, o desenvolvimento e a aplicação de geotecnologias – notadamente técnicas de geoprocessamento e Sensoriamento Remoto – tornam-se ferramentas indispensáveis. Estas não apenas permitem a análise ambiental e o monitoramento preciso de extensas áreas geográficas sem a necessidade de deslocamento físico, otimizando diagnósticos e o planejamento territorial (Silva et al., 2022), mas também fundamentam a agricultura de precisão, a detecção de mudanças no uso do solo e a avaliação de impactos ambientais em tempo real.

A capacidade preditiva e analítica das geotecnologias transcende o âmbito produtivo, oferecendo um potencial robusto para a governança pública. Elas são essenciais para subsidiar o planejamento urbano, a defesa civil e a gestão estratégica de recursos naturais em escalas municipal e estadual (IBGE, 2021), especialmente em regiões sob pressão da fronteira agrícola. Adicionalmente, a relevância dessas tecnologias é amplificada na compreensão da interação crítica entre a cobertura vegetal e a estabilidade ambiental. A cobertura do solo, por exemplo, não apenas modera a velocidade dos ventos, com superfícies vegetadas atuando como barreiras físicas eficazes na dissipação da energia eólica, mas também reduz o poder destrutivo de eventos climáticos extremos e contribui para a conservação do solo e da biodiversidade (Santos, 2021).

Diante desse cenário complexo e interdependente, a integração estratégica de mecânicas avançadas e softwares de processamento de dados, intrínsecos às geotecnologias, emerge como um pilar central para a promoção da sustentabilidade do agronegócio brasileiro. Elas são cruciais não apenas para otimizar a produtividade e a competitividade econômica, mas também para fortalecer a resiliência territorial e mitigar os impactos ambientais decorrentes da expansão agrícola, delineando um caminho para o desenvolvimento equilibrado e informado.

Este estudo teve como objetivo analisar a influência da cobertura vegetal na dinâmica ambiental do município de Rio Bonito do Iguaçu – PR, com ênfase nas transformações do uso e ocupação do solo, utilizando técnicas de geoprocessamento como subsídio à gestão territorial.



## 2 REFERENCIAL TEÓRICO

A intervenção antropogênica sobre os ecossistemas terrestres, especialmente por meio da remoção da cobertura vegetal, desencadeia uma cascata de processos degradativos que afetam diretamente a dinâmica hidrológica e edáfica. A exposição direta do solo à radiação solar e ao impacto cinético das gotas de chuva não apenas promove a desagregação de seus agregados estruturais e o subsequente selamento superficial, mas também compromete drasticamente a taxa de infiltração de água e potencializa o escoamento superficial, marcando o início e a intensificação do processo erosivo (Bertoni; Lombardi Neto, 2012).

Concomitantemente, a supressão da vegetação altera o balanço de energia na interface solo-atmosfera, resultando em aumento do albedo e redução da evapotranspiração. Tais modificações biofísicas influenciam diretamente o microclima local, elevando a temperatura e diminuindo a umidade relativa do ar (Santos; Silveira; Braga, 2016), o que pode exacerbar condições de estresse hídrico e térmico para os remanescentes biológicos e sistemas produtivos.

Em uma escala mais ampla, a descaracterização da cobertura vegetal e a subsequente exposição do solo influenciam de maneira crítica a rugosidade da superfície e os padrões de convecção atmosférica. Essas alterações macroclimáticas podem culminar na redução e irregularidade dos regimes pluviométricos regionais, prolongando os períodos de estiagem e impactando a disponibilidade hídrica para ecossistemas e atividades socioeconômicas (Nobre, 2014).

A perda da camada superficial do solo por erosão hídrica, agravada pela ausência de proteção vegetal, acarreta a diminuição substancial de matéria orgânica e nutrientes essenciais, comprometendo a fertilidade do solo, sua capacidade de armazenamento de água e a resiliência intrínseca dos ecossistemas frente a distúrbios (Lepsch, 2010). A substituição da cobertura vegetal nativa por monoculturas agrícolas, por exemplo, modifica drasticamente os fluxos de energia e água na superfície, uma vez que ecossistemas naturais, caracterizados por vegetação permanente e maior biomassa, apresentam albedo e rugosidade aerodinâmica distintos dos padrões observados em culturas anuais. Essa transformação da superfície terrestre pode reduzir a evapotranspiração e a convecção local, impactando a formação de nuvens e, conseqüentemente, a precipitação, contribuindo para a alteração do regime climático regional (Fearnside, 2020).

Contudo, a degradação ambiental não pode ser compreendida apenas por suas manifestações biofísicas. Ela é intrinsecamente ligada a um modelo de desenvolvimento capitalista que, ao promover a acumulação incessante através do desmatamento, mineração e expansão urbana desordenada, destrói barreiras naturais de proteção e intensifica a frequência e a magnitude de eventos extremos, erroneamente rotulados como "desastres naturais" (Vieytes; Zuin, 2021).

O conceito de Antropoceno, embora reconheça a influência humana, é aprofundado pela crítica do "Capitaloceno" (Moore, 2016), que postula que a crise socioambiental contemporânea não é



meramente uma consequência da ação humana genérica, mas sim da lógica de acumulação infinita do sistema capitalista. Essa lógica impulsiona a conversão acelerada de recursos naturais complexos em mercadorias, aprofundando as crises climática e de biodiversidade como subprodutos diretos e não acidentais de sua operação (Moore, 2016). Após a ocorrência de um desastre, emerge uma nova fase de acumulação, o "capitalismo de desastre" (Klein, 2008), onde o estado de choque social é explorado para implementar políticas de reconstrução que, frequentemente, privatizam serviços, desregulam mercados e transferem recursos para o setor privado, exacerbando as desigualdades e a vulnerabilidade preexistente.

Nesse contexto de transformações antropogênicas e vulnerabilidades socioambientais crescentes, as respostas do ambiente são cada vez mais notáveis e impactantes. No ambiente urbano, a substituição de superfícies vegetadas por concreto e asfalto cria as "ilhas de calor urbanas", alterando padrões de temperatura e precipitação e impactando diretamente a qualidade de vida nas cidades (Monteiro, 2016).

A produção capitalista do espaço urbano, por sua vez, intensifica a segregação residencial, forçando parcelas da população a ocupar locais ambientalmente frágeis e expondo-as de forma desigual aos perigos e riscos (Maricato, 2011). Diante da complexidade e interconexão dessas dinâmicas, a análise da interface entre mudança climática e sociedade torna-se crucial para a projeção de cenários futuros e o desenvolvimento de estratégias de adaptação que minimizem os riscos sobre setores vitais como agricultura, recursos hídricos e saúde pública (Marengo, 2020).

A compreensão e mitigação desses desafios exigem abordagens metodológicas avançadas e integradas. A aplicação de geotecnologias, que incluem a integração de dados espaciais sobre uso e ocupação do solo, localização de infraestruturas críticas e a distribuição da população socioeconomicamente vulnerável, emerge como uma ferramenta fundamental. Essas técnicas possibilitam a espacialização precisa de áreas de risco, fornecendo subsídios essenciais para a elaboração de planos de contingência mais eficazes. Ao orientar ações de prevenção, resposta a desastres e a alocação estratégica de recursos, as geotecnologias são indispensáveis para minimizar os impactos adversos de eventos extremos e para promover um planejamento territorial mais resiliente e equitativo (Cunha; Ricardo, 2022).

### 3 METODOLOGIA

O presente estudo foi desenvolvido no contexto da Universidade Estadual da Região Tocantina do Maranhão (UEMASUL), especificamente no Centro de Ciências Agrárias (CCA), localizado no município de Imperatriz, Maranhão (MA), com coordenadas geográficas aproximadas de 5°31'35" S de latitude e 47°28'33" W de longitude.





### 3.1 CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

A área de estudo selecionada para esta investigação compreende o município de Rio Bonito do Iguaçu, situado no estado do Paraná (PR), Brasil. Geograficamente, o município localiza-se em aproximadamente 25°15' S de latitude e 52°26' W de longitude. A escolha desta área visa analisar a dinâmica de uso e ocupação do solo em um contexto representativo das transformações antrópicas associadas à expansão agrícola e demais atividades humanas.

### 3.2 COLETA E PROCESSAMENTO DE DADOS GEOESPACIAIS

Para a análise da dinâmica de uso e ocupação do solo, foram empregados dados geoespaciais raster provenientes da plataforma MapBiomias (Coleção 4), acessados por meio de sua rede de download oficial.

A partir da base de dados do MapBiomias, o limite geográfico do município de Rio Bonito do Iguaçu foi utilizado para realizar o recorte espacial (clip) das camadas de uso e cobertura do solo, isolando a área de interesse. As classes de uso e ocupação do solo foram categorizadas conforme a classificação padrão do MapBiomias, que incluem, mas não se limitam a, formações florestais, áreas agrícolas (lavoura, pastagem), corpos d'água e áreas urbanizadas.

### 3.3 FERRAMENTAS E SOFTWARES

O processamento, a manipulação e a análise dos dados geoespaciais foram realizados utilizando o software de Sistema de Informação Geográfica (SIG) QGIS. O Google Earth Pro foi empregado como ferramenta auxiliar para visualização e validação qualitativa de feições geográficas. O estudo foi suportado por infraestrutura computacional padrão.

### 3.4 ANÁLISE E REPRESENTAÇÃO CARTOGRÁFICA

Após a delimitação da área de estudo e o processamento dos dados, as camadas de uso e cobertura do solo foram submetidas a análises de sobreposição espacial e comparação temporal. Essa abordagem possibilitou a identificação e quantificação das alterações ocorridas nas diferentes classes de uso e ocupação do solo ao longo do período analisado.

A representação cartográfica dos resultados foi realizada através da confecção de mapas temáticos georreferenciados do município de Rio Bonito do Iguaçu. Para tanto, foram utilizadas simbologias e legendas padronizadas, que permitiram a visualização clara das diferentes categorias de uso e ocupação do solo e a espacialização das alterações antrópicas. A análise das informações cartográficas e tabulares geradas forneceu subsídios para a compreensão da dinâmica de conversão do uso da terra e seus potenciais impactos ambientais e socioeconômicos na região.





#### 4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

A urbanização desordenada, caracterizada pela expansão das cidades sobre áreas rurais, promove uma transformação radical da cobertura do solo. A substituição de superfícies vegetadas por materiais impermeáveis, como concreto e asfalto, altera o balanço energético da superfície, resultando na formação de Ilhas de Calor Urbanas (ICU). Esse fenômeno se manifesta pelo aumento significativo da temperatura nas cidades em comparação com as áreas rurais adjacentes, devido à redução da evapotranspiração, ao aumento da absorção e armazenamento de calor e à alteração da rugosidade aerodinâmica. Tal microclima urbano específico não apenas intensifica o desconforto térmico, mas também demanda maior consumo energético para refrigeração e acarreta impactos na saúde pública (Monteiro, 2016).

Concomitantemente, o modelo de produção agrícola industrial, intensivo em maquinário e fortemente dependente de combustíveis fósseis, constitui uma fonte significativa de emissões atmosféricas. A queima de combustíveis libera grandes quantidades de material particulado (MP) e gases precursores de ozônio (e.g., óxidos de nitrogênio – NOx, compostos orgânicos voláteis – COVs). Por meio do transporte atmosférico de longa distância, esses poluentes podem atingir centros urbanos, onde reações fotoquímicas complexas contribuem para a formação de ozônio troposférico e aerossóis secundários, agravando a poluição do ar e os problemas de saúde respiratória da população citadina (Lara; Artaxo, 2020).

Essas transformações no uso e cobertura do solo, seja pela fragmentação e destruição de habitats naturais ou pela conversão de áreas rurais em monoculturas, resultam na perda crítica de serviços ecossistêmicos. Entre os mais impactados estão a regulação climática e a purificação do ar. A diminuição da cobertura vegetal, em especial de formações nativas, reduz a capacidade de sequestro de carbono atmosférico, a produção de oxigênio e a atenuação de poluentes. Essa degradação ambiental no meio rural tem repercussões diretas e negativas sobre a qualidade do ar urbano e o equilíbrio climático regional, estabelecendo uma interconexão intrínseca entre as dinâmicas rural e urbana (Brasil, 2021).

A Figura 1 evidencia a configuração espacial do uso e cobertura do solo no município de Rio Bonito do Iguaçu – PR, revelando um mosaico típico de áreas sob forte influência antrópica. Observa-se a predominância de áreas agrícolas, com destaque para o cultivo de soja e pastagens, distribuídas de forma contínua e ocupando parcelas significativas do território municipal, o que reflete o papel central da agropecuária na dinâmica socioeconômica local.

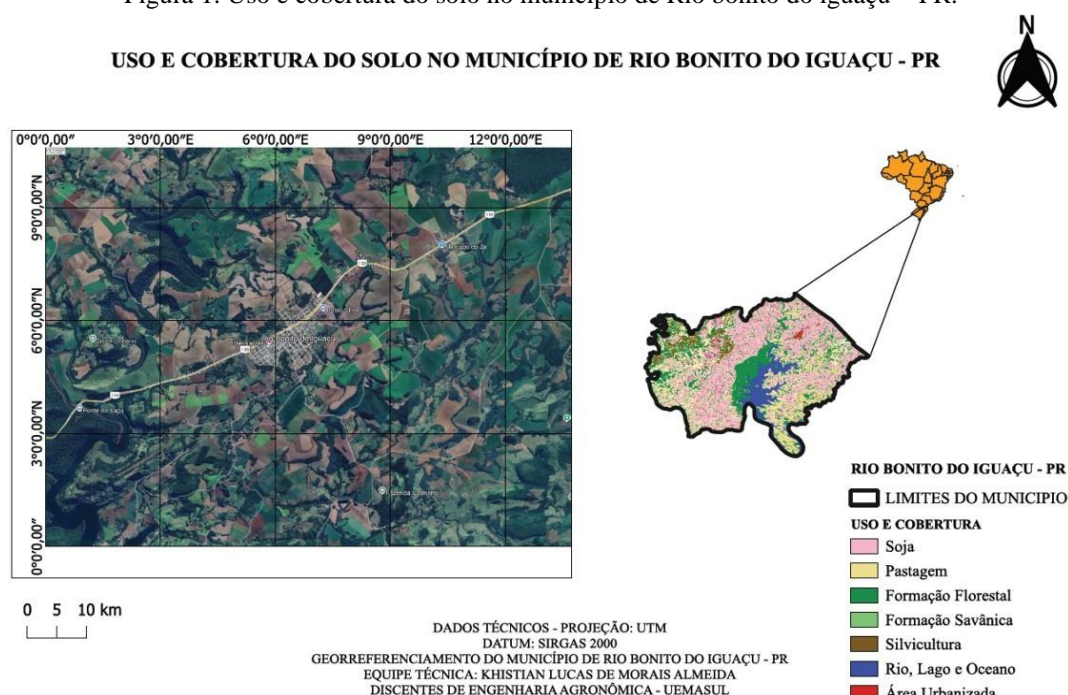
As formações florestais e savânicas remanescentes apresentam-se de maneira fragmentada, concentradas sobretudo em áreas menos acessíveis, próximas a cursos d'água e em regiões de relevo mais acidentado. Esse padrão sugere a influência histórica da expansão agrícola sobre a supressão da vegetação nativa, resultando em fragmentação de habitats e possível comprometimento da



conectividade ecológica, fator relevante para a manutenção da biodiversidade e dos serviços ecossistêmicos.

A presença de áreas de silvicultura indica a diversificação do uso do solo, associada a atividades econômicas florestais, enquanto as áreas urbanizadas, embora espacialmente restritas, representam núcleos de pressão local sobre o ambiente, especialmente no que se refere à impermeabilização do solo e à alteração do balanço energético da superfície. Os corpos hídricos, por sua vez, desempenham papel estratégico na organização espacial do uso do solo, funcionando como elementos estruturantes da paisagem e áreas prioritárias para conservação.

Figura 1. Uso e cobertura do solo no município de Rio bonito do iguaçu – PR.



A predominância de áreas agrícolas contínuas, como lavouras de soja e pastagens, tende a reduzir a rugosidade superficial, favorecendo o deslocamento mais livre e acelerado do vento. Superfícies homogêneas e pouco estruturadas funcionam como “corredores” para o escoamento atmosférico, o que pode intensificar rajadas, especialmente em eventos associados a frentes frias e tempestades convectivas.

Por outro lado, a vegetação arbórea e arbustiva, mesmo fragmentada, atua como barreira física ao vento, promovendo a dissipação de energia e a redução da velocidade das rajadas. Assim, o mapeamento das formações florestais remanescentes, especialmente aquelas associadas a cursos d’água e áreas de relevo mais acidentado, permite identificar zonas estratégicas para manutenção, recuperação e ampliação de corredores ecológicos e cortinas vegetais, capazes de atenuar a força dos ventos.

A silvicultura surge como um elemento com potencial positivo nesse contexto, desde que bem planejada, pois pode contribuir para o aumento da rugosidade do terreno e atuar como quebra-vento regional, protegendo áreas agrícolas e infraestruturas rurais. Da mesma forma, a recomposição de matas ciliares e a implantação de sistemas agroflorestais podem reduzir a velocidade do vento, ao mesmo tempo em que fortalecem serviços ecossistêmicos.

A condução rigorosa de um levantamento bibliográfico sistemático constitui uma etapa metodológica basilar em qualquer empreendimento científico, sendo crucial para a fundamentação epistemológica da pesquisa. Sua finalidade transcende a mera compilação de referências, visando a elucidação do estado da arte de um determinado tema. Este processo crítico permite não apenas a identificação precisa de lacunas no conhecimento e a síntese crítica de teorias existentes, mas também a construção de um arcabouço teórico sólido, evitando a redundância de investigações e assegurando a originalidade e a relevância dos novos achados. Dessa forma, o levantamento bibliográfico confere solidez conceitual e metodológica à investigação, elevando seu nível de rigor e profundidade (Gil, 2019).

Complementarmente, no que concerne à análise espacial de fenômenos geográficos de natureza complexa, a aplicação estratégica de softwares de geoprocessamento (Sistemas de Informação Geográfica – SIG) revela-se indispensável. Essas ferramentas computacionais avançadas não apenas possibilitam a integração, manipulação e visualização de dados georreferenciados com alta eficiência, mas também capacitam a transformação de vastos conjuntos de dados brutos em informações espaciais inteligíveis e acionáveis. Ao gerar bases cartográficas temáticas, modelos preditivos e análises de padrões espaciais, o geoprocessamento oferece um suporte analítico robusto para o planejamento territorial, a gestão ambiental e a formulação de políticas públicas, qualificando substancialmente os processos de tomada de decisão baseados em evidências espaciais (Câmara; Davis, 2020).

## 5 CONCLUSÃO

A integração metodológica do levantamento bibliográfico com o geoprocessamento (QGIS, Google Earth Pro) permitiu elucidar a intrínseca correlação entre as dinâmicas naturais e as alterações antrópicas, notadamente a intensificação de eventos extremos. A literatura científica corrobora que, embora os fenômenos climáticos sejam naturais, suas frequências e magnitudes são significativamente exacerbadas por práticas humanas. Modelos de desenvolvimento baseados em extrativismo, expansão urbana e agrícola desordenada resultam na remoção de barreiras naturais, alteração do balanço energético e hídrico, e aumento das emissões de gases, culminando na desregulação climática regional e na amplificação de riscos.

Diante desse cenário, torna-se imperativa a continuidade de estudos que busquem compreender e antecipar esses eventos, desenvolvendo metodologias para a promoção da resiliência territorial e a



mitigação de impactos. A implementação de estratégias adaptativas, como o planejamento de infraestruturas verdes em áreas urbanas e agrícolas, é crucial diante das complexas e aceleradas transformações climáticas globais. A ciência, portanto, desempenha um papel fundamental ao fornecer subsídios para o debate qualificado e a tomada de decisões informadas, essenciais para a construção de um futuro mais sustentável.



**REFERÊNCIAS**

- BERTONI, J.; LOMBARDI NETO, F. **Conservação do solo**. 9. ed. São Paulo: Ícone, 2012.
- BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. **Relatório de Qualidade Ambiental**: impactos da fragmentação de habitats. Brasília, DF: MMA, 2021. Disponível em: <https://www.gov.br/mma>. Acesso em: 20 nov. 2025.
- CENTRO DE ESTUDOS AVANÇADOS EM ECONOMIA APLICADA (CEPEA). **PIB do Agronegócio Brasileiro**. Piracicaba, 2023. Disponível em: <https://www.cepea.esalq.usp.br/br>. Acesso em: 20 nov. 2025.
- CUNHA, J. M. P.; RICARDO, J. F. N. Geotecnologias aplicadas à análise de riscos ambientais. **Revista Brasileira de Geomática**, [S. l.], v. 10, n. 2, p. 205-223, 2022.
- FEARNSIDE, P. M. Serviços ambientais da floresta Amazônica e a conversão para outros usos da terra. **Boletim do Museu Paraense Emílio Goeldi. Ciências Naturais**, Belém, v. 15, n. 2, p. 487-507, maio-ago. 2020. DOI: <https://doi.org/10.46357/bcnaturais.v15i2.280>. Acesso em: 20 nov. 2025.
- INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). **Geotecnologias no Brasil**: aplicações e perspectivas. [S. l.], 2021. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/geociencias-novoportal/>. Acesso em: 10 out. 2023.
- KLEIN, N. **A doutrina do choque**: a ascensão do capitalismo de desastre. Rio de Janeiro: Nova Fronteira, 2008.
- LARA, L. L.; ARTAXO, P. Poluição atmosférica por queimadas e seus efeitos na saúde humana na Amazônia e no Cerrado. **Estudos Avançados**, São Paulo, v. 34, n. 98, p. 125-147, jan. 2020. Disponível em: <https://www.revistas.usp.br/eav>. Acesso em: 20 nov. 2025.
- LEPSCH, I. F. **Formação e conservação dos solos**. 2. ed. São Paulo: Oficina de Textos, 2010.
- MARENGO, J. A. **Mudanças climáticas, percepções e impactos na América do Sul**. São Paulo: IAG-USP, 2020.
- MONTEIRO, C. A. F. A frente urbana e o clima. In: CARLOS, A. F. A. (Org.). **A geografia na sala de aula**. São Paulo: Contexto, 2016. p. 89-105.
- NOBRE, C. A. **O futuro climático da Amazônia**: relatório de avaliação científica. São Paulo: Articulação Regional Amazônica (ARA), 2014. Disponível em: <https://bit.ly/2J2JD6Q>. Acesso em: 20 nov. 2025.
- SANTOS, P. M.; SILVEIRA, P. M.; BRAGA, M. B. Impactos ambientais da agricultura no cerrado brasileiro. **Revista Brasileira de Geografia Física**, [S. l.], v. 9, n. 2, p. 450-465, 2016. Disponível em: <https://periodicos.ufpe.br/revistas/rbgfe/article/view/233450>. Acesso em: 20 nov. 2025.
- SANTOS, R. F. **Geomorfologia e Dinâmicas Climáticas**. 2. ed. Curitiba: Editora Positivo, 2021.
- SOUZA, M. A. **A Economia Brasileira no Século XXI**: O Agro como Vetor de Crescimento. Brasília, DF: Editora Atlas, 2023.



VIEYTES, R.; ZUIN, L. F. P. Desastres não são naturais: a construção social do risco. In: VIEYTES, R.; ZUIN, L. F. P. (Org.). **Geografia dos Desastres**: vulnerabilidade e risco. São Paulo: Editora da Universidade de São Paulo, 2021. p. 15-34.

