

Anais do XIII CIENAGRO

SIMPÓSIO DA CIÊNCIA DOS AGRONEGÓCIOS

Porto Alegre, 30 e 31 de outubro de 2025

UFRGS
UNIVERSIDADE FEDERAL
DO RIO GRANDE DO SUL

CEPAN
AGRONEGÓCIOS
UFRGS

ANAIS

XIII SIMPÓSIO DA CIÊNCIA DO AGRONEGÓCIO (CIENAGRO)

30 e 31 de outubro de 2025 - Porto Alegre

PROCEEDINGS

XIII AGRIBUSINESS SCIENCE SYMPOSIUM (CIENAGRO)

October 30th and 31st, 2025 - Porto Alegre

ISBN 978-65-5973-522-8

Comissão dos professores

Prof. Dr. Heinrich Hasenack

Profa. Dra. Ângela Rozane Leal de Souza

Profa. Dra. Daniela Callegaro de Menezes

Prof. Dr. Jean Philippe Palma Révillion

Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS)

Centro de Estudos e Pesquisas em Agronegócios (Cepan/UFRGS)

Porto Alegre, 2025

IMPORTANTE

Todo conteúdo, direitos autorais, formato de publicação, eventuais erros e divergências de conceitos são de plena responsabilidade dos autores. A comissão organizadora deste evento está apenas reprodupaginazindo de forma integral os arquivos submetidos.

CIP – Catalogação na Publicação
Universidade Federal do Rio Grande do Sul
Faculdade de Agronomia
Biblioteca Prof. Antônio Tavares Quintas

S612a SIMPÓSIO DA CIÊNCIA DO AGRONEGÓCIO (13. : 2025 : Porto Alegre)
Anais do XIII Simpósio da Ciência do Agronegócio. [recurso eletrônico]. organizadores Heinrich Hasenack … [et al.]. Porto Alegre : UFRGS/CEPAN, 2025.

1 arquivo pdf

ISBN 978-65-5973-522-8

1.Agronegócios I. Anais do [...] II. Hasenack, Heinrich (Org.)

CDD 630.2063

Elaborada por: Elisângela Rodrigues CRB10/1457

Créditos da Arte desenvolvida para os Anais XIII Cienagro/2025 atribuídos à
Eduarda Cardoso da Silva, Ana Laura Ramirez Carvalho, Lucas Ludwig Hoerlle.
Mestrandas e Mestrando do PPG Agronegócios/UFRGS

ANÁLISE MULTICRITÉRIO APLICADA À APICULTURA: INDICADORES DE APTIDÃO BIOECONÔMICA E SUSTENTABILIDADE NO BIOMA PAMPA

MULTICRITERIA ANALYSIS APPLIED TO BEEKEEPING: INDICATORS OF BIOECONOMIC SUITABILITY AND SUSTAINABILITY IN THE PAMPA BIOME

FEIJÓ, Cristiane Tavares[1] (UFRGS); FERREIRA, Alice Borges[2] (UFRGS); SANTOS, Charles Fernando dos[3] (UFRGS); Hasenack, Heinrich4 (UFRGS).

Resumo: *Mudanças no uso da terra tem reduzido o habitat natural de inúmeras espécies de abelhas, limitando os locais com oferta adequada de pasto apícola. O estudo aborda a aplicação da análise multicritério em ambiente de geoprocessamento, para compreender o potencial bioeconômico e sustentável da produção apícola. O estudo de caso foi realizado em dois apiários no Rio Grande do Sul. Como metodologia, foi criado um indicador único da aptidão bioeconômica de cada apiário, calculado pela ferramenta de Estatística Zonal, a partir do mapa gerado de multicritério. Esta abordagem demonstrou de forma robusta o potencial médio de forrageamento das abelhas em sua área de vida, sintetizando a oferta integral da capacidade de serviços ecossistêmicos (polinização) para a vegetação nativa e os sistemas agrícolas locais, enquanto mapeou o pasto apícola e o potencial desgaste fisiológico dentro do raio de voo das abelhas, os quais fundamentam a sustentabilidade e o retorno econômico da atividade (maior produção de mel). Essa é uma abordagem inovadora sendo aplicada pela primeira vez ao setor apícola e tem potencial de orientar de forma mais assertiva práticas sustentáveis, fortalecimento da saúde das colônias e garantir uma produção mais eficiente no contexto bioeconômico e ecológico local.*

Palavras-Chave: Apicultura. Sistema de Informação Geográfica. Sustentabilidade.

Abstract: *Land-use changes have reduced the natural habitat of numerous bee species, limiting areas with adequate forage availability. This study applies multi-criteria analysis within a geoprocessing environment to assess the bioeconomic and sustainable potential of beekeeping production. The case study was conducted in two apiaries in Rio Grande do Sul. As a methodology, a single indicator of the bioeconomic suitability of each apiary was created, calculated using the Zonal Statistics tool based on the multi-criteria map. This approach robustly demonstrated the average foraging potential of bees within their home range, synthesizing the overall capacity of ecosystem services (pollination) available to native vegetation and local agricultural systems, while also mapping forage resources and thermal comfort within the bees' flight radius, factors that underpin both sustainability and the economic return of the activity (higher honey production). This innovative approach, applied for the first time in the beekeeping sector, has the potential to more effectively guide sustainable practices, strengthen colony health, and ensure more efficient production within the local bioeconomic and ecological context.*

Keywords: Beekeeping. Geographic Information System. Sustainability.

1 INTRODUÇÃO

A criação de animais e a produção de alimentos atuais vem sendo repensadas atualmente devido à crescente demanda por esses produtos em diferentes escalas geográficas e ao grande impacto que essas atividades podem gerar. Esses modelos de produção e consumo têm sido questionados para que a sociedade e o governo adotem práticas produtivas mais sustentáveis. Parte desse questionamento se fundamenta na tese de que os serviços prestados pela natureza

estão para além do entendimento da produção e do consumo humano, sendo, portanto, fundamentais para a manutenção da vida em um sentido mais amplo. Essa crítica foi proposta por Georgescu-Roegen (1971), considerado o fundador do conceito de bioeconomia, e ela é crucial na compreensão para essa transição de paradigma.

A bioeconomia pode ser compreendida por ser um modelo econômico alternativo que por meio da inovação tecnológica e social, somada à transformação dos recursos naturais renováveis, como plantas, animais e microrganismos, auxilia na produção de alimentos, energia, produtos químicos entre outros. Uma de suas diretrizes (e.g. Estratégia Nacional de Bioeconomia) é o estímulo às atividades econômicas e produtivas que promovam o uso sustentável, a conservação, a regeneração e a valorização da biodiversidade e dos serviços ecossistêmicos (BRASIL, 2024).

Nesse sentido, a apicultura e a meliponicultura (criação de abelhas melíferas e abelhas-sem-ferrão, respectivamente) revelam-se atividades produtivas de alto potencial bioeconômico, graças aos serviços ecossistêmicos essenciais que as abelhas realizam por meio da polinização agrícola (produção de alimentos) e na manutenção da biodiversidade e dos biomas por facilitar a reprodução das plantas nativas, assim como, por gerar alimentos saudáveis e funcionais como mel, pólen e própolis garantindo renda a muitas famílias rurais. Inspirados na possibilidade de unir bioeconomia, sustentabilidade e prestação de serviços ecossistêmicos, este artigo analisa e compara dois apiários no Rio Grande do Sul contendo dezenas de colmeias a fim de demonstrar que o uso de ferramentas geoespaciais pode trazer informações valiosas sobre a paisagem a fim de a aumentar a produção de produtos apícolas, enquanto mapeia áreas beneficiadas pela polinização das abelhas.

A análise foi realizada por meio de uma abordagem multicritério em ambiente de geoprocessamento, considerando a disponibilidade de pasto apícola e as condições de esforço físico da zona de voo das abelhas. A hipótese é que um ambiente mais sustentável (suporte ecológico) fornece a base para um maior potencial bioeconômico, no que diz respeito ao seu aspecto social, ambiental e econômico.

Para alcançar isso, o uso do Sistemas de Informação Geográfica (SIG) é fundamental para a caracterização e análise das paisagens no que se refere a disponibilidade e otimização de pasto apícola disponíveis para as abelhas. Ademais, o SIG orienta na qualificação e quantificação dos dados, aprimorando o debate e as reflexões críticas sobre bioeconomia, serviços ecossistêmicos e sustentabilidade no setor da apicultura. A tecnologia ainda auxilia na identificação de ameaças aos apiários, na logística de posicionamento das colmeias, no planejamento de um manejo sustentável em termos de conservação do bioma e na criação de estratégias de mercados voltados às qualidades exclusivas do mel, como os provenientes de floradas nativas da região, ambas localizadas no bioma Pampa.

Inicialmente, foram delimitadas duas áreas de estudos, localizadas nos municípios de Minas do Leão e Palmares do Sul, no estado do Rio Grande do Sul (RS). O município de Minas do Leão, segundo o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 2022, 2023) possui um total de área territorial de 424,339 km². Dentre as atividades agropecuárias desenvolvidas no município, estão: apicultura, aquicultura, bovinocultura, suinocultura, avicultura, cultivo de grãos (arroz, milho, soja e trigo) e raízes (batata-doce e mandioca), cultivo de noz, extração vegetal e silvicultura (eucalipto e outras espécies), dentre outros.

O município de Palmares do Sul, possui uma área territorial maior de 949,201km², cuja ocupação e uso do solo, em termos da produção agropecuária, está segmentada nas seguintes atividades produtivas: apícola, bovina, ovina, suína, galinácea, silvicultura (eucalipto e pinus) cultivos de arroz, feijão, milho, soja, batata-doce, cebola, mandioca, banana, laranja, entre outros (IBGE, 2023). Tais características produtivas dos municípios onde estão localizados os apiários do presente estudo, tornam-se referências relevantes para a análise das classes de uso

e ocupação do solo. Isso porque, segundo Filippini-Alba e Wolff (2016), tanto a cobertura vegetal quanto o uso atual dos solos são indicadores fundamentais para a eficiência, a produtividade e a qualidade da cadeia produtiva do mel.

2 REVISÃO TEÓRICA

O conceito de bioeconomia permite abordar de forma coerente situações complexas relacionadas aos problemas como insegurança alimentar, esgotamento dos recursos naturais e mudanças climáticas. A bioeconomia abrange diferentes setores produtivos, integrando os diversos atores em cadeias de valor que se organizam em sistemas ambientais e socioeconômicos. Trata-se de um novo paradigma econômico que visa o desenvolvimento sustentável por meio da criação de novas atividades (IICA, 2013).

Nesse sentido, a apicultura torna-se uma atividade produtiva e sustentável fundamental para o desenvolvimento da bioeconomia no Brasil. A atividade contribuí com a geração de renda a partir de produtos da colmeia, como mel, própolis, cera e geleia real. Esses produtos são utilizados há séculos com finalidades medicinais, nutricionais e curativas (TORRES NAVARRETE; CHIMBO GREFA e VARGAS BURGOS, 2022). Ademais, a apicultura, além de ser uma atividade voltada à preservação de polinizadores, à geração de renda e promção de serviços ecossistêmicos, também contribui para a produção agrícola e a diversidade de espécies vegetais nativas.

No presente estudo, o SIG revela-se uma tecnologia essencial para orientar no planejamento e no aumento da produção apícola. A partir da geoespacialização dos apiários, o SIG permite conciliar esse crescimento com a manutenção de uma capacidade produtiva sustentável, por meio da conservação dos biomas e a contribuição para a polinização de cultivos e da flora nativa. O SIG apresenta muitas oportunidades para pesquisa colaborativa entre diferentes especialistas, integrando os distintos campos de estudo (GALBRAITH, VIERLING E BOSQUE-PÉREZ, 2015), conforme a abordagem da presente pesquisa.

Por exemplo, o SIG pode contribuir para a identificação dos melhores locais para estabelecer novos apiários em uma determinada área geográfica (Kotovs e Zacepins, 2023). Dessa forma, a escolha de locais adequados para a instalação de apiários mais produtivos deve ser avaliada no contexto do planejamento do uso e ocupação da terra, levando em conta aspectos econômicos, ecológicos, ambientais e sociais (KOTOVS e ZACEPINS, 2023).

O mapeamento da flora apícola por meio de geotecnologias possibilita identificar a concentração de apicultores e colmeias em determinadas regiões, auxiliando na gestão dos recursos florais e na avaliação da saturação de fontes de alimento para as abelhas. Por outro lado, a ausência dessas informações pode dificultar no seu planejamento e crescimento produtivo e sustentável da atividade apícola (BENDINI *et al*. 2014).

Nesse caso, as geotecnologias tornam-se ferramentas fundamentais para a orientação e apoio, na tomada de decisões baseadas em dados espaciais, como o caso da apicultura. A geotecnologia é estruturada a partir de um conjunto de tecnologias (imagens realizadas por satélites, por drones ou aeronaves e softwares, como QGIS, ArcGIS etc.) voltadas para a coleta, processamento, análise e visualização dos dados. O resultado da pesquisa contribuiu na construção de um base sólida de ações voltadas ao desenvolvimento sustentável da apicultura, beneficiando os apicultores locais e o ecossistema (FAO, 2024).

Para Filippini-Alba e Wolff (2016), a observação e a produção de conhecimento sobre as características ecossistêmicas são premissas essenciais para a eficiência e qualidade dos sistemas produtivos. A qualificação das áreas potenciais para a produção de mel contribui para a profissionalização do setor e para o sucesso da cadeia apícola, o que pode promover o desenvolvimento sustentável do agronegócio e da agricultura familiar no Rio Grande do Sul

(FILIPPINI-ALBA; WOLFF, 2016).

Nesse contexto, entende-se que, entre os diferentes fatores, as características geoespaciais são de grande relevância para o desenvolvimento sustentável e do fortalecimento da bioeconomia a partir das atividades desempenhadas pelo setor da apicultura gaúcha. Esse entendimento corrobora, de certa forma, a concepção de Florenzano (2002), ao afirmar que o geoprocessamento é uma tecnologia com custo relativamente acessível, cujas ferramentas fornecem grande potencial para o planejamento ambiental e a gestão de recursos naturais. O uso das geotecnologias pode contribuir com o desenvolvimento da apicultura sustentável, levando em conta que a escolha de um local apropriado para a instalação das colmeias é fundamental para o êxito do empreendimento apícola (CAMARGO, 2011).

Segundo Sarvia, De Petris e Borgogno-Mondino (2023), a partir da aplicação do SIG e do geoprocessamento, é possível identificar as zonas ou classes de uso e ocupação do solo favoráveis ou desfavoráveis para a produção de alimentos para as abelhas. Visto que o SIG tem sido pouco explorado tanto em pesquisas quanto no setor da apicultura, torna-se essencial a racionalização das estratégias para a adoção de práticas e manejo adequado em nível territorial, baseadas no conhecimento aprofundado das condições ambientais locais, por meio da produção de mapas temáticos que oferecem apoio qualificado aos apicultores e o desenvolvimento da bioeconomia.

Ao considerar que o Brasil é o décimo produtor de mel e o quinto exportador na escala global, segundo a Organização das Nações Unidas para a Alimentação e a Agricultura (FAO, 2021), torna-se contrastante admitir que no país a apicultura ainda é considerada uma atividade secundária (DEVKOTA *et al*., 2022). Em suma, para superar esta contradição e fomentar uma bioeconomia de base sustentável, é essencial a adoção na gestão da atividade apícola de tecnologias como o SIG. Essa ferramenta permite uma gestão eficiente que não só aumenta a produtividade, mas também protege os serviços ecossistêmicos e garante a sustentabilidade da apicultura.

2 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

O estudo foi conduzido em dois apiários localizados nos municípios de Minas do Leão e Palmares do Sul, no Rio Grande do Sul, ambos inseridos no bioma Pampa. O manejo foi realizado por uma única apicultora, com práticas padronizadas, de modo a reduzir a variabilidade associada ao manejo e destacar os efeitos da paisagem e das condições ambientais sobre a produção.

Padronizamos o apiário localizado no município de Minas do Leão como apiário 1, o qual compreendia 56 colônias de abelhas melíferas (*Apis mellifera*), que coletivamente produziram 850 kg de mel (média de 15 kg.colônia^{-1}). Por outro lado, o apiário localizado em Palmares do Sul foi designado como apiário 2 e abrigava 40 colônias que produziram um total de 320 kg (média de 8 kg.colônia^{-1}). Portanto, o apiário 1 possuía 40% mais colmeias do que o apiário 2 e, consequentemente, havia maior densidade de colmeias criando um cenário de maior competição intraespecífica por recursos florais entre as abelhas deste apiário, o que poderia gerar menor produção de mel. Ambos os apiários foram classificados de acordo com um sistema de pontuação proposto pelos autores que é baseado em critérios técnicos e no conhecimento da apicultora sobre o pasto apícola da região, o qual permite avaliar e validar com confiabilidade a influência da composição e da qualidade da paisagem na produção real de mel.

Esse sistema de pontuação quantifica a adequação de diferentes classes de uso e cobertura do solo para a apicultura e cada classe recebe um valor com base em sua contribuição potencial para a produção de mel, cujas pontuações mais altas indicam condições mais favoráveis para a apicultura sustentável. Assim, com base nas coordenadas geográficas dos

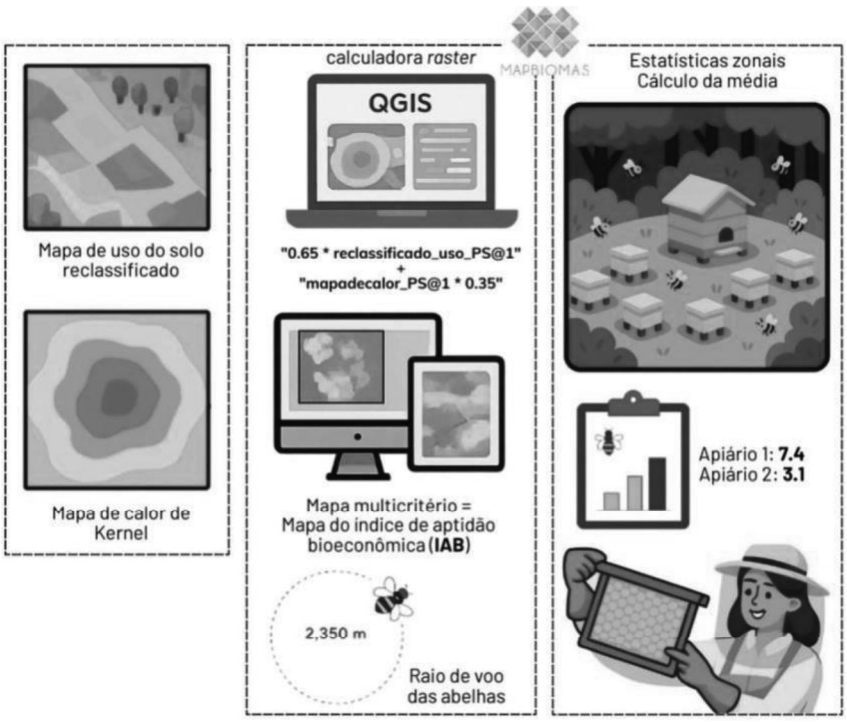
apiários fornecidas pela apicultora, nós extraímos dados matriciais por meio da plataforma MapBiomas, utilizando a Coleção Beta (ano de 2022) como referência cujas imagens foram obtidas do satélite Sentinel-2 de resolução espacial de 10 metros (MapBiomas, 2024). Após, os dados de uso e cobertura do solo serem gerados, eles foram integrados ao ambiente SIG, utilizando o software QGIS, versão *Long Term Release* (LTR) 3.34.7.

Com base em estudos sobre o zoneamento agroambiental e florístico para a apicultura no bioma Pampa (FILIPPINI-ALBA; WOLFF, 2016) e na observação das atividades apícolas, foi estabelecido o valor de voo das abelhas (*Apis mellifera*) para a criação polígonos contendo o alcance esperado de 2350m. Posteriormente, os limites das classes de cobertura e uso do solo nos dois apiários foram analisados qualitativa e quantitativamente, a partir da análise multicritério.

Por se tratar de uma pesquisa em andamento, adotamos inicialmente dois critérios: I) o uso e cobertura do solo; e II) o limite do raio de voo das abelhas e sua distância para as colmeias, considerando o custo energético do deslocamento das abelhas em seu raio de voo para busca de alimento. Nesse caso, os mapas foram reclassificados, para os valores que variam de pontuação de zero (0) a dez (10). Para o mapa temático de uso e cobertura do solo, o ‘0’ representa uma disponibilidade muito baixa ou nula de pasto apícola e ‘10’ indica uma disponibilidade muito alta. Para o segundo critério compreendido pelo mapa de custo de acesso, foi gerado um mapa de densidade *Kernel*, a partir do ponto central das colmeias de cada apiário. Neste mapa, o valor 10 representa as áreas de maior facilidade de acesso (menor custo energético), enquanto o valor 0 representa as áreas de maior dificuldade (maior custo energético), por estarem no limite do raio de voo. Cabe mencionar, que nesse primeiro momento, a distância foi calculada de forma linear de cada *pixel* da imagem gerada.

O cruzamento dos mapas resultou em um índice espacial de aptidão bioeconômica, que denominamos de IAB. O valor final de cada apiário foi calculado pela ferramenta de Estatística Zonal no QGIS, obtendo-se a média dos valores de *pixels* dentro da zona de voo. Esse indicador sintetizou a disponibilidade de pasto apícola e o custo de deslocamento, permitindo estimar o potencial médio de forrageamento e a sustentabilidade da atividade em cada local.

FIGURA 1. Análise Multicritério para Avaliação Bioeconômica de Apiários



Fonte: elaborado pelos autores.

3 APRESENTAÇÃO DOS RESULTADOS E DISCUSSÕES

O modelo metodológico em questão demonstra a capacidade técnica e científica a partir uma ferramenta de diagnóstico para analisar os potenciais bioeconômico e sustentável dos apiários localizados no interior dos municípios em Minas do Leão e Palmares do Sul. O índice de aptidão bioeconômica capturou as diferenças qualitativas entre os apiários, alinhando-se à produção de mel observada, mesmo com a disparidade no número de colmeias. Isso demonstra a capacidade da análise de estatísticas zonais de refletir de forma confiável as condições do mundo real, mesmo sob competição intensificada por recursos florais. No Apiário 1, o índice de aptidão bioeconômica (Figura 2) mais alto (06) inferiu com maior precisão uma capacidade produtiva superior, destacando que o sistema de pontuação proposto pelos autores ponderou a qualidade da forragem (e.g., florestas e culturas temporárias) mais fortemente do que a campo alagado(e.g., áreas úmidas). Além disso, a presença de diversos tipos de cobertura vegetal, mesmo em proporções relativamente pequenas, como a formação florestal com 8,78%, atuou como um amortecedor contra a escassez de recursos, reforçando o valor da heterogeneidade da paisagem para sustentar a produtividade das colônias.

Ainda no Apiário 1, o alto valor (10) atribuído à cobertura florestal reflete o importante papel das espécies arbóreas nativas para a apicultura, pois proporcionam períodos de floração mais estáveis e são menos suscetíveis a secas prolongadas. Tais características provavelmente melhoram a qualidade e a quantidade do néctar (WOLFF *et al*., 2008). É importante destacar ainda que a polinização por abelhas é um serviço ecossistêmico globalmente ameaçado, o qual sustenta a produção de alimentos e mantém a biodiversidade (GALBRAITH, VIERLING E BOSQUE-PÉREZ, 2015). Dessa forma, sua conservação é um ativo econômico estratégico, no que diz respeito a base para uma bioeconomia voltada a relação entre produção e preservação ambiental.

A formação campestre especialmente as nativas, também atuaram como refúgio por

abrigarem uma diversidade de espécies floríferas. Em conjunto, essas coberturas vegetais evidenciam a vantagem de se instalar apiários em zonas de interface entre áreas agrícolas e naturais, sendo compreendida como uma estratégia que otimiza a produtividade apícola sem comprometer a sustentabilidade do apiário e seu ambiente. Porém, cabe destacar que a criação de excedentes (bio)econômicos depende da adoção de processos que assegurem a promoção da biodiversidade, a conservação dos ecossistemas, a provisão de serviços ecossistêmicos e a prevenção da degradação do solo (COSTA *et al*., 2022).

As plantações silviculturais, particularmente o eucalipto, podem oferecer importantes recursos de néctar e pólen, especialmente durante a escassez floral. No entanto, sua natureza monocultural restringe a diversidade nutricional, o que pode aumentar a vulnerabilidade das colônias a doenças e estresse nutricional (FILIPPINI-ALBA & WOLFF, 2016). O principal cultivo dentro da área de proteção do apiário 1 foi a soja (*Glycine max*), que se expandiu naquela região, remodelando os padrões de uso da terra (ZELAYA *et al*., 2001; PETSCH *et al*., 2022). Embora seu curto período de floração (15 a 25 dias) forneça néctar abundante e de alta qualidade (GAZZONI, 2017), o uso de agroquímicos apresenta riscos a sustentabilidade das colmeias. A soja pode dobrar a produção de mel em algumas regiões (GAZZONI, 2024). Contudo, esse benefício pode vir acompanhado de riscos já que há relatos de perdas significativas de colônias devido ao uso de pesticidas de forma letal ou mesmo efeitos subletais que provocam alterações comportamentais, redução da capacidade reprodutiva e redução da sobrevivência da colônia (DOS SANTOS, OTESBELGUE e BLOCHTEIN, 2018).

Por outro lado, o apiário 2 apresentou menor disponibilidade proporcional de forragem potencial para abelhas, o que provavelmente serviu como um fator limitante para sua menor produtividade em comparação ao apiário 1. A área apresenta-se majoritariamente coberta por silvicultura (32,48%). Contudo, uma das classes de maior valor forrageiro, a restinga arbórea com nota oito (8), ocupou uma parcela insignificante (5,76%) da área de forrageamento. Essa diversidade limitada de recursos pode prejudicar a sustentabilidade de um apiário produtivo, afetando assim o índice de aptidão bioeconômica. Nesses contextos, os apicultores devem considerar estratégias de manejo adaptativo, como a apicultura migratória para rastrear os períodos de floração em diferentes regiões (FREITAS BARBOSA e PINHEIRO DE SOUSA, 2012).

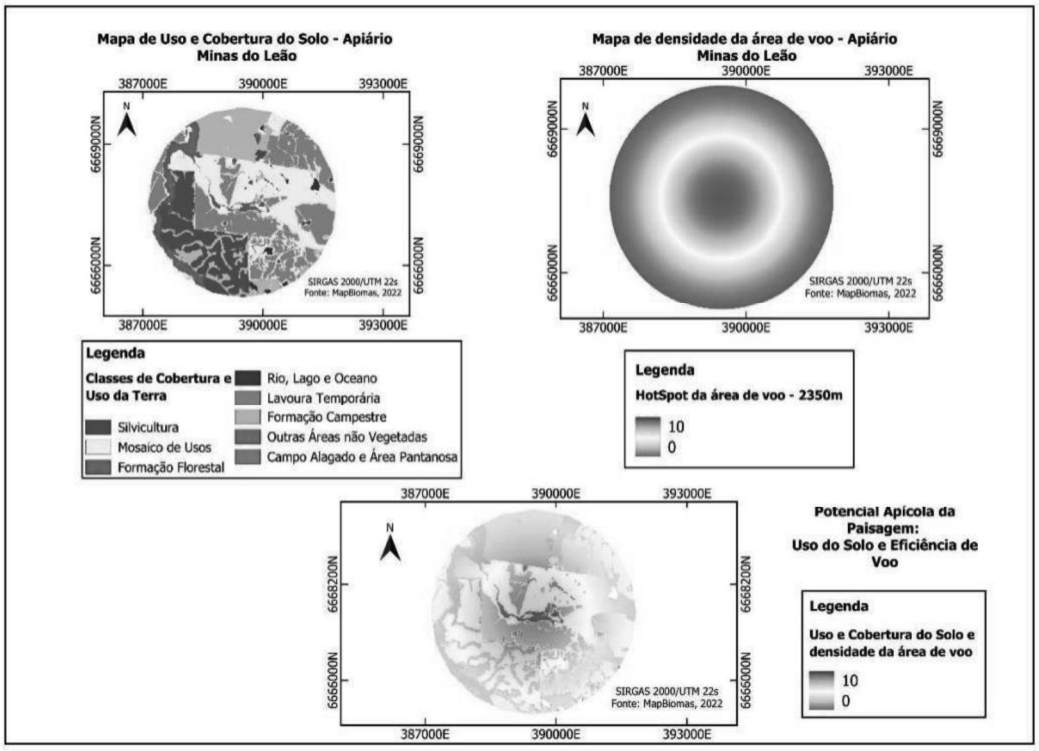
A disponibilidade limitada de forragem de alta qualidade no apiário 2 refletiu no índice de aptidão bioeconômica (5) (Figura 3) mais baixo em relação ao apiário 1. Isso deve,, tanto pela predominância de classes de cobertura de solo de baixo valor alimentício para as abelhas quanto pelas restrições ecológicas dos ambientes costeiros. As classes como restinga herbácea e praia, duna e restinga ocuparam porções significativas da área de proteção de forrageamento, diluindo assim o peso do índice de aptidão bioeconômica geral. Embora a restinga herbácea inclua arbustos nativos como caraguatá, alecrim-do-campo e carqueja, seu suprimento de forragem é sazonal e limitado por solos pobres em nutrientes e condições adversas. Da mesma forma, sistemas de praia e duna oferecem néctar ou pólen mínimos devido à salinidade e à exposição ao vento, e geralmente são inadequados para a apicultura sustentável (VIANA E KLEINERT, 2005).

De acordo com um zoneamento florístico para o bioma Pampa, apenas a floresta estacional semidecídual foi classificada como altamente adequada para apicultura. Outras classes prevalentes no apiário 2, como agricultura, corpos d'água, dunas e áreas urbanas, foram consideradas inadequadas para a sustentabilidade apícola (FILIPPINI-ALBA E WOLFF, 2016). Isso está alinhado com análises empíricas e geoespaciais que indicam que o apiário 2 tem menor capacidade de sustentar grandes populações de polinizadores e é mais vulnerável ambientalmente em comparação ao apiário 1, uma percepção claramente capturada pelo modelo ainda em fase de refinamento entãoproposto.

Desse modo, o uso de SIG e a cartografia temática se mostraram eficazes em destacar como os dados geoespaciais podem orientar a gestão e a tomada de decisões na apicultura, bem como no incentivo técnico-científico e político de um modelo alternativo econômico e sustentável que pode ser explorado para diversas regiões em diferentes biomas. Como a apicultura depende de múltiplas variáveis ambientais, a análise espacial e os resultados cartográficos personalizados são essenciais para avaliar a adequação apícola (FERNANDEZ, MARQUES e ANJOS, 2013) e a integração dessas variáveis no nosso modelo de índice de aptidão bioeconômica (IAB).

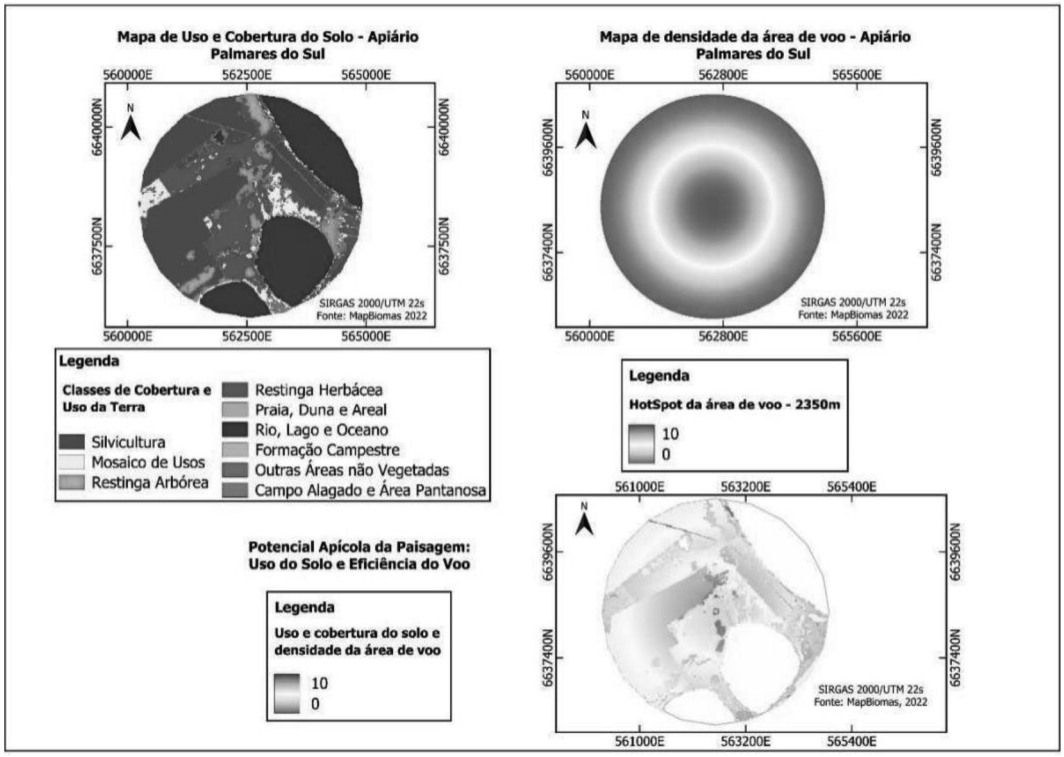
A comparação do IAB da mediana entre os apiários 1 e 2 revela que o primeiro está inserido em uma paisagem com uma capacidade de suporte ecológico maior. A análise da mediana do IAB revela que o Apiário 1 (IAB=6) possui condições ambientais medianas mais favoráveis à atividade apícola que o Apiário 2 (IAB=5). Na prática, esse ambiente confere maior potencial bioeconômico, com expectativa de ganhos em produtividade, saúde das colmeias e, por fim, resiliência maior resiliência bioeconômica. Em suma, a mediana serve como a ferramenta estatística que melhor traduz a experiência integral de uma colmeia em seu território, conectando a qualidade ecológica da paisagem diretamente aos resultados econômico, sociais e ambientais da atividade apícola.

FIGURA 2. Aptidão Bioeconômica – Minas do Leão



Fonte: elaborado pelos autores.

FIGURA 3. Aptidão Bioeconômica – Palmares do Sul



Fonte: Elaborado pelos autores

4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Um dos pilares da apicultura é a instalação de apiários em áreas com amplo pasto apícola para as abelhas. Geralmente, essa escolha é feita de forma arbitrária e limitada, devido algumas dificuldades técnicas muitas vezes apresentadas pelo apicultor de avaliar, com precisão, os recursos disponíveis dentro do raio de voo das abelhas e seu valor para a produtividade. Além disso, o esforço das abelhas para coletar alimento em curtas ou longas distâncias é frequentemente desconsiderado, embora tenha impacto direto na produção de mel. Quanto maior a distância percorrida pelas abelhas para buscar alimento, maior é o consumo de mel por elas, resultando em menor quantidade de mel estocado.

Nossos resultados demostram que a qualificação da paisagem (1º critério), baseada na disponibilidade e na diversidade de pasto apícola, é influenciada pelo tipo e pela proporção das classes de uso e cobertura do solo em cada apiário, impactando diretamente sua produtividade. Além disso, a inclusão de uma variável relacionada à distância de deslocamento das abelhas (2º critério), que reflete o desgaste fisiológico potencial na busca por recursos florais, também demonstrou relevância na identificação de apiários mais eficientes. Ambas as abordagens convergiram para indicar o apiário 1 como o mais produtivo, conforme observado, independentemente do maior adensamento de colmeias.

O modelo proposto neste estudo oferece suporte à tomada de decisão e à seleção de locais com maior potencial para a atividade apícola. Ele permite classificar, com base em dados robustos e relevantes, as áreas mais promissoras, identificando oportunidades, áreas de atenção ou possíveis conflitos, como os observados em regiões de eucaliptais e cultivos agrícolas em expansão, como a soja.

Acreditamos que ajustes no uso do SIG, a inclusão de outros critérios (e.g. altitude, declividade) e uma amostra maior de apiários podem validar nossa metodologia como uma

ferramenta prática e acessível, permitindo que apicultores planejem de forma mais eficaz a localização de colmeias em áreas produtivas. Em síntese, este estudo demonstra que é possível um ambiente ecologicamente sustentável maximizar o potencial bioeconômico da apicultura, considerando suas dimensões social, ambiental e econômica.

5. REFERÊNCIAS

AMARAL, A. M. do. **Arranjo produtivo local e apicultura como estratégia para o desenvolvimento do sudoeste de Mato Grosso**. 2010. 147 f. Tese (Doutorado em Ecologia e Recursos Naturais) - Programa de Pós-Graduação em Ecologia e Recursos Naturais, Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, 2010.

BRASIL. Decreto n.º 12.044, de 05 de junho de 2024. Institui a Estratégia Nacional de Bioeconomia. Brasília, DF: Diário Oficial da União, 06 jun. 2024. Seção 1, p. 3.

COSTA, F. A.; NOBRE, C.; GENIN, C.; MEDEIROS ROCHA FRASSON, C.; ARAÚJO FERNANDES, D.; SILVA, H.; VICENTE, I.; TAKAES SANTOS, I.; FELTRAN-BARBIERI, R.; VENTURA, R. NETO; FOLHES, R.Uma Bioeconomia Inovadora para a Amazônia: conceitos, limites e tendências para uma definição apropriada ao bioma floresta tropical. **wri brasil**. Uma bioeconomia inovadora para a Amazônia: conceitos, limites e tendências para uma definição apropriada ao bioma floresta tropical. Brasília, 2022. Disponível em: https://www.wribrasil.org.br/sites/default/files/2022-07/NEA-BR_Bioeconomia_PT.pdf. Acesso em: 20 de setembro de 2025.

DOS SANTOS, C.F. et al. The dilemma of agricultural pollination in Brazil: Beekeeping growth and insecticide use. **PLoS One**, v 13, n. 7, p. 1–13, 2018.

FERNANDEZ, P., ROQUE, N., & ANJOS, O. Spatial multicriteria decision analysis to potential beekeeping assessment. Case study: Montesinho natural park (Portugal). In: Sarjakoski, T., Santos, M.Y., & Sarjakoski, L.T. (Eds.), **AGILE International Conference on Geographic Information Science - Geospatial Data in a Changing World**, Helsinki, Finland, p. 14-17, 2016.

FILIPPINI-ALBA, J. M.; WOLFF, L. F. Zoneamento agroecológico florístico para apicultura e meliponicultura no bioma pampa. Pelotas: **Embrapa Clima Temperado**, p 98, 2016.

FLORENZANO, T. G. **Imagens de satélite para estudos ambientais**. São Paulo: Oficina de Textos, p. 97, 2002.

GALLAI, N., SALLES, J. M., SETTELE, J., & VAISSIÈRE, B. E.. Remote sensing and ecosystem services: Current status and future opportunities for the study of bees and pollination-related services. Current Forestry Reports, 1(4), 261-274; 2015.

GAZZONI, D. L. **Soja e abelhas**. Brasília, DF: Embrapa, 151 p., 2017., 2017. Disponível em: https://www.alice.cnptia.embrapa.br/alice/bitstream/doc/1068703/1/livroSOJAEABELHASonline.pdf Acesso em: 31 out. 2024.

GEORGESCU-ROEGEN, N. The Entropy Law and the Economic Process. Cambridge, MA: Harvard University Press, 1971.

IICA, Instituto Interamericano de Cooperación para la agricultura (IICA). **Experiencias exitosas en Bioeconomia.** Montevideo, 2013.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. Cidades e Estados: Minas do Leão. **IBGE**, 2023. Disponível em: https://www.ibge.gov.br/cidades-e-estados/rs/minas-do-leao.html. Acesso em: 25 out. 2024.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. Cidades e Estados: Palmares do Sul. **IBGE**, 2023. Disponível em: https: https://www.ibge.gov.br/cidades-e-estados/rs/minas-do-leao.html. Acesso em: 25 set. 2025.

MAPBIOMAS. **Projeto de Mapeamento Anual da Cobertura e Uso do Solo no Brasil**. Coleção Beta. MapBiomas cobertura 10M. Disponível em: https://brasil.mapbiomas.org/stats. Acesso em: 20 set. de 2025.

SARVIA, F.; DE PETRIS, S.; BORGOGNO-MONDINO, E. Mapping melliferous potential in productive honey areas through spatial tools: Towards a rationalization of beekeeping. **Ecological Informatics** v. 78, p. 1-13, 2023.

TORRES NAVARRETE, A., CHIMBO GREFA, J., & VARGAS BURGOS, J. C. APICULTURA Y BIOECONOMÍA:: LA MIEL DE ABEJA COMO ALTERNATIVA ECONÓMICA SOSTENIBLE PARA PEQUEÑOS PRODUCTORES. Revista Semilla Del Este. 2(2), 48–61, 2022. Disponível em: https://revistas.up.ac.pa/index.php/semilla_este/article/view/2863. Acesso em: 22 set. 2025.

VIANA, B. F.; KLEINERT, A.M.P. A community of flower-visiting bees (Hymenoptera: Apoidea) in the coastal sand dunes of northeastern Brasil. **Biota Neotropica,** v. 5, p. 79-91, 2005.