



Mudanças no uso da terra e seus impactos na conservação de *Dipteryx alata* Vog. no corredor extrativista do Cerrado em Mato Grosso do Sul, Brasil: uma revisão crítica

Felipe Martini Santos¹, Henrique Fernandes Magalhães², Camilla Marques de Lucena³, Eduardo Bezerra de Almeida Jr.⁴, Júlio Onésio Ferreira Melo⁵, Júlia Graziela da Silveira⁶, Ezequiel da Costa Ferreira⁷, Reinaldo Farias Paiva de Lucena⁸

¹Pesquisador visitante Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, Professor adjunto da Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul, felipe.martini@uems.br, <https://orcid.org/0000-0002-6202-6279>. ²Pesquisador de Pós-doutorado da Universidade Federal de Pernambuco, henri_mag@hotmail.com, <https://orcid.org/0000-0002-3388-9307>. ³Professora adjunta da Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, camilla.lucena@ufms.br, <https://orcid.org/0000-0002-5126-8969>. ⁴Professor associado da Universidade Federal do Maranhão, eduardo.almeida@ufma.br, <https://orcid.org/0000-0001-7517-4775>. ⁵Professor titular da Universidade Federal de São João del-Rei, onesiomelo@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0002-7483-0942>. ⁶Professora da Universidade Federal de Mato Grosso, julia.silveira@ufmt.br, <https://orcid.org/0000-0003-4875-2781>. ⁷Pesquisador de Pós-doutorado da Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, ezequielcostaf@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0003-4758-7171>. ⁸Professor adjunto da Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, reinaldo.lucena@ufms.br, <https://orcid.org/0000-0002-1195-4315>.

Artigo recebido em 30/04/2024 e aceito em 23/05/2024

RESUMO

A expansão agrícola no Brasil central restringiu o extrativismo do barueiro (*Dipteryx alata*), com alterações no uso da terra levando à fragmentação e perda de habitat, diminuindo a disponibilidade de frutos e o acesso para as comunidades locais. Esta revisão crítica examina os distúrbios no corredor extrativista do Cerrado de Mato Grosso do Sul causados por essas pressões antrópicas, com implicações para os sistemas socioprodutivos extrativistas dependentes do baru. O artigo avalia a confluência entre o desenvolvimento econômico e a qualidade ambiental, defendendo estratégias de conservação *in situ* como forma de manter a diversidade genética e a integridade ecológica. Destaca os esforços de conservação *circa situm* nas propriedades rurais, integrando o baru às práticas agrícolas. Esta abordagem garante a conservação genética do baru em paisagens modificadas e promove uma relação sinérgica com as operações econômicas. Além disso, o estudo acentua a incorporação do baru nos sistemas agroflorestais, o que poderia servir de modelo para a produção agrícola e pecuária sustentável, reforçando o papel do baru na bioeconomia regional e contribuindo para a resiliência da paisagem. A revisão propõe a integração do baru em tais sistemas como estratégia dinâmica para a restauração ecológica e sustentabilidade econômica, enfatizando o seu potencial para melhorar a biodiversidade e os serviços ecossistêmicos. Finalmente, a revisão pede um forte apoio político para a utilização e conservação do baru, alinhando-o com os objetivos de desenvolvimento sustentável e defendendo uma abordagem abrangente para o manejo da espécie como um símbolo de sustentabilidade e robustez econômica no Cerrado.

Palavras-chave: baru; biodiversidade; sistemas agroflorestais; bioeconomia; *circa situm*.

Land use changes and their impacts on the conservation of *Dipteryx alata* Vog. in the Cerrado extractivism corridor in Mato Grosso do Sul, Brazil: a critical review

ABSTRACT

Agricultural expansion in central Brazil has constrained the extraction of Baru nuts (*Dipteryx alata*), with land use changes leading to habitat fragmentation and loss, thereby reducing fruit availability and access for local communities. This critical review explores disturbances in the Cerrado's extractive corridor in Mato Grosso do Sul due to anthropogenic pressures, with implications for extractive socio-productive systems reliant on the baru. The paper assesses the intersection between economic development and environmental quality, advocating *in situ* conservation strategies to maintain genetic diversity and ecological integrity. It highlights the *circa situm* conservation efforts in rural properties, integrating the baru into farming practices. This approach ensures the baru's genetic conservation within modified landscapes and promotes a synergistic relationship with economic operations. Furthermore, the study emphasizes the

incorporation of baru into agroforestry systems, potentially serving as a model for sustainable agriculture and livestock production, bolstering baru's role in regional bioeconomy and landscape resilience. The review proposes integrating baru in such systems as a dynamic strategy for ecological restoration and economic sustainability, emphasizing its potential to enhance biodiversity and ecosystem services. Finally, the review calls for strong political support for the utilization and conservation of baru, aligning it with sustainable development goals and advocating a comprehensive approach to managing the species as a symbol of sustainability and economic robustness in the Cerrado.

Keywords: baru nuts; biodiversity; agroforestry systems; bioeconomy; *circa situm*.

Introdução

Em um contexto global, a necessidade crítica de conservar e expandir áreas florestais, por meio da regeneração natural ou de reflorestamentos planejados, é motivada pelo reconhecimento mútuo de que as florestas e as comunidades humanas estão intrinsecamente interligadas (Chazdon e Guariguata, 2016; Erbaugh et al., 2020). Considerando a agricultura como o principal vetor do desmatamento em escala global, a Organização das Nações Unidas para a Alimentação e Agricultura (FAO) declarou a urgência de promover interações positivas entre a agricultura e as florestas (FAO, 2016; Pendrill et al., 2022). Nesse contexto, estratégias como o manejo florestal, extrativismo responsável e sistemas agroflorestais têm emergido como meios eficazes para obter produtos madeireiros e não-madeireiros de forma sustentável, alinhando-se com os princípios da bioeconomia, que promove a otimização do uso de recursos naturais em harmonia com a conservação e proteção ambiental associado ao desenvolvimento econômico (Muscat et al., 2021; Nunes et al., 2024).

No bioma Cerrado, especificamente no estado de Mato Grosso do Sul, comunidades tradicionais de agroextrativistas têm desempenhado um papel importante na prática do extrativismo em fragmentos de vegetação nativa do Cerrado e com populações remanescentes de espécies vegetais de interesse econômico que ocorrem em áreas abertas, como pastagens e áreas de pousio. Essas práticas englobam a coleta e o uso sustentável de espécies nativas do bioma, incluindo o baru (*Dipteryx alata* Vog.), pertencente à família Fabaceae (Bortolotto et al., 2017, 2021; de Mello et al., 2023). O barueiro é uma árvore de médio a grande porte, reconhecida pela qualidade de sua madeira, com densidade superior a 1,1 g/cm³ e alta durabilidade. Além disso, é uma árvore altamente produtiva, oferecendo até 5.000 frutos por ano, contribuindo significativamente para a alimentação animal em períodos de escassez de forragem no Cerrado (Carraza e Ávila, 2010; Sano, 2016). Seu fruto, o baru, é ovóide, possui cerca de 4-5 cm de comprimento, epicarpo coriáceo de coloração

marrom, mesocarpo fibroso e adocicado, e endocarpo lenhoso que abriga uma única semente comestível de cerca de 2-2,5 cm de comprimento (Sano et al., 2004).

Recentemente, o barueiro tornou-se uma planta de grande interesse da comunidade científica, explorando sua composição nutricional e atributos funcionais, incluindo casca, polpa, óleo e amêndoas (Nunes et al., 2024). Estudos detalhados desses componentes têm revelado uma série de compostos bioativos com benefícios significativos para a saúde humana (Alves et al., 2016; Bento et al., 2014; Siqueira et al., 2015). As amêndoas de baru são cada vez mais apreciadas em pratos saudáveis, como farinhas, bolos, biscoitos, manteigas, sorvetes e licores, impulsionando sua demanda e valor de mercado (Alves-Santos et al., 2021). No entanto, apesar das perspectivas promissoras geradas pela comercialização de produtos derivados do baru, os desafios permanecem, especialmente na estruturação desta cadeia, a qual é baseada no extrativismo (Arakaki et al., 2009). A cadeia socioprodutiva do baru está estruturada com o esforço e o conhecimento sobre a coleta e beneficiamento dos frutos pelas comunidades agroextrativistas para obtenção da polpa e da castanha. Em algumas regiões há casos de sucesso em que os produtores se organizaram em associações/cooperativas para realizarem o processamento e buscar a agregação de valor dos produtos por meio da transformação da polpa ou da castanha do baru em outros produtos e/ou aumentar a escala para comercialização direta dos produtos derivados (Magalhães, 2019; Philippi et al., 2021; Oliveira e Pasa, 2024). Contudo, no Brasil, a cadeia ainda demonstra uma notável dependência de intermediários que muitas vezes representam conflitos para os agentes extrativistas (Magalhães, 2019). Adicionalmente, embora apresente grande potencial econômico, há alguns entraves como as deficiências nos padrões higiênico-sanitários da atividade extrativista, aliadas à ausência de rastreabilidade e/ou certificação dos produtos. Esses fatores impactam negativamente na confiabilidade do mercado, especialmente no cenário internacional (Mertens e Burgos, 2021).

Diante desses entraves, as atividades extrativistas são afetadas pelas crescentes mudanças no uso da terra, incluindo a abertura de novas áreas para a agricultura e a ocorrência de incêndios florestais, gerando a destruição das populações do barueiro e de outras espécies em ecossistemas nativos (Carvalho, 2003; Pott and Pott, 2003; Sano et al., 2004). No Mato Grosso do Sul, o bioma Cerrado tem sido progressivamente alterado devido ao modelo de desenvolvimento agrícola predominante na região (Tetila et al., 2020). Este modelo, embora tenha gerado avanços econômicos, frequentemente colide com a sustentabilidade ecológica e com as tradições das comunidades locais. As práticas agroextrativistas demonstram que o desenvolvimento econômico e a conservação ambiental podem coexistir, valorizando tanto os recursos naturais quanto as tradições culturais da região. Diante dos desafios impostos pelo atual paradigma agrícola, torna-se essencial reconhecer e fortalecer essas práticas tradicionais como pilares para um desenvolvimento mais equilibrado e sustentável (de Mello et al., 2023; Saikant et al., 2023).

Neste contexto, o desenvolvimento de estudos direcionados à conservação de espécies vegetais é essencial para garantir o uso sustentável dos recursos genéticos que possuem valor para comunidades extrativistas, como o baru (Berti et al., 2017). Assim, a promoção da conservação *circa situm* merece destaque, visto que essa abordagem engloba a conservação de espécies dentro das propriedades rurais, integrando-as às práticas agrícolas (Santos et al., 2024). Isso assegura que os recursos genéticos sejam mantidos em paisagens dominadas por uma variedade de propriedades rurais e com diferentes práticas antropogênicas de uso da terra, como a expansão da pecuária e o cultivo de grãos, por exemplo (Dawson et al., 2013).

Diante do exposto, este trabalho tem como objetivo identificar e realizar uma revisão crítica do cenário de mudanças significativas no uso da terra no Corredor do Extrativismo de Mato Grosso do Sul, ponderando as possíveis ameaças à prática do extrativismo do baru, *Dipteryx alata*, explorando as estratégias para estimular a conservação *circa situm* da espécie para promover o desenvolvimento de sua cadeia produtiva pelas comunidades agroextrativistas.

Corredor extrativista do Cerrado de Mato Grosso do Sul

O extrativismo no Cerrado é uma estratégia multifacetada que não apenas atende às necessidades das comunidades tradicionais, mas também atende aos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS) da Agenda 2030. Está intrinsecamente ligado ao ODS 1 - Erradicação da Pobreza, promovendo meios de subsistência sustentáveis. Também fortalece o ODS 2 - Fome Zero, aumentando a segurança alimentar no campo. No âmbito da conservação, apoia o ODS 15 - Vida Terrestre, protegendo a biodiversidade do Cerrado, enquanto promove o consumo e produção responsáveis do ODS 12 e impulsiona o emprego e crescimento econômico do ODS 8. Assim, o extrativismo responsável se destaca como uma ferramenta poderosa para a promoção de práticas sustentáveis e a realização de metas globais de desenvolvimento.

No contexto biogeográfico do bioma Cerrado, especificamente no estado de Mato Grosso do Sul, destacam-se práticas de extrativismo conduzidas por comunidades agroextrativistas (Bortolotto et al., 2021; Philippi et al., 2021). Estas práticas abrangem a coleta de recursos nos fragmentos de vegetação nativa do Cerrado e de populações remanescentes de espécies que ocorrem em áreas de pastagens e de pousio. As atividades englobam a coleta sustentável de produtos naturais do bioma Cerrado, como o baru (*Dipteryx alata*) e outras espécies vegetais de valor econômico e cultural, como a guavira [*Campomanesia adamantium* (Cambess.) O.Berg – família Myrtaceae], jatobá (*Hymenaea courbaril* L. - Fabaceae), pequi (*Caryocar brasiliense* Cambess. - Caryocaraceae), bocaiuva (*Acrocomia* sp. - Arecaceae) e buriti (*Mauritia flexuosa* L.f. - Arecaceae), são alguns dos principais exemplos (Pott and Pott, 2003; Bortolotto et al., 2017). A coleta pode envolver frutos, sementes, fibras e outros recursos, que possuem importância fundamental nas comunidades agroextrativistas, tanto como fonte de subsistência quanto como parte essencial de suas tradições culturais (e.g., usos medicinais, religiosos, entre outros).

Tais práticas desempenham um papel significativo na conservação do Cerrado, uma vez que promovem o uso sustentável dos recursos naturais e mantêm fragmentos da vegetação nativa e populações remanescentes viáveis, mesmo em áreas onde a paisagem é dominada por pastagens para o uso da pecuária. Além disso, essas práticas sustentáveis contribuem para a geração de renda

nas comunidades locais, fortalecendo a economia regional e a preservação do modo de vida tradicional.

O Corredor do Extrativismo do Cerrado em Mato Grosso do Sul é uma proposta de agrupamento do território que engloba onze municípios do Estado, a saber: Bela Vista, Jardim, Guia Lopes da Laguna, Maracaju, Bonito, Nioaque, Bodoquena, Anastácio, Sidrolândia, Dois Irmãos do Buriti e Terenos (Figura 1). Esta proposta de corredor foi proposta pelo Centro de Produção, Pesquisas e Capacitação do Cerrado

(CEPPEC) e representa uma estratégia para integrar e fortalecer os pequenos grupos de produtores localizados estrategicamente na região oeste de Mato Grosso do Sul, cuja principal fonte de renda provém da agricultura familiar e da comercialização de produtos cultivados ou produzidos de forma ecologicamente sustentável a partir do extrativismo. Assim, essa região apresenta um desempenho de extrema importância tanto para a economia quanto para a conservação da biodiversidade local, devido à presença de comunidades envolvidas no extrativismo do baru e de outras espécies vegetais do Cerrado.

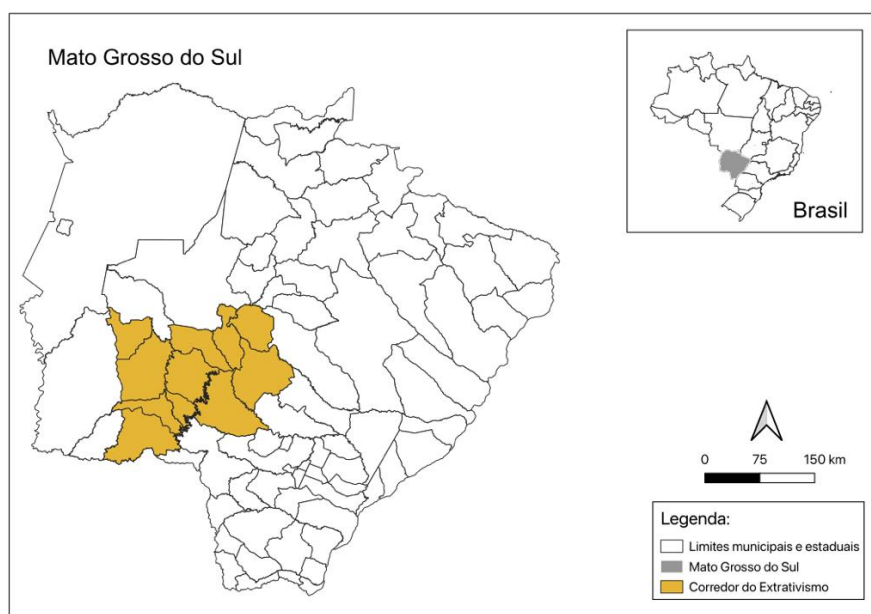


Figura 1: Distribuição geográfica dos municípios que compõem o corredor do extrativismo em Mato Grosso do Sul, Centro-Oeste, Brasil.

Mudanças de uso da terra no corredor do extrativismo

O corredor do extrativismo de Mato Grosso do Sul é composto por municípios que se destacam pela produção significativa de lavouras temporárias, notadamente soja e milho. Tais municípios representam aproximadamente 22% do valor bruto da produção agropecuária do estado de Mato Grosso do Sul, equivalentes a cerca de 11 bilhões de reais (IBGE, 2023). Esta contribuição ressalta a região como um importante centro de atividades agrícolas, possuindo uma relevância inegável não apenas para o setor agropecuário em termos de produção, mas também como um polo gerador de empregos, tanto diretamente nas atividades agrícolas quanto indiretamente nas cadeias de valor associadas. Porém, a expansão

contínua dessas áreas agrícolas impõe uma pressão insustentável sobre os ecossistemas nativos do Cerrado.

Dados da Projeto MapBiomias (2022) revelaram uma significativa conversão do bioma em terras agrícolas ao longo das últimas três décadas, conforme ilustrado na Figura 2, que detalha as mudanças no uso da terra no corredor do extrativismo ocorridas nos anos de 1985 e 2021. As regiões orientais do corredor extrativista, em particular os municípios de Sidrolândia e Maracaju, evidenciaram um aumento expressivo em áreas de agricultura, dominadas pelos ciclos de cultivos soja-milho safrinha. Esse incremento, majoritariamente conduzido por produtores médios e grandes altamente tecnificados, corresponde a uma expansão de aproximadamente 7000 km² - um

crescimento surpreendente de mais de 4000% em relação às áreas de soja existentes em 1985 (Tabela 1).

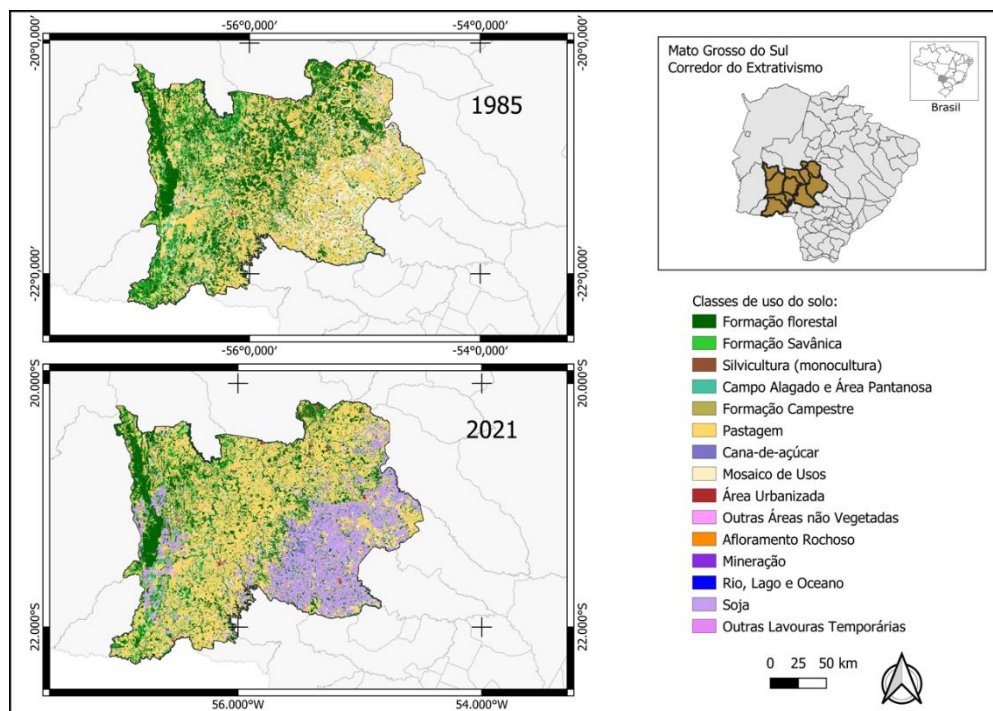


Figura 2: Mudança de uso da terra no corredor do extrativismo do Cerrado de Mato Grosso do Sul, Brasil. Fonte: Adaptado de Projeto Mapbiomas (2022).

Tabela 1: Áreas de ocupação dos usos da terra no corredor do extrativismo de Mato Grosso do Sul, Brasil, em 1985 e 2021 e suas respectivas variações em termos absolutos e em porcentagem.

| Classe de uso | Área (km ²) ano 1985 | Área (km ²) ano 2021 | Variação (km ²) | Variação (%) |
|--------------------------------|-------------------------------------|-------------------------------------|-----------------------------|--------------|
| Formação Florestal | 12346,83 | 8712,39 | -3634,4 | -29,4 |
| Formação Savânica | 2169,8 | 1205,98 | -963,8 | -44,4 |
| Silvicultura (monocultura) | 0 | 161,51 | 161,5 | - |
| Campo Alagado e Área Pantanosa | 1147,21 | 1008,34 | -138,9 | -12,1 |
| Formação Campestre | 326,63 | 259,68 | -67 | -20,5 |
| Pastagem | 13928,76 | 14599,17 | 670,4 | 4,8 |
| Cana-de-açúcar | 0 | 195,05 | 195,1 | - |
| Mosaico de usos | 8382,39 | 5230,18 | -3152,2 | -37,6 |
| Infraestrutura urbana | 27,17 | 69,21 | 42 | 154,7 |
| Outras Áreas não vegetadas | 368,2 | 41,89 | -326,3 | -88,6 |
| Afloramento Rochoso | 0,44 | 0,44 | 0 | 0 |
| Mineração | 0,37 | 3,27 | 2,9 | 783,8 |
| Rio, Lago e Oceano | 68,5 | 45,77 | -22,7 | -33,2 |
| Soja | 172,6 | 7146,68 | 6974,1 | 4040,6 |
| Outras Lavouras Temporárias | 39,4 | 298,83 | 259,4 | 658,5 |

Fonte: Adaptado de Projeto Mapbiomas (2022).

Esta expansão agrícola nestes territórios específicos pode ser atribuída às características geográficas e climáticas favoráveis, tais como solos com maior teor de argila, relevo plano e suave facilitando a mecanização, além de um clima propício para estas culturas. A Figura 2 também revela um padrão distintivo: as áreas agrícolas, dominadas pelos cultivos conjugados em larga escala de soja e milho, originaram-se tanto de extensas pastagens previamente estabelecidas quanto de áreas de formação florestal do Cerrado que foram desmatadas. Como resultado, assumindo-se a alta rentabilidade da agricultura especialmente durante os picos das *commodities*, infere-se que a atividade pecuária foi deslocada para outras regiões do Estado, substituindo vastas regiões de Cerrado nativo por pastagens cultivadas em sua quase totalidade por espécies forrageiras de origem africana, como *Brachiaria*, *Urochloa* e *Panicum*, entre os principais gêneros.

O deslocamento da pecuária para regiões mais a oeste do corredor agroextrativista pode ser corroborado pelos dados de ocupação do solo no corredor. Os dados de ocupação de pastagens, ao longo de mais de 35 anos, mostram uma variação de apenas 4% (Tabela 1). Isto reforça a proposição de que houve uma migração da atividade para outra região provocada pela expansão da soja na porção mais leste do corredor extrativista. Embora não haja muita variação em termos de área absoluta de pastagens, é nítido que a pecuária se concentrou na porção oeste do corredor e tem sido a principal força motriz para abertura/destruição de novas áreas de Cerrado. As formações florestais nativas e as áreas de savana do Cerrado, por exemplo, foram perdidas em mais de 3600 km² e 960 km², respectivamente (Tabela 1). Isto representa uma perda de 29,4% e 44,4% da área originalmente ocupada por essas formações de vegetação nativa do bioma Cerrado (Tabela 1).

Quais os impactos das mudanças de uso da terra sobre o extrativismo sustentável do baru?

A rica diversidade ecológica e cultural do Cerrado tem sido submetida a pressões intensas nas últimas décadas, evidenciadas pelas drásticas mudanças no uso da terra (Figura 2). Estas transformações, embora motivadas por interesses de desenvolvimento agrícola e geração de riquezas, carregam implicações muito mais profundas para a ecologia e as sociedades locais. As mudanças de uso da terra no corredor do extrativismo de Mato Grosso do Sul têm desencadeado uma série de impactos complexos e interconectados na cadeia socioprodutiva do baru, que vão além da simples redução da disponibilidade de frutos, principal recurso coletado pelos agroextrativistas (Figura 3).

Um dos principais efeitos é a fragmentação e perda de habitats naturais, à medida que as áreas de Cerrado são convertidas em paisagens agrícolas e urbanas. Isso resulta na diminuição das áreas de ocorrência natural do baru, tornando a coleta mais difícil e limitando o acesso das comunidades extrativistas aos recursos genéticos da espécie. A redução da disponibilidade de recursos é um dos impactos mais imediatos e visíveis sobre as comunidades extrativistas. Com menos áreas de coleta e diminuição das árvores de baru, as famílias têm acesso limitado a uma fonte valiosa de renda e alimento. Isso pode resultar em vulnerabilidade econômica e, em alguns casos, no êxodo rural, à medida que as famílias buscam alternativas de subsistência em áreas urbanas. Além disso, à medida que as gerações mais jovens buscam oportunidades econômicas fora do extrativismo, pode ocorrer uma perda de conhecimento tradicional sobre a coleta e uso sustentável do baru. Isso pode comprometer ainda mais a capacidade das comunidades de manter práticas de manejo sustentável e perpetuar sua cultura e tradições.

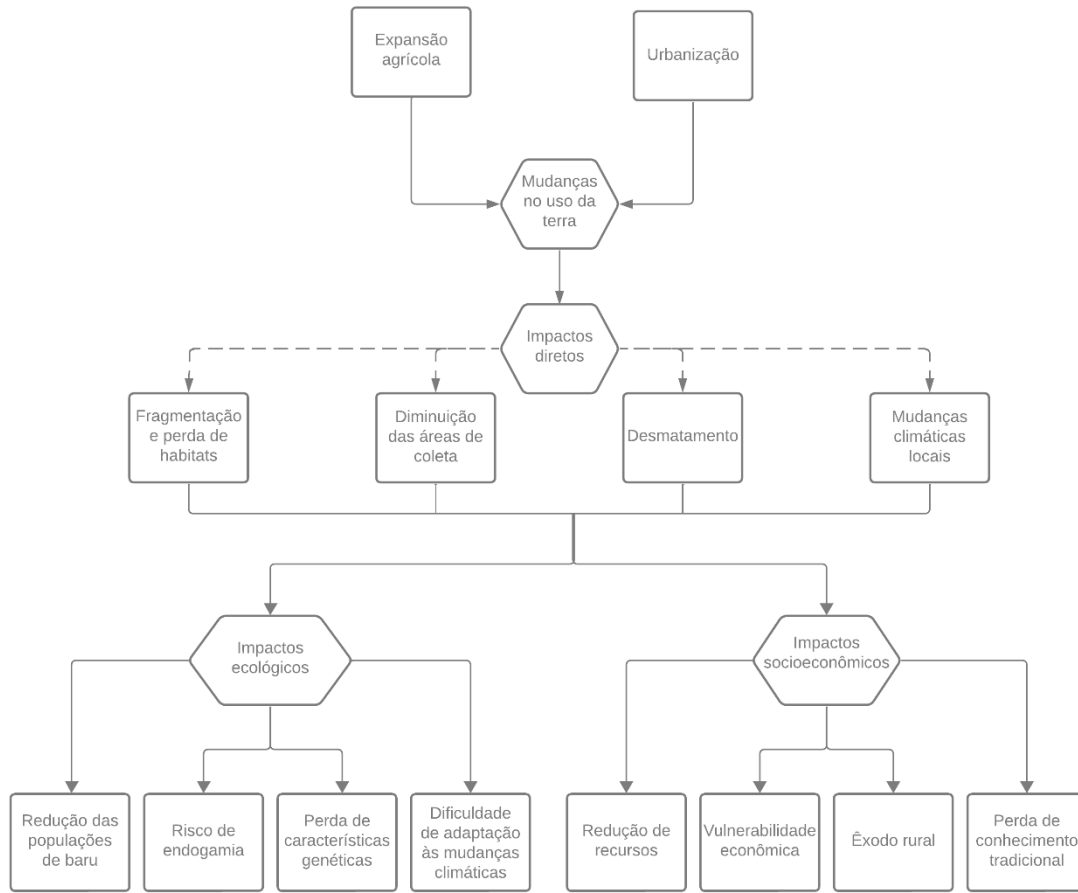


Figura 3: Representação diagramática do cenário atual de mudanças climáticas e seus impactos sobre o extrativismo sustentável do baru.

O desmatamento representa uma das principais ameaças à produção sustentável do baru. Com a perda contínua de habitats, a quantidade e a distribuição das árvores de baru tendem a diminuir drasticamente. Além disso, com a perda de cobertura florestal e, em alguns casos, o uso indevido de defensivos agrícolas também afetam a ecologia da paisagem local, impactando a fauna envolvida na polinização, dispersão e no controle de pragas do baru e outras espécies que coexistem na paisagem. A conservação do baru e de seu habitat exerce um papel fundamental para enfrentar esses desafios e garantir a sustentabilidade da atividade extrativista das comunidades humanas que dependem do baru para sua segurança alimentar e obtenção de renda, além de preservar a biodiversidade e os serviços ecossistêmicos do Cerrado.

Com menos áreas disponíveis e habitats fragmentados, a densidade de árvores de baru diminui, afetando a reprodução e a regeneração

natural da espécie. Além disso, a fragmentação pode levar à endogamia, aumentando o risco de perda de variabilidade genética nas populações de barueiro, o que, por sua vez, pode diminuir a capacidade da espécie de se adaptar às mudanças climáticas, e ao surgimento de pragas e doenças. A perda de características genéticas únicas também é uma preocupação importante. Populações isoladas de baru podem desenvolver características genéticas distintas e únicas, que podem ser importantes para sua sobrevivência e adaptação local. Porém, a fragmentação e a perda de habitat podem resultar na extinção dessas populações exclusivas, o que representa uma perda significativa para a diversidade genética da espécie (Vranckx et al., 2012).

A perda de habitat também pode tornar a espécie mais vulnerável a pragas e doenças, que podem se espalhar mais facilmente em populações fragmentadas e enfraquecidas. A dificuldade de adaptação às mudanças climáticas é outro desafio

enfrentado pelas árvores de barueiro em um cenário de mudança no uso da terra. Diversos estudos têm mostrado o impacto das mudanças de uso da terra (especialmente conversão de florestas para áreas agrícolas) sobre o clima local no Cerrado (Siqueira-Neto et al., 2021; Rodrigues et al., 2022). À medida que o clima e o ambiente mudam, as populações de barueiro podem ter dificuldade em se ajustar a essas condições em constante evolução. Isso indica um potencial diminuição na distribuição geográfica dessa espécie no bioma Cerrado. Ribeiro et al. (2019) estudaram como diferentes temperaturas (32°C, 36°C e 40°C) afetam a germinação de mudas de *Dipteryx alata*, e estimaram o impacto das mudanças climáticas sobre a espécie utilizando modelagem de nicho ecológico. Os resultados mostraram que as maiores temperaturas (próximas a 40° C) afetaram a germinação de *D. alata*, resultando em plântulas menores e mais frágeis. O estudo revelou ainda que o aquecimento global também afeta a distribuição geográfica potencial da espécie. Em um contexto geográfico, os autores concluíram que as regiões norte, noroeste e central do Cerrado deverão apresentar menores características morfológicas de germinação e perda de áreas com clima favorável, uma vez que nessas regiões as temperaturas devem alcançar quase 40 °C em cenários climáticos futuros.

Portanto, é nítido que as mudanças de uso da terra no corredor do extrativismo de Mato Grosso do Sul têm impactos profundos e multifacetados na cadeia socioprodutiva do baru, afetando não apenas a disponibilidade de recursos, mas também a diversidade genética, a adaptação às mudanças ambientais e o bem-estar das comunidades extrativistas. Abordar esses desafios requer estratégias de conservação e desenvolvimento sustentável que levem em consideração essa complexa rede de fatores interligados (Figura 3).

Que estratégias então poderiam ser estimuladas para apoiar o extrativismo sustentável do baru?

O barueiro tem o potencial não apenas de fortalecer a biodiversidade, mas também de contribuir significativamente para a economia local, dada a crescente demanda por sua castanha (Klink e Machado, 2005). Seu fruto, oferece uma fonte de nutrição de alto valor, com potencial econômico significativo nas cadeias de produção alimentar e cosmética (Lima et al., 2022). De acordo com o relatório sobre a pesquisa de

mercado das castanhas do baru elaborado pela Fact MR, o mercado global de castanhas de baru é avaliado em US\$ 5,1 milhões em 2022 e estima-se que atinja um valor de US\$ 47 milhões até o final de 2032, com uma taxa de crescimento anual composta (CAGR) de 24,8%. O Brasil é o maior exportador de castanhas de baru do mundo, representando mais de 50% da produção mundial, com 25% sendo exportado para a Europa e 22% para os Estados Unidos (Fact MR Report, 2022). O mercado de baru ainda é considerado de nicho, mas está ganhando popularidade devido à crescente demanda por alimentos saudáveis, à tendência global de bem-estar e saúde, e à sua alta densidade nutricional. A produção de baru é limitada à região do Cerrado no Brasil e é colhida apenas uma vez por ano, o que aumenta sua proeminência. O uso do baru também está crescendo na indústria de alimentos processados e na indústria de cosméticos e cuidados pessoais, devido às suas propriedades nutricionais e orgânicas.

Com as intensas mudanças de uso da terra e diminuição das populações nativas da espécie, conforme discutido no tópico anterior, surge a necessidade de se criar programas de reflorestamento da espécie, seja em áreas de reserva legal, áreas de preservação permanente, ou mesmo em áreas de uso consolidado. A reintrodução do baru em áreas que enfrentaram a degradação ou a remoção desta espécie torna-se um elemento central para a restauração ecológica e a resiliência da paisagem. As iniciativas de reintrodução são imprescindíveis não apenas para a recuperação do ecossistema, mas também para fortalecer as comunidades locais, incentivando práticas sustentáveis e fornecendo um recurso econômico vital. Uma estratégia complementar é o conceito de conservação *circa situm*. Esta abordagem destaca a importância de conservar o baru em seu habitat original, garantindo assim a manutenção de sua variabilidade genética e adaptabilidade ao ambiente em constante mudança do Cerrado (Ballesteros-Mejia et al., 2020). A partir desta estratégia, é possível garantir a continuidade e a diversidade da espécie, favorecendo a resiliência ecológica.

Neste sentido, os quintais agroflorestais representam uma excelente estratégia para garantir o uso e aliar à conservação do barueiro. Os quintais agroflorestais são sistemas integrados de uso da terra, nos quais cultivos agrícolas coexistem com espécies arbóreas, como o barueiro, ao redor de casas ou das sedes das propriedades rurais. Em

propriedades gerenciadas por produtores da agricultura familiar esta prática é mais comum, pois o barueiro divide espaço com outras espécies de diferentes usos, como plantas frutíferas, medicinais e ornamentais, por exemplo. A inclusão do baru em quintais pode aumentar a oferta deste recurso para segurança alimentar dos produtores rurais, além de contribuir para o aumento da biodiversidade e criar corredores ecológicos, ao mesmo tempo que proporciona renda sustentável (Pauletto et al., 2023).

Ao investigar a relação entre biodiversidade e práticas agroecológicas, Oliveira et al. (2022) apresentaram um estudo de caso com a análise dos quintais agroflorestais no Assentamento Andalucia, Nioaque (MS). A pesquisa destaca o papel significativo que o barueiro (*Dipteryx alata* Vog.) desempenha dentro desses sistemas, não apenas em termos de benefício econômico para as comunidades extrativistas, mas também contribuindo para a preservação genética de espécies domesticadas e nativas em biomas sob pressão antrópica. Eles descobriram uma correlação positiva entre o engajamento dos produtores e a diversidade de seus quintais, sugerindo que esses sistemas agroflorestais podem servir como um modelo viável para práticas agrícolas sustentáveis que estão alinhadas com os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável para a fome zero, consumo responsável e vida terrestre (Oliveira et al., 2022). Tais achados destacam a importância da integração do conhecimento tradicional e da gestão comunitária para a conservação e desenvolvimento sustentável.

No contexto rural do corredor do extrativismo, coexistem dois grupos sociais distintos: de um lado, os grandes produtores rurais, que possuem extensas porções de terra dedicadas à agricultura e à pecuária; de outro, os agroextrativistas, pequenos produtores familiares que dependem do extrativismo de frutos do Cerrado, como o baru, para sua subsistência. Uma estratégia para englobar ambos os grupos na promoção do desenvolvimento sustentável é a adoção de sistemas de integração pecuária-floresta (IPF). Esses sistemas permitem a produção em larga escala, alinhando a produção de grãos, a pecuária de leite e carne com a conservação ambiental do barueiro, permitindo a exploração sustentável de seus frutos e madeira, beneficiando tanto a economia agrícola quanto o ecossistema

local e o modo de vida dos agroextrativistas (Balbino et al., 2014).

O barueiro, quando integrado a sistemas IPF, potencializa a diversificação da produção e pode servir como um elemento de recuperação de áreas degradadas. Dentre as vantagens notáveis da integração do barueiro em sistemas IPF, destaca-se, em primeiro lugar, a robustez da planta. O baru demonstrou elevada taxa de sobrevivência, mesmo quando exposto ao gado (aproximadamente 90%), minimizando assim os riscos associados à perda de plantas jovens (Bruziguessi et al., 2021). Além disso, com práticas de manejo adequadas, o crescimento do barueiro pode ser acelerado, proporcionando retornos mais rápidos para os produtores, especialmente quando se utiliza mudas produzidas por enxertia, o que garante precocidade de produção de frutos (Lima et al., 2023), uma vez que naturalmente a produção de frutos irá começar a partir do quinto ano de plantio. Esta dinâmica de crescimento é essencial, não apenas para a sombra e benefícios ecológicos associados, mas também para o subsequente aumento e diversificação de renda dos produtores que extraem os frutos, por conta da valorização do mercado. Além disso, as árvores de baru garantem benefícios para a produção animal, como por exemplo, o bem-estar animal provocado pelas sombras nas pastagens.

A interação entre sombreamento e produtividade em pastagens, especialmente quando influenciada por espécies arbóreas como o baru ou outras espécies nativas comumente encontradas nas pastagens do Cerrado, constitui um tópico de debate contínuo entre os pecuaristas. Enquanto o sombreamento excessivo pode comprometer a eficiência fotossintética e, por conseguinte, a produtividade das espécies forrageiras, também pode oferecer benefícios para o bem-estar animal, particularmente em termos de ambiência. Estudos recentes, como os conduzidos por Ferreira et al. (2021), demonstraram que o conforto térmico proporcionado pelo sombreamento nas pastagens pode resultar em um incremento de até 24% na produção leiteira de bovinos. Este aumento é atribuído ao alívio do estresse térmico, facilitando assim um ambiente mais propício para o desempenho produtivo do gado. Pesquisas indicam uma redução significativa na temperatura corporal de bovinos alojados em sistemas de integração pecuária-floresta, comparados àqueles em pastagens expostas diretamente ao sol, evidenciando o papel do sombreamento na regulação térmica e no conforto

animal. O sombreamento proporcionado pelas árvores sistemas silvipastoris apresentam a carga térmica radiante 22% menor do que a pastagem a pleno sol (Pezzopane et al., 2019) e reduzem a temperatura da superfície corporal dos animais (Martins et al., 2021), o que ressalta a importância de um planejamento cuidadoso na gestão de árvores em sistemas pecuários, para equilibrar as necessidades de forragem e as condições ideais para a saúde e produtividade do gado .

A inclusão do baru na alimentação animal pode ser uma estratégia interessante em sistemas de integração com a pecuária, devido ao seu alto valor nutricional. Os frutos e as folhas de barueiro apresentam teores significativos de proteínas e lipídios, sendo uma fonte de energia e nutrientes para os animais. A presença do barueiro nas áreas de pastagem pode promover a diversificação da dieta do gado, contribuindo para a melhoria da qualidade da alimentação animal e reduzindo a dependência de alimentos concentrados, como o milho que muitas vezes precisa ser comprado no mercado e nem sempre apresenta o preço atrativo, gerando custos mais elevados para a atividade pecuária. Dessa forma, o barueiro pode ser uma alternativa viável para a suplementação alimentar do gado em sistemas de integração com a pecuária, especialmente no período de estiagem do Cerrado, quando a oferta de forragem diminui consideravelmente para os bovinos.

O barueiro também apresenta potencial ambiental em sistemas de integração com a pecuária. A espécie é considerada uma planta pioneira, ou seja, possui capacidade de se estabelecer em áreas degradadas, contribuindo para a recuperação de áreas de pastagem degradadas e a conservação da biodiversidade. A presença do barueiro nas áreas de pastagem pode promover a formação de microambientes mais favoráveis para o desenvolvimento de outros organismos, como insetos polinizadores e aves, o que pode contribuir para a manutenção da biodiversidade local e melhorias dos atributos do solo (Rodrigues et al., 2018). A presença de árvores como o baru nas áreas de pastagem também pode contribuir para a redução da erosão do solo, melhorando a qualidade da água e do solo e promovendo a conservação dos recursos naturais. Além disso, o sistema de produção com árvores diminui a pegada de carbono da pecuária, o que pode agregar valor aos produtos e tornar a produção mais sustentável.

Uma abordagem significativa para sustentar o extrativismo de baru alinhado com as práticas de conservação ambiental é a integração da marca conceito do Carbono Nativo, criada pela Embrapa (Mauro et al., 2022), nos sistemas de produção com pecuária na região do Corredor do Extrativismo. Essa estratégia implica em incorporar árvores nativas em sistemas silvipastoris. Este conceito abrange as árvores que naturalmente ocorrem com significativa frequência nas pastagens, como é o caso do baru no Cerrado, não implicando necessariamente no plantio sistemático das mesmas nas pastagens. O papel das árvores, além de prover o equilíbrio ecológico e aumentar a oferta de produtos madeireiros e não-madeireiros, se concentra na mitigação das emissões de gases de efeito estufa oriundos dos animais ruminantes (i.e., metano entérico) (Mauro et al., 2022). Assim, as árvores nativas compensam as emissões de metano dos animais por meio do sequestro de dióxido de carbono. Tais práticas são fundamentais em um cenário de mudanças climáticas, onde a necessidade de soluções agrícolas sustentáveis se torna cada vez mais urgente. A certificação de Carbono Nativo pode servir como um estímulo adicional, reconhecendo e valorizando esforços que contribuem para a conservação ambiental e o desenvolvimento econômico sustentável, além de abrir novos mercados para os produtores pecuaristas da região.

No entanto, é importante destacar que o cultivo do barueiro em sistemas de integração com a pecuária deve ser feito de forma planejada e sustentável, considerando aspectos como a densidade de plantio, a idade de corte das árvores, a manutenção da biodiversidade e a gestão adequada dos resíduos da produção, para garantir a eficiência e a sustentabilidade do sistema.

Qual o tamanho dessa oportunidade?

Apesar das áreas de pastagens degradadas serem vistas como um passivo ambiental devido à conversão histórica de habitats naturais da espécie, elas podem ser reconhecidas como parte da solução para a restauração ecológica e a sustentabilidade econômica dos agroextrativistas. A integração do barueiro em áreas de pastagens não apenas contribui para a diversificação produtiva, mas também oferece uma oportunidade de recuperar a biodiversidade e os serviços ecossistêmicos. Ao incorporar o barueiro nas áreas de pastagens, pode-se promover sistemas integrados que combinam a pecuária sustentável com a produção de castanha-

de-baru, gerando benefícios mútuos para o ambiente e para os produtores.

O potencial para a integração de sistemas silvipastoris utilizando o barueiro é notavelmente alto em regiões de pastagens. Uma análise do corredor de extrativismo em Mato Grosso do Sul revela a existência de aproximadamente 787 mil hectares de pastagens, com variados graus de degradação (Tabela 2). Essas áreas apresentam-se teoricamente adequadas para a adoção de sistemas silvipastoris que incluem o barueiro. A

incorporação das árvores nas pastagens pode ser realizada de três maneiras distintas: (i) em linhas, criando fileiras de plantio; (ii) como barreiras para proteção contra ventos, situadas ao redor dos piquetes; e (iii) distribuídas de maneira aleatória ao longo da pastagem. Independentemente da abordagem adotada, a inclusão do baru nos sistemas silvipastoris pode conferir múltiplos benefícios. Estes incluem a melhoria do bem-estar e do conforto térmico dos animais, além da geração de receitas adicionais através da exploração dos frutos e da madeira.

Tabela 2: Área de pastagens localizadas nos municípios do Corredor do Extrativismo de Mato Grosso do Sul, Brasil.

| Municípios | Área do município | Área de pastagens (ha) | Área de pastagens em degradação intermediária (ha) | Área de pastagens em degradação severa (ha) | Área total de pastagens abaixo da capacidade produtiva (ha)* |
|-----------------------|---------------------|------------------------|--|---|--|
| Anastácio | 291.074,90 | 160.326,49 | 81.186,89 | 12.233,12 | 93.420,01 |
| Bela Vista | 494.498,29 | 231.477,41 | 71.282,06 | 5.765,17 | 77.047,23 |
| Bodoquena | 259.195,30 | 83.194,26 | 25.451,47 | 4.149,92 | 29.601,39 |
| Bonito | 537.305,43 | 180.923,34 | 62.322,80 | 9.769,41 | 72.092,21 |
| Dois Irmãos do Buriti | 243.162,63 | 116.717,97 | 59.394,25 | 15.303,87 | 74.698,12 |
| Guia Lopes de Laguna | 122.543,50 | 57.429,49 | 27.603,30 | 6.879,97 | 34.483,27 |
| Jardim | 212.614,85 | 107.059,69 | 42.523,89 | 11.572,99 | 54.096,87 |
| Maracaju | 539.842,97 | 61.840,66 | 25.489,95 | 9.208,33 | 34.698,27 |
| Nioaque | 390.946,78 | 227.656,07 | 99.559,83 | 15.987,39 | 115.547,22 |
| Sidrolândia | 526.669,59 | 130.035,80 | 54.531,51 | 42.223,35 | 96.754,86 |
| Terenos | 284.574,35 | 145.602,48 | 74.236,62 | 31.154,84 | 105.391,45 |
| Total | 3.902.428,59 | 1.502.263,64 | 623.582,56 | 164.248,35 | 787.830,91 |

*Soma das áreas com níveis de degradação intermediária e severa. Fonte: LAPIG – Atlas das Pastagens (2023).

Conclusão

Diante dos dados apresentados, o presente estudo evidenciou que, apesar das pressões antrópicas exacerbadas pela expansão agrícola e pelas mudanças de uso da terra, o barueiro se destaca como um vetor de resiliência ecológica e desenvolvimento socioeconômico no Cerrado de Mato Grosso do Sul. A integração do extrativismo do baru com práticas de manejo sustentável e conservação *on-farm* surge como um paradigma potencial para reconciliar a urgente necessidade de conservação com o progresso econômico. Esta abordagem simultaneamente apoia a biodiversidade, fortalece a resiliência das

comunidades tradicionais e promove a regeneração de ecossistemas degradados.

A confluência de estratégias tradicionais e inovações tecnológicas na exploração do baru apresenta um caminho promissor para atender aos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável, assegurando a sobrevivência da espécie e a continuidade das práticas culturais intrínsecas às comunidades agroextrativistas da região. Reconhecer o valor do barueiro como recurso multifuncional, capaz de proporcionar benefícios ambientais, econômicos e segurança alimentar, reforça o argumento para políticas públicas mais robustas que incentivem sua utilização, proteção e conservação. Portanto, faz-se necessário que sejam

adotadas políticas integradas de gestão que considerem o barueiro não apenas como recurso, mas como um símbolo de sustentabilidade e um ativo para a conservação da biodiversidade e a prosperidade econômica no Cerrado.

Agradecimentos

O presente estudo foi realizado com o apoio financeiro da Fundação de Apoio ao Desenvolvimento do Ensino, Ciência e Tecnologia do Mato Grosso do Sul (FUNDECT). Os autores agradecem à Universidade Federal de Mato Grosso do Sul (UFMS) e ao Grupo de Estudos Multidisciplinares: aspectos ambientais, culturais e socioeconômicos (GEMACS) pelo suporte e infraestrutura fornecida que possibilitaram a condução desta pesquisa.

Referências

- Alves, A.M., Fernandes, D.C., Borges, J.F., Sousa, A.G. de O., Naves, M.M.V., 2016. Oilseeds native to the *Cerrado* have fatty acid profile beneficial for cardiovascular health. *Revista de Nutrição* 29, 859–866. <https://doi.org/10.1590/1678-98652016000600010>
- Alves-Santos, A.M., Fernandes, D.C., Naves, M.M.V., 2021. Baru (*Dipteryx alata* Vog.) fruit as an option of nut and pulp with advantageous nutritional and functional properties: A comprehensive review. *NFS Journal* 24, 26–36. <https://doi.org/10.1016/j.nfs.2021.07.001>
- Arakaki, A.H., Scheidt, G.N., Portella, A.C., Arruda, E.J. de, Costa, R.B. da, 2009. O baru (*Dipteryx alata* Vog.) como alternativa de sustentabilidade em área de fragmento florestal do Cerrado, no Mato Grosso do Sul. *Interações (Campo Grande)* 10, 31–39. <https://doi.org/10.1590/S1518-70122009000100004>.
- Balbino, L.C., Kichel, A.N., Bungenstab, D.J., de Almeida, R.G., 2014. Integrated systems: what they are, their advantages and limitations. *Integrated Crop-livestock-forestry Systems, a Brazilian Experience for Sustainable Farming* 11–18.
- Ballesteros-Mejia, L., Lima, J.S., Collevatti, R.G., 2020. Spatially-explicit analyses reveal the distribution of genetic diversity and plant conservation status in Cerrado biome. *Biodivers Conserv* 29, 1537–1554. <https://doi.org/10.1007/s10531-018-1588-9>
- Bento, A.P.N., Cominetti, C., Simões Filho, A., Naves, M.M.V., 2014. Baru almond improves lipid profile in mildly hypercholesterolemic subjects: A randomized, controlled, crossover study. *Nutrition, Metabolism and Cardiovascular Diseases* 24, 1330–1336. <https://doi.org/10.1016/j.numecd.2014.07.002>.
- Berti, C.L.F., Kamada, T., Moraes, M.A. de, Alves, P.F., Silva, A.M. da, Moraes, M.L.T. de, Berti, M.P. da S., 2017. Diversidade genética de populações naturais de *Dipteryx alata* localizadas nos municípios de Brasilândia/MS, Indiará/GO e Itarumã/GO estimada por marcadores microsatélites. *Revista Cultura Agronômica* 26, 203–216. <https://doi.org/10.32929/2446-8355.2017v26n2p203-216>.
- Bortolotto, I.M., Hiane, P.A., Ishii, I.H., de Souza, P.R., Campos, R.P., Juraci Bastos Gomes, R., Farias, C. da S., Leme, F.M., de Oliveira Arruda, R. do C., de Lima Corrêa da Costa, L.B., Damasceno-Junior, G.A., 2017. A knowledge network to promote the use and valorization of wild food plants in the Pantanal and Cerrado, Brazil. *Regional Environmental Change* 17, 1329–1341. <https://doi.org/10.1007/s10113-016-1088-y>
- Bortolotto, I.M., Ziolkowski, N.E., Gomes, R.J.B., Almeida, F.S. de, Campos, R.P., Aoki, C., 2021. Mulheres em rede: conectando saberes sobre plantas alimentícias do Cerrado e Pantanal. *Ethnoscintia - Brazilian Journal of Ethnobiology and Ethnoecology* 6, 198–232. <https://doi.org/10.18542/ethnoscintia.v6i2.10374>.
- Bruziguessi, E.P., Silva, T.R., Moreira, G.D.L. de B., Viera, D.L.M., 2021. Sistemas silvipastoris com árvores nativas no Cerrado. *Mil Folhas do IEB, Brasília, DF*.
- Carraza, L.R., Ávila, J.C.C., 2010. Manual Tecnológico de Aproveitamento Integral do Fruto do Baru. ISPN, Brasília.
- Carvalho, P.E.R., 2003. Baru: *Dipteryx alata*, in: *Espécies arbóreas brasileiras*. Embrapa Informação Tecnológica, Brasília, pp. 197–204.
- Chazdon, R.L., Guariguata, M.R., 2016. Natural regeneration as a tool for large-scale forest restoration in the tropics: prospects and challenges. *Biotropica* 48, 716–730. <https://doi.org/10.1111/btp.12381>.
- Dawson, I.K., Guariguata, M.R., Loo, J., Weber, J.C., Lengkeek, A., Bush, D., Cornelius, J., Guarino, L., Kindt, R., Orwa, C., Russell, J., Jamnadass, R., 2013. What is the relevance of smallholders' agroforestry systems for conserving tropical tree species and genetic

- diversity in circa situm, in situ and ex situ settings? A review. *Biodiversity and Conservation* 22, 301–324. <https://doi.org/10.1007/s10531-012-0429-5>.
- de Mello, N.G.R., Gulinck, H., Van der Broeck, P., Parra, C., 2023. A qualitative analysis of Non-Timber Forest Products activities as a strategy to promote sustainable land use in the Brazilian Cerrado. *Land Use Policy* 132, 106797. <https://doi.org/10.1016/j.landusepol.2023.106797>.
- Erbaugh, J.T., Pradhan, N., Adams, J., Oldekop, J.A., Agrawal, A., Brockington, D., Pritchard, R., Chhatre, A., 2020. Global forest restoration and the importance of prioritizing local communities. *Nature Ecology & Evolution* 4, 1472–1476. <https://doi.org/10.1038/s41559-020-01282-2>.
- Fact MR Report, 2022. Baru Nuts Market Analysis By Product (Whole Baru Nuts, Raw Baru Nuts, Roasted Baru Nuts, Flavored Baru Nuts, Processed Baru Nuts, Baru Butter, Baru Oil, Baru Flour, Baru Sweets), By End Use (Food Processing, Snacks, Nutraceuticals, Confectionary, Personal Care & Cosmetics, Others) and By Region – Global Market Insights 2022 to 2032 [WWW Document]. URL <https://www.factmr.com/report/1362/baru-nuts-market>.
- FAO. Food and Agriculture Organization of the United Nations, 2016. *The State of Food and Agriculture*. Rome.
- Ferreira, I.C., Neto, A.M. da F., Muller, A.G., Martins, C.F., Silva, F.A.M., Braga, G.J., Malaquias, J.V., Pulrolnik, K., Vilela, L., Balbino, L.C., Júnior, R.G., 2021. Produção de Leite em Sistema de Integração Lavoura-Pecuária-Floresta (ILPF) no Bioma Cerrado.
- IBGE. Produção Agrícola Municipal ano 2022, 2023 – Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/estatisticas/economicas/agricultura-e-pecuaria/9117-producao-agricola-municipal-culturas-temporarias-e-permanentes.html>. Acesso em: 30 out. 2023.
- Klink, C., Machado, R.B., 2005. A Conservação do Cerrado brasileiro. In: *Megadiversidade. Desafios e oportunidades para a conservação da biodiversidade no Brasil*. Vol 1, 1: 147-155. Belo Horizonte : Conservação Internacional.
- Lima, D.C., Rocha, M.A., Noguera, N.H., Nascimento, R.D.P., 2022. A review on Brazilian baru plant (*Dipteryx alata* Vogel): morphology, chemical composition, health effects, and technological potential. *Future Foods*, 5, 100146. <https://doi.org/10.1016/j.fufo.2022.100146>.
- Lima, W.A.A., Morais, F.M., Rocha, F.S., Malaquias, J.V., 2023. Avaliação de métodos de enxertia em mudas de baruzeiro (*Dipteryx alata* Vogel, Fabaceae). *Ciência Florestal*, v. 33, n. 22, 1-18. <https://doi.org/10.5902/1980509869090>
- Magalhães, R.M., 2019. A sustainability analysis of the exploitation of the baru almond (*Dipteryx alata* Vogel) in the Brazilian Savanna. *Sustainability in Debate* 10, 85–95. <https://doi.org/10.18472/SustDeb.v10n2.2019.25666>.
- Martins, C.F., Fonseca-Neto, A.M., Bessler, H.C., Dode, M.A.N., Leme, L.O., Franco, M.M., McManus, C.M., Malaquias, J.V., Ferreira, I.C., 2021. Natural shade from integrated crop–livestock–forestry mitigates environmental heat and increases the quantity and quality of oocytes and embryos produced in vitro by Gyr dairy cows. *Livestock Science* 244, 104341. <https://doi.org/10.1016/j.livsci.2020.104341>.
- Mauro, R. de A., Silva, M.P. da, Alves, F.V., Almeida, R.G., Laura, V.A., Porfírio-da-Silva, V., 2022. Diretrizes técnicas para produção pecuária sustentável com árvores nativas: Carbono Nativo (CN).
- Mertens, F., Burgos, A., 2021. Organização e estrutura da cadeia produtiva do baru no Cerrado: oportunidades e desafios para a sustentabilidade.
- Muscat, A., de Olde, E.M., Ripoll-Bosch, R., Van Zanten, H.H.E., Metze, T.A.P., Termeer, C.J.A.M., van Ittersum, M.K., de Boer, I.J.M., 2021. Principles, drivers and opportunities of a circular bioeconomy. *Nature Food* 2, 561–566. <https://doi.org/10.1038/s43016-021-00340-7>.
- Nunes, B.V., Silva, V.D.M., Ramos, A.L.C.C., Coelho, T., Melo, A.C., Ferreira, R.M.S.B., Augusti, R., Lucena, R.F.P., Melo, J.O.F., Araújo, R.L.B., 2024. Investigating the Chemical Profile of Underexplored Parts of *Dipteryx alata* (Baru) Using the PS–MS Technique. *Plants*, 13, 1833. <https://doi.org/10.3390/plants13131833>
- Oliveira, Y.P., Magalhães, H.F., Santos, F.M., Alves, F.M., Lucena, R.F.P. de, Lucena, C.M. de, 2022. Agrobiodiversidade e a expressão do cumbaru *Dipteryx alata* Vog. em quintais agroflorestais do Assentamento Andalucia, Nioaque (MS). *Revista Brasileira de Gestão Ambiental e Sustentabilidade* 9, 1211–1235.

- Oliveira, L.S., Pasa, M.C. Cadeia produtiva sustentável de *Dypterix alata* Vogel. no Pantanal e Cerrado Mato-Grossense, 2024. FLOVET -Flora, Vegetação e Etnobotânica, v. 2, n. 13, e2024001. 10.59621/flovet.2024.v2.n13.e2024001
- Pauletto, D., Guerreiro Martorano, L., de Sousa Lopes, L.S., Pinheiro de Matos Bentes, M., Vieira, T.A., Gomes de Sousa Oliveira, T., Santos de Sousa, V., Fernandes da Silva, Á., da Silva Ferreira de Lima, P., Santos Tribuzy, A., Pinto Guimarães, I.V., 2023. Plant Composition and Species Use in Agroforestry Homegardens in the Eastern Amazon, Brazil. *Sustainability* 15, 11269. <https://doi.org/10.3390/su151411269>.
- Pendrill, F., Gardner, T.A., Meyfroidt, P., Persson, U.M., Adams, J., Azevedo, T., Bastos Lima, M.G., Baumann, M., Curtis, P.G., De Sy, V., Garrett, R., Godar, J., Goldman, E.D., Hansen, M.C., Heilmayr, R., Herold, M., Kuemmerle, T., Lathuillière, M.J., Ribeiro, V., Tyukavina, A., Weisse, M.J., West, C., 2022. Disentangling the numbers behind agriculture-driven tropical deforestation. *Science* 377, eabm9267. <https://doi.org/10.1126/science.abm9267>.
- Pezzopane, J.R.M., Nicodemo, M.L.F., Bosi, C., Garcia, A.R., Lulu, J., 2019. Animal thermal comfort indexes in silvopastoral systems with different tree arrangements. *Journal of Thermal Biology* 79, 103–111. <https://doi.org/10.1016/j.jtherbio.2018.12.015>.
- Philippi, D.A., Reis Falcão, O.K., Matos Porto, B., 2021. Inovação Sustentável: o caso do fruto nativo do cerrado-Cumbaru-no assentamento Andalucia (Mato Grosso do Sul). *Amazônia, Organizações e Sustentabilidade* 10.
- Pott, A., Pott, V.J., 2003. Espécies de fragmentos florestais em Mato Grosso do Sul, in: *Fragmentação Florestal e Alternativas de Desenvolvimento Rural Na Região Centro-Oeste*. UCDB, Campo Grande, pp. 1–25.
- Projeto MapBiomias – Coleção 7 da Série Anual de Mapas de Cobertura e Uso da Terra do Brasil, acessado em 03 de dezembro de 2022 através do link: <https://plataforma.brasil.mapbiomas.org>.
- Ribeiro, R. M., Tessarolo, G., Soares, T. N., Teixeira, I. R., Nabout, J. C., 2019. Global warming decreases the morphological traits of germination and environmental suitability of *Dipteryx alata* (Fabaceae) in Brazilian Cerrado. *Acta Botanica Brasilica*, 33, 446-453. <https://doi.org/10.1590/0102-33062018abb0288>.
- Rodrigues, M.L.P., Lima, S.F., Lima, A.P.L., Rodrigues, N.P., Santos, M.A., Silva, A.A., 2018. Carbon and Nitrogen in the Soil Profile under the Canopy *Dipteryx alata* (Baru) in Pasture. *JLS* 12. <https://doi.org/10.17265/1934-7391/2018.04.004>.
- Rodrigues, A. A., Macedo, M. N., Silvério, D. V., Maracahipes, L., Coe, M. T., Brando, P. M., Shimbo, J.Z., Rajão, R., Soares-Filho, B., Bustamante, M.M.C., 2022. Cerrado deforestation threatens regional climate and water availability for agriculture and ecosystems. *Global Change Biology*, 28(22), 6807-6822. <https://doi.org/10.1111/gcb.16386>
- Saikanth, D.R.K., Supriya, Singh, B.V., Rai, A.K., Bana, S.R., Sachan, D.S., Singh, B., 2023. Advancing Sustainable Agriculture: A Comprehensive Review for Optimizing Food Production and Environmental Conservation. *International Journal of Plant & Soil Science* 35, 417–425. <https://doi.org/10.9734/ijpss/2023/v35i163169>.
- Sano, S.M., 2016. Critérios de seleção de baru para produção de amêndoas e recomposição ambiental. *Circular Técnica* 31. Brasília, DF: Embrapa.
- Sano, S.M., Ribeiro, J.F., Brito, M.A., 2004. Baru: biologia e uso. Brasília, DF: Embrapa.
- Santos, R.T., Salviano, P.A.P., Valichski, R.R., Santana, M.M., Alves, E.M., Oliveira, L.M., Lima, M.P., Carvalho, C.H., 2024. Avaliação técnica e econômica de sistema integrado pecuária-baru em piquetes rotacionados: caso de pequena propriedade no município de Iporá – GO. *Observatorio de La Economía Latinoamericana*, v. 22, n. 6, 1-12. 10.55905/oelv22n6-081.
- Siqueira, A.P.S., Pacheco, M.T.B., Naves, M.M.V., 2015. Nutritional quality and bioactive compounds of partially defatted baru almond flour. *Food Science and Technology* 35, 127–132. <https://doi.org/10.1590/1678-457X.6532>.
- Siqueira Neto, M., Popin, G.V., Piccolo, M.C., Corbeels, M., Scopel, E., Camargo, P. B. de, Bernoux, M., 2021. Impacts of land use and cropland management on soil organic matter and greenhouse gas emissions in the Brazilian Cerrado. *European Journal of Soil Science* 72 (3), 1431-1446. <https://doi.org/10.1111/ejss.13059>
- Tetila, E.C., Tetila, J.L.C., Pistori, H., Silva, M.A.B.F. da, 2020. Desafios do modelo de desenvolvimento agrícola do estado de Mato

Grosso do Sul: uma proposta para o desenvolvimento sustentável. *Interações (Campo Grande)* 21, 615–632. <https://doi.org/10.20435/inter.v21i3.2430>.

Vranckx, G., Jacquemyn, H., Muys, B., Honnay, O., 2012. Meta-analysis of susceptibility of woody plants to loss of genetic diversity through habitat fragmentation. *Conservation Biology* 26 (2), 228-237. <https://doi.org/10.1111/j.1523-1739.2011.01778.x>.