



MILENA MARIA ANDRADE

**POTENCIAL DE CONSERVAÇÃO DOS SISTEMAS
AGROFLORESTAIS DE CACAU NA AMAZÔNIA
ORIENTAL: DIVERSIDADE TAXONÔMICA E FUNCIONAL
DE SCARABAEINAE (COLEOPTERA)**

LAVRAS - MG

2023

MILENA MARIA ANDRADE

**POTENCIAL DE CONSERVAÇÃO DOS SISTEMAS AGROFLORESTAIS DE
CACAU NA AMAZÔNIA ORIENTAL: DIVERSIDADE TAXONÔMICA E
FUNCIONAL DE SCARABAEINAE (COLEOPTERA)**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Entomologia, área de concentração em Entomologia, para a obtenção do título de Mestra.

Prof. Dr. Júlio Neil Cassa Louzada

Orientador

Prof. Dr. Wallace Beiroz Imbrosio da Silva

Coorientador

**LAVRAS - MG
2023**

Ficha catalográfica elaborada pelo Sistema de Geração de Ficha Catalográfica da Biblioteca
Universitária da UFLA, com dados informados pelo(a) próprio(a) autor(a).

Andrade, Milena Maria.

Potencial de Conservação dos Sistemas Agroflorestais de
Cacau na Amazônia Oriental: Diversidade Taxonômica e Funcional
de Scarabaeinae (Coleoptera) / Milena Maria Andrade. - 2023.
49 p.

Orientador(a): Júlio Neil Cassa Louzada.

Coorientador(a): Wallace Beiroz Imbrosio da Silva.

Dissertação (mestrado acadêmico) - Universidade Federal de
Lavras, 2023.

Bibliografia.

1. Diversidade taxonômica. 2. Diversidade funcional. 3.
Sistemas agroflorestais. I. Louzada, Júlio Neil Cassa. II. da Silva,

MILENA MARIA ANDRADE

**POTENCIAL DE CONSERVAÇÃO DOS SISTEMAS AGROFLORESTAIS DE
CACAU NA AMAZÔNIA ORIENTAL: DIVERSIDADE TAXONÔMICA E
FUNCIONAL DE SCARABAEINAE (COLEOPTERA)**

**CONSERVATION POTENTIAL OF COCOA AGROFORESTRY SYSTEMS IN THE
EASTERN AMAZON: TAXONOMIC AND FUNCTIONAL DIVERSITY OF
SCARABAEINAE (COLEOPTERA)**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Entomologia, área de concentração em Entomologia, para a obtenção do título de Mestra.

APROVADA em 27 de novembro de 2023.

Dr. Júlio Neil Cassa Louzada	UFLA
Dr. Ronald Zanetti Bonetti Filho	UFLA
Dr. Vanesca Korasaki	UEMG

Prof. Dr. Júlio Neil Cassa Louzada

Orientador

Prof. Dr. Wallace Beiroz Imbrosio da Silva
Coorientador

LAVRAS - MG

2023

Aos meus pais Paulo e Sirlene pelo amor incondicional, por serem tão essenciais e por todo apoio durante a vida.

Dedico

AGRADECIMENTOS

À Deus por ser meu guia.

À todas as mulheres que lutaram e lutam por nossa igualdade e acesso ao ensino e a ciência.

À Universidade do Estado de Minas Gerais (UEMG) por me dar asas para alçar voos mais altos.

À Universidade Federal de Lavras (UFLA) pela oportunidade de crescer como profissional e ser humano.

Ao Departamento de Entomologia (DEN) por todo o aprendizado concedido durante a pós graduação.

À FAPEMIG pela bolsa concedida.

À IMAFLORA pelo apoio de campo e logístico.

À Unifesspa por ceder o laboratório para secagem e triagem do material.

Ao Instituto MAHLE pelo apoio financeiro no projeto “Carimbó Antrosófico” via Programa Florestas de Valor, a qual essa pesquisa esteve inserida.

À Cooperativa Alternativa Mista dos Pequenos Produtores do Alto Xingu – CAMPPAX e Associação das Mulheres Produtoras de Polpas de Frutas – AMPPF pela parceria na realização do trabalho.

Aos produtores(as) nominalmente: Edmilson Rodrigues, Eugênio Alves, Josefa Machado, Jaime Arruda e Sandro, pela cessão das áreas e amparo nos experimentos, essenciais para a realização dessa pesquisa.

Ao Centro de Estudos em Biologia Subterrânea – CEBS/UFLA por disponibilizarem a Lupa e permitirem que essa pesquisa acontecesse. O meu muito obrigada aos professores Rodrigo Ferreira e Marconi Silva pela receptividade e apoio.

Ao taxonomista Dr. Fernando Z. Vaz-de-Mello pela ajuda na identificação do material coletado.

Ao Professor Júlio Louzada pela oportunidade de fazer o mestrado sob sua orientação. Por ser uma grande inspiração na pesquisa e também ser um excelente orientador.

Ao Professor Wallace Beiroz, meu coorientador, por acreditar em mim e compartilhar toda a sua sabedoria com muito entusiasmo e profissionalismo. Obrigada pelo olhar atento e por todo o acolhimento oferecido, sendo este essencial.

Ao Rúben Gouvêa, especialista em Sistema Agroflorestais e Agricultura Regenerativa e Elaine Carvalho, discente do curso de Engenharia Florestal da Unifesspa, pela parceria, dedicação e empenho imprescindíveis na construção dessa pesquisa.

Á todos os colegas do LECIN, pelo convívio diário e todo o auxílio.

Aos meus amigos de vida: Isabela, Osmando e Jéssica, que apoiaram o meu sonho, respeitaram a minha ausência e estiveram/estão juntos de mim durante toda a jornada. Com vocês carrego a certeza de que nunca estarei só.

Aos amigos que encontrei durante esse percurso, em especial, Ellen, Jhersson, Débora e Sânzio, agradeço imensamente pelo apoio e pelo ensejo de apresentar-me como Milena, para além da pós graduação. Sucesso a todos vocês.

Um agradecimento especial a minha psicóloga Thayná Dias e ao Dr. Célio Pena, médico e amigo. Vocês foram calmaria em dias tempestuosos, me mostraram que eu posso ir muito além das margens do que eu sou.

À minha família pelo incentivo e paciência.

Aos meus pais por serem amor, lar, aconchego, apoio e colo. Pelo incentivo aos estudos e por acreditarem em mim. Amo vocês além dessa vida, e de todas as outras.

Á todas as florestas que são forças vitais, em especial a Amazônia.

“É preciso uma coincidência qualquer para que o amor se instale. Existe um certo milagre nos encontros.”

Carla Madeira

RESUMO

As florestas tropicais estão sofrendo intensa interferência antrópica, ocasionando altas taxas de degradação e de conversão de habitats, mesmo abrigando uma parcela significativa da biodiversidade e serem essenciais para a manutenção de serviços ecossistêmicos de provisão, regulação, suporte e cultural, em escala locais e globais. A degradação e a conversão de habitats na Amazônia, principalmente por atividades agropecuárias, são historicamente acompanhadas pela ocupação territorial desordenada. Neste cenário, o estado do Pará contribuiu com quase 40% do desmatamento total da Amazônia Legal no período de 2004 a 2021, e historicamente o município de São Félix do Xingu é o que mais contribuiu com o desmatamento. Grupos de organismos como os besouros rola-bosta da subfamília Scarabaeinae (Coleoptera: Scarabaeidae) que desempenham funções ecológicas fundamentais no ecossistema, estão sujeitos a essas alterações, sendo impactados negativamente. Uma das formas de promover o desenvolvimento socioeconômico aliado à conservação dos processos ecossistêmicos é a utilização de sistemas agroflorestais (SAF), onde a rentabilidade pode chegar a sete vezes mais por hectare ocupado, quando comparado aos sistemas de pastagem. Dessa forma o objetivo desta Dissertação foi avaliar o potencial de conservação dos sistemas agroflorestais a partir da diversidade taxonômica e funcional dos besouros rola-bosta, tendo como controle para comparação as áreas de pastagem (ambiente altamente modificado) e floresta nativa (ambiente mais conservado). Através deste estudo foi possível concluir que os sistemas agroflorestais conseguiram manter a conservação da biodiversidade, mostrando que podem ser uma alternativa interessante quando bem planejados para a busca da sustentabilidade, integrando os aspectos econômicos, ambientais e sociais. Frente a esta contextualização, esta pesquisa torna-se extremamente importante não só no contexto do Pará, mas para todas as florestas tropicais úmidas com pressão antrópica semelhante, uma vez que, os SAF's são um meio de produção sustentável, indicados como uma das abordagens para alcançar o segundo Objetivo de Desenvolvimento Sustentável da Organização das Nações Unidas (Fome zero e agricultura sustentável).

Palavras-chave: Conservação. Scarabaeinae. Sistemas Agroflorestais. Diversidade Funcional. Diversidade Taxonômica.

ABSTRACT

Tropical forests are suffering intense human interference, causing high rates of degradation and habitat conversion, even though they shelter a significant portion of biodiversity and are essential for the maintenance of ecosystem provision, regulation, support and cultural services, on a local and global scale. . The degradation and conversion of habitats in the Amazon, mainly due to agricultural activities, are historically accompanied by disorderly territorial occupation. In this scenario, the state of Pará contributed with almost 40% of the total deforestation of the Legal Amazon in the period from 2004 to 2021, and historically the municipality of São Félix do Xingu is the one that contributes the most to deforestation. Groups of organisms such as dung beetles from the Scarabaeinae subfamily (Coleoptera: Scarabaeidae), which perform fundamental ecological functions in the ecosystem, are subject to these changes, being negatively impacted. One of the ways to promote socioeconomic development combined with the conservation of ecosystem processes is the use of agroforestry systems (SAF), where profitability can reach seven times more per hectare occupied, when compared to pasture systems. Therefore, the objective of this Dissertation was to evaluate the conservation potential of agroforestry systems based on the taxonomic and functional diversity of dung beetles, using pasture areas (highly modified environment) and native forest (more conserved environment) as a control for comparison. . Through this study it was possible to conclude that agroforestry systems managed to maintain biodiversity conservation, showing that they can be an interesting alternative when well planned for the search for sustainability, integrating economic, environmental and social aspects. Given this contextualization, this research becomes extremely important not only in the context of Pará, but for all humid tropical forests with similar anthropic pressure, since SAF's are a means of sustainable production, indicated as one of the approaches to achieve the second Sustainable Development Goal of the United Nations (Zero hunger and sustainable agriculture).

Keywords: Conservation. Scarabaeinae. Agroforestry Systems. Functional Diversity. Taxonomic Diversity.

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO (SEÇÃO PRIMÁRIA)	5
2. REFERENCIAL TEÓRICO (SEÇÃO PRIMÁRIA)	7
3. MATERIAL E MÉTODOS (SEÇÃO PRIMÁRIA)	12
3.1 Área de estudo	12
3.2 Coleta de besouros	13
3.3 Diversidade taxonômica e funcional	14
3.4 Análise de dados	15
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO	15
4.1 IMPLICAÇÕES PARA AS POLÍTICAS PÚBLICAS E TOMADAS DE DECISÃO	21
5 CONCLUSÃO	23
REFERÊNCIAS	24
ANEXO A	42

1. INTRODUÇÃO

A floresta Amazônica representa um terço das florestas tropicais do mundo, abrigando imensa biodiversidade e desempenhando funções imprescindíveis na manutenção dos serviços ecossistêmicos (IPAM, 2019). Apesar de seu importantíssimo papel, sofre constantemente com as atividades antrópicas que intensificam a sua perda (Matricardi et al., 2020; Paiva et al., 2020; Da Cruz et al., 2021). O desmatamento é uma das principais causas de perda florestal na Amazônia, que gradualmente desmonta os frágeis processos ecológicos (WWF, 2023). A agropecuária compõe uma parcela significativa dessa degradação no bioma amazônico, provocando um amplo conjunto de impactos ambientais (Abadias et al., 2020; Maeda et al., 2021; Ramírez et al., 2022)

Dessa maneira, há a necessidade de instaurar um modelo econômico produtivo de uso de terras nos trópicos capaz de contribuir para a melhoria e aumento dos serviços ecossistêmicos, com a conservação da biodiversidade; e que ao mesmo tempo também seja uma alternativa à pecuária extensiva. A partir disso torna-se importante o resgate do conhecimento tradicional de produção em áreas de cultivo, e sistemas agroflorestais (SAFs), e a verificação de seu potencial para conservação da biodiversidade e serviços ecossistêmicos associados a SAFs, sistemas produtivos mais próximos aos ecossistemas naturais distribuídos pelo Brasil (Amador et al., 2003). Tais sistemas são formados por plantios de diferentes espécies vegetais (arbóreas e arbustivas) espaçadas em uma mesma área, onde possuem como objetivo otimizar o uso do solo, conciliando a produção de alimentos com a conservação ambiental (Viana et al., 1996; Oliveira et al., 2021; Sousa et al., 2021; Camargo et al., 2019). Além da produção de alimentos, os SAFs também podem ser utilizados como meio de restauração e recuperação de áreas degradadas (Nascimento et al., 2020; Padovan et al., 2019). A Comissão Executiva do Plano de Lavoura Cacaueira CEPLAC recomenda que sistemas produtivos com cacau sejam implantados através de SAF em áreas já antropizadas (Brasil, 2020).

Os SAFs apesar de apresentarem diversos benefícios, ainda sim podem afetar negativamente a biodiversidade local se não forem bem conduzidos (EMBRAPA, 2017). Sendo assim, é preciso realizar estudos que busquem analisar e avaliar os riscos associados a esse sistema de uso do solo. O município de São Félix do Xingu é um local estratégico para realização destes estudos de avaliação dos SAFs, uma vez que possui historicamente o maior rebanho bovino do Brasil e, conseqüentemente, altas taxas de desmatamento. Por outro lado, a microrregião de São Félix do Xingu possui também a terceira maior produção de cacau em

toneladas por hectare do estado do Pará, bem como a terceira maior área destinada ao cacau e produção de amêndoas (IBGE, 2020). Muito desta produção cacauceira está associada à agricultura familiar realizada em sistemas agroflorestais, com o cacau em consórcio com demais plantas agrícolas (Marques, 2014).

Insetos, são geralmente atores-chave nos processos ecossistêmicos, por serem organismos abundantes e diversificados na maioria dos ecossistemas terrestres. Assim sua perda pode desencadear efeitos negativos em cascata, ocasionando mudanças em nível de comunidades (Coleman et al., 2000). Os Scarabaeinae (besouros rola-bostas) entram nesse contexto, uma vez que essas espécies apresentam respostas rápidas em relação às mudanças geradas no ambiente e participam de processos centrais no funcionamento dos ecossistemas terrestres (Nichols et al., 2007; Balmford et al., 2005; Spector et al., 2003; Horgan, 2005).

Os besouros rola-bosta são muito utilizados como indicadores em diversas pesquisas, uma vez que essas espécies desempenham importantes funções ecológicas, auxiliando na regulação e equilíbrio dos ecossistemas (Philips et al., 2004; Gotcha et al., 2022; Piccini et al., 2019). Dentre essas funções ecológicas se inclui a aeração do solo (Kaleri et al., 2020), ciclagem de nutrientes (Nichols et al., 2008), dispersão de sementes (Almeida et al., 2021), controle de pragas e parasitas (Davis et al., 2004), entre outras, que estão associadas à sua dependência ao excremento de vertebrados. Portanto, os Scarabaeinae seriam excelentes organismos para avaliar o potencial de conservação dos SAFs, além de seu estudo ser relativamente de baixo custo em relação aos demais grupos taxonômicos (Gardner et al., 2007).

Tradicionalmente, a biodiversidade é avaliada sob a perspectiva taxonômica, mas atualmente vem crescendo o uso da abordagem de avaliação de componentes funcionais. Esses componentes são avaliados a partir da diversidade funcional (Tilman et al., 2001) e podem apresentar uma visão mais ampla dos processos ecológicos envolvidos nas respostas da comunidade (Mcgill et al. 2006, Beiroz et al. 2018). A cobertura florestal nativa aumenta a diversidade funcional, fazendo com que os besouros rola-bosta respondam positivamente (Beiroz et al., 2019). A intensificação do uso do solo pode levar à perda de funções como a remoção de fezes, decomposição de orgânica e aeração do solo (BragaA et al., 2013).

Os besouros rola-bosta estão diretamente relacionados com processos ecológicos importantes ao ecossistema, como citado anteriormente (Nichols et al., 2008). Portanto, modificações no ecossistema que levem à seleção de determinadas características morfológicas

e também comportamentais que mediam esses processos (características funcionais de efeito) podem levar à diminuição das funções ecológicas (Balvanera et al., 2006; Certini et al., 2005). Portanto, é importante promover áreas de produção que se assemelham com a vegetação nativa pretérita, aumentando a autorregulação e resiliência do ecossistema, evitando assim o uso de insumos agrícolas que degradem o meio ambiente (Udawatta et al., 2019; Mortimer et al., 2018).

Fundamentado nisso, esta pesquisa teve como objetivo geral avaliar o potencial de conservação dos sistemas agroflorestais, a partir da diversidade taxonômica e funcional de besouros da subfamília Scarabaeinae, tendo como controle para comparação a pastagem (ambiente degradado) e floresta nativa (ambiente conservado). Além disso determinar como a diversidade taxonômica e funcional variam entre diferentes coberturas de solo e comparar a similaridade das composições taxonômicas e funcionais das comunidades nos sistemas agroflorestais com áreas de floresta nativa e pastagem.

Dessa forma, foi esperado que os sistemas agroflorestais pudessem ter um potencial de conservação relacionado a diversidade taxonômica e funcional de Sacarabaeinae, sendo este mais similar ao de uma floresta nativa do que de uma pastagem. Especificamente, foram então testadas as seguintes hipóteses:

- i. Serão encontrados maiores valores dos parâmetros de diversidade taxonômica e funcional nos SAFs em relação à pastagem, porém ambos serão menores que os da floresta nativa.
- ii. A composição taxonômica e funcional das comunidades será diferente entre as diferentes coberturas de solo, sendo o SAF e a floresta nativa mais próximas entre si.

Assim, esta Dissertação se reveste de uma grande importância para o conhecimento da resposta taxonômica e funcional de organismos importantes para o ecossistema, e com isso a verificação do papel de conservação de ambientes de produção para a manutenção da biodiversidade e suas propriedades emergentes.

2. REFERENCIAL TEÓRICO

As florestas tropicais compõem um domínio fitogeográfico que abriga em torno de 50% de toda a biodiversidade, apesar de não recobrirem áreas extensas do planeta (Dirzo et al., 2003)

Fatores como chuvas frequentes, clima quente e úmido e boa recepção de luz garantem a manutenção do ambiente e a produção de recursos (Malhi et al., 2002; Ter Steege et al., 2003), o que favorece uma gama de espécies.

Tais florestas são importantes para a conservação da biodiversidade e seus serviços ecossistêmicos associados, que são propriedades emergentes das funções da biodiversidade e de seus processos ecológicos que beneficiam a sociedade (Evers et al., 2018; Wani et al., 2020). As florestas tropicais também desempenham papéis na regulação do clima global, além de serem fontes de diversas matérias-primas e diversidade genética, o que as torna diretamente essenciais para uma parcela da população (Kareiva et al., 2007; Souza et al., 2021; Tubenclak et al., 2021; Fearndise et al., 2020; WWF, 2022).

Apesar da enorme importância, florestas tropicais vêm sofrendo com intensas transformações, isso devido ao modelo de ocupação que simplifica e substitui a vegetação original (Gardner et al., 2009; Wright, 2010). Dos anos de 2002 a 2021 houve a perda de quase 68,4 milhões de hectares de cobertura florestal no mundo, sendo que o Brasil contribui com 27,8 milhões de hectare (GFW, 2021).

A maior floresta tropical do planeta é a Floresta Amazônica, estimada em 6,9 milhões de km² distribuídos em oito dos onze países da América do Sul, tendo uma ocupação maior no Brasil (WWF, 2022). Similarmente à outras formações de floresta tropical, a Amazônia sofre impactos provenientes das intensas transformações na paisagem, que envolvem por exemplo, a exploração excessiva de recursos por parte das ações antrópicas e a transformação de paisagens (Brandão et al., 2019; Da Silva et al., 2021, Gardner et al. 2009, Schoth et al., 2002). A agropecuária comercial é responsável por uma parcela significativa da degradação amazônica (Bierregaard et al., 2001; Soares-Filho et al., 2009; Boerner et al. 2007; IBGE, 2020).

A simplificação das florestas tropicais leva à perda dessa biodiversidade e seus processos associados (Edwards et al., 2019; Brando et al., 2019; Ferreira et al., 2020; Pyles et al., 2018), contudo, as coberturas florestais tropicais se encontram cada vez mais reduzidas, impulsionando as mudanças climáticas (Swann et al. 2015; Nobre et al. 2016). A Amazônia está chegando no seu *tipping-point*, onde alguns serviços prestados pelos remanescentes florestais serão perdidos (Lovejoy et al., 2018; Nepstad et al., 2008).

A Floresta Amazônica é considerada o ambiente com maior diversidade de reserva biológica do planeta abarcando o bioma amazônico (GREENPEACE, 2020). Esse bioma ocupa

cerca de 49% do território brasileiro cobrindo mais de 4 milhões de km², além de abranger a maior bacia hidrográfica do planeta (GOV, 2020). O conceito da Amazônia Legal surgiu em meados de 1950 com o objetivo de desenvolver e integrar a região da bacia amazônica, sendo este um limite político para a implementação de leis e políticas públicas, onde atualmente inclui as seguintes regiões: Amazonas, Acre, Pará, Amapá, Roraima, Rondônia, Mato Grosso, Maranhão e Tocantins (IPEA, 2008). Predominam nessas regiões florestas densas, abertas e estacionais, além de uma outra parcela pertencente a outras fitofisionomias (Reis et al., 2018; Marques et al., 2020).

Vale ressaltar, que mesmo a grande importância da Amazônia em termos de extensão territorial e biodiversidade, não reduz a fragilidade dos seus ecossistemas locais (Tyukavina et al., 2017; Bullock et al., 2020; Walker et al., 2020). Os danos causados pelas ações antrópicas em grande parte são extremamente agressivos e merecem atenção redobrada (Pravalié et al., 2018; Longo et al., 2020; Brown et al., 2023). Todos os anos a *Global Forest Watch* (GFW) apresenta uma avaliação sobre o estado das florestas no mundo referente ao ano anterior. O Brasil detém cerca de um terço das florestas tropicais primárias remanescentes do mundo, no entanto tem mantido taxas altas de perdas florestais desde o ano de 2016 (GFW, 2021). No ano de 2022 as análises se concentraram principalmente em florestas tropicais primárias, isso devido ao histórico de desmatamento elevado nessas regiões.

A partir dessas análises foram constatadas tendências diferentes na Amazônia brasileira. O Projeto de Monitoramento do Desmatamento na Amazônia Legal por Satélite (PRODES) aponta uma redução de 11% (08/2021 a 07/2022) na perda florestal primária sem relação com incêndios (GOV, 2022) enquanto os alertas do Sistema de Detecção em Tempo Real (DETER) do governo brasileiro que investigam assiduamente o desmatamento, sugerem que as taxas aumentaram no segundo semestre de 2022 em comparação com anos anteriores. Além disso, eles abordam que a redução do desmatamento foi apenas de 2% entre agosto de 2021 a julho de 2022 se comparado a outros anos (GFW, 2022).

Todos esses dados evidenciam a necessidade e a importância da conservação e preservação dessas regiões (Carvalho et al., 2019; Pelice et al., 2021). Em decorrência surgem as Reservas Legais (ARL) e as APPs que atualmente são amparadas pelo Novo Código Florestal Brasileiro, Lei nº 12.651/2012. A Reserva Legal é uma área do imóvel rural dedicada à proteção da cobertura vegetal nativa. O manejo sustentável pode ocorrer nessas áreas, isso desde que o mesmo esteja de acordo com o licenciamento feito pelo órgão competente do SISNAMA, mediante aprovação prévia do Plano de Manejo Florestal Sustentável (EMBRAPA, 2017). Já

as APPs (áreas de preservação permanente) são áreas naturais intocáveis que não permitem a exploração econômica, preservando assim recursos hídricos, solo, paisagem, biodiversidade e o fluxo entre fauna e flora (Moreira et. al., 2015; Luppi et al., 2015; Da Cruz et al., 2022). Apesar dos avanços notáveis, ainda existem vários desafios para uma consolidação e proteção socioambiental efetiva (Da Silva et al., 2017).

O estado do Pará composto pelo bioma amazônico e pertencente a Amazônia Legal, possui uma relação muito forte com o desmatamento, sendo um dos estados que mais desmata entre os nove que compõem a região amazônica, isso segundo os Dados do Sistema de Alerta do Desmatamento (SAD) e do Imazon em abril de 2023 (IMAZON, 2023). Atualmente o Governo do Pará está com um projeto para zerar o desmatamento ilegal até 2025 visando a COP 30 (SEMAS, 2023), no entanto ainda é um grande desafio.

Dentre os municípios que compõe o estado encontra-se o território de São Félix do Xingu, a 693.31 km da capital Belém do Pará, onde a sua extensão territorial é de 84.213 km² e a populacional é de 135.732 (IBGE, 2021). A origem de São Félix do Xingu está relacionada com a caça, pesca, produção de borracha, garimpo, entre outras atividades (Schmink et al., 2012). Com o processo migratório e de colonização expandiram-se outras práticas como a pecuária, agricultura, extrações madeireiras e mineradoras (Schmink et al., 2019). Com o uso demasiado e sem controle, tais atividades acabaram gerando grandes impactos na biodiversidade local (Decaens et al., 2018; Franco, 2019; Carvalho et al., 2020; Hamid et al., 2023). A grande atividade pecuária na região contribui para um grave cenário de desmatamento (ISA, 2022). Dessa forma, além das práticas de fiscalização das atividades ilegais, ainda se faz necessária ações e políticas públicas que incentivem a produção sustentável (Chaves, 2022).

É importante salientar que a população dessa região, depende da economia local para sobrevivência (Futemma et al., 2020; CROP LIFE BRASIL, 2020). A partir disso, há o surgimento de iniciativas que aliem e melhorem a qualidade de vida das pessoas com oportunidades de renda, maior acesso a saúde e educação, não deixando de lado a conservação ambiental (BVMS, 2008; MMA, 2015; FIOCRUZ, 2023). As cadeias produtivas baseadas no cultivo e manejo de produtos locais, têm um grande potencial para a agregação de valor e aspectos positivos para o desenvolvimento sustentável local (EMBRAPA, 2017; Felin et al., 2023; WRI, 2023).

Com a intenção de reduzir e mitigar os impactos advindos da antropização, desenvolver uma alternativa de manejo sustentável, restauração de áreas degradadas, bem como atrair

investimentos que promovam renda e o aumento da biodiversidade, surgiram os sistemas agroflorestais (SAF's) (Santoro et al., 2020; Matos et al., 2020; Xiao et al., 2022; Schuler et al., 2022). Tais sistemas são uma forma de uso e ocupação do solo em que as árvores são plantadas ou manejadas em consórcio com outras culturas agrícolas ou forrageiras (WRI BRASIL, 2021). Para que o mesmo seja efetivo e gerem benefícios, é importante um bom planejamento levando em consideração a lógica de produção, clima, composição de espécies, arranjos, legislação, entre outros (EMBRAPA, 2009).

Os sistemas agroflorestais podem ser uma dessas ações, contribuindo e mitigando impactos como dito anteriormente (Pantera, 2021). A região de São Félix do Xingu possui uma grande demanda e produção de cacau (*Theobroma cacao*), o qual é pertencente à família Malvaceae e originário da Bacia do rio Amazonas, na América do Sul (EMBRAPA, 2017). Essa demanda e produção possui uma grande importância econômica na região, isso porque a sua principal matéria-prima é o próprio cacau, além de outros subprodutos como o chocolate (Beg et al., 2017; Mendonça et al., 2019). Pelo fato de o cacaueiro crescer e desenvolver-se à sombra de outras árvores, é uma ótima alternativa para as áreas de agrofloresta, surgindo assim o SAF-cacau (Braga et al., 2018; IMAFLORA, 2022).

Por esses sistemas estarem presentes em regiões de grande importância (bioma amazônico) e envolvidos na recuperação de ambientes degradados, é fundamental avaliar o seu valor de conservação (Dagaret et al., 2020; Da Cruz et al., 2021; Marques et al., 2022). Um dos métodos usados para esse tipo de avaliação, é a utilização de organismos bioindicadores, como os insetos da subfamília Scarabaeinae, conhecidos popularmente como besouros rola-bosta (Santos-Heredia et al., 2018; Giménez Gómez et al., 2018; Rivera et al., 2023). Esse grupo é um táxon focal altamente aplicado para avaliar os efeitos de perturbações antrópicas e práticas de gestão na biodiversidade, por serem sensíveis às mudanças ambientais (Spector, 2009; Maldaner et al., 2021; Van Bac Bui et al., 2020). Esses coleópteros desempenham funções ecossistêmicas importantes, que vão desde a dispersão secundária de sementes, até a ciclagem de nutrientes e a supressão de parasitas. (Nichols et al., 2007; Ortega et al., 2016).

A diversidade biológica é um conceito multifacetado que pode ser definido e analisado de diferentes formas (Magurran et al., 2011). Por muito tempo a diversidade taxonômica foi o elemento mais utilizado na avaliação da biodiversidade, porém com os avanços da ciência, outras métricas passaram a ser utilizadas como medidas para avaliar a influência das espécies nos processos ecológicos (Gotelli et al., 2013). A diversidade funcional é uma delas, sendo um componente da biodiversidade que leva em conta as diferenças morfológicas, ecológicas e

comportamentais entre as espécies e indivíduos (Calaça et al., 2016). A unidade básica dessa diversidade é o atributo funcional (*functional trait*), definido como uma propriedade mensurável dos organismos (Violle et al., 2007). Mais especificamente, o atributo funcional pode ser dividido em efeito (efeitos que o organismo provoca nos serviços ecossistêmicos) e resposta (resposta do organismo em relação ao ambiente) (Violle et al., 2007).

Outro fator importante é a avaliação das similaridades entre os ambientes através da diversidade beta, sendo esta definida como o grau de dissimilaridade na qual refere-se à variação na composição de espécies entre dois lugares distintos, permitindo assim entender como essa diversidade varia em relação aos fatores ambientais (Tuomisto et al., 2006; Schmera et al., 2020). Ela também pode ser utilizada para avaliar a diversidade funcional (Anderson et al., 2011). O aninhamento (perda aleatória de espécies) é um dos fenômenos que podem gerar a diversidade beta, além da substituição que consiste na troca de espécies entre duas localidades, seja por seleção de espécies pelo meio ambiente, por restrições históricas e espaciais ou até mesmo por interações interespecíficas (Baselga et al., 2010)

Com base em tudo isso, o presente trabalho teve como enfoque avaliar os níveis de conservação ecológica nos sistemas agroflorestas de cacau do município de São Félix do Xingu através da diversidade taxonômica e funcional, utilizando os besouros rola-bosta.

3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Área de Estudo

O trabalho foi realizado no estado do Pará, no município de São Félix do Xingu localizado na Amazônia Oriental ($6^{\circ}38'29''S$, $51^{\circ}58'44''O$). Essa região possui uma área de 84.213,10 km², onde c.a. 74% da área possui cobertura florestal (62.262,40 km²), sendo c.a. 72% da área protegida (60.987,34 km²) (PARÁ, 2019). A região é definida por um clima Equatorial Úmido e apresentando seca com um período de três meses. A pluviosidade média anual é em torno de 1521 mm e a temperatura média anual é de 25°C, de acordo com os dados de 2017 a 2021 da estação meteorológica do município (INMET, 2021).

A vegetação do município é caracterizada predominantemente por Floresta Ombrófila Densa na porção superior, enquanto na porção inferior a predominância é por Floresta Ombrófila Aberta, com manchas esparsas de Savana (IBGE, 2021). O solo é caracterizado predominantemente como Argissolo Vermelho e Argissolo Vermelho-Amarelo que abrangem esse território (IBGE, 2018). As formações florestais de onde ocorreram as coletas são de

sucessão secundária, onde em algum momento sofreram distúrbios leves ou moderados relacionados ao uso do solo (Guarita et al., 2001). Vale salientar que essa localidade possui um histórico envolvendo o manejo intensivo de pastagens, criação de gado, uso de agrotóxicos, influência do fogo, conflitos sociais, entre outros (Leal et al., 2020; De Oliveira et al., 2020; De Andrade et al., 2021; Gonçalves et al., 2023; Braga et al., 2023; Hamid et al., 2023; Brito et al., 2023). Essas modificações acabam interferindo na manutenção da biodiversidade e gerando um grande impacto (Thompson et al., 2013; O'Connor et al., 2017).

Atualmente o município apresenta cerca de 30% de áreas antropizadas (Sousa et al., 2017; Carvalho et al., 2018). Dentro dessa vertente há a agricultura familiar, muito importante para a região, sendo esta destacada pela produção de cacau (Braga et al., 2018). Apesar da economia do município girar em torno da agropecuária em larga escala, há um espaço importante ocupado pela agricultura familiar. Dessa forma, além das extensas áreas de pastagem, o solo é ocupado por outros produtos agrícolas, como milho, arroz, banana, mandioca, feijão e cacau (IPEA, 2019).

As coletas foram realizadas em áreas de propriedades familiares com produção de Cacau em sistemas agroflorestais orgânicos, onde o distanciamento entre cada cacaueiro foi de 3x3m intercalado com outras espécies vegetais de forma espaçada a cerca de 18 a 25m (entrelinhas e entre plantas). As espécies presentes variaram entre banana, cupuaçu, ipê, goiabeira e mogno. As áreas de pastagem são de uso atual, já as áreas de floresta nativa apresentam distúrbios relacionados à retirada de madeira e podendo apresentar impacto pretérito de fogo. As pastagens foram consideradas ambientes modificados e não florestais, diferente dos remanescentes florestais, para respectiva comparação e controle em relação aos SAFs-cacau.

3.2 Coleta de Besouros

As coletas foram realizadas no período chuvoso, abril e maio do ano de 2021, sendo estas executadas em SAFs-cacau, remanescentes florestais e pastagem. Foram selecionadas 5 áreas de sistemas agroflorestais, 4 de floresta nativa e 4 de pastagem. Para as coletas de besouros, foram utilizadas armadilhas de queda do tipo *pitfall*, que consistem em potes plásticos enterrados ao nível do solo para captura de insetos presentes no solo (Freire et al., 2011). Em cada área foram instaladas 5 armadilhas *pitfall* distantes 50 m entre si e da borda do ambiente,

com 30g de fezes de porco como isca atrativa, totalizando 20 armadilhas para pastagem e floresta e 25 armadilhas para os SAFs-cacau.

Após a coleta, os organismos foram conservados em álcool 70% e, posteriormente triados os besouros rola-bosta. Finalizada esta etapa, eles foram levados a uma estufa por 48h em 60°C para secagem. Após secos, a identificação foi realizada através da chave de gêneros neotropicais (Vaz-De-Mello et al., 2011) e consulta ao especialista. No total foram coletados cerca de 9550 indivíduos, contendo 13 gêneros e 57 espécies.

3.3 Diversidade Taxonômica e Funcional

Os atributos morfológicos que foram utilizados para calcular as métricas de diversidade funcional foram cinco, sendo eles: biomassa, área da perna dianteira ajustada a biomassa, área do pronoto ajustado a biomassa, proporção entre os comprimentos das pernas traseira e dianteira ajustada pela biomassa e comportamento de nidificação (Griffiths et al., 2015). Foram selecionados no máximo 30 indivíduos de cada espécie, isso de acordo com a quantidade de indivíduos que a espécie continha, pois algumas não apresentavam o valor mencionado. Para realizar as métricas de diversidade funcional, primeiramente os indivíduos foram pesados em uma balança analítica para encontrar a biomassa. Após esse procedimento, os indivíduos foram fotografados a partir da Lupa AxionCam 506 color conectada ao microscópio estéreo Axio Zoom V16 (ZEISS) e analisados através do Programa ZEN PRO, onde foram tiradas as medidas. Os equipamentos utilizados são do Centro de Estudos em Biologia Subterrânea – CEBS/UFLA.

Com relação a diversidade taxonômica foram utilizados os valores de abundância, riqueza e o Índice de Diversidade de Simpson (1-D) com função pacote *vegan*. O Índice de Simpson é um índice de dominância, medindo a probabilidade de dois indivíduos selecionados ao acaso na comunidade pertencerem à mesma espécie. Irá variar de 0 a 1 e quanto mais alto for o resultado, maior a probabilidade de os indivíduos serem da mesma espécie, tendo assim uma maior dominância (Brower, 1984). Já a avaliação da diversidade funcional foi calculada pelo índice de Entropia Quadrática de Rao (FDq) com função *mpd* e pacote *picante* e o *FD* (Kembel et al., 2010). O FDq expressa a diferença funcional média entre dois indivíduos selecionados aleatoriamente em uma comunidade (Ricotta et al., 2009). Esse índice foi utilizado com base nos atributos morfológicos levando em consideração as diferenças ecológicas das espécies.

3.4 Análise dos Dados

Todas as análises foram feitas no Programa R (Da Silva et al., 2022). Tratando-se dos valores de riqueza, abundância e dos Índices de Simpson e Rao. Esses dados passaram pelo teste de distribuição normal (Shapiro-wilk) e de homoscedasticidade (Bartlett), quando não apresentaram normalidade ou homoscedasticidade foi usado o Kruskal-wallis, um teste não-paramétrico que substitui a ANOVA. Para identificar a diferença entre os habitats foi realizado o teste *post-hoc* de Dunn com a correção de Bonferroni.

Para avaliar as possíveis alterações na composição das comunidades entre os habitats (β -diversidade), os dados de abundância foram transformados em presença e ausência. A partir disso, foi utilizado *betapart* pacote e o *vegan* para calcular a dissimilaridade de Jaccard de florestal com pastagem e SAF, separadamente. O mesmo foi realizado para a dissimilaridade funcional, porém anteriormente transformando a característica funcional categórica (comportamento de nidificação) em numérica. Os valores obtidos para pastagem e SAF foram então submetidos aos testes de Shapiro-Wilk e posteriormente comparados entre si através do teste de Mann-Whitney com a função *wilcox*, tanto para o componente taxonômico, quanto para o funcional.

Em seguida, com o intuito de avaliar a contribuição da substituição (*turnover*) ou perda (*nestedness*) de espécies para a dissimilaridade entre as comunidades de floresta comparadas à pastagem e SAFs, foi realizada a partição da matriz de dissimilaridade de Jaccard, através do pacote *betapart*. Para cada sistema foi comparado o peso destes dois processos para ambos os componentes da diversidade aqui estudados, sem comparação direta entre os componentes ou ambientes, avaliando entre processos para cada contexto de componente e ambiente estudado. Essas comparações foram realizadas de forma similar ao descrito anteriormente para a β -diversidade

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os valores de riqueza, Simpson, FDq e os componentes da β -diversidade funcional para SAF, apresentaram uma distribuição equiparável ao normal com dados homocedásticos. Já os demais parâmetros não apresentaram distribuição normal (para informações detalhadas e valores estatísticos veja o Apêndice A).

Os valores de entre os habitats estudados ($F = 11,31$; $p = 0,003$; Figura 1-A). Em comparação é possível notar que os valores de floresta foram similares aos de SAF ($z = 0,692$; $p \approx 1$), porém diferentes de pastagem ($z = 2,735$; $p = 0,019$), enquanto que os dois últimos apontaram uma similaridade entre si ($z = -2,191$; $p = 0,084$).

Tratando-se da abundância, é possível observar através do Kruskal-Wallis que o habitat influencia na mesma ($H = 6,029$; $p = 0,048$; Figura 1-B). Neste caso a floresta obteve valores semelhantes aos de SAF ($z = 1,166$; $p = 0,729$), sendo estes desiguais aos valores de pastagem ($z = 2,450$; $p = 0,043$). Já pasto e SAF ($z = -1,415$; $p = 0,470$), apresentaram valores similares.

Os habitats não influenciaram no índice de Diversidade de Simpson ($F = 0,654$; $p = 0,541$; Figura 1-C), assim como no índice de Entropia Quadrática de Rao (FDq) ($F = 1,127$; $p = 0,362$; Figura 1-D).

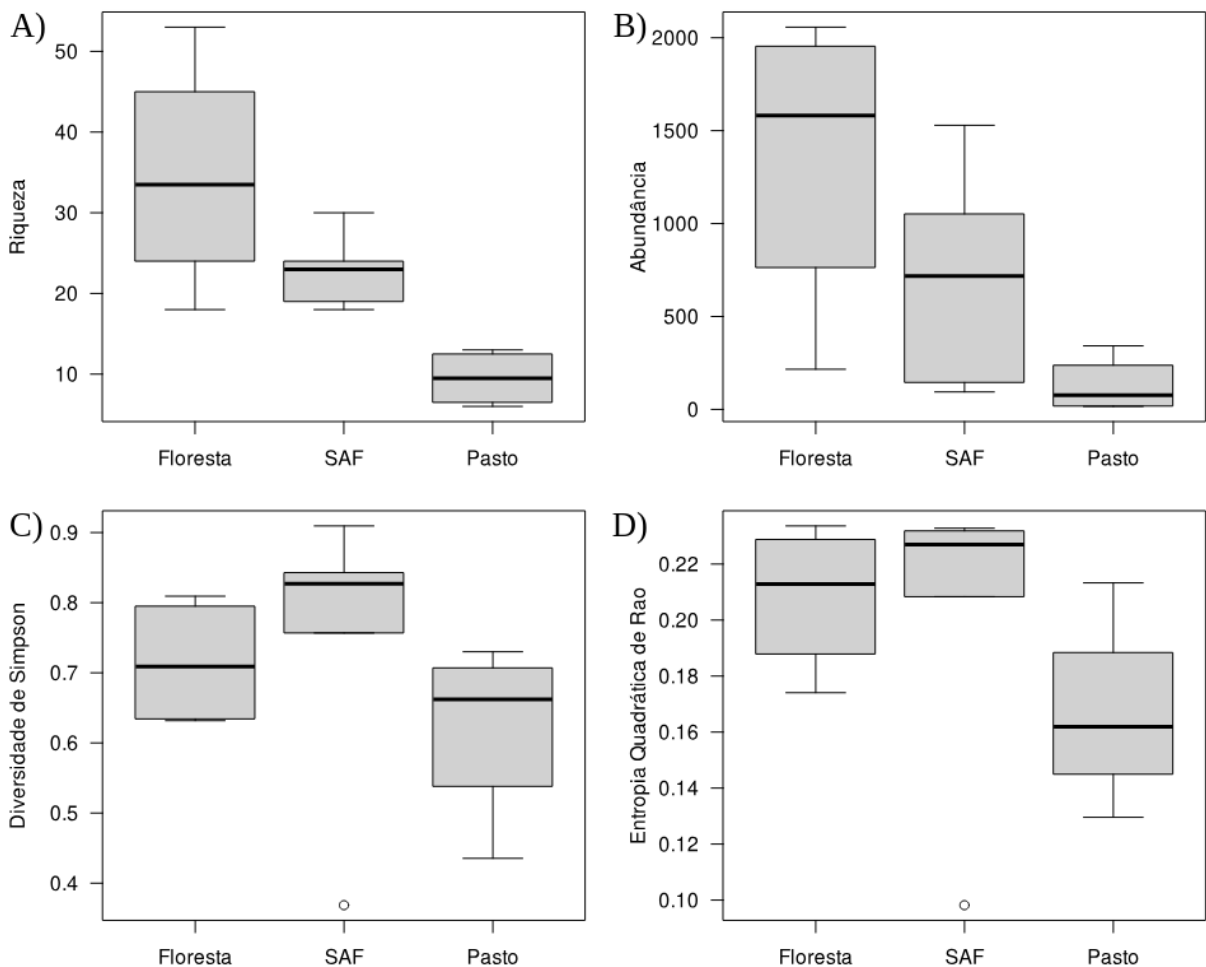


Figura 1: Comparação dos valores de (A) riqueza de espécies, (B) Abundância, (C) Índice de Diversidade de Simpson e (D) Entropia quadrática de Rao nos diferentes ambientes estudados.

Os valores da diversidade beta taxonômica total demonstraram que a área de SAF é mais próxima de floresta se comparada ao pasto ($W = 320$; $p < 0,001$; Figura 2-A), assim como observado para a diversidade beta funcional ($t = 7,734$; $p < 0,001$; Figura 2-B).

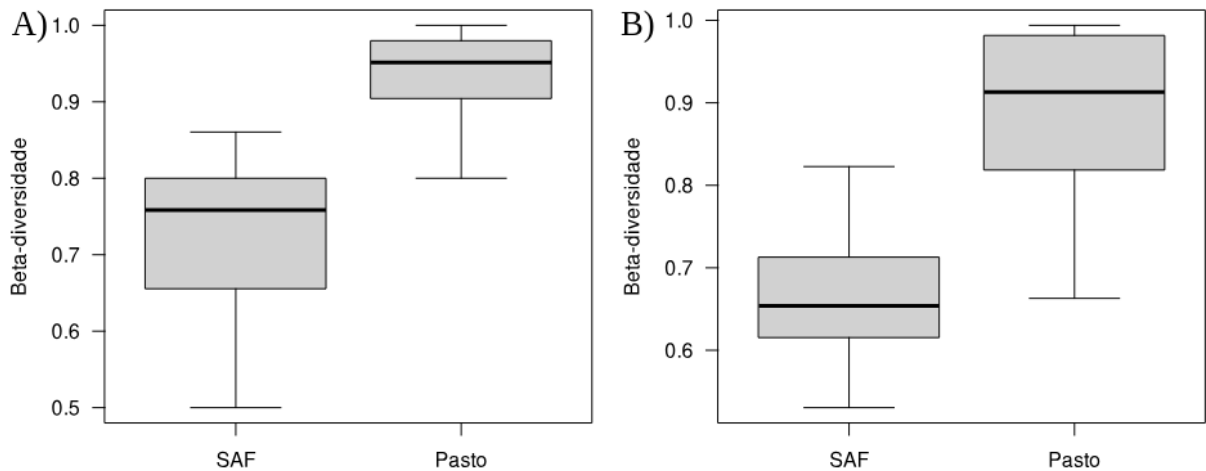


Figura 2: Comparação (A) da diversidade beta taxonômica total e (B) diversidade beta funcional total.

No que se refere as análises dos processos que levam à dissimilaridade taxonômica, verifica-se que está ocorrendo uma perda e substituição de espécies, no entanto a substituição entre SAF e floresta é mais importante que a perda de espécies ($W = 1$; $p < 0,001$; Figura 3-A). Em pastagem está ocorrendo a mesma situação, mas o peso da substituição é ainda maior ($W = 0$ $p < 0,001$; Figura 3-B).

Nas análises da contribuição dos processos de dissimilaridade sobre o componente funcional, tanto para SAF ($W = 42$, $p < 0,001$; Figura 3-C) quanto para pasto ($W = 42$; $p < 0,001$; Figura 3-D) acontece a mesma substituição de espécies.

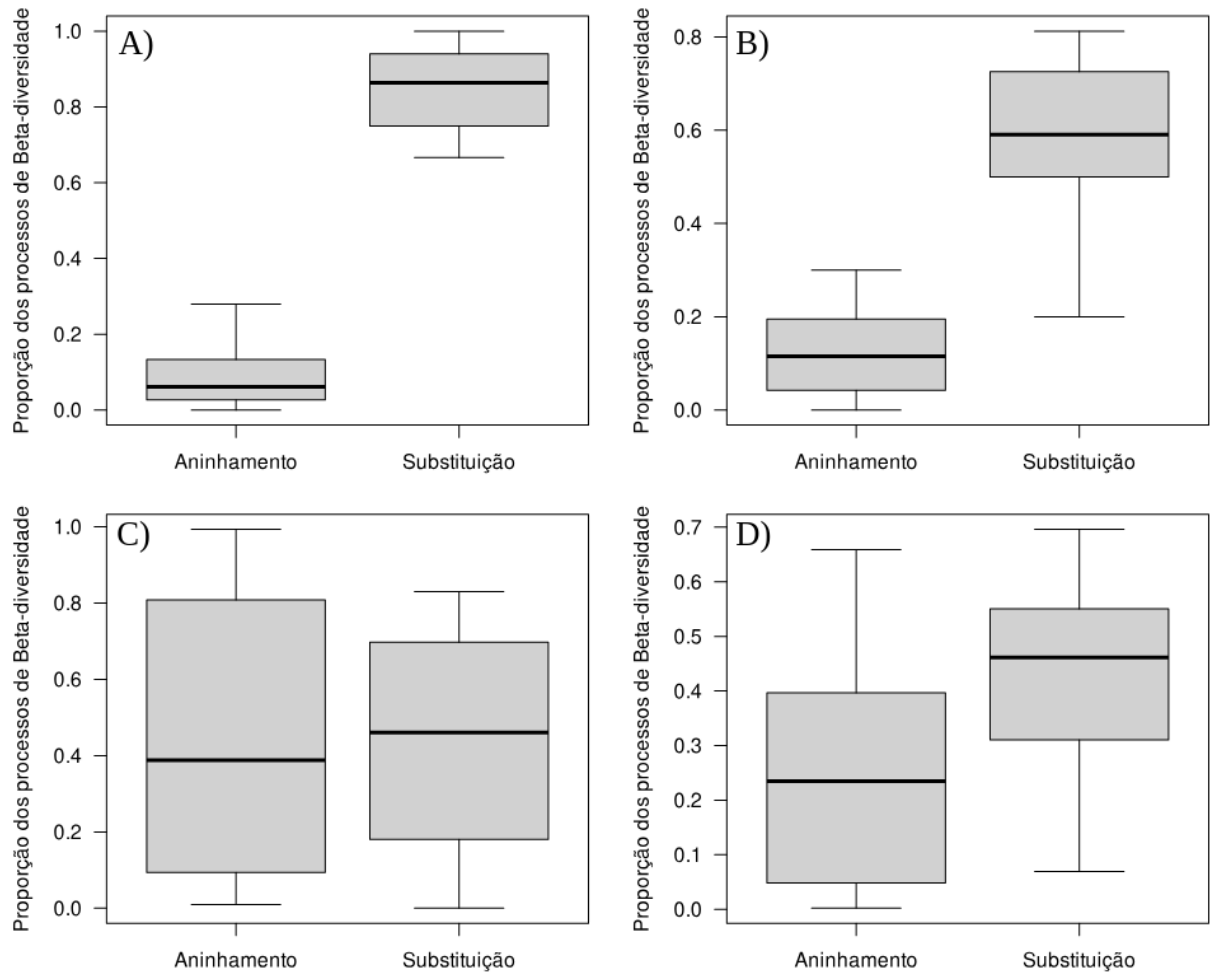


Figura 3: Comparação dos processos taxonômicos de (A) pasto e (B) sistema agroflorestal, bem como a comparação dos processos funcionais de (C) pasto e (D) sistema agroflorestal.

Através dos resultados percebe-se que há uma grande similaridade entre as áreas de floresta e SAF quando o assunto é riqueza e abundância de besouros rola-bosta. Pelo fato de a floresta nativa ser de sucessão secundária, ombrófila aberta, com histórico de perturbação e não ser totalmente conservada como se espera (Garcia et al., 2017), apresenta-se essa semelhança com o sistema agroflorestal, não havendo tanta diferença entre esses dois ambientes. Já a similaridade do SAF em relação a pastagem, se dá em razão desse sistema ser utilizado como método de produção e também recuperação de áreas degradadas (Raj et al., 2020; Venturieir et al., 2022). Com relação as áreas de floresta e pasto, houve uma certa diferença como esperava-se, isso porque são dois ambientes contrastivos (Pedrinho et al., 2019). No que se refere aos índices de Simpson e Rao, eles não apresentaram variação entre os ambientes em virtude dessas similaridades. Maior similaridade entre pontos amostrais pode ser também resultado de uma relativa estabilidade do próprio sistema, uma vez que impactos ambientais podem aumentar a

variabilidade na estrutura da comunidade e na diversidade beta como será mostrado ao longo desse estudo (Korasaki et al., 2013).

Em paisagens antropizadas, alguns tipos de sistemas agroflorestais podem servir como habitats suplementares para espécies nativas, conseqüentemente contribuindo para a conservação e funcionamento dos ecossistemas (Häger et al., 2015). Segundo Estrada et al. (2012) e Schoth et al. (2007), os agroecossistemas onde a produção de interesse é cultivada sob a copa de árvores, como nesse caso em São Félix do Xingu, podem ser importantes habitats para diferentes tipos de organismos dependentes de floresta. Além disso, eles podem compor um tipo de matriz antropogênica que amortece os efeitos da fragmentação florestal aumentando uma conectividade e contribuição para a dinâmica funcional (Perfecto et al., 2008). Dessa forma, sistemas como esses podem abrigar comunidades semelhantes às encontradas em áreas de floresta nativa ou pastagem (Marsden et al. 2020).

Em relação aos SAF's um estudo recente utilizando uma abordagem meta-analítica com besouros rola-bosta, avaliou como os distúrbios antrópicos do habitat podem influenciar as múltiplas dimensões da diversidade (Rivera, 2023). Ao concluir o estudo foi notado que as florestas secundárias e os sistemas agroflorestais conseguiram mitigar a perda de diversidade e os processos de homogeneização, favorecendo a coexistência entre espécies funcionais e filogeneticamente distantes, mantendo essas assembleias semelhantes a florestas totalmente conservadas

É essencial destacar que nem todos os modelos agroflorestais têm o mesmo valor para a conservação da biodiversidade. Isso vai depender principalmente da gestão e intensidade do mesmo (Bos et al., 2007). Um estudo no México na região de floresta tropical, mais especificamente em Lacandona com cacau rústico, revelou que esse modelo manteve as comunidades de Scarabaeinae e sua funcionalidade similar às encontradas em áreas de floresta (Santos-Herédia et al., 2018), enquanto outros modelos não. A questão chave para que as agroflorestas desencadeiem um impacto mínimo ao ambiente, é certamente projetar a combinação e densidades ideais de espécies vegetais que proporcionem uma condição mais adequada para o cacau, a produtividade de outras plantas associadas e também os demais serviços ecossistêmicos (Deheuvels et al., 2014; Mortimer et al., 2017; Sáñez et al, 2021).

Tratando-se das áreas de pastagem, era expectável que a diferença entre as áreas de floresta e SAF fosse mais evidente, o que não ocorreu. Um estudo publicado por Giménez Gómez et al. (2022), sobre respostas funcionais e perturbações antrópicas usando besouros rola-bosta, apontou que ao contrário de muitos estudos anteriores, as pastagens abertas podem exibir maior diversidade funcional em comparação a florestas nativas por exemplo. No presente trabalho foram utilizadas características de efeito ao invés de características de resposta, sendo assim, isso pode indicar que talvez mesmo com a comunidades perdendo riqueza e abundância o funcionamento do ecossistema se mantém (Beiroz et al., 2019).

Um outro estudo realizado na região árida de Dry Chaco por Alonso et al. (2021), mostra que a substituição de floresta nativa por pastagens abertas para pecuária manteve a riqueza taxonômica e funcional de espécies da subfamília Scarabaeinae. Os resultados dessa pesquisa contrastam com aqueles encontrados sobre florestas úmidas (Giménez et al., 2018; Guerra et al., 2019), como por exemplo no bioma da Amazônia (Silva et al., 2017), onde foi produzida a atual pesquisa. A razão para que isso tenha ocorrido, é que ecossistemas semiáridos com um longo histórico de pastoreio, levam as espécies a uma pré-adaptação e esse tipo de perturbação. Consequentemente a estrutura taxonômica e funcional das comunidades é diferente em decorrência a esse fato. Como no presente estudo as áreas de pastagens não apresentaram um resultado tão dessemelhantes, isso pode ser devido a uma adaptação das espécies aquele tipo de ambiente (Bondarieva et al., 2019).

Na presente pesquisa também foi avaliada a diversidade beta, através das análises feitas foi possível perceber que a dissimilaridade é maior entre pasto e floresta do que quando considerado o SAF com floresta, para ambos os componentes da diversidade. É relevante destacar que, no geral, as áreas de pastagem abertas para pecuária reduzem a riqueza e a abundância de besouros rola-bosta (Giménez Gómez et al., 2018), principalmente devido a perda de vegetação e estruturação do solo (Gómez-Cifuentes et al., 2019). O tipo de vegetação é um fator chave na organização das comunidades de besouros rola-bosta em paisagens tropicais, uma vez que a estrutura da vegetação permite a seleção de espécies através de filtros ambientais, mantendo comunidade similares quando os filtros são similares (Nunes et al, 2016; Webb et al, 2010), como no caso da estrutura florestal das florestas nativas e SAFs.

Além disso observa-se um peso grande da contribuição da substituição para essa diferença no componente taxonômico em ambas comparações de sistemas, porém o processo relacionado ao funcional esse peso reduz, mesmo que ainda seja maior ao se comparar pasto

com mata nativa. A perturbação pode excluir espécies com características específicas ou reduzir sua abundância, e ao mesmo tempo facilitar a entrada de espécies com novas características funcionais (Haddad et al., 2008; Mouillot et al., 2013). Na diversidade taxonômica a ação antropogênica pode ter um efeito maior enquanto mantém a diversidade funcional, caso o ambiente apresente alta redundância funcional (Flynn et al., 2009; Cadotte et al., 2011). Apesar do estudo ser realizado sobre características de efeito, estes são intrínsecos de espécies com suas características de resposta (Díaz et al., 2013).

É possível portanto, que ao manter a estrutura da vegetação mais similar à floresta nativa, esteja sendo mantida a composição funcional da comunidade, mesmo que haja um grau de alteração taxonômico. Isso é relevante, pois mesmo não havendo uma diferença tão grande entre SAF e pasto, a floresta nativa claramente se distancia da pastagem. Portanto métodos de produção que mantenham a estrutura da vegetação são mais indicados, isso devido a importância da conservação da biodiversidade.

A substituição na qual ocorre é mais significativa do que a perda e pode acontecer em consequência de filtros ambientais, similaridade de nichos, competição ou fatores históricos (Begon et al., 2007; Dehling et al., 2020; Figueiras et al., 2021; López-Delgado et al., 2020). Além disso, as espécies podem encontrar um gradiente de adequação do habitat em diferentes usos do solo dentro de uma região (Hirzel et al., 2008). É importante ressaltar que essa substituição tem um peso maior na área de pastagem relacionada a floresta se comparada a SAF. Tratando-se da diversidade funcional, esses resultados apontam que pode estar havendo uma nova estruturação de funcionamento no pasto, enquanto não há perda de muitas características funcionais, substituindo assim características próximas. Todavia é importante estar consciente de que as vezes mudanças estruturais na comunidade de besouros podem afetar os processos ecológicos regulados por esses insetos (Neita et al., 2012). Assim sendo, é notável a importância de mais estudos relacionados a estruturação de comunidades, sobretudo em agroecossistemas e pastagens.

4.1 Implicações para as políticas públicas e tomadas de decisão

Em relação as políticas públicas voltadas a conservação ambiental, os sistemas agroflorestais presentes na região de São Félix do Xingu são um grande atrativo, estando em cumprimento das determinações legais do Código Florestal, Lei Nº12.651/2012. Essa lei

estabelece normas gerais para a proteção da vegetação nativa, incluindo áreas de preservação permanente, prevê recuperação de áreas degradadas, controle da origem dos produtos florestais, predispõe-se de Programas de Regularização Ambiental (PRAs), além de também criar o Cadastro Ambiental Rural (CAR). Como o SAF é também utilizado para a recuperação de áreas provenientes de perturbação, esse sistema é amparado pela Lei Nº12.854/2013 que fomenta e incentiva ações que executem a recuperação florestal e a implantação agroecossistemas em áreas rurais desapropriadas e degradadas, nos casos que especifica.

Cabe ainda ressaltar que mediante pressão de agricultores familiares organizados e instituições não governamentais e governamentais junto à academia e os setores de representação de classe patronal e trabalhadora, houve um aprofundamento do debate correlato à pulverização aérea de agrotóxicos no Município de São Félix do Xingu, culminando na IN nº01/2022 (comunicação pessoal Rúben Gouvêa e Wallace Beiroz), que determina áreas sensíveis (zonas com maior adensamento de cacauicultores) e a proibição de pulverização aéreas em um raio de 10 km no entorno das mesmas, conferindo uma vitória para agricultura familiar, e um avanço para a manutenção de áreas de alternativas produtivas sustentáveis para o território, e para o Brasil, como jurisprudência.

Os sistemas agroflorestais conseguiram manter a conservação da biodiversidade, mostrando que podem ser uma alternativa interessante para a busca da sustentabilidade, integrando os aspectos econômicos, ambientais e sociais. O SAF-cacau é uma fonte significativa de renda direta para a população (EMBRAPA, 2017). Através dele o produtor passa a ser um agente importante no processo de recuperação (Nunoo et al., 2015), manutenção (Murniati et al., 2022) e consolidação das áreas em questão (Porro et al., 2012). Além disso, o produtor pode ter renda ainda nos primeiros anos de implementação, isso porque o cacau necessita de consorcio com outras culturas anuais e semi perenes para o seu adequado desenvolvimento (EMBRAPA, 2017). Vale frisar que a demanda por esse fruto é alta, assim como o preço de mercado, sendo o Brasil detentor de grandes moageiras que atuam internacionalmente na cadeia, e sua demanda é atendida pelo fornecimento interno em apenas 80%, tendo sua suplementação por Costa do Marfim e Gana. Para reverter este quadro há o plano CACAU 2030, mirando 2030 como o prazo final para a autossuficiência nacional e adequação da cadeia em todos seus elos aos ODS (World Cocoa Foundation, 2023). No entanto, tem que ser destacado que ainda existem obstáculos quanto a ampliação desse sistema na Amazônia. Isso está associado a questão agrária, ao regime fundiário, e a disponibilização de

serviços básicos de educação e saúde (Porro et al., 2009). Para que haja um avanço é necessário fundamentalmente a articulação entre organizações de base comunitárias, governamentais e não governamentais, e também instituições de pesquisa, para assim elaborar planejamentos para o desenvolvimento de modelos viáveis com viés agroflorestal, facilmente replicáveis e de baixo custo, para observar em escala local e regional.

Através dessa pesquisa espera-se ampliar o conhecimento científico sobre o valor de conservação dos SAF's, que podem ser aplicados para mitigar os impactos das atividades humanas nas florestas tropicais. Além disso, os dados dessa dissertação podem permitir a publicação de artigos científicos e avançar com o conhecimento formal necessário para o planejamento de políticas públicas para conservação da Amazônia.

5. CONCLUSÃO

Diante disso, mesmo os resultados não apontando uma grande diferença entre os ambientes estudados, é notável que há uma diferença na composição entre as áreas de floresta nativa e pastagem, destacando a importância da conservação de ambientes não perturbados. Apesar da semelhança entre o SAF cacau e as áreas de pastagem, o mesmo também apontou uma similaridade em relação ao ambiente de floresta nativa. O SAF é uma forma de uso e ocupação do solo em que espécies florestais são plantadas ou manejadas em associação com culturas agrícolas ou forrageiras, por isso a semelhança com o pasto. No entanto, a sua similaridade as áreas de floresta nativa, reforça a relevância de um sistema de cultivo que alie a produção socioeconômica com a conservação ambiental. É importante frisar que os SAFs necessitam de um bom planejamento e acompanhamento, para que assim sejam sistemas efetivos.

Esta pesquisa torna-se importante no contexto do Pará, mais especificamente no município de São Félix do Xingu, e também nas regiões de florestas tropicais pluviais com pressão antrópica semelhante. Estudar o nível de conservação dos sistemas agroflorestais, que tem como propósito um meio de produção sustentável, é ir de encontro com o Objetivo de Desenvolvimento Sustentável da Organização das Nações Unidas como fome zero e agricultura sustentável, consumo e produção responsáveis, ação contra a mudança global, entre outros ODS. Além disso, embasar discussões para políticas públicas em relação a conservação

ambiental, alternativas produtivas consolidadas, justiça socioambiental, equidade de gênero e o fortalecimento da produção familiar.

REFERÊNCIAS

- A agricultura na Amazônia auxilia as comunidades locais. **CROP LIFE BRASIL**, 2020. Disponível em: <<https://croplifebrasil.org/noticias/a-agricultura-na-amazonia-e-produtiva-e-auxilia-as-comunidades-locais/>>. Acesso em: 27 set. 2023.
- A importância das florestas em pé - IPAM Amazônia. **IPAM**, 2019. Disponível em: <<https://ipam.org.br/cartilhas-ipam/a-importancia-das-florestas-em-pe/>>. Acesso em: 30 out. 2023.
- A real contribuição da agricultura familiar no Brasil. **Portal Embrapa**, 2017. Disponível em: <<https://www.embrapa.br/agropensa/busca-de-noticias/-/noticia/27405640/a-real-contribuicao-da-agricultura-familiar-no-brasil>>. Acesso em: 27 set. 2023.
- ABADIAS, IVALMIR MOTA et al. Identificação dos Principais Impactos Ambientais Ocasionalmente pelo Manejo da Pecuária no Município de Humaitá – AM. **Revista Gestão & Sustentabilidade Ambiental**, v. 9, n. 2, p. 664-682, 2020.
- ALMEIDA, H.; ANTONINI, Y. Dung beetles can sow: the potential of secondary seed dispersers to assist ecological restoration. **Ecological Entomology**, v. 47, p. 181–191, 2022.
- AMADOR, D. B. Restauração de Ecossistemas com Sistemas Agroflorestais. In: Kageyama, P. Y. et al (org.). **Restauração de ecossistemas naturais. Fundação de Estudos e Pesquisas Agrícolas e Florestais – FEPAF**. São Paulo. Botucatu, 2003.
- Amazônia. **GOV**, 2020. Disponível em: <<https://www.gov.br/mma/pt-br/assuntos/ecossistemas-1/biomas/amazonia>>. Acesso em: 27 set. 2023.
- ANDERSON, MARTI J. et al. Navigating the multiple meanings of β diversity: a roadmap for the practicing ecologist. **Ecology letters**, v. 14, n. 1, p. 19-28, 2011.
- Área de Reserva Legal - Portal Embrapa. **EMBRAPA**, 2017. Disponível em: <<https://www.embrapa.br/codigo-florestal/area-de-reserva-legal-arl>>. Acesso em: 26 out. 2023.
- ARELLANO, LUCRECIA et al. Dung beetles (Coleoptera: Scarabaeidae) in grazing lands of the Neotropics: A review of patterns and research trends of taxonomic and functional diversity, and functions. **Frontiers in Ecology and Evolution**, v. 11, p. 1084009, 2023.
- BALMFORD, A.; BOND, W. Trends in the state of nature and their implications for human well-being. **Ecology Letters**, v. 8, p. 1218–1234, [s.d.].

- BALVANERA, P.; PFISTERER, A. B. Quantifying the evidence biodiversity effects on ecosystem functioning and services. **Ecology Letters**, v. 9, p. 1146–1156, 2006.
- BASELGA, A., ORME, C.D.L., et al. Betapart: Partitioning beta diversity into turnover and nestedness components. R package version 1.4, 2017.
- BASELGA, ANDRÉS. Partitioning the turnover and nestedness components of beta diversity. **Global ecology and biogeography**, v. 19, n. 1, p. 134-143, 2010.
- BEG, MOHD SHAVEZ et al. Status, supply chain and processing of cocoa-A review. **Trends in food science & technology**, v. 66, p. 108-116, 2017.
- BEGON, Michael; TOWNSEND, Colin R.; HARPER, John L. **Ecologia de Indivíduos e Eossistemas**. 4ªed. Artmed, 2007.
- BEIROZ, W. et al. Biodiversity in tropical plantations is influenced by surrounding native vegetation but not yield: A case study with dung beetles in Amazonia. **Forest Ecology and Management**, v. 444, p. 107–114, 15 jul. 2019.
- BIERREGAARD, R. O. Lessons from Amazonia: the ecology and conservation of a fragmented forest. **Journal of Mammalogy**, v. 83, n. 4, p. 1154–1156, 2002.
- Biodiversity and the Amazon Rainforest. **GREEN PEACE**, 2020. Disponível em: <<https://www.greenpeace.org/usa/biodiversity-and-the-amazon-rainforest/>>. Acesso em: 27 set. 2023.
- BOERNER, J.; MENDOZA, A.; et al. A. Ecosystem services, agriculture, and rural poverty in the Eastern Brazilian Amazon: Interrelationships and policy prescriptions. **Ecological economics**, v. 64, n. 2, p. 356-373, 2007.
- BONDARIEVA, L. M. et al. Population dynamics of the typical meadow species in the conditions of pasture digression in flooded meadows. **Ukrainian Journal of Ecology**, v. 9, n. 2, p. 204-211, 2019.
- BOS, M. M. et al. Insect diversity responses to forest conversion and agroforestry management. **Springer eBooks**, p. 277–294, 25 abr. 2007.
- BRAGA, D. P. P. et al. Sistemas agroflorestais com cacau: planejando o manejo das árvores companheiras. Vol. 2 ed. Piracicaba-SP: Imaflora, 2018.
- BRAGA, DANIEL PP et al. Good life in the Amazon? A critical reflection on the standard of living of cocoa and cattle-based smallholders in Pará, Brazil. **World Development Perspectives**, v. 31, p. 100520, 2023.
- BRAGA, DANIEL PP; DOMENE, FREDERICO; GANDARA, FLÁVIO B. Composição e diversidade de árvores de sombra em sistemas agroflorestais cacaueiros do sul do Pará, Amazônia brasileira. **Sistemas Agroflorestais** , v. 93, p. 1409-1421, 2019.

BRAGA, R. F. et al. Dung Beetle Community and Functions along a Habitat-Disturbance Gradient in the Amazon: A Rapid Assessment of Ecological Functions Associated to Biodiversity. **PLoS ONE**, v. 8, n. 2, 27 fev. 2013.

BRANDÃO, F.; DE CASTRO, F.; FUTEMMA, C. Between structural change and local agency in the palm oil sector: Interactions, heterogeneities and landscape transformations in the Brazilian Amazon. **Journal of Rural Studies**, v. 71, p. 156–168, 1 out. 2019.

BRANDO, P. M. et al. Droughts, Wildfires, and Forest Carbon Cycling: A Pantropical Synthesis. 2019.

Brasil em síntese - território. **IBGE**, 2023. Disponível em: <<https://brasilemsintese.ibge.gov.br/territorio.html>>. Acesso em: 27 set. 2023.

Brazil Deforestation Rates & Statistics | GFW. Disponível em: <[https://www.globalforestwatch.org/dashboards/country/BRA/?category=summary&location=WyJjb3VudHJ5Iiwil0%3D&map=eyJjZW50ZXIiOnsibGF0IjoyNi45OTk5OTk5OTk5NzUsImxuZyI6MTIuMDAwMDAwMDAwMDAwMDQzfSwiZGF0YXNldHMiOlt7ImRhZGFzZXQiOiJwb2xpdGljYWwtYm91bmRhcmlscyIsImxheWVycyI6WyJkaXNwdXRlZC1wb2xpdGljYWwtYm91bmRhcmlscyIsInBvbG10aWNhbC1ib3VuZGFyaWVzIl0sImJvdW5kYXJ5Ijp0cnVILCJvcGFjaXR5IjoxLCJ2aXNpYmlsaXR5Ijp0cnVlfSx7ImRhZGFzZXQiOiJ0cmVILWNvdmVyLWxvc3MiLCJsYXllcnMiOlsidHJlZS1jb3Zlci1sb3NzIl0sIm9wYWNpdHkiOjEsInZpc2liaWxpdHkiOnRydWUsInBhcmFtcyI6eyJ0aHJlc2hvbGQiOjMwLCJ2aXNpYmlsaXR5Ijp0cnVlfX1dfQ%3D%3D&showMap=true](https://www.globalforestwatch.org/dashboards/country/BRA/?category=summary&location=WyJjb3VudHJ5Iiwil0%3D&map=eyJjZW50ZXIiOnsibGF0IjoyNi45OTk5OTk5OTk5OTk5NzUsImxuZyI6MTIuMDAwMDAwMDAwMDAwMDQzfSwiZGF0YXNldHMiOlt7ImRhZGFzZXQiOiJwb2xpdGljYWwtYm91bmRhcmlscyIsImxheWVycyI6WyJkaXNwdXRlZC1wb2xpdGljYWwtYm91bmRhcmlscyIsInBvbG10aWNhbC1ib3VuZGFyaWVzIl0sImJvdW5kYXJ5Ijp0cnVILCJvcGFjaXR5IjoxLCJ2aXNpYmlsaXR5Ijp0cnVlfSx7ImRhZGFzZXQiOiJ0cmVILWNvdmVyLWxvc3MiLCJsYXllcnMiOlsidHJlZS1jb3Zlci1sb3NzIl0sIm9wYWNpdHkiOjEsInZpc2liaWxpdHkiOnRydWUsInBhcmFtcyI6eyJ0aHJlc2hvbGQiOjMwLCJ2aXNpYmlsaXR5Ijp0cnVlfX1dfQ%3D%3D&showMap=true)>. Acesso em: 17 jun. 2022.

BRITO, THYAGO et al. Life Cycle Assessment for Soybean Supply Chain: A Case Study of State of Pará, Brazil. **Agronomy**, v. 13, n. 6, p. 1648, 2023.

BROWER, J.E. e ZAR, J. H. Field & laboratory methods for general ecology. 2ed. **Wm. C. Brown Publishers, Dubuque, Iowa**. 1984. p.226

BROWN, KATRINA; PEARCE, DAVID W. (Ed.). **The causes of tropical deforestation: the economic and statistical analysis of factors giving rise to the loss of the tropical forests**. Taylor & Francis, 2023.

BULLOCK, ERIC L. et al. Satellite-based estimates reveal widespread forest degradation in the Amazon. **Global Change Biology**, v. 26, n. 5, p. 2956-2969, 2020.

Cacau. **Portal Embrapa**, 2017. Disponível em: <<https://www.embrapa.br/busca-de-imagens/-/midia/4096001/cacau>>. Acesso em: 27 set. 2023.

CADOTTE, MARC W.; CARSCADDEN, KELLY; MIROTCHEV, NICHOLAS. Beyond species: functional diversity and the maintenance of ecological processes and services. **Journal of applied ecology**, v. 48, n. 5, p. 1079-1087, 2011.

- CADOTTE, MARC W.; CARSCADDEN, KELLY; MIROTCHEV, NICHOLAS. Beyond species: functional diversity and the maintenance of ecological processes and services. **Journal of applied ecology**, v. 48, n. 5, p. 1079-1087, 2011.
- CALAÇA, ANALICE MARIA; DE VIVEIROS GRELE, CARLOS DUARDO. Diversidade funcional de comunidades: discussões conceituais e importantes avanços metodológicos. **Oecologia Australis**, v. 20, n. 4, 2016.
- CAMARGO, G. M.; SCHLINDWEIN, M. M., et al. Sistemas agroflorestais biodiversos: uma alternativa para pequenas propriedades rurais. **Revista Brasileira de Gestão e Desenvolvimento Regional**, v. 15, n. 1, p. 34-46, 2019.
- CARVALHO, F. S.; THOMPSON, K. N. N.; LIMA, W. A. S. et al. Dinâmica de uso da terra, no setor agropecuário, em Paragominas – PA. *Revista Agroecossistemas*. v. 9, n. 2, p. 148-163, 2018.
- CARVALHO, RAQUEL; DE AGUIAR, ANA PAULA DUTRA; AMARAL, SILVANA. Diversity of cattle raising systems and its effects over forest regrowth in a core region of cattle production in the Brazilian Amazon. **Regional Environmental Change**, v. 20, p. 1-15, 2020.
- CARVALHO, WILLIAM D. et al. Deforestation control in the Brazilian Amazon: A conservation struggle being lost as agreements and regulations are subverted and bypassed. **Perspectives in Ecology and Conservation**, v. 17, n. 3, p. 122-130, 2019.
- CERTINE, G. Effects of fire on properties of forest soils: a review. **Oecologia**, v. 143, p. 1–10, 2005.
- CHAVES, L. Os desafios de Lula para zerar o desmatamento ilegal na Amazônia até 2028. **INFO AMAZONIA**, 2002. Disponível em: <<https://infoamazonia.org/2022/11/11/os-desafios-de-lula-para-zerar-o-desmatamento-ilegal-na-amazonia-ate-2028/>>. Acesso em: 27 set. 2023.
- COLEMAN, D. C.; HENDRIX, P. F. **Invertebrados como webmasters em ecossistemas**. CABI, 2000.
- DA CRUZ, DENIS CONRADO et al. An overview of forest loss and restoration in the Brazilian Amazon. **New Forests**, v. 52, p. 1-16, 2021.
- DA CRUZ, DENIS CONRADO et al. Priority areas for restoration in permanent preservation areas of rural properties in the Brazilian Amazon. **Land Use Policy**, v. 115, p. 106030, 2022.
- DA CRUZ, DENIS ONRADO et al. An overview of forest loss and restoration in the Brazilian Amazon. **New Forests**, v. 52, p. 1-16, 2021.

- DA SILVA FR; GONÇALVES-SOUZA T; PATERNO GB; PROVETE DB et al. Análises ecológicas no R. Nupeea : Recife, PE, Canal 6 : São Paulo. 640 p. 2022.
- DA SILVA, S. D. P. et al. Landscape analysis in a municipality in the arc of deforestation of the Brazilian Amazon rainforest. **Ecological Engineering**, v. 173, 1 dez. 2021.
- DAGAR, JAGDISH C.; GUPTA, SHARDA RANI; TEKETAY, DEMEL (Ed.). **Agroforestry for Degraded Landscapes**. Springer, 2020.
- DAVIS, A. L. V., et al. Scarabaeine dung beetles as indicators of biodiversity, habitat transformation and pest control chemicals in agro-ecosystems. **South African Journal of Science**, v. 100, n. 9, p. 415-424, 2004.
- DE ANDRADE JÚNIOR et al. Os Kayapó e o Ambientalismo: Lutas pela Terra em São Félix do (1970-2000). **Espaço Ameríndio**, v. 3, pág. 117-117, 2021.
- DE BELLO, F.; LAVOREL, S., et al. Towards an assessment of multiple ecosystem 22 processes and services via functional traits. **Biodiversity and Conservation**, v. 19, n. 10, p. 2873–2893, 2010.
- DE OLIVEIRA, GABRIEL et al. Rapid recent deforestation incursion in a vulnerable indigenous land in the Brazilian Amazon and fire-driven emissions of fine particulate aerosol pollutants. **Forests**, v. 11, n. 8, p. 829, 2020.
- DE, S. Governo do Pará projeta zerar o desmatamento ilegal no Estado até 2025. **SEMAS**, 2023. Disponível em: <<https://www.semas.pa.gov.br/2023/09/25/governo-do-para-projeta-zerar-o-desmatamento-ilegal-no-estado-ate-2025/>>. Acesso em: 27 set. 2023.
- DECAENS, Thibaud et al. Biodiversity loss along a gradient of deforestation in Amazonian agricultural landscapes. **Conservation Biology**, v. 32, n. 6, p. 1380-1391, 2018.
- DEHEUVEL, OLIVER et al. Biodiversity is affected by changes in management intensity of cocoa-based agroforests. **Agroforestry Systems**, v. 88, n. 6, p. 1081–1099, 28 maio 2014.
- DEHLING, D. MATTHIAS et al. Similar composition of functional roles in Andean seed-dispersal networks, despite high species and interaction turnover. **Ecology**, v. 101, n. 7, p. e03028, 2020.
- Desmatamento anual da Amazônia tem redução de 11,27%. **GOV**, 2022. Disponível em: <<https://www.gov.br/casacivil/pt-br/assuntos/noticias/2022/novembro/desmatamento-anual-da-amazonia-tem-reducao-de-11-27>>. Acesso em: 30 out. 2023.
- Desmatamento no Pará chega a quase 4 mil km² nos últimos 12 meses, maior derrubada entre os estados da Amazônia. **Imazon**, 2023. Disponível em: <<https://imazon.org.br/imprensa/para-lidera-ranking-de-desmatamento-da-amazonia-em-julho/>>. Acesso em: 27 set. 2023.

Desmatamento piora desenvolvimento social em municípios da Amazônia. **Imazon**, 2023. Disponível em: <<https://imazon.org.br/imprensa/desmatamento-piora-desenvolvimento-social-em-municipios-da-amazonia/>>. Acesso em: 28 set. 2023.

Diretrizes Estratégicas Cacau 2030 Promoção do Trabalho Decente e Melhoria das Condições de Vida na Cadeia Produtiva Cacaueira do Brasil. **World Cocoa Foundation**, 2023.[s.l: s.n.]. Disponível em: <https://www.worldcocoafoundation.org/wp-content/uploads/2020/05/Cadeia-Produtiva-do-Cacau-Documento-Sintese-Lancamento-Diretrizes-Final_compressed.pdf>. Acesso em: 31 out. 2023.

DIRZO, R.; RAVEN, P. H. Global state of biodiversity and loss. **Annual Review of Environment and Resources**, v. 28, p. 137–167, 2003.

Economia Verde na Região Amazônica. **FUNBIO**, 2018. Disponível em: <https://www.funbio.org.br/programas_e_projetos/economia-verde-na-regiao-amazonica/#:~:text=O%20Munic%C3%ADpio%20de%20S%C3%A3o%20F%C3%A9lix,de%20munic%C3%ADpios%20que%20mais%20desmatam.>. Acesso em: 28 set. 2023.

EDWARDS, D. P. et al. **Conservation of Tropical Forests in the Anthropocene** Current Biology Cell Press, 7 out. 2019.

Entendendo a atualização de dados do GFW 2021. **GFW**, 2021. Disponível em: <<https://www.globalforestwatch.org/blog/pt/data-and-research/entendendo-a-atualizacao-de-dados-do-global-forest-watch-2021/>>. Acesso em: 27 set. 2023.

Estado do Pará n - Prefeitura Municipal de São Félix do Xingu Secretaria Executiva de Meio Ambiente e Mineração - SEMMAS São Félix do Xingu. **IN**, 2022. [s.l: s.n.]. Disponível em: <<https://www.sfxingu.pa.gov.br/wp-content/uploads/2023/04/IN.pdf>>. Acesso em: 31 out. 2023.

ESTRADA, ALEJANDRO; RABOY, BECKY E.; OLIVEIRA, LEONARDO C. Agroecosystems and primate conservation in the tropics: a review. **American journal of primatology**, v. 74, n. 8, p. 696-711, 2012.

Estudo mostra expansão sustentável do cacau na Amazônia. **Embrapa**, 2017. Disponível em: <<https://www.embrapa.br/busca-de-noticias/-/noticia/71719295/estudo-mostra-expansao-sustentavel-do-cacau-na-amazonia>>. Acesso em: 31 out. 2023.

EVERS, C. R. et al. The ecosystem services and biodiversity of novel ecosystems: A literature review. **Global Ecology and Conservation**, v. 13, 1 jan. 2018.

Explicação dos dados do GFW sobre a perda de cobertura arbórea de 2022. **GFW**, 2022. Disponível em: <<https://www.globalforestwatch.org/blog/pt/data-and-research/explicacao-dos-dados-do-global-forest-watch-sobre-a-perda-de-cobertura-arborea-de-2022/>>. Acesso em: 27 set. 2023.

- FAHAD, SHAH et al. Agroforestry systems for soil health improvement and maintenance. **Sustainability**, v. 14, n. 22, p. 14877, 2022.
- FEARNSIDE, P.M. Deforestation in Brazilian Amazonia: History, Rates, and Consequences; **Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia (INPA)**: Manaus, Brazil, 2020; Volume 1
- FELIN, B.; FELTRAN-BARBIERI, R. Bioeconomia na Amazônia: os distintos impactos econômicos das cadeias do açaí e do cacau. **WRI**, 2023 Disponível em: <<https://www.wribrasil.org.br/noticias/bioeconomia-amazonia-impactos-economicos-cadeias-acai-cacau>>. Acesso em: 27 set. 2023.
- FERREIRA, P. A.; BOSCOLO, D. Forest and connectivity loss simplify tropical pollination networks. **Oecologia**, v. 192, p. 577–590, 2020.
- FILGUEIRAS, BRUNO KC et al. Winner–loser species replacements in human-modified landscapes. **Trends in Ecology & Evolution**, v. 36, n. 6, p. 545-555, 2021.
- FLYNN, DAN FB et al. Loss of functional diversity under land use intensification across multiple taxa. **Ecology letters**, v. 12, n. 1, p. 22-33, 2009.
- FRANCO, ANDRÉ LC et al. Amazonian deforestation and soil biodiversity. **Conservation Biology**, v. 33, n. 3, p. 590-600, 2019.
- FREIRE, E.S.; BATISTA, T.F.C., et al. Eficácia de armadilhas pitfall no controle de *Neocurtilla* sp. (Orthoptera: Grillotalpidae) em hortas orgânicas, v. 6, n.2, p. 1-4, 2011.
- FUTEMMA, CÉLIA; DE CASTRO, FÁBIO; BRONDIZIO, EDUARDO S. Farmers and social innovations in rural development: collaborative arrangements in eastern Brazilian Amazon. **Land Use Policy**, v. 99, p. 104999, 2020.
- GADELHA, J. Iniciativa propõe atuação integrada de saúde e ambiente na Amazônia - Fiocruz Rondônia. **FIOCRUZ**, 2023. Disponível em: <<https://www.rondonia.fiocruz.br/iniciativa-propoe-atuacao-integrada-de-saude-e-ambiente-na-amazonia/>>. Acesso em: 27 set. 2023.
- GAGIC, VESNA et al. Functional identity and diversity of animals predict ecosystem functioning better than species-based indices. **Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences**, v. 282, n. 1801, p. 20142620, 2015.
- GARCIA, EDENISE et al. 4.5 Dealing with deforestation in the Brazilian amazon. **Zero deforestation: A commitment to change**, p. 143.
- GARDNER T., BARLOW, J., et al. The cost-effectiveness of biodiversity surveys in tropical forests. **Ecology Letters**, v. 11, n.2, p. 139–150, 2007.

- GARDNER, T. A. et al. **Prospects for tropical forest biodiversity in a human-modified world** *Ecology Letters*, v. 12, n. 6, p. 561-582, jun. 2009.
- GIAM, XINGLI. Global biodiversity loss from tropical deforestation. **Proceedings of the National Academy of Sciences**, v. 114, n. 23, p. 5775-5777, 2017.
- GIMÉNEZ GÓMEZ, VICTORIA C. et al. Functional responses to anthropogenic disturbance and the importance of selected traits: A study case using dung beetles. **Ecological Entomology**, v. 47, n. 4, p. 503-514, 2022.
- GIMÉNEZ GÓMEZ, VICTORIA C. et al. Influence of land use on the trophic niche overlap of dung beetles in the semideciduous Atlantic forest of Argentina. **Insect Conservation and Diversity**, v. 11, n. 6, p. 554-564, 2018.
- GIMÉNEZ GÓMEZ, VICTORIA CAROLINA et al. Relationship between land uses and diversity of dung beetles (Coleoptera: Scarabaeinae) in the southern Atlantic forest of Argentina: which are the key factors?. **Biodiversity and Conservation**, v. 27, n. 12, p. 3201-3213, 2018.
- GÓMEZ-CIFUENTES, ANDRÉS et al. Influence of land use on the taxonomic and functional diversity of dung beetles (Coleoptera: Scarabaeinae) in the southern Atlantic forest of Argentina. **Journal of Insect Conservation**, v. 21, n. 1, p. 147-156, 2017.
- GONÇALVES, NELSON VEIGA et al. Malaria and environmental, socioeconomic and public health conditions in the municipality of São Félix do Xingu, Pará, Eastern Amazon, Brazil: An ecological and cross-sectional study. **Revista da Sociedade Brasileira de Medicina Tropical**, v. 56, p. e0502-2022, 2023.
- GOTCHA, N. et al. Density-dependent ecosystem service delivery under shifting temperatures by dung beetles. **Science of the Total Environment**, v. 807, 10 fev. 2022.
- GOTELLI, NICHOLAS J.; CHAO, ANNE. Measuring and estimating species richness, species diversity, and biotic similarity from sampling data. **Encyclopedia of biodiversity**, p. 195-211, 2013.
- GRIFFITS, H. M.; LOUZADA, J. Biodiversity and environmental context predict dung beetle-mediated seed dispersal in a tropical forest field experiment. **Ecology**, v. 96, n. 6, p. 1607-1619, 2015.
- GUARIGUATA, MANUEL R.; OSTERTAG, REBECCA. Neotropical secondary forest succession: changes in structural and functional characteristics. **Forest ecology and management**, v. 148, n. 1-3, p. 185-206, 2001.
- GUERRA ALONSO, CELESTE BEATRIZ; ZURITA, GUSTAVO A.; BELLOCQ, M. ISABEL. Livestock areas with canopy cover sustain dung beetle diversity in the humid subtropical Chaco forest. **Insect Conservation and Diversity**, v. 12, n. 4, p. 296-308, 2019.

- GUERRA ALONSO, CELESTE BEATRIZ; ZURITA, GUSTAVO ANDRES; BELLOCQ, MARIA ISABEL. Response of dung beetle taxonomic and functional diversity to livestock grazing in an arid ecosystem. **Ecological Entomology**, v. 46, n. 3, p. 582-591, 2021.
- HADDAD, NICK M. et al. Species' traits predict the effects of disturbance and productivity on diversity. **Ecology letters**, v. 11, n. 4, p. 348-356, 2008.
- HÄGER, ACHIM et al. Effects of management and landscape composition on the diversity and structure of tree species assemblages in coffee agroforests. **Agriculture, Ecosystems & Environment**, v. 199, p. 43-51, 2015.
- HAMID, SHERYLE S. et al. Changes and Factors Determining the Efficiency of Cattle Farming in the State of Pará, Brazilian Amazon. **Sustainability**, v. 15, n. 13, p. 10187, 2023.
- HAMID, SHERYLE S. et al. Changes and Factors Determining the Efficiency of Cattle Farming in the State of Pará, Brazilian Amazon. **Sustainability**, v. 15, n. 13, p. 10187, 2023.
- HARVEY, C. A. Biodiversity conservation in cocoa production landscapes: an overview. **Biodiversity and Conservation**, v. 16, n. 8, p. 2237–2244, 8 jun. 2007.
- HORGAN, F. G. Effects of deforestation on diversity, biomass and function of dung beetles on the eastern slopes of the Peruvian Andes. **Forest Ecology and Management**, v. 216, n. 1–3, p. 117–133, 12 set. 2005.
- IBGE – **Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística**. Clima | 2002 Clima – 1:5 000 000. Disponível em: www.ibge.gov.br/geociencias/todos-os-produtos-geociencias.html. Acesso em 12 maio 2022.
- IBGE – **Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística**. Solos 1:5.000.000 | Solos – 1:5 000 000. Disponível em: www.ibge.gov.br/geociencias/todos-os-produtos-geociencias.html. Acesso em 12 maio 2022.
- IBGE – **Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística**. Vegetação Brasileira 1:250.000 versão 2021. Disponível em: www.ibge.gov.br/geociencias/todos-os-produtos-geociencias.html. Acesso em 12 maio 2022.
- IBGE—**Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística**. Pesquisa Da Pecuária Municipal. Tabela 3939: Efetivo Dos Rebanhos, Por Tipo de Rebanho. Available
- IBGE—**Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística**. Tabela 5457: Área Plantada ou Destinada à Colheita, Área Colhida, Quantidade Produzida, Rendimento Médio e Valor Da Produção Das Lavouras Temporárias e Permanentes. Available

- INMET – **Instituto Nacional de Meteorologia**. Disponível em: <https://bdmep.inmet.gov.br/>. Acesso em 12 maio 2022.
- IPEA – **Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada**. IPEADATA. Disponível em: <http://www.ipeadata.gov.br>. Acesso em 12 maio 2022.
- KALERI, A. R. et al. Effects of Dung Beetle-Amended Soil on Growth, Physiology, and Metabolite Contents of Bok Choy and Improvement in Soil Conditions. **Journal of Soil Science and Plant Nutrition**, v. 20, n. 4, p. 2671–2683, 1 dez. 2020.
- KAREIVA, P. et al. Domesticated Nature: Shaping Landscapes and Ecosystems for Human Welfare. **Science**, v. 316, n. 5833, p. 1866–1869, 2007.
- KAY, SONJA et al. Spatial similarities between European agroforestry systems and ecosystem services at the landscape scale. **Agroforestry systems**, v. 92, p. 1075-1089, 2018.
- KEMBEL, S. W.; COWAN, P. D. Picante: R tools for integration phylogenies and ecology. **Bioinformatics**, v. 26, n. 11, p. 1463–1464, 2010.
- KORASAKI, VANESCA et al. Conservation value of alternative land-use systems for dung beetles in Amazon: valuing traditional farming practices. **Biodiversity and Conservation**, v. 22, p. 1485-1499, 2013.
- LEAL, FABRÍCIO ASSIS; MIGUEL, EDER PEREIRA; MATRICARDI, ERALDO APARECIDO Trondoli. Estimates of deforestation rates in rural properties in the legal amazon. **Floresta e Ambiente**, v. 27, p. e20170283, 2020.
- LONGO, MARCOS et al. Impacts of degradation on water, energy, and carbon cycling of the Amazon tropical forests. **Journal of Geophysical Research: Biogeosciences**, v. 125, n. 8, p. e2020JG005677, 2020.
- LÓPEZ-DELGADO, EDWIN O.; WINEMILLER, KIRK O.; VILLA-NAVARRO, FRANCISCO A. Local environmental factors influence beta-diversity patterns of tropical fish assemblages more than spatial factors. **Ecology**, v. 101, n. 2, p. e02940, 2020.
- LOVEJOY, T. E.; NOBRE, C. **Amazon tipping point** *Science Advances* American Association for the Advancement of Science, 21 fev. 2018.
- LUPPI, ALIXANDRE SANGUETTA LAPORTI et al. Utilization of geotechnology for the mapping of permanent preservation areas in João Neiva, Espírito Santo state, Brazil. **Floresta e Ambiente**, v. 22, p. 13-22, 2015.
- MAEDA, EDUARDO EIJI et al. Large-scale commodity agriculture exacerbates the climatic impacts of Amazonian deforestation. **Proceedings of the National Academy of Sciences**, v. 118, n. 7, p. e2023787118, 2021.

- MAGURRAN, ANNE E.; MCGILL, BRIAN J. (Ed.). **Biological diversity: frontiers in measurement and assessment**. OUP Oxford, 2010.
- MAGURRAN, ANNE E.; MCGILL, BRIAN J. Biological diversity. **Frontiers in**, 2011.
- MALDANER, M. E. et al. Effects of Climate Change on the Distribution of Key Native Dung Beetles in South American Grasslands. **Agronomy**, v. 11, n. 10, p. 2033–2033, 10 out. 2021.
- MALHI, Y.; PHILLIPS, O. L.; ET AL. An International Network to Understand the Biomass and Dynamics of Amazonian Forests (RAINFOR). **Journal of Vegetation Science**, v. 13, p. 439–450, 2002.
- MARQUES, EDUARDO Q. et al. Redefining the Cerrado–Amazonia transition: implications for conservation. **Biodiversity and conservation**, v. 29, p. 1501–1517, 2020.
- MARQUES, J. R. B., MANDARINO, E. P., et al. Sistema agroflorestal como alternativa sustentável de produção de cacau, borracha, madeira e alimentos para agricultura familiar na região cacaeira da Bahia. **Agrotropica (Brasil)**, v. 26, n. 2, p. 117–126, 2014.
- MARQUES, MARIA APARECIDA; ANJOS, LUCIA HELENA CUNHA DOS; SANCHEZ DELGADO, ANGEL RAMON. Land Recovery and Soil Management with Agroforestry Systems. **Spanish Journal of Soil Science**, v. 12, p. 10457, 2022.
- MARSDEN, CLARIE et al. How agroforestry systems influence soil fauna and their functions-a review. **Plant and Soil**, v. 453, p. 29–44, 2020.
- MATILLA, V. et al. Composição e Diversidade Florística de Remanescentes Florestais Presentes em Lotes de Agricultores na Área de Proteção Ambiental Triunfo do Xingu, Pará. **Conhecer**, 2012 [s.l: s.n.]. Disponível em: <https://conhecer.org.br/ojs/index.php/biosfera/article/view/3745>. Acesso em: 28 set. 2023.
- MATOS, PRISCILA S. et al. Linkages among soil properties and litter quality in agroforestry systems of Southeastern Brazil. **Sustainability**, v. 12, n. 22, p. 9752, 2020.
- MATRICARDI, ERALDO APARECIDO TRONDOLI et al. Long-term forest degradation surpasses deforestation in the Brazilian Amazon. **Science**, v. 369, n. 6509, p. 1378–1382, 2020.
- MCGILL, B. J. et al. Rebuilding community ecology from functional traits. **Trends in Ecology and Evolution**, v. 21, n. 4, p. 178–185, abr. 2006.

- MENDONÇA, MARCUS VINICIUS; PEDROZA FILHO, MANOEL XAVIER. Análise do cacau orgânico de São Félix do Xingu (PA) através da cadeia global de valor. **Revista Agroecossistemas**, v. 11, n. 1, p. 20-42, 2019.
- MOREIRA, TAÍZ RIZZO et al. Land use and occupation analysis of permanent preservation areas in the municipality of Muqui, Espírito Santo state, Brazil. **Floresta e Ambiente**, v. 22, p. 141-152, 2015.
- MORTIMER, R.; SAJ, S.; DAVID, C. Supporting and regulating ecosystem services in cacao agroforestry systems. **Agroforestry Systems**, v. 92, n. 6, p. 1639–1657, 1 dez. 2018.
- MOUILLOT, DAVID et al. A functional approach reveals community responses to disturbances. **Trends in ecology & evolution**, v. 28, n. 3, p. 167-177, 2013.
- MURNIATI et al. What makes agroforestry a potential restoration measure in a degraded conservation forest?. **Forests**, v. 13, n. 2, p. 267, 2022.
- NASCIMENTO, J. S.; PEREIRA, Z. V.; FERNANDES, S. S. L.; PADOVAN, M. P. Riqueza e estrutura de sistemas agroflorestais biodiversos contribuem para a recuperação de áreas degradadas. **Agricultura 4.0**, p. 26-45, maio 2020.
- NEITA, JHON CÉSAR; ESCOBAR, FEDERICO. The potential value of agroforestry to dung beetle diversity in the wet tropical forests of the Pacific lowlands of Colombia. **Agroforestry Systems**, v. 85, p. 121-131, 2012.
- NEPSTAD, D. C. et al. **Interactions among Amazon land use, forests and climate: Prospects for a near-term forest tipping point**. Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences. **Anais...Royal Society**, 27 maio 2008.
- NICHOLS, E. et al. Ecological functions and ecosystem services provided by Scarabaeinae dung beetles. **Biological conservation**, v. 141, n. 6, p. 1461-1474, 2008.
- NICHOLS, E. et al. **Ecological functions and ecosystem services provided by Scarabaeinae dung beetles** **Biological Conservation**, jun. 2008.
- NICHOLS, E. et al. **Global dung beetle response to tropical forest modification and fragmentation: A quantitative literature review and meta-analysis** **Biological Conservation** Elsevier BV, 2007.
- NIETHER, WIEBKE et al. Below-and aboveground production in cocoa monocultures and agroforestry systems. **Science of the Total Environment**, v. 657, p. 558-567, 2019.
- NIETHER, WIEBKE et al. Cocoa agroforestry systems versus monocultures: a multi-dimensional meta-analysis. **Environmental Research Letters**, v. 15, n. 10, p. 104085, 2020.

- NOBRE, C. A. et al. Land-use and climate change risks in the amazon and the need of a novel sustainable development paradigm. **Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America**, v. 113, n. 39, p. 10759–10768, 27 set. 2016.
- NUNES, CÁSSIO ALENCAR et al. Dung beetles along a tropical altitudinal gradient: environmental filtering on taxonomic and functional diversity. **PLoS One**, v. 11, n. 6, p. e0157442, 2016.
- NUNOO, ISAAC; DARKO, BEATRICE OBIRI; OWUSU, VICTOR. Restoring degraded forest landscape for food security: Evidence from cocoa agroforestry systems, Ghana. **Enhancing food security through forest landscape restoration: Lessons from Burkina Faso, Brazil, Guatemala, Viet Nam, Ghana, Ethiopia and Philippines**, v. 122, 2015.
- O que é? Amazônia Legal. **IPEA**, 2008. Disponível em: <https://www.ipea.gov.br/desafios/index.php?option=com_content&id=2154:catid=28>. Acesso em: 27 set. 2023.
- O'CONNOR, CRISTOPHER D. et al. Disturbance and productivity interactions mediate stability of forest composition and structure. **Ecological Applications**, v. 27, n. 3, p. 900-915, 2017.
- OLIVEIRA, G. A. DE et al. **Valoração econômica de sequestro de carbono em sistemas agroflorestais biodiversos no bioma Cerrado**, p. 356–366.
- ORTEGA-MARTÍNEZ, I. J.; MORENO, C. E.; ESCOBAR, F. A dirty job: manure removal by dung beetles in both a cattle ranch and laboratory setting. **Entomologia Experimentalis et Applicata**, v. 161, n. 1, p. 70-78, 2016. HIRZEL, Alexandre H.; LE LAY, Gwenaëlle. Habitat suitability modelling and niche theory. **Journal of applied ecology**, v. 45, n. 5, p. 1372-1381, 2008.
- PADOVAN, M. P., et al. Potencial de sistemas agroflorestais biodiversos em processos de restauração ambiental. **Embrapa Agropecuária Oeste-Capítulo em livro científico (ALICE)**, 2019.
- PAIVA, PAULA FERNANDA PINHEIRO RIBEIRO et al. Deforestation in protect areas in the Amazon: a threat to biodiversity. **Biodiversity and Conservation**, v. 29, p. 19-38, 2020.
- PANTERA, A. et al. Agroforestry and the environment. **Agroforestry Systems**, v. 95, n. 5, p. 767-774, 2021.
- PARÁ (estado). **Programa Municípios Verdes – PMV**. Disponível em: http://www.municipiosverdes.pa.gov.br/ficha_resumo/1507300. Acesso em 5 fev 2019. RIBEIRO, D. R. G. et al. Metal and metalloid distribution in different environmental compartments of the middle Xingu River in the Amazon, Brazil. **Science of the Total Environment**, v. 605, p. 66- 74, 2017.

- PEDRINHO, ALEXANDRE et al. Forest-to-pasture conversion and recovery based on assessment of microbial communities in Eastern Amazon rainforest. **FEMS microbiology ecology**, v. 95, n. 3, p. fiy236, 2019.
- PELICICE, FERNANDO MAYER; CASTELLO, LEANDRO. A political tsunami hits Amazon conservation. **Aquatic Conservation: Marine and Freshwater Ecosystems**, v. 31, n. 5, p. 1221-1229, 2021.
- PERFECTO, IVETTE; VANDERMEER, JOHN. Biodiversity conservation in tropical agroecosystems: a new conservation paradigm. **Annals of the New York Academy of Sciences**, v. 1134, n. 1, p. 173-200, 2008.
- Periódicos Consensus 33 [s.l.: s.n.]. **BVMS**, 2008. Disponível em: <<https://bvsmms.saude.gov.br/bvs/periodicos/consensus33.pdf>>. Acesso em: 27 set. 2023.
- PHILIPS, T. K.; PRETORIUS, E.; SCHOLTZ, C. H. A phylogenetic analysis of dung beetles (Scarabaeinae: Scarabaeidae): Unrolling an evolutionary history. **Invertebrate Systematics**, v. 18, n. 1, p. 53-88, 2004.
- PICCINI, I.; CAPRIO, E.; ET AL. Ecosystem functioning in relation to species identity, density, and biomass in two tunneller dung beetles. **Ecological Entomology**, v. 45, p. 311-320, 2020.
- Plantio em sistemas agroflorestais viabiliza produção de cacau em diferentes biomas. **GOV**, 2019. Disponível em: <<https://www.gov.br/agricultura/pt-br/assuntos/noticias/plantio-em-sistemas-agroflorestais-viabiliza-producao-de-cacau-em-diferentes-biomas>>. Acesso em: 28 set. 2023.
- Por que a Amazônia é importante?. **WWF**, 2023. Disponível em: <https://www.wwf.org.br/natureza_brasileira/areas_prioritarias/amazonia1/bioma_amazonia/porque_amazonia_e_importante/>. Acesso em: 30 out. 2023.
- PORRO, ROBERTO et al. Agroforestry in the Amazon region: a pathway for balancing conservation and development. **Agroforestry-The future of global land use**, p. 391-428, 2012.
- PORRO, Roberto. Expectativas e desafios para a adoção da alternativa agroflorestal na Amazônia em transformação. **Alternativa agroflorestal na Amazônia em transformação. Brasília-DF: Embrapa Informação e Tecnologia**, p. 33-51, 2009.
- PRĀVĀLIE, REMUS. Major perturbations in the Earth's forest ecosystems. Possible implications for global warming. **Earth-Science Reviews**, v. 185, p. 544-571, 2018.
- Produção e Consumo Sustentáveis. **MMA**, 2015. Disponível em: <<https://antigo.mma.gov.br/responsabilidade-socioambiental/producao-e-consumo-sustentavel>>. Acesso em: 27 set. 2023.

- PYLES, M. V et al. Loss of biodiversity and shifts in aboveground biomass drivers in tropical rainforests with different disturbance histories. **Biodiversity and Conservation**, v. 27, p. 3215–3231, 2018.
- RAJ, ABHISHEK et al. (Ed.). **Climate change and agroforestry systems: adaptation and mitigation strategies**. CRC Press, 2020.
- RAMÍREZ, YUNIER SARMIENTO; PÉREZ, JOSÉ RAMÓN HECHAVARÍA; CUTIÑO, YADIRA PÉREZ. Deforestation in the State of Amazonas: na econometric analysis. **Research, Society and Development**, v. 11, n. 5, p. e59511528773-e59511528773, 2022.
- Recomendações para o Planejamento Agroflorestal Participativo em Pequenas Propriedades Agrícolas. [s.l: s.n.]. **EMBRAPA**, 2009. Disponível em: <<https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/63842/1/ComTec-75-2009.pdf>>. Acesso em: 27 set. 2023.
- REIS, Simone Matias et al. Climate and fragmentation affect forest structure at the southern border of Amazonia. **Plant Ecology & Diversity**, v. 11, n. 1, p. 13-25, 2018.
- RICOTTA, C.; SZEIDL, L. Diversity partitioning of Rao's quadratic entropy. **Theoretical Population Biology**, v. 76, p. 299–302, 2009.
- RIVERA, J. D. et al. Beyond species loss: How anthropogenic disturbances drive functional and phylogenetic homogenization of Neotropical dung beetles. **Science of The Total Environment**, v. 869, p. 161663–161663, 1 abr. 2023.
- RIVERA, JOSE D. et al. Beyond species loss: How anthropogenic disturbances drive functional and phylogenetic homogenization of Neotropical dung beetles. **Science of The Total Environment**, v. 869, p. 161663, 2023.
- SALAZAR-DÍAZ, RICARDO; TIXIER, PHILIPPE. Effect of plant diversity on income generated by agroforestry systems in Talamanca, Costa Rica. **Agroforestry Systems**, v. 93, p. 571-580, 2019.
- SANTORO, ANTONIO et al. A review of the role of forests and agroforestry systems in the FAO Globally Important Agricultural Heritage Systems (GIAHS) programme. **Forests**, v. 11, n. 8, p. 860, 2020.
- SANTOS, MÁRIO et al. Why do agroforestry systems enhance biodiversity? Evidence from habitat amount hypothesis predictions. **Frontiers in Ecology and Evolution**, v. 9, p. 630151, 2022.
- SANTOS-HEREDIA, CAROLINA et al. Dung beetles and their ecological functions in three agroforestry systems in the Lacandona rainforest of Mexico. **Biodiversity and Conservation**, v. 27, p. 2379-2394, 2018.

SANTOS-HEREDIA, CAROLINA et al. Dung beetles and their ecological functions in three agroforestry systems in the Lacandona rainforest of Mexico. **Biodiversity and Conservation**, v. 27, p. 2379-2394, 2018.

São Félix do Xingu. **IBGE**, 2021: <<https://cidades.ibge.gov.br/brasil/pa/sao-felix-do-xingu/panorama>>. Acesso em: 27 set. 2023.

SCHMERA, DÉNES; PODANI, JÁNOS; LEGENDRE, PIERRE. What do beta diversity components reveal from presence-absence community data? Let us connect every indicator to an indicandum!. **Ecological Indicators**, v. 117, p. 106540, 2020.; SCHMERA

SCHMINK, M.; WOOD, C.H. Conflitos sociais e a formação da Amazônia. Belém: Ed. **UFPA**, 2012. 496 p.

SCHMINK, MARIANNE et al. From contested to ‘green’ frontiers in the Amazon? A long-term analysis of São Félix do Xingu, Brazil. **The Journal of Peasant Studies**, v. 46, n. 2, p. 377-399, 2019.

SCHOTH, G., D’ANGELO, S. A., et al. Conversion of secondary forest into agroforestry and monoculture plantations in Amazonia: consequences for biomass, litter and soil carbon stocks after 7 years. **Forest Ecology and Management**, v. 163, n. 1-3, p. 131–150, 2002

SCHULER, HANNA R. et al. Ecosystem services from ecological agroforestry in Brazil: A systematic map of scientific evidence. **Land**, v. 11, n. 01, p. 83, 2022.

SILVA, RICARDO J. et al. Abrupt species loss of the Amazonian dung beetle in pastures adjacent to species-rich forests. **Journal of Insect Conservation**, v. 21, p. 487-494, 2017.

Sistema Agroflorestal - Portal Embrapa. **Portal Embrapa**, 2017 Disponível em: <<https://www.embrapa.br/agrossilvipastoril/sitio-tecnologico/trilha-tecnologica/tecnologias/sistema-de-producao/sistema-agroflorestal>>. Acesso em: 31 out. 2023.

Sistemas Agroflorestais - SAFs - Portal Embrapa. Disponível em: <<https://www.embrapa.br/codigo-florestal/sistemas-agroflorestais-safs>>. Acesso em: 18 jun. 2022.

Sistemas Agroflorestais (SAFs): o que são e como aliam restauração e produção de alimentos, **WRI BRASIL**, 2021. Disponível em: <<https://www.wribrasil.org.br/noticias/sistemas-agroflorestais-safs-o-que-sao-e-como-aliam-restauracao-e-producao-de-alimentos#:~:text=Um%20sistema%20agroflorestal%20%C3%A9%20uma,com%20culturas%20agr%C3%ADcolas%20ou%20forrageiras.>>. Acesso em: 27 set. 2023.

- Sistemas Agroflorestais com Cacau: Conceitos e Motivações. **IMAFLORA**, 2022. Disponível em: https://www.imaflora.org/public/media/biblioteca/cartilha_cacau_v1_florestas_de_valor_imaflora_2022_1.pdf. Acesso em: 27 set. 2023
- SOARES-FILHO, B. S.; NEPSTAD, D. C.; ET AL. Modelling conservation in the Amazon basin. **Nature Letters**, v. 440, n. 7083, p. 520-523, 2009.
- SOUSA, L. M.; ADAMI, M.; LIMA, A. M. M. et al. Avaliação do uso e cobertura da terra em Paragominas e Ulianópolis-PA, utilizando dados do projeto terraclas. *Revista Brasileira de Cartografia*. v. 69, n.3, p. 421-431, 2017.
- SOUZA, C. R.; FILHO, L. F. F.; MORETTO, C. F. Agricultural productive processes in the buffer zone of the National Forest of Passo Fundo. *Revista de Economia e Sociologia Rural*, v. 60, n. 2, p. 1–17, 2021.
- SPECTOR, S. Scarabaeine Dung Beetles (coleoptera: Scarabaeidae: Scarabaeinae): An Invertebrate Focal Taxon for Biodiversity Research and Conservation. **Coleopterists Bulletin**, v. 60, n. sp5, p. 71–83, 1 dez. 2006.
- SPECTOR, S.; AYZAMA, S. Rapid Turnover and Edge Effects in Dung Beetle Assemblages (Scarabaeidae) at a Bolivian Neotropical Forest-Savanna Ecotone. **Biotropica**, v. 35, n. 3, p. 394–404, 2003.
- STEPHANIE. Jaccard Index Similarity Coefficient. **Statistics How To**, 2023. Disponível em: <<https://www.statisticshowto.com/jaccard-index/>>. Acesso em: 28 set. 2023.
- SUÁREZ, LEONARDO RODRÍGUEZ et al. Cacao agroforestry systems improve soil fertility: Comparison of soil properties between forest, cacao agroforestry systems, and pasture in the Colombian Amazon. **Agriculture, Ecosystems & Environment**, v. 314, p. 107349, 2021.
- SWANN, A. L. S. et al. Future deforestation in the Amazon and consequences for South American climate. **Agricultural and Forest Meteorology**, v. 214–215, p. 12–24, 5 dez. 2015.
- TER STEEGE, H. et al. A spatial model of tree α -diversity and tree density for the Amazon. **Biodiversity and Conservation**, v. 12, p. 2255–2277, 2003.
- THOMPSON, LAN D. et al. An operational framework for defining and monitoring forest degradation. **Ecology and Society**, v. 18, n. 2, 2013.
- TILMAN, D. Diversidade funcional. **Enciclopédia da biodiversidade**, v. 3, n. 1, pág. 109-120, 2001.

- TONELLI, T. M., et al. Dung beetles: functional identity, not functional diversity, accounts for ecological process disruption caused by the use of veterinary medical products. **Journal of Insect Conservation**, v. 24, n. 4, p. 643-654, 2020.
- TUBENCHLAK, F. et al. Changing the Agriculture Paradigm in the Brazilian Atlantic Forest: The Importance of Agroforestry. In: **The Atlantic Forest**. [s.l.] Springer International Publishing, 2021. p. 369–388.
- TUOMISTO, HANNA; RUOKOLAINEN, KALLE. Analyzing or explaining beta diversity? Understanding the targets of different methods of analysis. **Ecology**, v. 87, n. 11, p. 2697-2708, 2006
- TYUKAVINA, ALEXANDRA et al. Types and rates of forest disturbance in Brazilian Legal Amazon, 2000–2013. **Science advances**, v. 3, n. 4, p. e1601047, 2017.
- UDAWATTA, R. P.; RANKOTH, L. M. Agroforestry and biodiversity. **Sustainability**, v. 11, n. 10, pág. 2879, 2019.
- Unidades de Conservação no Amazonas. **FAS**, 2023. Disponível em: <<https://fas-amazonia.org/blog-da-fas/2023/03/16/unidades-de-conservacao-no-amazonas/>>. Acesso em: 27 set. 2023.
- VAN BAC BUI; ZIEGLER, T.; BONKOWSKI, M. Morphological traits reflect dung beetle response to land use changes in tropical karst ecosystems of Vietnam. **Ecological Indicators**, v. 108, p. 105697–105697, 1 jan. 2020.
- VAZ-DE-MELLO, F. Z. et al. **ZOOTAXA A multilingual key to the genera and subgenera of the subfamily Scarabaeinae of the New World (Coleoptera: Scarabaeidae)**. Zootaxa. **Anais...**2011. Disponível em: www.mapress.com/zootaxa/
- VENTURIERI, DRIANO et al. The Sustainable Expansion of the Cocoa Crop in the State of Pará and Its Contribution to Altered Areas Recovery and Fire Reduction. **Journal of Geographic Information System**, v. 14, n. 3, p. 294-313, 2022.
- Viabilidade econômica de sistemas produtivos com cacau. **Arapyau**, 2021 [s.l: s.n.]. Disponível em: <<https://arapyau.org.br/wp-content/uploads/2021/11/viabilidade-economica-de-sistemas-produtivos-com-cacau.pdf>>. Acesso em: 30 out. 2023.
- VIANA, V.M., DUBOIS, J.C.L., et al. Manual Agroflorestal para a Amazônia. Vol.1. Ed. **Rebraf**. 1996.
- VIOLLE, CYRILLE et al. Let the concept of trait be functional!. **Oikos**, v. 116, n. 5, p. 882-892, 2007.
- VISWANATH, S. et al. Traditional agroforestry systems and practices: a review. **Adv Agric Res Technol J**, v. 2, n. 1, p. 18-29, 2018.

WALKER, WAYNE S. et al. The role of forest conversion, degradation, and disturbance in the carbon dynamics of Amazon indigenous territories and protected areas. **Proceedings of the National Academy of Sciences**, v. 117, n. 6, p. 3015-3025, 2020.

WANI, A. M.; SAHOO, G. Forest ecosystem services and biodiversity. In: **Spatial Modeling in Forest Resources Management**. Springer, Cham, 2021. p. 529-552.

WRIGHT, S. J. The future of tropical forests. **Annals of the New York Academy of Sciences**, v. 1195, n. 1, p. 1–27, 2010.

WWF. Disponível em: <https://wwf.panda.org/es/dondetrabajamos/amazonia/importancia/>. Acesso em: 14 jun. 2022.

XIAO, JIE; XIONG, KANGNING. A review of agroforestry ecosystem services and its enlightenment on the ecosystem improvement of rocky desertification control. **Science of The Total Environment**, v. 852, p. 158538, 2022.

Xingu registra maior taxa de desmatamento desde setembro de 2021. **ISA**, 2022. Disponível em: <https://www.socioambiental.org/noticias-socioambientais/xingu-registra-maior-taxa-de-desmatamento-desde-setembro-de-2021#:~:text=J%C3%A1%20S%C3%A3o%20F%C3%A9lix%20do%20Xingu,comp ara%C3%A7%C3%A3o%20ao%20m%C3%AAs%20de%20mar%C3%A7o.>>. Acesso em: 27 set. 2023.

ANEXO A

Parâmetros Ecológicos	Shapiro-Wilk	Bartlett test
Riqueza	W = 0.95262 p = 0.6384	K = 2.6336 p = 0.268
Abundância	W = 0.85194 p = 0.03021	*H = 6.0297 p = 0.04905
Índice de Diversidade de Simpson	W = 0.92937 p = 0.3344	K = 2.0452 p = 0.3597
Índice de Entropia Quadrática de Rao (FDq)	W = 0.87667 p = 0.06429	k = 2.2594 p = 0.3231

* Foi aplicado o Kruskal-Wallis ao invés do teste de Bartlett devido o valor de p em Shapiro-Wilk ser abaixo de 0,05.

Beta análises	Shapiro-Wilk
Diversidade Beta Taxonômica Total	W = 0.93442 p = 0.03414
Diversidade Beta Funcional Total	W = 0.94287 p = 0.06244
Processo Taxonômico de Pasto	W = 0.83407 p = 0.000191
Processo Taxonômico de SAF	W = 0.91066 p = 0.003964
Processo Funcional de Pasto	W = 0.93078 p = 0.04116
Processo Funcional de SAF	W = 0.93599, p = 0.02539