



O avanço no uso do solo no Rio Grande do Sul nas áreas de ocorrência da *Araucaria angustifolia* (Bertol.) Kuntze ao longo do tempo

Júlia de Moraes Brandalise^{1*}

 <https://orcid.org/0000-0002-2785-0641>

* Contato principal

Cristiano Roberto Buzatto²

 <https://orcid.org/0000-0003-4780-0390>

¹ Universidade Federal do Rio Grande do Sul/UFRGS, Instituto de Biociências, Programa de Pós-Graduação em Botânica, Campus do Vale, Porto Alegre/RS, Brasil. <juliabrandalise05@gmail.com>.

² Universidade de Passo Fundo/UPF, Instituto da Saúde, Programa de Pós-Graduação em Ciências Ambientais, Campus I, Passo Fundo/RS, Brasil. <crbuzatto@gmail.com>.

Recebido em 18/09/2024 – Aceito em 12/03/2025

Como citar:

Brandalise JM, Buzatto CR. O avanço no uso do solo no Rio Grande do Sul nas áreas de ocorrência da *Araucaria angustifolia* (Bertol.) Kuntze ao longo do tempo. Biodivers. Bras. [Internet]. 2025; 15(2): 93-100. doi: 10.37002/biodiversidadebrasileira.v15i2.2604

Palavras-chave: Agropecuária; uso e cobertura do solo; vegetação nativa.

RESUMO – A floresta ombrófila mista, dominada pela gimnosperma *Araucaria angustifolia*, é uma formação típica da Mata Atlântica no Rio Grande do Sul. Considerada espécie-chave, *A. angustifolia* sustenta o ecossistema, fornecendo recursos para a fauna e representando fonte de renda. No entanto, está classificada como Criticamente em Perigo (CR) pela IUCN, ameaçada pela perda de *habitat* e extração ilegal de madeira. O uso do solo no estado forma um mosaico de vegetação campestre e florestas, mas, nas últimas décadas, a conversão do solo avançou sobre áreas de *A. angustifolia*. Tornando as populações da espécie cada vez menores e mais isoladas. Este estudo avaliou essa expansão nos últimos 30 anos com dados do MapBiomas. Os resultados indicam mudanças significativas, especialmente a conversão de áreas naturais em agropecuária. Enquanto no passado a vegetação nativa cobria 25% do estado, hoje restam apenas 3,5%. A agropecuária ocupa mais da metade do território, comprometendo os remanescentes da espécie. Diante desse desafio, é essencial buscar estratégias que conciliam conservação e uso sustentável dos recursos naturais. Alternativas incluem incentivo ao extrativismo sustentável, fortalecimento da fiscalização e monitoramento via satélite para acompanhar a perda de vegetação.



The advance in land use in Rio Grande do Sul in the areas of occurrence of *Araucaria angustifolia* (Bertol.) Kuntze over time

Keywords: Agriculture; land use and land cover; native vegetation.

ABSTRACT – The mixed ombrophilous forest, dominated by the gymnosperm *Araucaria angustifolia*, is a typical formation of the Atlantic Forest in Rio Grande do Sul. Considered a key species, *A. angustifolia* sustains the ecosystem by providing resources for fauna and serving as a source of income. However, it is classified as Critically Endangered (CR) by the IUCN, threatened by habitat loss and illegal logging. Land use in the state forms a mosaic of grassland vegetation and forests, but in recent decades, land conversion has advanced over *A. angustifolia* areas, making the species' populations increasingly smaller and more isolated. This study assessed this expansion over the last 30 years using MapBiomas data. The results indicate significant changes, especially the conversion of natural areas into agriculture and livestock farming. While in the past native vegetation covered 25% of the state, today only 3.5% remains. Agriculture and livestock now occupy more than half of the territory, endangering the species' remaining populations. Given this challenge, it is essential to seek strategies that reconcile conservation and the sustainable use of natural resources. Alternatives include promoting sustainable extractivism, strengthening enforcement efforts, and using satellite monitoring to track vegetation loss.

El avance en el uso del suelo en Rio Grande do Sul en las áreas de ocurrencia de *Araucaria angustifolia* (Bertol.) Kuntze a lo largo del tiempo

Palabras clave: Agricultura; uso y cobertura del suelo; vegetación nativa.

RESUMEN – El bosque ombrófilo mixto, dominado por la gimnosperma *Araucaria angustifolia*, es una formación típica de la Mata Atlántica en Rio Grande do Sul. Considerada una especie clave, *A. angustifolia* sostiene el ecosistema al proporcionar recursos para la fauna y servir como fuente de ingresos. Sin embargo, está clasificada como En Peligro Crítico (CR) por la UICN, amenazada por la pérdida de hábitat y la tala ilegal. El uso del suelo en el estado forma un mosaico de vegetación de pastizales y bosques, pero en las últimas décadas, la conversión del suelo ha avanzado sobre las áreas de *A. angustifolia*, haciendo que las poblaciones de la especie sean cada vez más pequeñas y más aisladas. Este estudio evaluó esta expansión en los últimos 30 años utilizando datos de MapBiomas. Los resultados indican cambios significativos, especialmente la conversión de áreas naturales en actividades agropecuarias. Mientras que en el pasado la vegetación nativa cubría el 25% del estado, hoy solo queda un 3,5%. La agropecuaria ocupa más de la mitad del territorio, comprometiendo los remanentes de la especie. Ante este desafío, es esencial buscar estrategias que concilien la conservación y el uso sostenible de los recursos naturales. Las alternativas incluyen el fomento del extractivismo sostenible, el fortalecimiento de la fiscalización y el monitoreo satelital para seguir la pérdida de vegetación.

Introdução

A Mata Atlântica é um bioma megadiverso, reconhecido globalmente como um dos *hotspots* de biodiversidade, abrigando cerca de 20.000 espécies de plantas, das quais aproximadamente 8.000 são endêmicas [1]. Esse bioma se estende por 17 estados e ocupa cerca de 15% do território nacional

[2]. Originalmente, sua cobertura se estendia do Rio Grande do Norte até o Rio Grande do Sul, no extremo sul do Brasil. No entanto, atualmente, mais de 3.000 cidades foram construídas em áreas que antes eram cobertas por esse bioma, restando apenas 24% da floresta no país [2]. A exploração de madeira, a agricultura, a pecuária e a urbanização são os principais fatores responsáveis pela destruição da Mata Atlântica [3]. O bioma compreende cinco

formações florestais: (i) floresta ombrófila densa; (ii) floresta ombrófila mista; (iii) floresta estacional semidecidual; e (iv) floresta estacional decidual. Sendo uma das formações mais representativas do bioma, a floresta ombrófila mista é caracterizada por espécies adaptadas a temperatura mais baixa [4][5].

A floresta ombrófila mista, predominante no sul do Brasil, é caracterizada pela dominância de *Araucaria angustifolia* (Bertol.) Kuntze (Araucariaceae), a única Araucariaceae nativa do Brasil [6]. Sendo considerado um fóssil vivo, é um gênero antigo do período Jurássico [7]. Considerando sua longa história evolutiva e seu grau de ameaça de extinção, é a terceira espécie mais distinta evolutivamente e globalmente ameaçada entre todas as gimnospermas [8]. *Araucaria angustifolia* possui um elevado valor ecológico, econômico e cultural, sendo uma espécie-chave e uma fonte essencial de recursos, especialmente em períodos de escassez [4]. De acordo com a IUCN, a espécie é classificada como Criticamente em Perigo (CR), com as principais ameaças incluindo a exploração madeireira, o cultivo de monoculturas, a expansão da pecuária e a falta de políticas públicas adequadas para a proteção das áreas de floresta remanescente [6].

No Rio Grande do Sul, a distribuição da floresta ombrófila mista se apresenta em um mosaico com a vegetação campestre predominante ao sul do estado [9][10]. Durante o último período glacial e o início do Holoceno, o clima seco e frio impediu o desenvolvimento das florestas, favorecendo a formação de vegetação campestre. À medida que o clima se tornava mais úmido e o fogo diminuía, pequenas galerias úmidas começaram a abrigar indivíduos de *A. angustifolia* e outras espécies arbóreas, expandindo-se gradualmente [11][12]. O Pampa, que cobre cerca de 68% da região sul do Rio Grande do Sul, desempenha um papel crucial nesse processo [13]. Historicamente, a distribuição natural e a abundância de *A. angustifolia* eram muito maiores na região sul do estado, antes da colonização pós-colombiana [14]. A vegetação campestre abriga uma diversidade de 3.642 espécies de plantas vasculares [9]. Que estão sob constante ameaça, já que restam apenas 40% de vegetação nativa nessas áreas, destas apenas 08% são áreas florestais [15]. Além disso, essa é uma formação muito heterogênea, com 10 sistemas ecológicos distintos, com características florísticas e físicas próprias, que representam a distribuição mais austral de *A. angustifolia* no Brasil [16]. É evidente que a dinâmica do uso e cobertura do solo tem um papel determinante na distribuição dessas espécies.

Atualmente, o uso do solo no Rio Grande do Sul é dominado por áreas de agropecuária, totalizando cerca de treze milhões de hectares, ou 47,22% do território [13]. Originalmente, a floresta ombrófila mista cobria cerca de 25% do estado, mas hoje restam apenas 3,5% da vegetação original [2]. A fragmentação de *habitat*, caracterizada pela redução gradual das áreas contínuas de vegetação, influencia diretamente na conservação da espécie [17]. Para compreender a relação entre o uso do solo e a distribuição de espécies, é essencial analisar como as mudanças no uso do solo afetaram as áreas de ocorrência das espécies ao longo do tempo. Diante do cenário de intensas transformações na paisagem do Rio Grande do Sul, este estudo busca responder às seguintes questões: (1) Quais foram as principais mudanças no uso e cobertura do solo no território do Rio Grande do Sul ao longo dos últimos 30 anos? (2) Qual é a categoria de uso do solo predominante atualmente no estado? (3) As áreas de ocorrência de *A. angustifolia* sofreram alterações significativas nesse período? (4) Quais regiões de ocorrência da espécie apresentaram os maiores e menores níveis de mudança no uso do solo? (5) Quais estratégias podem ser adotadas para a conservação de *A. angustifolia* no Rio Grande do Sul, especialmente no sentido de mitigar a perda de *habitat*? Ao abordar essas questões, pretende-se compreender a distribuição atual da espécie no estado, identificar as áreas mais suscetíveis às mudanças no uso do solo e, assim, contribuir para a projeção de cenários futuros e para a formulação de ações mais eficazes de conservação.

Descrição do caso

Os pontos de ocorrência de *A. angustifolia* no estado do Rio Grande do Sul foram identificados a partir de coletas georreferenciadas, cujas coordenadas geográficas estão disponíveis nas plataformas SpeciesLink e GBIF [18][19]. Para a obtenção dos dados de uso e cobertura do solo, foram utilizadas imagens de satélite fornecidas pela rede colaborativa MapBiomas, abrangendo as décadas de 1980 a 2020 (1985-2023). Esses dados foram processados e analisados no *software* QGIS, resultando em dois mapas que ilustram a evolução do uso do solo durante esse intervalo de tempo em comparação a área de ocorrência de *A. angustifolia* (Figura 1). As informações sobre a área ocupada por cada categoria de uso do solo (em hectares) foram extraídas da plataforma MapBiomas e, com base nesses dados, elaborou-se um gráfico de linhas no *software* RStudio

para analisar as variações nas diferentes categorias de uso do solo ao longo do tempo. O gráfico foi gerado utilizando o pacote 'ggplot2', o que possibilitou a representação das mudanças anuais nas categorias de uso, facilitando a visualização das tendências de transformação no uso do solo ao longo do período analisado [20][21].

Embora a ocorrência de *A. angustifolia* se concentre na região dos Campos de Cima da Serra, sua distribuição abrange todas as regiões do estado (Figura 1). Na década de 1980, a espécie era predominantemente encontrada em áreas naturais, com exceção da região norte do estado, onde sua presença era comum em áreas agrícolas (Figura 1). A conversão do solo para agropecuária foi mais evidente no norte do estado, embora também tenha sido notada, em menor escala, nas regiões nordeste, central e sudeste, resultando na substituição das áreas naturais de ocorrência de *A. angustifolia* (Figura 1). A expansão das atividades relacionadas a agropecuária, especialmente soja, também se estenderam às áreas do Pampa, como os areais do sudeste, a região metropolitana e o escudo cristalino, impactando,

assim, as zonas de ocorrência da espécie no sul do estado (Figura 1). Contudo, as regiões da Serra e do Vale do Taquari mantiveram, predominantemente, a vegetação nativa intacta, sendo estas as áreas com a maior concentração de registros de *A. angustifolia* (Figura 1).

As principais tendências no uso do solo no Rio Grande do Sul destacam a expansão da agropecuária, que atualmente ocupa cerca de 13 milhões de hectares, correspondendo a 47% da área total do estado. Desde 1990, essa categoria aumentou em 4 milhões de hectares (Figura 2), impulsionada principalmente pela expansão da soja, que se consolidou como a cultura que mais cresceu, alcançando seis milhões de hectares (Figura 2). Em contrapartida, a vegetação nativa, tanto arbórea quanto herbácea, apresentou uma redução significativa de quatro milhões de hectares no mesmo período (Figura 2), indicando impactos na cobertura natural do solo. Além disso, a área de pastagem, tradicionalmente associada à pecuária, diminuiu pela metade, sugerindo que parte dessas áreas foi convertida para cultivos agrícolas, especialmente lavouras de soja e outras culturas (Figura 2).

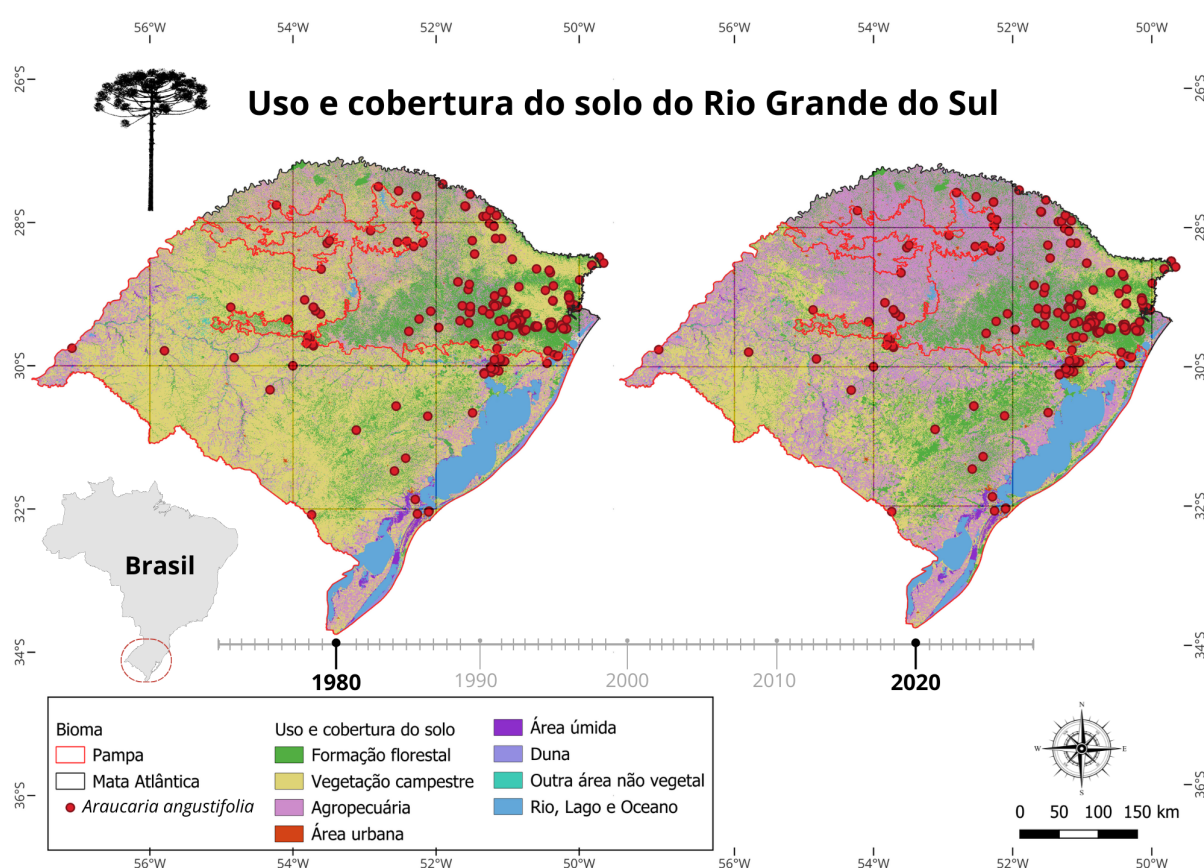


Figura 1 – Mapa de uso e cobertura do solo no Rio Grande do Sul nos biomas Pampa e Mata Atlântica entre as décadas de 1980 e 2020, sobreposto às áreas de ocorrência da *Araucaria angustifolia*.

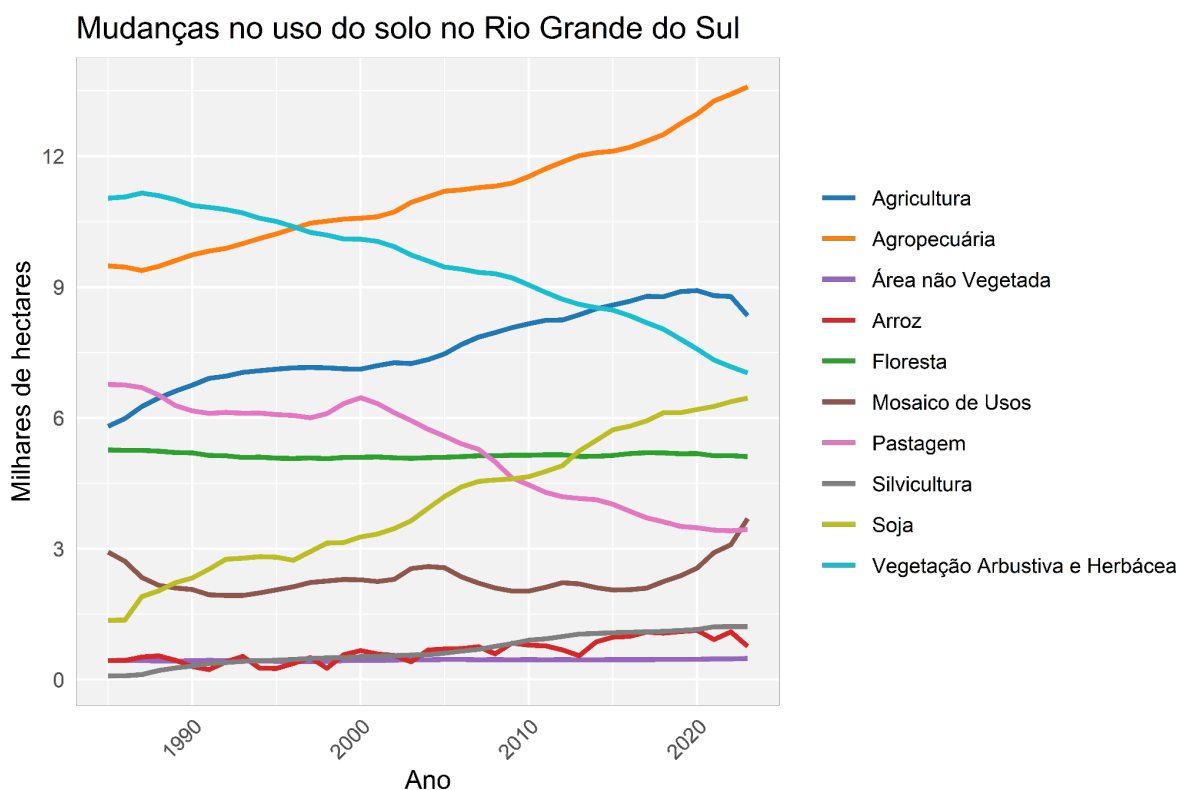


Figura 2 – Gráfico de linhas do avanço da mudança no uso do solo do Rio Grande do Sul em diferentes categorias entre as décadas de 1980 e 2020.

Discussão

A fragmentação de *habitat* é um dos maiores desafios para a integridade ecológica das florestas, comprometendo a manutenção de sua estrutura e biodiversidade [22]. A principal alteração no uso do solo no Rio Grande do Sul nos últimos 30 anos é a perda das formações florestais que abrigam a maior parte das espécies vegetais nativas da região estão se reduzindo a fragmentos cada vez menores (Figura 1), criando um efeito de gargalo que afeta diretamente as populações de espécies como *A. angustifolia*, tanto na vegetação campestre quanto florestal. Esse processo limita o fluxo de indivíduos, sementes e genes entre os fragmentos, o que compromete a diversidade genética e dificulta a recolonização dos *habitat* remanescentes [23]. A agricultura domina o território, especialmente das monoculturas de soja, tem crescido de forma alarmante no Rio Grande do Sul (Figura 1, Figura 2). A produção de monoculturas está diretamente relacionada com a perda intensa de flora nativa [24]. A prática agrícola simplifica a paisagem, resultando na perda de espécies, alterações nas interações ecológicas e manejo intensivo, o que torna a degradação de *habitat* muito mais severa em

comparação a outros usos do solo [25]. No estado, as áreas destinadas à silvicultura ocupam menos de dois milhões de hectares, representando menos de 20% das áreas cultivadas com soja. Contudo, há uma tendência crescente de incentivar o plantio de florestas, tanto em sistemas mistos quanto em agroflorestas, o que pode beneficiar a conservação de *A. angustifolia*, favorecendo a formação de novos *habitat* [25]. Os sistemas de plantio misto com espécies nativas oferecem múltiplas vantagens, como a diversificação de nichos ecológicos, maior produção de biomassa, oferta de abrigo e recursos para a fauna, além de reduzir uma das principais pressões sobre *A. angustifolia*: o corte ilegal de madeira [26].

As unidades de conservação (UCs) têm sido uma das principais estratégias para a preservação da biodiversidade florestal. No entanto, sua eficácia isolada tem sido amplamente questionada [27]. Esse desafio é particularmente evidente nas florestas de araucária do Rio Grande do Sul, que estão predominantemente em propriedades privadas, fragmentadas e dispersas [28] (Figura 1). O extrativismo sustentável é uma alternativa relevante em áreas de ocorrência de *A. angustifolia* [23]. A

diversidade genética observada nas populações de UCs e em populações manejadas demonstrou níveis semelhantes de diversidade e taxas de cruzamento, sugerindo que sistemas de manejo em áreas privadas podem ser uma estratégia eficaz para conservar a diversidade genética da espécie [27].

A fiscalização na implementação eficaz de áreas de preservação permanente (APPs) e reservas legais em propriedades privadas são essenciais, e o cadastro ambiental rural (CAR) desempenha um papel fundamental nesse processo [29]. O CAR permite o mapeamento detalhado do uso do solo e a regularização ambiental das áreas protegidas, facilitando o monitoramento e a implementação de estratégias de preservação. Além disso, o uso de tecnologias de monitoramento remoto, como MapBiomas e Google Earth Engine, possibilita o mapeamento das áreas prioritárias para conservação, identificando os ambientes mais vulneráveis à conversão e facilitando a implementação de medidas de manejo para prevenir a perda de populações de *A. angustifolia*.

A floresta ombrófila mista ocupa os extremos mais frios e de maior altitude do estado, como os Campos de Cima da Serra (Figura 1). Essas áreas exigem alta precipitação anual, verões temperados e temperaturas mínimas (12–20°C), condições que estão se tornando cada vez mais raras devido às mudanças climáticas [30]. As perspectivas para *A. angustifolia* frente a essas mudanças e à perda de *habitat* são preocupantes, com todos os cenários apontando para uma perda substancial de áreas potenciais de ocorrência [5][30][31][32]. As UCs, por sua vez, têm mostrado capacidade limitada de proteção, abrigando atualmente apenas 7% da distribuição da espécie, e esse valor pode cair para apenas 1% no futuro [5][31]. Os modelos indicam que as populações futuras estarão isoladas, mal protegidas e desconectadas, destacando a urgente necessidade de criar novas UCs, corredores ecológicos e áreas de refúgio climático. Essas medidas são essenciais para garantir a sobrevivência da espécie e possibilitar o fluxo genético, mesmo diante do aumento da temperatura [5]. Mesmo que as áreas da Serra e Vale do Taquari sejam as áreas de maior permanência de vegetação nativa nos últimos 30 anos, é essencial que esses remanescentes tenham áreas de contato com outras populações e áreas de refúgio, caso essas áreas sofram alguma pressão ambiental, como o aumento do clima, já previsto para o futuro. As previsões indicam que as áreas campestres do Rio Grande do Sul tendem a permanecer estáveis, sugerindo que a

expansão histórica da floresta de araucária sobre os campos pode continuar, dependendo de como essas áreas forem manejadas [10][31].

Desenvolver estratégias de preservação para espécies em ambientes fragmentados é um grande desafio, especialmente quando há a necessidade de conciliar a conservação dos recursos com seu uso. Diante dos diversos conflitos de interesse, é necessário adotar alternativas complementares para a conservação de *A. angustifolia* [27]. A criação e expansão de corredores ecológicos, bem como o incentivo à criação de novas UCs, são ações de gestão fundamentais para garantir a sobrevivência da espécie a longo prazo [5]. Além disso, a integração entre pesquisadores, gestores públicos e comunidades tradicionais pode promover uma abordagem integrativa para a conservação da espécie, equilibrando os pilares da sustentabilidade: econômico, ambiental e social. Neste estudo, abordamos questões relacionadas à distribuição de *A. angustifolia* em sua porção mais austral, no estado do Rio Grande do Sul. Os resultados obtidos contribuíram para uma compreensão mais aprofundada da dinâmica espacial da espécie no território gaúcho. Observou-se que, ao longo dos últimos 30 anos, a vegetação nativa (tanto campestre quanto florestal) sofreu significativa redução e fragmentação, sendo gradualmente substituída por áreas agrícolas, sobretudo por monoculturas. As áreas originalmente ocupadas por *A. angustifolia*, inseridas em formações de vegetação nativa, tornaram-se progressivamente menores e mais isoladas. A região Norte do estado foi a mais intensamente transformada, com substituição de áreas naturais por atividades agropecuárias. Em contrapartida, o Vale do Taquari e a Serra Gaúcha apresentaram maior conservação da vegetação nativa, concentrando, as principais áreas de ocorrência da espécie. Além disso, são discutidas alternativas que visam mitigar a perda de *habitat* e contribuir para a conservação de *A. angustifolia*. A análise foi baseada em dados abertos, gratuitos e acessíveis, o que permite sua replicação por outros pesquisadores e fortalece a construção de cenários futuros mais favoráveis à preservação da espécie no estado.

Referências

1. Myers N, Mittermeier RA, Mittermeier CG, Fonseca GAB, Kent J. Biodiversity hotspots for conservation priorities. *Nature*. 2003; 403: 853-858. doi: 10.1038/35002501

2. Fundação SOS Mata Atlântica e INPE [internet]. Mata Atlântica [acesso em 10 jan 2025]. Disponível em: <https://www.sosma.org.br/>
3. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Manual Técnico da Vegetação Brasileira [internet]. Rio de Janeiro: IBGE; 2012. [citado em jan 2025]. Disponível: https://edisciplinas.usp.br/pluginfile.php/4228241/mod_resource/content/2/Manual%20Tecnico%20da%20Vegetacao%20Brasileira%20-%202012.pdf
4. Bogoni JA, Tagliari MM, Peroni N, Peres CA. Testing the keystone plant resource role of a flagship subtropical tree species (*Araucaria angustifolia*) in the Brazilian Atlantic Forest. *Ecol Indic.* 2020; 118(11): 106778. doi: 10.1016/j.ecolind.2020.106778
5. Tagliari MM, Vieilledent G, Alves J, Silveira TCL, Peroni N. Relict populations of *Araucaria angustifolia* will be isolated, poorly protected, and unconnected under climate and land-use change in Brazil. *Biodivers Conserv.* 2021 agost; (30): 3665-3684. doi: 10.1007/s10531-021-02270-z
6. Narvaes IS, Brena DA, Longhi SJ. Estrutura da regeneração natural na Floresta Ombrófila Mista na Floresta Nacional de São Francisco de Paula, RS. *Cien Florest.* 2005; 15(4): 331-342. doi: 10.5902/198050981871
7. Wilson MC et al. Habitat fragmentation and biodiversity conservation: key findings and future challenges. *Landsc Ecol.* 2016 Nov; (31): 219-227. doi: 10.1007/s10980-015-0312-3
8. Forest F, Moat J, Baloch E, Brummitt NA, Bachman SP, Ickert-Bond S, Hollingsworth M, Liston A, Little DP, Mathews S, Rai H, Rydin C, Stevenson DW, Thomas P, Buerki S. Gymnosperms on the EDGE. *Nature.* 2018 abril; (8): 6053. doi: 0.1038/s41598-018-24365-4
9. Andrade BO et al. 12.500+ and counting: biodiversity of the Brazilian Pampa. *Front Biogeogr.* 2023; 15(2). doi: 10.21425/F5FBG59288
10. Rambo B. A fisionomia do Rio Grande do Sul. Porto Alegre: Editora, 1960.
11. Behling H, Pillar VP, Orcoi L, Bauermann S. Late Quaternary *Araucaria* forest, grassland (Campos), fire and climate dynamics, studied by high-resolution pollen, charcoal and multivariate analysis of the Cambara do Sul core in southern Brazil. *Palaeogeogr Palaeoclimatol Palaeoecol.* 2004; 203(3): 277-297. doi: 10.1016/S0031-0182(03)00687-4
12. Behling H, Lichte M. Evidence of dry and cold climatic conditions at glacial times in tropical southeastern Brazil. *Quat Res.* 1997; 48(3): 348-358. doi: 10.1006/qres.1997.1932
13. Projeto MapBiomias Coleção [8] da Série Anual de Mapas de Cobertura e Uso da Terra do Brasil [citado em marc 2024]; Disponível em: <https://brasil.mapbiomas.org/faq/como-faco-para-citar-os-dados-do-mapbiomas/#6>
14. Behling H, Verissimo N, Bauermann SG, Bordignon S, Evaldt A. Late holocene vegetation history and early evidence of *Araucaria angustifolia* in Caçapava do Sul in the lowland region of Rio Grande do Sul State, Southern Brazil. *Braz Arch Biol Technol.* 2016; 59. doi: 10.1590/1678-4324-2016150264
15. Santos S, Silva LG. Mapeamento por imagens de sensoriamento remoto evidencia o bioma pampa brasileiro sob ameaça. *Bol Geogr.* 2012; 29(2): 49-57. doi: 10.4025/bol geogr.v29i2.12366
16. Hasenack H, Weber EJ, Boldrini II, Trevisan R, Flores CA, Dewes H. Biophysical delineation of grassland ecological systems in the State of Rio Grande do Sul, Southern Brazil. *Iheringia.* 2022; 78: e2023001. doi: 10.21826/2446-82312023v78e2023001
17. Viera EM, Iob G. Dispersão e predação de sementes da Araucária (*Araucaria angustifolia*). In: Fonseca CR, Souza AF, Leal-Zanchet AM, Dutra T, Backers A, Ganade G: Floresta de Araucária: Ecologia, Conservação e Desenvolvimento Sustentável. Ribeirão Preto: Editora Holos. 2009; 85-95.
18. Centro de Referência em Informação Ambiental. speciesLink [internet]. Sistema de Informação Distribuído para Coleções Biológicas [Acesso em abril 2024]. Disponível em: <https://specieslink.net>
19. *Araucaria angustifolia* (Bertol.) Kuntze in GBIF Secretariat. GBIF Backbone Taxonomy. Checklist dataset. 2023 [acesso em mai 2024]. Disponível em: <https://www.gbif.org/pt/species/2684940>.
20. Rstudio Team. RStudio: Integrated Development for R; RStudio, PBC: Boston, MA, USA, 2024. [citado em jan 2025]. Disponível em: <http://www.rstudio.com/>
21. Wickham H. ggplot2: Elegant graphics for data analysis [internet]. Springer-Verlag, 2016 [acesso em jan 2025]. Disponível em: <https://ggplot2.tidyverse.org>
22. Pscheidt F, Higuchi P, Silva AC, Rech TD, Salami B, Ferreira TS, Bonazza M, Bento MA. Efeito de borda como fonte da heterogeneidade do componente arbóreo em uma floresta com araucárias no sul do Brasil. *Cien Florest.* 2018; 28(2): 601-612. doi:10.5902/1980509832046
23. Rocha LFB, Dias GF, Júnior FWA, Mello JM, Donizete AO, Scolforo JR. Inventários de fragmentos florestais nativos e propostas para seu manejo e o da paisagem. *Cernes, Lavras.* 2004; 10(1): 22-38
24. DeFries RS, Rudel T, Uriarte M, Hansen M. Deforestation driven by urban population growth and agricultural trade in the twenty-first century. *Nat Geosci.* 2010 Fev; 3: 178-181. doi: 10.1038/NGEO756

25. Suarez A, Gwozdz W. On the relation between monocultures and ecosystem services in the Global South: A review. *Biol Conserv.* 2023 Fev; 278: 109870. doi: 10.1016/j.biocon.2022.109870
26. Dedo CAG, Costa EA, Hess AF, Liesenberg V, Bispo PC. Simulating sustainable forest management practices using crown attributes: insights for *Araucaria angustifolia* trees in Southern Brazil. *Forests.* 2023 jun; 14(7): 1285. doi: 10.3390/f14071285
27. Lindenmayer DB, Franklin JF, Fischer J. General management principles and a checklist of strategies to guide forest biodiversity conservation. *Biol Conserv.* 2006 agost; 131(3): 433-445. doi: 10.1016/j.biocon.2006.02.019
28. Ribeiro MC, Metzger JP, Martensen AC, Ponzoni FJ, Hitora MM. The Brazilian Atlantic Forest: how much is left, and how is the remaining forest distributed? Implications for conservation. *Biol Conserv.* 2009; 142(6): 1141-1153. doi: 10.1016/j.biocon.2009.02.021
29. Brasil. Lei nº 12.651, de 25 de maio de 2012. Dispõe sobre a proteção da vegetação nativa. [internet] Diário Oficial da União. [citado em jan 2025]. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2011-2014/2012/lei/L12651compilado.htm
30. Wilson OJ, Walters RJ, Mayle FE, Lingner DV, Vibrans AC. Cold spot microrefugia hold the key to survival for Brazil's Critically Endangered *Araucaria* tree. *Glob Change Biol.* 2019 Jun; 25(12): 4339-4351. doi: 10.1111/gcb.14755
31. Bernardinis GB, Cobos ME, Brum FT, Marques MCM, Peterson AT, Carlucci, Zwiener VP. Ecological restoration and protection of remnants are key to the survival of the critically endangered *Araucaria* tree under climate change. *Glob Ecol Conserv.* 2023 Nov; e02668. doi: 10.1016/j.gecco.2023.e02668
32. Marchioro CA, Santos KL, Siminski A. Present and future of the critically endangered *Araucaria angustifolia* due to climate change and habitat loss. *Forestry.* 2019 Dez; 93(3): 401-410. doi: 10.1093/forestry/cpz066

Biodiversidade Brasileira – BioBrasil.

Fluxo Contínuo e Edições Temáticas:

- Sustentabilidade da Araucária
 - Programa Nacional de Monitoramento da Biodiversidade – Programa Monitora
- n.2, 2025

<http://www.icmbio.gov.br/revistaelectronica/index.php/BioBR>

Biodiversidade Brasileira é uma publicação eletrônica científica do Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade (ICMBio) que tem como objetivo fomentar a discussão e a disseminação de experiências em conservação e manejo, com foco em unidades de conservação e espécies ameaçadas.

ISSN: 2236-2886

