SECRETARIA DE ESTADO DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA UNIVERSIDADE DO ESTADO DE MATO GROSSO CAMPUS DE NOVA XAVANTINA PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ECOLOGIA E CONSERVAÇÃO

SEMEADURA DIRETA RECUPERA OS ATRIBUTOS ESTRUTURAIS DA VEGETAÇÃO, FORMANDO FLORESTAS NA TRANSIÇÃO CERRADO-AMAZÔNIA

Janecleia Soares de Aragão

Dissertação apresentada à Coordenação do Programa de Pós-graduação em Ecologia e Conservação da Universidade do Estado de Mato Grosso - Campus de Nova Xavantina, como parte dos requisitos para a obtenção do título de Mestre em Ecologia e Conservação.

Orientador: Prof. Dr. Frederico A. G. Guilherme Coorientador: Dr. Fernando Elias da Silva

SECRETARIA DE ESTADO DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA UNIVERSIDADE DO ESTADO DE MATO GROSSO CAMPUS DE NOVA XAVANTINA PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ECOLOGIA E CONSERVAÇÃO

SEMEADURA DIRETA RECUPERA OS ATRIBUTOS ESTRUTURAIS DA VEGETAÇÃO, FORMANDO FLORESTAS NA TRANSIÇÃO CERRADO-AMAZÔNIA

Janecleia Soares de Aragão

Dissertação apresentada à Coordenação do Programa de Pós-graduação em Ecologia e Conservação da Universidade do Estado de Mato Grosso - *Campus* de Nova Xavantina, como parte dos requisitos para a obtenção do título de Mestre em Ecologia e Conservação.

Orientador: Prof. Dr. Frederico A. G. Guilherme Coorientador: Dr. Fernando Elias da Silva

Nova Xavantina-MT Julho, 2022

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES)

This study was partially funded by CAPES (Coordination for the Improvement of Higher Education Personnel – Brazil)

FICHA CATALOGRÁFICA:

CIP – CATALOGAÇÃO NA PUBLICAÇÃO

A659s Aragão, Janecleia Soares de.

Semeadura direta recupera os atributos estruturais da vegetação, formando florestas na transição Cerrado-Amazônia / Janecleia Soares de Aragão. — Nova Xavantina, 2022.

41 f.; 30 cm. Il. color.

Trabalho de Conclusão de Curso (Dissertação/Mestrado) — Curso de Pósgraduação Stricto Sensu (Mestrado Acadêmico) Ecologia e Conservação, Faculdade de Ciências Agrárias Biológicas e Sociais Aplicadas, Câmpus de Nova Xavantina, Universidade do Estado de Mato Grosso, 2022.

Orientador: Dr. Dr. Frederico Augusto Guimaraes Guilherme. Coorientador: Dr. Fernando Elias da Silva.

1. Diversidade e Composição Florística. 2. Estoques de Biomassa. 3. Regeneração Natural. 4. Sucessão Florestal. I. Guilherme, F. A. G., Dr. II. Silva, F. E. da, Dr. III. Título.

CDU 502

Ficha catalográfica elaborada pelo bibliotecário Luiz Kenji Umeno Alencar - CRB1 2037

TERMO DE APROVAÇÃO

SEMEADURA DIRETA RECUPERA OS ATRIBUTOS ESTRUTURAIS DA VEGETAÇÃO, FORMANDO FLORESTAS NA TRANSIÇÃO CERRADO-AMAZÔNIA

Janecleia Soares de Aragão

Dissertação apresentada à Coordenação do Programa de Pós-graduação em Ecologia e Conservação da Universidade do Estado de Mato Grosso - *Campus* de Nova Xavantina, como parte dos requisitos para a obtenção do título de Mestre em Ecologia e Conservação.

Aprovado em 28 de julho de 2022.

Banca Examinadora:

FREDERICO GUILBRIME

Prof. Dr. Frederico A. G. GuilhermeUniversidade Federal de Jataí

Profa. Dra. Priscila Sanjuan de Medeiros Sarmento Instituto Tecnológico Vale / Desenvolvimento Sustentável

Eddie Lunga de Obreeira

Prof. Dr. Eddie Lenza de Oliveira Universidade do Estado de Mato Grosso

À minha família que sempre me apoiou e me incentivou no caminho da vida acadêmica, dedico.

AGRADECIMENTOS

A Deus, por me iluminar durante os erros e acertos no processo de formação ao longo desses dois anos de curso.

Meus sinceros agradecimentos ao meu orientador, Prof. Dr. Frederico pela confiança, dedicação e paciência. Gratidão.

Ao Dr. Fernando Elias, pela coorientação, pela experiência em campo, pelo apoio durante todo trabalho. Por me guiar na busca de colaborações, por me incentivar no caminho da pesquisa e ao crescimento profissional. Muito obrigada!

Ao IFMT pela concessão do afastamento para Pós-graduação.

A Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), pela concessão da bolsa de mestrado.

Ao meu pai Joaquim (in memoriam) que partiu antes da conclusão dessa etapa, e minha mãe Maria pelo amor e pelas orações.

Ao meu esposo Maicol e meus filhos Nicolas e Joao Hermínio, pelo apoio e companheirismo. Gratidão por estarem sempre comigo e acreditarem em mim.

Agradeço ao colega Eder por toda contribuição em campo, sem você não seria possível.

A associação AXS em nome da Elisa que sempre me socorreu quando solicitada e pela autorização da pesquisa e fornecimento de dados.

Aos profissionais do ISA, Héber (in memoriam) e Guilherme, por compartilhar conosco as informações necessárias para realização deste trabalho.

Aos meus colaboradores de Campos, Célio, Joyce e Cleber Marcelino. Vocês foram essenciais.

Lucilene Pereira pela amizade, pela perseverança durante os desafios enfrentados no curso, na dissertação e nas disciplinas.

Ao Programa de Pós-Graduação em Ecologia e Conservação da Universidade do Estado de Mato Grosso - UNEMAT, campus de Nova Xavantina pela oportunidade.

Sou muito grata aos membros da banca examinadora que aceitaram o convite e se disponibilizaram para contribuir com o trabalho.

A todos aqueles que direta ou indiretamente contribuíram para a realização deste trabalho. Obrigada!

SUMÁRIO

1. Introdução
2. Material e métodos
2.1 Área de estudo
2.2 Caracterização da vegetação da região Xingu
2.3 Experimento de restauração florestal em ampla escala na bacia do Rio Xingu 5
2.4 Amostragem da vegetação arbórea5
2.5 Estimativas dos parâmetros de diversidade e estrutura da vegetação arbórea 6
2.6 Análises estatísticas6
3. Resultados6
3.1Comparação da estrutura, diversidade e composição florística entre espécies semeadas e regeneradas nas FR
3.2 Comparação florística e estrutural entre florestas restauradas e primária
3.3 Recuperação em nível de floresta primária e comparações com estimativas de estudos anteriores
4. Discussão
4.1 Restauração por semeadura direta garante a colonização de espécies regenerantes 11
4.2 Comparação florística e estrutural entre florestas restauradas e floresta primária 12
4.3 Implicações acerca da eficiência do método de semeadura direta na restauração florestal
5. Conclusões
6. Referências bibliográficas 14
7. Material Suplementar

LISTA DE FIGURAS E TABELAS

- **Figura 1.** Distribuição espacial das parcelas amostrais em florestas restauradas e floresta primária na região Xingu, nordeste de Mato Grosso.
- **Figura 2**. Ordenação (NMDS) da composição florística das florestas restauradas e primária na região do Xingu, nordeste de Mato Grosso. Stress = 0,118.
- **Figura 3**. Recuperação das florestas restauradas ao nível de floresta primária para os parâmetros de biomassa (AGB), área basal, diversidade e riqueza de espécies na região Xingu, nordeste de Mato Grosso. Linha vermelha tracejada indica a média do parâmetro entre as parcelas.
- **Figura 4.** Comparações do estoque de biomassa (ton ha-1) das nossas florestas restauradas com estimativas anteriores em áreas de regeneração natural (Poorter et al., 2016, < 20 anos; Requena Suarez et al., 2019, < e > 20 anos; Elias et al., 2022, < 11 anos), florestas restauradas por semeadura (Freitas et al. 2019), experimentos com plantio de mudas (Bastos, 2011; Farias et al., 2016; Silva, 2016; Rodrigues et al. 2020; *com adubação) e florestas primárias (Balch et al., 2008; presente estudo). Acrônimos: EastAmaz Amazônia Oriental.
- **Tabela 1**. Riqueza de espécies (média das parcelas), gêneros, famílias, densidade absoluta, diversidade de Shannon-Wiener (H'), equabilidade (J), área basal e biomassa de florestas restauradas (FR) por semeadura direta e floresta primária (FP) na região Xingu, nordeste de Mato Grosso.

MATERIAL SUPLEMENTAR

- **Figura S1**. Distribuição das médias mensais da temperatura (linha vermelha) e precipitação (barras cinzas) do ano de 2020 da estação meteorológica de São José do Xingu, nordeste de Mato Grosso. Fonte: BDMEP-INMET 2020.
- **Figura S2.** Distribuição das médias mensais da temperatura e precipitação de 2009 a 2019 na região Xingu, nordeste de Mato Grosso.
- **Tabela S1**. Informações de código das parcelas, coordenadas geográficas, tempo de intervenção e altitude de florestas restauradas na bacia do Rio Xingu, Mato Grosso.
- **Tabela S2**. Lista das espécies semeadas pelo Instituto Socioambiental no experimento de semeadura direta em florestas restauradas na bacia do Xingu, Mato Grosso.
- **Tabela S3**. Informações sobre número de espécies, famílias, densidade absoluta, biomassa e área basal encontradas em 23 áreas de florestas restauradas na bacia do Rio Xingu, Mato Grosso.

SEMEADURA DIRETA RECUPERA OS ATRIBUTOS ESTRUTURAIS DA VEGETAÇÃO, FORMANDO FLORESTAS NA TRANSIÇÃO CERRADO-AMAZÔNIA

A ser submetido para publicação no periódico Forest Ecology and Management

RESUMO

Nas últimas cinco décadas, as florestas do sul da Amazônia foram altamente desmatadas, necessitando ações de restauração. A semeadura direta vem se expandindo como um método de restauração de médio custo e de fácil implementação em larga escala. Através do programa de restauração da bacia do Xingu, mais de 5.000 ha de florestas já foram restaurados por semeadura direta. Neste estudo avaliamos e comparamos a estrutura da vegetação, a diversidade e a composição de espécies de árvores entre florestas restauradas por semeadura direta e florestas primárias na borda sul da Amazônia, buscando responder as seguintes perguntas: 1) Existem diferenças na abundância de plantas e na riqueza e diversidade de espécies arbóreas semeadas e regeneradas entre as florestas restauradas? 2) A estrutura da vegetação, a composição, a riqueza e a diversidade de espécies variam entre florestas restauradas e florestas primárias? 3) Como o estoque de biomassa das florestas restauradas se comparam com outras estimativas na Amazônia? Nós mensuramos a altura, o diâmetro e identificamos em nível de espécie todos os indivíduos lenhosos com diâmetro à altura do peito (DAP) \geq 5 cm em 23 parcelas de 10 x 50 m estabelecidas em áreas de florestas restauradas e 10 parcelas contíguas de mesmo tamanho e formato em florestas primárias adjacentes. Nós classificamos as espécies ocorrentes nas parcelas restauradas, em semeadas e regeneradas naturalmente. Registramos 1.661 indivíduos pertencentes a 71 espécies distribuídas em 60 gêneros de 29 famílias nas áreas restauradas e nas florestas primárias 660 indivíduos, pertencentes a 48 espécies, 37 gêneros e 27 famílias. A composição de espécies diferiu entre a floresta restaurada e a floresta primária. A riqueza de espécies, a área basal e a biomassa foram menores nas florestas restauradas. Esses resultados sugerem que 10 anos após o início do processo de restauração, a composição e a riqueza de espécies bem como a área basal das florestas restauradas ainda não se assemelham àquelas de floresta primária. De modo geral, a semeadura direta resultou em alta dominância de uma única espécie e consequentemente em baixa diversidade. A riqueza e diversidade entre espécies semeadas e regeneradas foi semelhante, mostrando que a regeneração espontânea está ocorrendo nas florestas restauradas. O estoque de biomassa das florestas estudadas apresentou valores similares ou inferior comparados as estimativas em áreas em regeneração natural. Em síntese, nossos achados sugerem que a

semeadura direta pode estimular o estabelecimento de espécies espontâneas sendo uma boa alternativa para a restauração florestal em áreas com pouco ou nenhum potencial de regeneração passiva na transição Cerrado-Amazônia.

Palavras-chave: diversidade e composição florística, estoques de biomassa, regeneração natural, sucessão florestal.

ABSTRACT

In the last five decades, the forests of the south of the Amazon were highly deforested, necessitating restoration actions. Direct seeding has been expanding as a medium-cost restoration method that is easy to implement on a large scale. Through the Xingu Basin Restoration Program, more than 5,000 ha of forests have already been restored by direct seeding. In this study we evaluated and compared vegetation structure, diversity and tree species composition between forests restored by direct seeding and primary forests on the south edge of the Amazon, seeking to answer the following questions: 1) What is the level of abundance variation, species richness, and alpha diversity between seeded and regenerated species in RF? 2) How do structure, floristic composition, species richness, and alpha diversity of RF compare with adjacent primary forests (PF)? 3) How does the recovery of shoot biomass stocks by direct seeding compare with other restoration estimates in the Amazon? We measured height, diameter and identified at species level all woody individuals with diameter at breast height (DBH) ≥ 5 cm in 23 10 x 50 m plots established in restored forests areas and 10 contiguous plots of the same size and shape in one primary forest of region. We classified the species occurring in the restored plots as seeded and naturally regenerated. We recorded 1,661 individuals belonging to 71 species distributed in 60 genera of 29 families in the restored areas and in primary forests 660 individuals belonging to 48 species, 37 genera and 27 families. Species composition differed between restored and primary forest. Species richness, basal area and biomass were lower in restored forests. These results suggest that 10 years after the beginning of the restoration process, the composition and species richness as well as the basal area of the restored forests still do not resemble those of primary forest. In general, direct seeding resulted in high dominance of a single species and consequently in low diversity. The richness and diversity between seeded and regenerated species was similar, showing that spontaneous regeneration is taking place in restored forests. The biomass stock of the forests studied showed similar or lower values compared to estimates in areas undergoing natural regeneration. In summary, our findings suggest that direct seeding can stimulate the establishment of spontaneous species, being a good alternative for forest restoration in areas with little or no potential for passive regeneration in the Cerrado-Amazon transition.

Keywords: floristic diversity and composition, biomass stocks, natural regeneration, forest succession.

.

1. Introdução

A crescente alteração de ambientes naturais nas últimas décadas tem exigido a condução de planos de restauração ecológica para o cumprimento de metas brasileiras estabelecidas em acordos internacionais (e.g. acordo de Paris, desafio de Bonn), nacionais (e.g., Plano de Recuperação da Vegetação Nativa – PL/ANAVEG) e regionais (e.g., Plano Estadual Amazônia Agora no estado do Pará, Decreto 468/2016 e decreto 1.199/2021 – Mato Grosso) (FAO, 2021; PLANAVEG, 2017; SEMA, 2021). Estes acordos têm o objetivo de mitigar as mudanças climáticas e recuperar a biodiversidade, além de garantir a conservação e a manutenção de outros serviços ecossistêmicos, a exemplo da proteção de mananciais e da subsistência humana (Suding et al., 2015; Chazdon, 2017; Holl, 2017; Milhorance e Bursztyn, 2018, Bechara, 2021).

O bioma transição Amazônia-Cerrado vem sendo ameaçado pela expansão da agricultura e pecuária, principais causas do desmatamento (Macedo et al. 2013; Neill et al. 2013) e pela perda da biodiversidade (Ferreira et al., 2015). As regiões mais afetadas são as fronteiras do sul e leste da Amazônia que ficaram conhecidas como "Arco do desmatamento", responsável por 85% da perda de habitats na ZTE (Fearnside, 2005). Muitas dessas áreas desmatadas anteriormente foram abandonadas após uso intensivo tornando-se degradadas, e um estudo recente mostrou que, ao longo de 22 anos, a área total de floresta degradada foi superior a área desmatada no bioma Amazônia (Matricardi et al., 2020).

Com o intuito de amenizar a situação e melhorar a qualidade do meio ambiente a Organização das Nações Unidas (ONU) declarou o período de 2021-2030, como a "Década da restauração de ecossistemas". Para alcançar as metas globais de redução dos gases do efeito estufa, a ONU sugere que além de zerar o desflorestamento, os governos devem aumentar o financiamento de pesquisas ambientais e de soluções sustentáveis (e.g. bioeconomia), para deter a degradação de ecossistemas e fomentar a restauração em ampla escala (www.decadeonrestoration.org). Essa agenda ambiental tem potencializado a busca por métodos e princípios de restauração com menor custobenefício e que acelerem a recuperação de áreas degradadas (Vieira et al., 2009; Rodrigues et al., 2019).

No entanto, a restauração de florestas degradadas é um processo complexo e dinâmico, uma vez que a sucessão ecológica pode seguir diferentes trajetórias a depender das condições ambientais (Arroyo-Rodrigues et al., 2020; Poorter et al., 2021). Nesse sentido, existem quatro grandes lacunas de conhecimento associadas à

restauração florestal na Amazônia. A primeira refere-se à carência de informações comparativas sobre a efetividade de métodos ativos e passivos nas diferentes regiões. Evidências sugerem que regeneração natural é o método com a melhor relação custobenefício para a restauração de florestas tropicais (Chazdon e Uriarte, 2016). Além disso, o tempo de recuperação do carbono e da biodiversidade nessas áreas é altamente variável (Lennox et al., 2018; Elias et al., 2020, 2022). Por exemplo, em paisagens altamente degradadas e com baixa cobertura florestal a regeneração natural é extremamente lenta e inviável do ponto de vista de políticas públicas (Elias et al., 2022). Neste caso, técnicas de restauração ativa devem ser implantadas para acelerar o processo natural de sucessão de espécies (Rezende e Vieira, 2019; Elias et al., 2022). Contudo, pouco sabemos acerca dessas estimativas de recuperação para experimentos de restauração ativa no bioma. Esta é uma informação relevante para o fomento e planejamento da restauração em larga escala, especialmente em regiões onde a regeneração natural é inviável (Jakovac et al., 2015).

A segunda lacuna refere-se a escassez de conhecimento acerca dos parâmetros inter-regionais durante a restauração florestal. Embora, diversas técnicas de restauração ativa (e.g. plantio de mudas, semeadura, uso de poleiros) possam ser empreendidas (Chazdon, 2012; Ferreira et al., 2016), pouco se sabe sobre suas eficácias nas diversas regiões amazônicas. No Mato Grosso, é bastante difundida a técnica de semeadura direta, sendo a mais utilizada no estado para a restauração ecológica de áreas degradadas (SEMA, 2021). Contudo, a maioria das avaliações de plantios por semeadura direta são pontuais e não refletem a variação nos parâmetros de diversidade e estrutura das comunidades em escalas espaciais mais amplas (Rodrigues et al., 2019). De qualquer modo, a semeadura direta vem se expandindo como alternativa viável para restauração ecológica, principalmente em larga escala, por apresentar baixo custo com transporte e mão de obra e não requerer maquinários específicos e viveiros, como no caso do plantio de mudas (Silva et al., 2017; Rodrigues, 2018).

A terceira lacuna está relacionada a influência das mudanças climáticas vigentes e degradação ambiental durante o processo de restauração florestal. Avaliações anteriores em áreas de regeneração natural em florestas primárias indicam que o crescimento e o balanço de carbono são sensíveis aos efeitos de secas severas (Esquivel-Muelbert et al., 2020; Elias et al., 2020). Contudo, pouco sabemos da extensão desses efeitos sobre áreas em restauração ativa, ainda mais na borda sul da Amazônia, região sujeita a uma alta sazonalidade climática (Aragão et al., 2021; Reis et al., 2022). As

árvores nessa região são naturalmente suscetíveis a maior mortalidade relacionadas ao clima seco e ventos fortes do que em outras regiões amazônicas (Reis et al., 2022). Além disso, essa região está localizada no "arco do desmatamento", com forte pressão antrópica, degradação e mudanças nas condições climáticas regionais (Marengo et al., 2022; Matricardi et al., 2020). Tais características regionais podem prejudicar a recuperação florestal nessa região.

A quarta lacuna se refere a escassez de avaliações sobre o potencial e a viabilidade de espécies arbóreas em experimentos de semeadura direta. Embora essa seja uma técnica de restauração florestal promissora, que conduz à recuperação relativamente rápida da densidade, biomassa e dossel de florestas degradadas (Freitas et al., 2019), ainda existem poucas avaliações qualitativas acerca de sua eficácia a longoprazo, bem como sobre a dinâmica de substituição de espécies nas áreas restauradas. Essas informações são cruciais para auxiliar na seleção de espécies e no embasamento de futuros experimentos.

Considerando as quatro lacunas acima, neste estudo nós analisamos e comparamos a diversidade, composição florística e estrutura da vegetação arbórea de áreas restauradas por semeadura direta com florestas primárias na região Xingu, . Buscamos responder as seguintes questões: 1) Existem diferenças na abundância, riqueza e diversidade de espécies arbóreas semeadas e regeneradas entre as florestas restauradas? 2) Como a estrutura, composição florística, riqueza e diversidade de espécies das florestas restauradas se comparam com as florestas primárias? 3) Como o estoque de biomassa das nossas florestas restauradas por semeadura direta se compara com outros experimentos de restauração na Amazônia

2. MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Área de estudo

Este estudo foi realizado nos municípios de Santa Cruz do Xingu (SCX) e São José do Xingu (SJX), microrregião Norte do Araguaia, no extremo nordeste matogrossense (Figura 1). A estrutura fundiária da região é composta por propriedades particulares de médio e grande porte, terras indígenas, unidades de conservação estaduais e assentamentos rurais da reforma agrária (ISA, 2011).

O clima é caracterizado como Aw de Köppen (Alvares et al., 2014), com dois períodos climáticos distintos: Um seco de junho a setembro, e um chuvoso de outubro a maio, com precipitação anual de ~1.527 mm (Figura S1) A temperatura média anual é de 25,5 °C, com pouca variação ao longo do ano (Figura S1) Os solos predominantes na

região são do tipo Latossolo Vermelho-Amarelo, caracterizados pela baixa disponibilidade de nutrientes e elevados teores de alumínio (Ivanauskas et al., 2004).

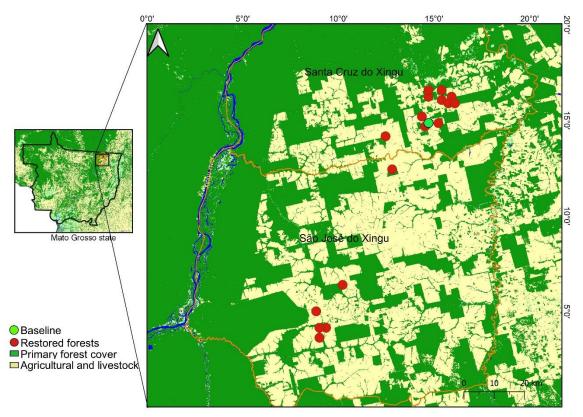


Figura 1. Distribuição espacial das parcelas amostrais em florestas restauradas e florestas primárias na região Xingu, nordeste de Mato Grosso.

2.2 Caracterização da vegetação da região Xingu

A bacia do Rio Xingu está situada na região de transição entre os biomas Amazônia (79%) e Cerrado (21%), abrigando diversas fitofisionomias (Marimon et al., 2006; Kunz et al., 2014). Esta região apresenta uma grande área de tensão ecológica composta por um mosaico de formações savânicas e florestais típicas de ambos os biomas, com elevada diversidade alfa e beta, e condições climáticas variadas (Marimon et al., 2006; Ivanauskas 2008; Morandi et al., 2018). As principais fitofisionomias da região Xingu são de florestas ombrófilas, florestas estacionais semidecíduas e perenifólias, cerradão e cerrado sentido restrito (IBGE, 2012; Ivanauskas, 2007). As florestas estacionais são predominantes na paisagem, com grande variação na composição florística e estrutura (e.g., altura média superior a 30 m) (Ivanauskas et al., 2008; Borges et al., 2014). Essas florestas exibem menor biomassa e diversidade

florística quando comparadas às florestas de terra-firme das áreas centrais da Amazônia (Marimon et al.; 2008).

2.3 Experimento de restauração florestal em ampla escala na bacia do Rio Xingu

Em outubro de 2004, o Instituto Socioambiental (ISA) lançou a campanha "Y Ikatu Xingu" (Salve a Água Boa do Xingu), com objetivo de restaurar ~5.000 hectares de Áreas de Preservação Permanente (APP) na bacia do Rio Xingu. Essas áreas foram desflorestadas antes 1999 (Tabela Suplementar 2) e degradadas por atividades agropecuárias (e.g. pastagem). A restauração florestal foi conduzida por meio de semeadura direta, sempre no início do período chuvoso (dezembro/janeiro). Antes do início de cada intervenção, o solo foi preparado por meio de uma gradagens inicial e outra após 90 dias para descompactação, nivelamento do terreno e controle de gramíneas exóticas. As sementes foram preparadas por meio de uma técnica conhecida como "muvuca", que consiste em misturar sementes agrícolas e florestais (ver detalhes em ISA, 2018). A diversidade de sementes usadas no plantio foi semelhante nas áreas, com uma média de 50 espécies arbóreas florestais nativas e 3 a 4 espécies agrícolas de leguminosas (família Fabaceae) que podem ser conferidas nominalmente na Tabela S1.

2.4 Amostragem da vegetação arbórea

Entre os meses de junho e julho de 2021, instalamos 23 parcelas permanentes de 500 m² (50 × 10 m) em áreas de florestas restauradas por semeadura direta (daqui em diante FR) com distância mínima de 1 km entre elas (Figura 1). Nós utilizamos 10 parcelas contíguas, de mesmo formato e tamanho, em um fragmento de floresta primária como floresta de referência, visto que os dados encontrados de floresta de referência mais próxima se encontram a mais de 400 km de distância da área de estudo. Tanto FR como a floresta primária estavam localizadas em áreas de preservação permanente de propriedades particulares. Dentro de cada parcela mensuramos o diâmetro à altura do peito (1,3 m) e a altura de todos os indivíduos arbóreos ≥ 5 cm. Todos os indivíduos arbóreos amostrados foram numerados e identificados. A identificação foi realizada em campo, e quando necessário, amostras botânicas foram coletadas para comparações com o acervo do Herbário NX. Para a classificação botânica e revisão da nomenclatura dos táxons utilizamos o sistema APG IV (APG IV, 2016) e a Lista de Espécies da Flora do Brasil, respectivamente (http://floradobrasil.jbrj.gov.br). Todos os dados coletados foram depositados na plataforma digital do ForestPlots.net (Lopez-Gonzalez et al., 2011).

2.5 Estimativas dos parâmetros de diversidade e estrutura da vegetação arbórea

Para cada parcela, calculamos a diversidade de Simpson (C) (Brower e Zarr, 1984), a equabilidade de Pielou (J'), a riqueza de espécies (semeadas e regeneradas para as FR) pelo estimador Chao (Magurran, 2004), a densidade absoluta (ind.ha-¹), a área basal e o estoque de biomassa acima do solo. Diversidade, equabilidade e riqueza de espécies foram estimados pelo pacote 'vegan' (Oksanen et al., 2020), enquanto que a área basal e o estoque de biomassa foram estimados pela plataforma do ForestPlots.net (Chave et al., 2014; Lopez-Gonzalez et al., 2011

2.6 Análises estatísticas

Para avaliar as diferenças nos parâmetros diversidade, densidade absoluta e riqueza de espécies arbóreas semeadas e regeneradas entre as florestas restauradas, utilizamos uma análise multivariada permutacional de variância (PERMANOVA) com 999 permutações. Para avaliar a variação na composição florística entre as florestas restauradas e as florestas primárias, adotamos a Análise de Escalonamento Multidimensional Não-Métrico (NMDS) (Quinn & Keough, 2002) utilizando uma matriz de distância de Bray-Curtis. Utilizamos o pacote 'vegan' (Oksanen et al, 2020) para a realização das análises.

Comparamos graficamente a proporção dos valores de biomassa, área basal, diversidade de Simpson e riqueza de espécie das FR ao nível de floresta primária. Comparamos também as diferenças percentuais nos estoques de biomassa das FR com estimativas anteriores em florestas secundárias – regeneração natural (Poorter et al., 2016; Requena Suarez et al., 2019 < e > 20 anos; Elias et al., 2022); florestas restauradas por semeadura (Freitas et al. (2019 e presente estudo); experimento com plantio de mudas (com *Tachigali vulgaris* Farias et al., 2016; Bastos, 2011; 2016; Rodrigues et al. 2020; *com adubação); e florestas primárias (Balch et al., 2008; presente estudo). Realizamos todas as análises no Programa R 4.1.1 (R Core Team, 2021), com 5% de significância.

3. RESULTADOS

3.1 Comparação da estrutura, diversidade e composição florística entre espécies semeadas e regeneradas nas FR

A densidade absoluta (F = 55,59; p = 0,001), a biomassa (F = 22,66; p = 0,001) e a diversidade (F = 19,63; p = 0,001) das espécies semeadas foram significativamente

maiores do que das espécies regeneradas (Tabela 1), enquanto que a riqueza foi similar entre os dois grupos de espécies (F = 2,43; p = 0,116). A semeadura direta resultou em alta dominância de uma única espécie e consequentemente baixa diversidade na maioria das parcelas. *Tachigali vulgaris*, *Mabea fistulifera* e *Dipteryx alata* foram as espécies com maior densidade absoluta entre as espécies semeadas nas florestas restauradas (Tabela S1). Em contrapartida, as espécies *Schnella outimouta*, *Mouriri acutiflora* e *Terminalia corrugata* foram as mais abundantes dentre as espécies regeneradas espontaneamente. Todas as áreas desse estudo apresentaram presença de pelo menos duas espécies regeneradas (espécies que não foram semeadas) .

3.2 Comparação florística e estrutural entre florestas restauradas e primária

Amostramos 1.661 indivíduos vivos pertencentes a 70 espécies distribuídas em 60 gêneros e 29 famílias nas 23 parcelas da floresta regenerada enquanto na floresta primária nós amostramos 660 indivíduos, 48 espécies, 37 gêneros e 27 famílias. Fabaceae foi a família com maior número de espécies (20) na floresta regenerada, seguida por Anacardiaceae e Malpighiaceae, ambas com seis espécies cada. Fabaceae também teve o maior número de indivíduos (n=666), seguida por Euphorbiaceae (n=428); representando respectivamente 41% e 25,7% da densidade total. Por outro lado, nas parcelas de floresta primária, Chrysobalanaceae registrou o maior número de espécies (n=6), seguida por Melastomataceae (n=4) e Sapotaceae, Burseraceae e Myrtaceae (n=3).

Tabela 1. Riqueza de espécies (média das parcelas), gêneros, famílias, densidade absoluta, diversidade de Simpson, equabilidade de Pielou (J'), área basal e biomassa de florestas restauradas (FR) por semeadura direta e floresta primária (FP) na região Xingu, nordeste de Mato Grosso.

Parâmetros	FP	FR	Florestas restauradas		
Tarametros	11	110	Semeadas	Regeneradas	
Riqueza média de espécies (Chao 1)	43	51	26	25	
N° total de gêneros	37	60	20	43	
N° total de famílias	28	29	15	21	
Densidade absoluta (ha)	1.320	1.444	1.209	211	
Diversidade de Simpson (média)	10,28	9,06	5,67	8,68	
Equabilidade - J' (média)	0,75	0,66	0,64	0,83	

Área basal (m².ha-1)	20,50 12,50	10,99	2,13
Biomassa aérea (ton.ha-1)	169,41 41,95	36,20	5,75

Com exceção da densidade absoluta (F=0.84; p=0.392), a riqueza de espécies (F=24.96; p=0.001), a diversidade (F=83.59; p=0.001), a biomassa (F=41.81; p=0.001) e a área basal (F=20.74; p=0.001) das FR foram menores do que na floresta primária. O NMDS mostrou elevada dissimilaridade florística entre as FR e FP (Figura 2).

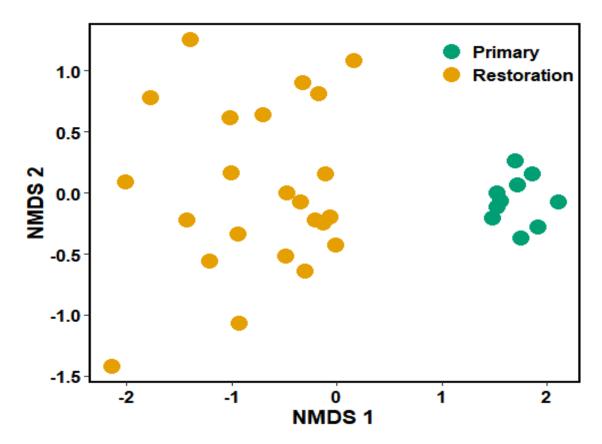


Figura 2. Ordenação (NMDS) da composição florística das florestas restauradas e primária na região do Xingu, nordeste de Mato Grosso. Stress = 0,118.

3.3 Recuperação em nível de floresta primária e comparações com estimativas de estudos anteriores

Após cerca de 10 anos da intervenção, foram recuperados em média 40% dos valores de biomassa, 55% de área basal, 24% de diversidade de Simpson e 60% da riqueza de espécies ao nível de floresta primária na mesma região, respectivamente (Figura 3)

Os estoques de biomassa em FR foram de três a quatro vezes inferiores às estimativas em áreas de regeneração natural < 20 anos na Amazônia (Poorter et al. 2016) e > 20 anos na América do Sul (Requena Suarez et al. (2019), respectivamente, e de 5 a 7 vezes inferiores a experimentos com plantios de mudas com adubação (Farias et al., 2016; Silva, 2016; Rodrigues et al., 2020). Por outro lado, nossas estimativas de estoque de biomassa foram comparáveis com as estimativas de Elias et al. (2022) em florestas secundárias < 11 anos na Amazônia Oriental; de Requena Suarez et al. (2019) para florestas secundárias < 20 anos; de Barros (2011) para plantio de mudas sem adubação; e de Freitas et al. (2019) para florestas restauradas por semeadura direta < 10 anos na mesma região avaliada (Figura 4)

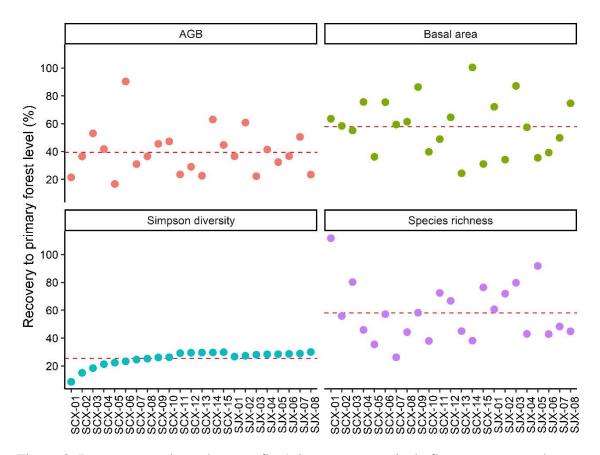


Figura 3. Recuperação de parâmetros florísticos e estruturais de florestas restauradas em relação à floresta primária para os parâmetros de biomassa (AGB), área basal, diversidade e riqueza de espécies na região Xingu, nordeste de Mato Grosso. Linha vermelha tracejada indica a média do parâmetro entre as parcelas.

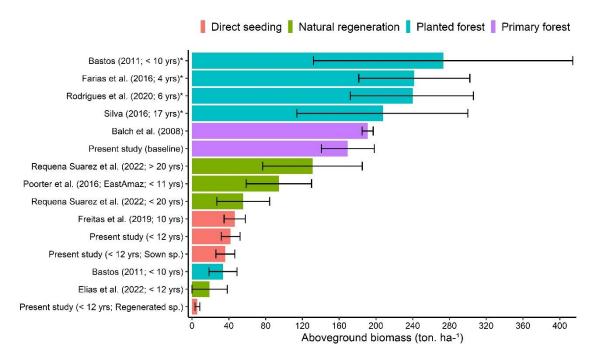


Figura 4. Comparações do estoque de biomassa (ton ha-1) das nossas florestas restauradas com estimativas anteriores em áreas de regeneração natural (Poorter et al., 2016, < 20 anos; Requena Suarez et al., 2019, < e > 20 anos; Elias et al., 2022, < 11 anos), florestas restauradas por semeadura (Freitas et al. 2019), experimentos com plantio de mudas (Bastos, 2011; Farias et al., 2016; Silva, 2016; Rodrigues et al. 2020; *com adubação) e florestas primárias (Balch et al., 2008; presente estudo). Acrônimos: Amazônia Oriental.

4. DISCUSSÃO

Nossos resultados indicam que o prazo de 10 anos não foi suficiente para ocorrer a recuperação total dos parâmetros de riqueza de espécies, diversidade, biomassa, área basal e composição florística a partir da implantação do experimento de semeadura direta. O estoque de biomassa das FR quando comparados com estimativas anteriores em áreas de regeneração natural (e.g., Poorter et al., 2016; Elias et al., 2022) e plantio de mudas (e.g. Farias et al., 2016) com idade semelhante ou menor, demonstram as limitações da semeadura direta em recuperar esse parâmetro durante a restauração florestal. Entretanto, a elevada diversidade e riqueza de espécies regeneradas nas FR é um indicativo de que esse método favorece o estabelecimento e desenvolvimento espontâneo de espécies, com potencial uso em ações de restauração de áreas degradadas com baixa resiliência.

4.1 Restauração por semeadura direta garante a colonização de espécies regenerantes

A semelhança na riqueza entre as espécies semeadas e regeneradas registrada nesse estudo sugere que o método de semeadura direta facilita a colonização e estabelecimento espontâneo de espécies. Neste caso, a cobertura do solo, desenvolvimento e formação do dossel por espécies semeadas criam condições favoráveis à germinação e estabelecimento de espécies regenerantes advindas de áreas próximas ou do banco de sementes (Rodrigues et al., 2011;Silva e Vieira, 2017; Martins et al., 2021). Esse fator é relevante pois aumenta a riqueza e diversidade de espécies localmente, um dos indicadores ecológicos do sucesso da restauração de florestas (Chaves et al., 2015; Gatica-Saavedra et al. 2017).

A maior densidade de espécies semeadas em detrimento das regeneradas entre as FR reflete a eficiência do método de semeadura direta no estabelecimento inicial das espécies focais. As técnicas utilizadas durante a implantação do experimento de semeadura direta, tais como preparação adequada do solo, controle de gramíneas exóticas e a utilização de grande quantidade de sementes, garantem a rápida germinação e desenvolvimento das espécies semeadas (Knowles & Parrotta, 1995; Camargo et al., 2002; ISA, 2017), explicando a elevada densidade dessas espécies em nossas parcelas.

Por outro lado, a monodominância de poucas espécies entre as FR, como as pioneiras *T. vulgaris* e *M. fistulifera* reflete o domínio esperado das espécies dependentes de luz e de crescimento rápido nos estágios iniciais da sucessão (Chazdon, 2008). Com o avanço da sucessão, gradualmente, essas espécies tendem a ser substituídas por aquelas tolerantes à sombra, modificando a estrutura e a diversidade alfa nesses ambientes (Chazdon 2008; Viani et al, 2017). Contudo, a permanência da dominância de poucas populações pode trazer grandes prejuízos para a restauração dessas áreas, especialmente após o seu desbaste natural (Chazdon 2008, Rodrigues et al. 2009). Neste caso, a mortalidade dessas árvores provoca a abertura de grandes clareiras, que na ausência de regenerantes tolerantes à sombra, retarda o processo de sucessão ecológica (Tabarelli et al.,2010). Avaliações a longo-prazo devem ser feitas para melhor compreender a dinâmica dessas populações e consequentemente propor soluções de enriquecimento desses experimentos visando a substituição natural de espécies quando necessário, e aperfeiçoando o conhecimento sobre o potencial do método para ações de restauração florestal.

4.2 Comparação florística e estrutural entre florestas restauradas e floresta primária

As taxas de recuperação dos parâmetros de riqueza de espécies, diversidade, área basal, biomassa e composição florística das FR ao nível de floresta primária pode estar relacionada com o tempo de implantação do experimento, considerado curto (com ~10 anos). A recuperação florestal é variada e dependente de diversos fatores ambientais locais e regionais (Elias et al., 2020), e para alguns parâmetros, como a composição florística, pode levar até séculos (Rozendaal et al., 2019; Chazdon, 2014). Por outro lado, os parâmetros de biomassa, área basal e riqueza de espécies são menos sensíveis e tendem a ser recuperados mais rapidamente. Para áreas em regeneração natural, estimativas indicam a recuperação de 90% da biomassa nos primeiros 20 anos de abandono de florestas secundárias neotropicais (Poorter et al., 2016). Contudo, esses valores podem variar conforme as características ambientais da paisagem, tais como as condições edáficas, a fragmentação e cobertura florestal (Elias et al., 2020, 2022).

Nos experimentos de restauração ativa a recuperação desses atributos tende a ser mais rápida, tendo em vista as técnicas assistivas utilizadas durante a implantação, a exemplo do controle de pragas, adubação, dentre outros (Silva e Vieira, 2017; Vieira et al., 2009). Por exemplo, Farias et al. (2016) estimaram um estoque de biomassa de 241.7 ton.ha⁻¹ após 4 anos em um experimento de plantio de mudas de *T. vulgaris* com adubação. Este valor supera a biomassa média de florestas estacionais não-perturbadas da região, com cerca de 190 ton.ha⁻¹ (Balch et al., 2008) evidenciando que existe disparidade na recuperação desse parâmetro de acordo com o método avaliado, bem como espécies utilizadas.

4.3 Implicações acerca da eficiência do método de semeadura direta na restauração florestal

Nossos resultados trazem importantes informações acerca da eficiência comparativa do método de semeadura direta com outros métodos de restauração florestal. A recuperação similar ou inferior dos est9oques de biomassa nas nossas parcelas com estimativas para a regeneração natural é uma evidência de que o uso deste método deve ser mais bem avaliado em relação a esse parâmetro, especialmente em larga escala, no intuito de evitar a oneração das ações de restauração. Embora nossos resultados endossam a classificação da regeneração natural como o método de restauração com melhor custo-benefício (Crouzeilles et al., 2017), a aplicação da

semeadura direta não deve ser desencorajada. Essa técnica pode ser indicada para áreas com baixo potencial de regeneração natural, após avaliação da sua resiliência (Brancalion et al., 2015; Freitas et al., 2019) e especialmente como técnica assistiva da regeneração natural, principalmente na região do Xingu borda sul da Amazonia, onde vem sendo utilizada como opção de restauração de áreas de preservação ambiental.

Da mesma forma, o estoque de biomassa inferior aos experimentos com plantio de mudas com adubação reforça o argumento de baixa eficiência da semeadura direta como um método ativo de restauração. Entretanto, a implantação de experimentos de restauração é complexa e outros fatores devem ser levados em conta na escolha do método, como por exemplo o propósito da ação de restauração, as características locais e os custos de implantação. Por exemplo, em experimentos com objetivos de recuperação rápida da biomassa o método de semeadura direta pode ser preterido pelo uso do plantio de mudas com adubação. Por outro lado, a similaridade do método de semeadura direta com o plantio de mudas sem adubação e com a regeneração natural sugere que esses métodos podem ser alternados em experimentos com condições semelhantes (e.g., disponibilidade de recursos logísticos, características ambientais). Comparando plantio com alta diversidade, nucleação aplicada e regeneração natural, Bechara et al. (2021) sugerem que cada um dos métodos de restauração pode maximizar a heterogeneidade, dependendo de qual medida é usada, e que o sucesso da restauração depende do contexto ambiental.

Apesar dos nossos resultados indicarem que a recuperação da biomassa aérea pelo método de semeadura direta é mais lenta do que opções ativas e passivas de restauração com idades semelhantes, algumas limitações devem ser consideradas. Nossos resultados demonstram a aptidão do método em apenas uma região na Amazônia, marcada por elevada sazonalidade climática maior impacto de secas severas e onde a degradação florestal e mudanças na cobertura florestal são mais intensas (Matricardi et al. 2020; Lewis et al. 2010). Isto faz com que as florestas dessa região sejam naturalmente hiperdinâmicas e exibam comparativamente as maiores taxas de mortalidade da Amazônia (Marimon et al., 2014; Esquivel-Muelbert et al. 2020).

5. CONCLUSÕES

Os projetos de restauração por semeadura direta devem investigar a alta dominância de algumas espécies na execução da restauração, visando contemplar maior

diversidade de espécies, evitando assim desperdícios de sementes e buscando novas espécies nativas com melhor potencial adaptativo ao método.

A continuidade do monitoramento destas áreas é necessária para verificar se espécies continuarão chegando, pois caso isto não aconteça, medidas de manejo podem ser necessárias para aumentar a diversidade de espécies e garantir o processo de sucessão.

Para que a efetividade da semeadura direta e seu potencial uso assistivo em ações de restauração seja validado novas avaliações são necessárias, principalmente em relação aos estoques de biomassa que apresentaram valores inferiores ou similares a outras técnicas de restauração.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Alvares, CA., Stape, JL., Sentelhas, PC., Goncalves, JLM., Sparovek G., 2014.
 Koppen's climate classification map for Brazil. Meteorologische Zeitschrift, Vol. 22,
 No. 6, 711-728.
- APG (Angioperm Phylogeny Group). 2016. An update of the Angiosperm Phylogeny Group classification for the orders and families of flowering plants: APG IV.
- Arroyo-Rodríguez, V., Fahrig, L., Tabarelli, M., Watling, JI., Tischendorf, L., Benchimol, M., Cazetta, E., Faria, D., Leal, IR., Melo, FPL., Morante-Filho, JC., Santos, BA., Arasa-Gisbert, R., Arce-Pena, N., Cervantes-Lopez, MJ., Cudney-Valenzuela, S., Galán-Acedo, C., San-José, M., Vieira, ICG., Ferry Slik., JW., Justin Nowakowski, A., Tscharntke, T., 2020. Designing optimal human-modified landscapes for forest biodiversity conservation. Ecology Letters. Edited by F. Jordan, 23(9), pp. 1404-1420.
- Avila, AL., Araujo, MM., Gasparin, E., Longhi, SJ., 2013. Mecanismos de regeneração natural em remanescente de Floresta Ombrófila Mista, RS, Brasil. Cerne, v. 19, n. 4, p. 621-628. https://doi.org/10.1590/S0104-77602013000400012.
- Bechara, FC., Trentin, BE., Engel, VL., Estevan DA., Ticktinet, T., 2021. Performance and cost of applied nucleation versus high-diversity plantations for tropical forest restoration. Forest Ecology and Management. 491.

- Benini, R. Manual de Restauração da vegetação nativa, Alto Teles, MT. The Nature Conservancy, p. 114, 2016. Disponível em: https://www.nature.org/media/brasil/manual-restauracao-mt.pdf.
- Brancalion, PHS., Schweizer, D., Gaudare, Y., Mangueira, JR., Lamonato, F., Farah, FT., Nave, AG., Rodrigues, RR., 2016. Balancing economic costs and ecological outcomes of passive and active restoration in agricultural landscapes: the case of Brazil. Biotropica 48, 856–867. http://dx.doi.org/10.1111/btp.12383.
- Brancalion, PHS., Gandolfi, S., Rodrigues, RR., 2015. Restauração Florestal. Oficina de Textos, 431p.
- Brasil, 2012. Código Florestal Brasileiro. Diário Oficial da União de 28 de maio de 2012.
- Camargo, JLP., Ferraz, IDK., Imakawa, AM., 2002 Rehabilitation of Degraded Areas of Central Amazonia Using Direct Sowing of Forest Tree Seeds. Restoration Ecology, 10:636–644.
- Campos, EP., Vieira, MF., Silva, AF., Martins, V., Carmo, FMS., Moura, VM., Ribeiro, ASS., 2009. Chuva de sementes em Floresta Estacional Semidecidual em Viçosa, MG, Brasil. Acta Botânica Brasílica, v. 23, n. 2, p. 451-458. https://doi.org/10.1590/S0102-33062009000200017.
- Chave, J., Réjou-Méchain, M., Búrquez, A., Chidumayo, E., Colgan, MS., Delitti, WBC., Duque, A., Eid, T., Fearnside, PM., Goodman, RC., Henry, M., Martínez-Yrízar, A., Mugasha, WA., Muller-Landau, HC., Mencuccini, M., Nelson, BW., Ngomanda, A., Nogueira, EM., Ortiz-Malavassi, E., Pélissier, R., Ploton, P., Ryan, CM., Saldarriaga, JG., Vieilledent, G., 2014. Improved allometric models to estimate the aboveground biomass of tropical trees. Global Change Biology . 20, 3177–3190. https://doi.org/10.1111/gcb.12629.
- Chaves, RB., Durigan, G., Brancalion, PHS., Aronson, J., 2015. On the need of legal frameworks for assessing restoration projects success: new perspectives from São Paulo state (Brazil). *Restoration Ecology* 23, 754–759. https://doi.org/10.1111/rec.12267.
- Chazdon, RL., 2012. Tropical forest regeneration. Boletim do Museu Paraense Emílio Goeldi, Ciências Naturais. Vol.7 No.3 .195-218.

- Chazdon, RL., 2014. Second growth: the promise of tropical forest regeneration in an age of deforestation. Chicago: University of Chicago Press.
- Chazdon, RL., 2017. "Landscape Restoration, Natural Regeneration, and the Forests of the Future," Annals of the Missouri Botanical Garden 102(2), 251-257. https://doi.org/10.3417/2016035.
- Chazdon, RL., Guariguata, MR., 2016. Natural regeneration as a tool for large-scale forest restoration in the tropics: prospects and challenges. Biotropica 48, 716–730. https://doi.org/10.1111/btp.12381.
- Chazdon, R.L., Uriarte, M., 2016. Natural regeneration in the context of large-scale forest and landscape restoration in the tropics. Biotropica 48, 709–715. https://doi.org/10.1111/btp.12409.
- Chazdon, RL., 2017. Landscape restoration, natural regeneration, and the forests of the future. Annals of the Missouri Botanical Garden, 102, 251–257. https://doi.org/10.3417/2016035.
- Cielo-Filho, R., Souza, JAD., 2016. Assessing Passive Restoration of na Atlantic Forest Site Following a *Cupressus lusitanica* MILL. Plantation Clearcutting, Ciência Florestal, 26, 2475-488. https://doi.org/10.5902/1980509822748.
- Crouzeilles, R., Curran, M., Ferreira, MS., Lindenmayer, DB., Grelle, CEV., Benayas, JMR., 2016. A global meta-analysis on the ecological drivers of forest restoration success. Nature Communications.
- Crouzeilles, R., Beyer, HL., Monteiro, LM., Feltran-Barbieri, R., Pessôa, ACM., Barros, FSM., Lindenmayer, DB., Lino, EDSM., Grelle, CEV., Chazdon, RL., Matsumoto, M., Rosa, M., Latawiec, AE., Strassburg, BBN., 2020. Achieving cost-effective landscape-scale forest restoration through targeted natural regeneration Conservation Lett. Accepted https://doi.org/10.1111/conl.12709.

- Durigan, G., Suganuma, MS., Melo, ACG., 2016. Expected values for attributes of riparian forests undergoing restoration at different ages, Sci. For., 44, 110, 463-474, jun.https://doi.org/10.18671/scifor.v44n110.19.
- Durigan, G., Suganuma, MS., Melo, ACG., 2016. Expected values for attributes of riparian forests undergoing restoration at different ages, Sci. For., 44, 110, 463-474, jun. https://doi.org/10.18671/scifor.v44n110.19.
- Doust, SJ., Erskine, PD., Lamb, D., 2008. Restoring rainforest species by direct seeding: Tree seedling establishment and growth performance on degraded landin the wet tropics of Australia. Forest Ecology and Management. 256, 1178–1188. https://doi.org/10.1016/j.foreco.2008.06.019.
- Elias, F., Ferreira, J., Lennox, GD., Berenguer, ES., Ferreira, G., Schwartz, LO., Melo, DN., Reis Junior, RO., Nascimento, FN., Ferreira, F., Espírito-Santo, C.,Smith,C.,Barlow, J.;. 2020. Assessing the growth and climate sensitivity of secondary forests in highly deforested Amazonian landscapes. Ecology.
- Elias, F., Ferreira, J., Resende, AF., Berenguer, E., França, F., Smith, CC., Schwartz, G., Nascimento, RO., Guedes, M., Rossi, LC., Seixas, MMM., Silva, CM., Barlow, J., 2022. Comparing contemporary and lifetime rates of carbon accumulation from secondary forests in the eastern Amazon. Forest Ecology and Management. 508, 120053.
- Esquivel-Muelbert, A., Phillips, OL., Brienen, RJW. *et al.* 2020 Tree mode of death and mortality risk factors across Amazon forests,2020. *Nat Commun.* 11, 5515. https://doi.org/10.1038/s41467-020-18996-3.
- Engel, VL., Parrota, JA, 2001. An evaluation of direct seeding for restoration of degraded lands in central São Paulo state, Brazil. Forest Ecology and Management, 152:169-181.
- Felfili, JM., Hilgbert, LF., Franco, AC., Sousa-Silva, JC., Resende, AV., Nogueira, MV., 1999. Comportamento de plântulas de *Sclerolobium paniculatum* Vog. var. *rubiginosum* (Tul.) Benth. sob diferentes níveis de sombreamento, em viveiro. Revista Brasileira Botânica 2, 297–301. https://doi.org/10.1590/S0100-84041999000500011.

- Ferreira, EM., Andraus, MP., Cardoso, AA., Costa, LFS., Lôbo, LM., Leandro, WM., 2016. Recuperação de áreas degradadas, adubação verde e qualidade da água. Revista Monografias Ambientais, *15*(1), 228–246. https://doi.org/10.5902/2236130819594.
- Ferreira, J., et al. 2018. Carbon-focused conservation may fail to protect the most biodiverse tropical forests. Nature Climate Change 8:744–749.
- Fragoso, RO., Carpanezzi, AA., Koehler, HS., Zuffellato-Ribas, KC., 2017. Barreiras ao estabelecimento da regeneração natural em áreas de pastagens abandonadas. Ciência Florestal, 27,4, 1451-1464.
- Freitas, MG. et al. 2019. Evaluating the success of direct seeding for tropical forest restoration over ten years. Forest Ecology and Management. 438,224-232. https://doi.org/10.1016/j.foreco.2019.02.024.
- Freitas, MG., 2018. Estrutura e riqueza de florestas restauradas por semeadura direta ao longo de 10 anos. Dissertação de Mestrado em Ciências Florestais, Publicação PPGEFL DM-2018. Departamento de Engenharia Florestal, Universidade de Brasília, Brasília, DF, 63f.Gatica-Saavedra, P.; Echeverria, C.; Nelson, CR., 2017. Ecological indicators for assessing ecological success of forest restoration: a world review. Restoration Ecology, Malden, v. 25, n. 6, p. 850-857.
- Gibson, L., Lee, TM., Koh, LP., Brook, BW., Gardner, TA., Barlow, J., Peres, CA., Bradshaw, CJA., Laurance, WF., Lovejoy, TE., Sodhi, NS., 2011. Primary forests are irreplaceable for sustaining tropical biodiversity. Nature 478, 378–381.
- Holl, KD., 2002. Tropical moist forest, in: Handbook of Restoration. 539–558.
- Holl, KD., e Zahawi, RA., 2014.Factors explaining variability in woody above-ground biomass accumulation in restored tropical forest. Forest Ecology and Management. 319, 36-43.
- Holl, KD., Reid, JL., Chaves-Fallas, JM., Oviedo-Brenes, F., Zahawi, RA., 2017. Local as estratégias de restauração da floresta tropical afetam o recrutamento de árvores mais fortemente do que a cobertura florestal da paisagem. Journal of applied ecology 54, 1091–1099.https://doi.org/10.1111/1365- 2664.12814.
- ISA Instituto Socioambiental, 2018. https://www.socioambiental.org/pt-br.
- ISA, 2017. Boletim Rede de Sementes do Xingu 10 anos.

- Ivanauskas, NM, Monteiro, R., Rodrigues, RR., 2004. Composição florística de trechos florestais na borda sul-amazônica. Acta Amazonica 34, 399–413.
- Ivanauskas, NM., 2007. Floresta Ombrófila Mista: Avaliação da diversidade vegetal em florestas de araucária no Estado de São Paulo. Projeto de auxílio à pesquisa. CNPq, Brasília.
- Ivanauskas, NM., Monteiro, R., Rodrigues, RR., 2008. Phytogeographical classification of the Upper Xingu River forest. Acta Amazonica. 38, 387-402. https://doi.org/10.1590/S0044-59672008000300003.
- Jakovac, CC., Peña-Claros, M., Kuyper, TW., Bongers, F., 2015. Loss of secondary-forest resilience by land-use intensification in the Amazon. Journal of applied ecology 67–77. https://doi.org/10.1111/1365-2745.12298.
- Jones, HP., Schmitz, OJ., 2009. Rapid Recovery of Damaged Ecosystems. Plos one https://doi.org/10.1371/journal.pone.0005653.
- Johnson, MO., Galbraith, D., Gloor, M., Deurwaerder, HDE., Guimberteau, M., Rammig, A., Monteagudo, A., Phillips, O.L., Brienen, R.J.W., Vos, V.A., 2016.
 Variation in stem mortality rates determines patterns of above-ground biomass in Amazonian forests: implications for dynamic global vegetation models. Global Change Biology. 22, 3996–4013. https://doi.org/10.1111/gcb.13315.
- Knowles, OH., Parrotta, JA, 1995. Amazonian forest restoration: an innovative system for native species selection based on phenological data and performance indices. The Commonwealth Forestry Review 74, 3, 230-243. Commonwealth Forestry Association.
- Kunz, SH., Ivanauskas, NM., Martins, SV., Silva, E., Stefanello, D., 2009. Análise da similaridade florística entre florestas do Alto Rio Xingu, da Bacia Amazônica e do Planalto Central. Revista Brasileira Botânica 32, 725–736.
- Kunz, SH., Moreau, J, Spadeto, C, Martins, SV, Stefanello, D, Ivanauskas, NM, 2014.
 Estrutura da Comunidade Arbórea de Trecho de Floresta Estacional Sempre-Verde e
 Similaridade Florística na Região Nordeste do Mato Grosso, Brasil. Floresta e
 Ambiente. 21(4):429-440 http://dx.doi.org/10.1590/2179-8087.029313.
- Laura Zepner, Pierre Karrasch, Felix Wiemann & Lars Bernard (2020)

 ClimateCharts.net uma plataforma web de análise climática interativa, International Journal of Terra Digital, DOI: 10.1080/17538947.2020.1829112

- Lennox, G. D., et al. 2018. Second rate or a second chance? Assessing biomass and biodiversity recovery in regenerating Amazonian forests. Global Change Biology 24:5680–5694.
- Lopez-Gonzalez, G., Lewis, S.L., Burkitt, M. and Phillips, O.L. 2011. ForestPlots.net: a web application and research tool to manage and analyse tropical forest plot data. Journal of Vegetation Science 22: 610–613. https://doi.org/10.1111/j.1654-1103.2011.01312.x.
- Lopez-Gonzalez, G., Lewis, S.L., Burkitt, M., Baker T.R. Phillips, OL. 2009. ForestPlots.net Database. www.forestplots.net.
- Magurran, AE., 2004. Measuring Biological Diversity. Blackwell Science Ltd, Oxford.
- Marengo, JA., Jimenez, JC., Espinoza, JC, Cunha, AP., Aragão, LEO.,2022. Increased climate pressure on the agricultural frontier in the Eastern Amazonia–Cerrado transition zone. Scientifc Reports 12:457. https://doi.org/10.1038/s41598-021-04241-4.
- Marimon, BS., Felfili, JM., Haridasan, M., 2001a. Studies in monodominant forests in eastern Mato Grosso, Brazil: I. A forest of Brosimum rubescens Taub. Edinburgh Journal of Botany 58: 123-137.
- Marimon, BS., Lima, EDS., Duarte, TG., Chieregatto, LC., Ratter, JA., 2006. Observações sobre a vegetação de Nordeste do Mato Grosso, Brasil. 4. Uma análise do ecótono Cerrado – Floresta Amazônica. Edinburgh Journal of Botany 63: 323–341.https://doi.org/10.1017/S0960428606000576.
- Marimon, BS. et al. Pantanal do Araguaia ambiente e povo: guia de ecoturismo. UNEMAT, 2008. 95p.
- Martins, SV., Braga, AJT., Borges, EEL, 2015. Chuva de sementes em estádios sucessionais de floresta estacional semidecidual em Viçosa-MG. Revista Árvore, 39, 3, 475-485.
- Martins, WBR., Schwartz, G., Ribeiro, SS., Ferreira, GC., de Souza Barbosa, R., de Paula, MT, Barbosa, VM, Oliveira, FA, 2021. Restauração de ecossistemas após mineração de bauxita: indicadores favoráveis para construção de tecnossolos e manejo do solo com calagem e subsolagem. Novo https://doi.org/10.1007/s11056-021-09834-5.

- Matricardi, EAT., Skole, DL., Costa, OB., Pedlowski, MA., Samek, JH., Miguel, EP., (2020). Long-term forest degradation surpasses deforestation in the Brazilian Amazon. *Science*, *369* (6509), 1378-1382.
- Morandi, PS., Marimon, BS, Marimon-Junior, BH, Ratter, JA, Feldpausch, TR, Colli, GR, Munhoz, CBR, Silva Júnior, MC, Lima, ES, Haidar, RF, Arroyo, L, Murakami, AA, Aquino, FG, Walter, BMT, Ribeiro, JF, Françoso, R, Elias, F, Oliveira, EA, Reis, SM, Oliveira, B, Neves, EC, Nogueira, DS, Lima, HS, Carvalho, TP, Rodrigues, AS, Villarroel, D, Felfili, JM, Phillips, OL, 2018. Diversidade de árvores e biomassa acima do solo no bioma Cerrado da América do Sul e suas implicações para a conservação. Biodiversidade e Conservação. https://doi.org/10.1007/s10531-018-1589-8.
- Nóbrega, AMF, Valeri, SV, De Paula, SC, Silva, AS, 2008.Regeneração Natural em remanescentes florestais e áreas reflorestadas da várzea do Rio Mogi-Guaçu, Luiz Antônio, SP. Revista Árvore, 32, 5,909-920.
- Oksanen, J. et al. 2020. Vegan: Community Ecology Package. R package Version 2.5-6. [S. l.: s. n.], 2019. Disponível em: https://CRAN.R-project.org/package=vegan.
- Peña-Claros, M., 2003. Changes in forest structure and species composition during secondary forest succession in the Bolivian Amazon. Biotropica 35, 450-461.
- Pietro-Souza, W.; Silva, NM.; Campos, EP, 2014. Chuva de sementes em remanescentes florestais de Campo Verde, MT. Revista Árvore, 38, 4, 689-698.
- Pinto, SIC., Martins, SV., Barros, NF., Dias, HCT, 2007. Estrutura do componente arbustivo-arbóreo de dois estádios sucessionais de floresta estacional semidecidual na Reserva Florestal Mata do Paraíso, Viçosa, MG, Brasil. Revista Árvore, 31, 5, 823-833.
- Poorter, L., Bongers, F, Aide, TM, Almeyda Zambrano, AM, Balvanera, P, Becknell, JM., Boukili, V, Brancalion, PHS, Broadbent, EN, Chazdon, RL, Craven, D, De Almeida-Cortez, JS., Cabral, GAL, De Jong, BHJ, Denslow, JS, Dent, DH, DeWalt, SJ, Dupuy, JM, Durán, SM, Espírito-Santo, MM, Fandino, MC, César, RG, Hall, JS, Hernandez-Stefanoni, JL, Jakovac, CC, Junqueira, AB, Kennard, D, Letcher, SG, Licona, JC, Lohbeck, M, Marín-Spiotta, E, Martínez-Ramos, , Massoca, P, Meave, JA, Mesquita, R, Mora, F, Munõz, R, Muscarella, R, Nunes, YRF, Ochoa-Gaona, S, De Oliveira, AA, Orihuela-Belmonte, E, Penã-Claros, M, Pérez-Garciá, EA, Piotto,

- D, Powers, JS, Rodríguez-Velázquez, J, Romero-Pérez, IE, Ruíz, J, Saldarriaga, JG, Sanchez Azofeifa, A, Schwartz, NB, Steininger, MK, Swenson, NG, Toledo, M, Uriarte, M, Van Breugel, M, Van Der Wal, H, Veloso, MDM, Vester, HFM, Vicentini, A, Vieira, ICG, Bentos, TV, Williamson, GB, Rozendaal, DMA, 2016. Biomass resilience of Neotropical secondary forests. Nature 530, 211–214. https://doi.org/10.1038/nature16512.
- Poorter, L., Craven, D, Jakovac, CC, van der Sande, MT, Amissah, L, Bongers, F, Chazdon, RL, Farrior, CE, Kambach, S, Meave, JÁ, Muñoz, R, Norden, N, Rüger, N, van Breugel, M, Zambrano, AMA, Amani, B, et al. 2021. Multidimensional tropical forest recovery. *Science* , 374, Issue 6573, 1370-1376.https://www.science.org/doi/10.1126/science.abh3629.
- Rajão R., Soares-Filho B, Nunes F, Börner J, Machado L, Assis D, Oliveira A, Pinto L, Ribeiro V, Rausch L, Gibbs H, Figueira D (2020) As maçãs podres do agronegócio brasileiro. Science 369: 246–248. doi: 10.1126 / science.aba6646.
- Reis, SM., Marimon, BS, Esquivel-Muelbert, A, Marimon Jr, BH, Morandi, PS, Elias, F, Oliveira, EA, Galbraith, D, Feldpausch, TR, Menor, IO, Malhi, Y, Phillips, OL, 2022. Climate and crown damage drive tree mortality in southern Amazonian edge forests. Ecology DOI: 10.1111/1365-2745.13849.
- Rezende, GM, Vieira, DLM. Forest restoration in southern Amazonia: Soil preparation triggers natural regeneration. Forest Ecology and Management, 433,93-104, 2019. http://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/192424/1/1-s2.0-S0378112718315494-main.pdf.
- Requena-Suarez. D, Rozendaal, DMA, De Sy, V, Phillips, OL, Alvarez-Dávila, E, Anderson-Teixeira, K, Araujo-Murakami, A, Arroyo, L, Baker, TR, Bongers, F, Brienen, RJW, Carter, S, Cook-Patton, SC, Feldpausch, TR, Griscom, BW, Harris, N, Hérault, B, Coronado, ENH, Leavitt, SM, Lewis, SL, Marimon, BS, Mendoza, AM, N'dja, JK, N'Guessan, AE, Poorter, L, Qie, L, Rutishauser, E, Sist, P, Sonké, B, Sullivan, MJP, Vilanova, E, Wang, MMH, Martius, C, Herold, M, 2019. Estimating aboveground net biomass change for tropical and subtropical forests: Refinement of IPCC default rates using forest plot data. Global Change Biology 9;25: 3609-3624, DOI: 10.1111/gcb.14767.

- Rodrigues, RR., Lima, RF., Gandolfi, S., Nave, AG., 2009. On the restoration of high diversity forests: 30 years of experience in the Brazilian Atlantic Forest. Biol. Conserv. 142, 1242–1251. https://doi.org/10.1016/j.biocon.2008.12.008.
- Rodrigues, RR, Gandolfi, S., Nave, AG, Aronson, J., Barreto, TE, Vidal, CY, Brancalion, PH, 2011. Large-scale ecological restoration of high-diversity tropical forests in SE Brazil Forest Ecology and Management 2261, 1605-1613.https://doi.org/10.1016/j.foreco.2010.07.005.
- Rodrigues, SB., Freitas, MG, Campos-Filho, EM, Carmo, GHP, Veiga, JM, Junqueira, RGP, Daniel Vieira, LM, 2019. Espécies semeadas e colonizadoras diretas garantem a restauração precoce bem-sucedida das florestas do sul da Amazônia. Forest Ecology and Management. 451. https://doi.org/10.1016/j.foreco.2019.117559.
- Rodrigues, S. B., 2018. Espécies semeadas e colonizadoras garantem a trajetória sucessional da restauração de florestas na bacia do Alto Xingu. Dissertação de Mestrado em Ecologia, Publicação PPGEFL DM/2018. Departamento de Ecologia, Universidade de Brasília, Brasília, DF, 56 f.
- Rosenfield, M. F., & Müller, S. C. 2017. Predicting restored communities based on reference ecosystems using a trait-based approach. Forest Ecology and Management, 391, 176–183. https://doi.org/10.1016/j.foreco.2017.02.024.
- Rozendaal, DMA, et al.,2019. Biodiversity recovery of neotropical secondary forests. Sci Adv 5(3). https://science.org/doi/10.1126/sciadv.aau3114.
- Rozendaal, DMA., Chazdon, RL., Arreola-Villa, F., Balvanera, P., Bentos, TV., Dupuy, JM., Hernández-Stefanoni, JL., Jakovac, C.C., Lebrija-Trejos, E.E., Lohbeck, M., Martínez-Ramos, M., Massoca, P.E.S., Meave, J.A., Mesquita, R.C.G., Mora, F., Pérez-García, E.A., Romero-Pérez, I.E., Saenz-Pedroza, I., van Breugel, M., Williamson, G.B., Bongers, F., 2017. Demographic Drivers of Aboveground Biomass Dynamics During Secondary Succession in Neotropical Dry and Wet Forests. Ecosystems 20, 340–353. https://doi.org/10.1007/s10021-016-0029-4.
- Silva, R.R.P., Vieira, D.L.M., 2017. Direct seeding of 16 Brazilian savanna trees: responses to seed burial, mulching and an invasive grass. Applied Vegetation **Science**. 20, 410–421. https://doi.org/10.1111/avsc.12305.

- Smith, CC., Healey, JR, Berenguer, E, Young, PJ, Taylor, B, Elias, F, Espírito-Santo, F, Barlow, J, 2021. Old-growth forest loss and secondary forest recovery across Amazonian countries. Environmental Research Letters 16 . 085009. https://doi.org/10.1088/1748-9326/ac1701.
- Sociedade Internacional para restauração ecológica, 2004. Princípios da SER International sobre restauração ecologia Versão2. Tucson: SER.
- Suding, BK., Higgs, E., Palmer, M., Callicott, JB., Anderson, CB., Gutrich, JJ., Hondula, KL., Lafevor, MC., Larson, BMH., Randall, A., Ruhl, J.B., Schwartz, K.Z.S., 2015. Committing to ecological restoration. Science. 348, 638–640.
- Suganuma, MS.,2015. Durigan, G. Indicators of restoration success in riparian tropical forests using multiple reference ecosystems. Restoration Ecology, Tucson, v. 23, n. 3, p. 238-251.
- Tabarelli, M., Aguiar, AV,Ribeiro, MC, Metzger, JP, Peres, CA,2010. Prospects for biodiversity conservation in the Atlantic Forest: Lessons from aging human-modified landscapes. Biological Conservation 143, 2328-2340. https://doi.org/10.1016/j.biocon.2010.02.005.
- Viani, RAG., Holl, KD., Padovezi, A., Strassburg, BBN., Farah, FT., Garcia, LC., Chaves, RB., Rodrigues, RR., Brancalion, PHS., 2017. Protocol for Monitoring Tropical Forest Restoration. Tropical Conservation Science.10, 194008291769726. https://doi.org/10.1177/1940082917697265.
- Vieira, DL., Scariot, A., 2006. Principles of natural regeneration of Tropical Dry Forests for regeneration. Restoration Ecology14, 11–20. https://doi.org/10.1111/j.1526-100X.2006.00100.x.
- Vieira, DLM., Holl, KD., Peneireiro, FM., 2009. Agro-successional restoration as a strategy to facilitate tropical forest recovery. Restoration Ecology. 17, 451–459. https://doi.org/10.1111/j.1526-100X.2009.00570.x.
- WWF-Brasil no âmbito do Programa Água Brasil, 2017. Restauração Ecológica no Brasil: Desafios e Oportunidades.
- Wirth, C., Messier, C, Bergeron, Y, Frank, D, Frankhanel, A, 2009. Old-Growth Forest Definitions: a Pragmatic View, in: Wirth, C., Gleixner, G., Heimann, M. (Eds.), Old

Growth Forests. Ecological Studies (Analysis and Synthesis). Springer Berlin Heidelberg, pp. 129–145. https://doi.org/10.1007/978.

Zanne, AE., Lopez-Gonzalez, G., Coomes, DA, Ilic, J, Jansen, S, Lewis, L, Miller, RB, Wiemann, MC, Chave, J, 2009. Data from: Towards a worldwide wood economics spectrum. Dryad Digital Repository. http://dx.doi.org/10.5061/dryad.234.

7. MATERIAL SUPLEMENTAR

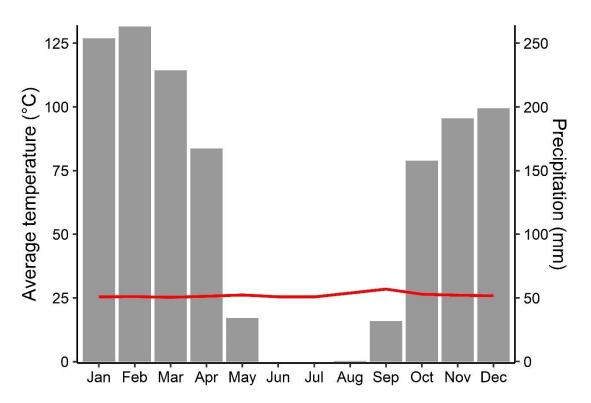


Figura S1. Distribuição das médias mensais da temperatura (linha vermelha) e precipitação (barras cinzas) do ano de 2020 da estação meteorológica de São José do Xingu, nordeste de Mato Grosso. Fonte: BDMEP-INMET 2020.

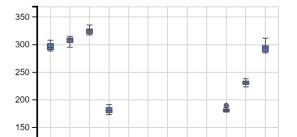
Região Xingu nordeste de Mato Grosso, Brazil

10.243S, 52.391W | Elevation: 298 m | Climate Class: A | Years: 2009-2019

100 -

50

0 -



Jan Feb Mar Apr May Jun Jul Aug Sep Oct Nov Dec

Distribution of Precipitation [mm]

Data Source: CRU Time Series v4.04 https://catalogue.ceda.ac.uk/uuid/89e1e34ec3554dc98594a5732622bce9

Jan Feb Mar Apr May Jun Jul Aug Sep Oct Nov Dec

ClimateCharts.net

Figura S2. Distribuição das médias mensais da temperatura e precipitação de 2009 a 2019 na região Xingu, nordeste de Mato Grosso.

Tabela S1. Informações de código das parcelas, coordenadas geográficas, tempo de intervenção e altitude de florestas restauradas na bacia do Rio Xingu, Mato Grosso.

Código	Latitude	Longitude	Idade	Altitude
dos plots			Plantio	(m)
			(anos)	
SCX-01	10.21756	52.41302	9	319
SCX-02	10.24757	52.40286	9	301
SCX-03	10.24286	52.39123	9	299
SCX-04	10.24205	52.35816	10	285
SCX-05	10.16508	52.35414	9	276
SCX-06	10.16057	52.32224	8	290
SCX-07	10.17712	52.31283	8	m
SCX-08	10.18318	52.33255	8	298
SCX-09	10.17708	52.31255	8	317
SCX-10	10.16038	52.39182	9	

SJX-01	1088760	52.72219	10	
SJX-02	10.88750	52.72372	9	348
SJX-03	10.86248	52.72243	12	326
SJX-04	10.85925	52.69976	12	336
SJX-05	10.81111	52.72532	10	
SJX-06	10.86252	52.72233	10	267
SJX-07	10.73202	52.64657	10	321
SCX-11	10 .73306	52.64602	9	
SCX-12	10.13541	52.35002	9	
SCX-13	10.28450	52.51940	9	299
SCX-14	1028448	52.51943	9	
SCX-15	10.37717	52.50290	8	
SJX-08	10.14334	52.38765	10	

Tabela S2. Lista das espécies semeadas pelo Instituto Socioambiental no experimento de semeadura direta em florestas restauradas na bacia do Xingu, Mato Grosso.

Famílias	Espécies	Densidade de sementes semeadas (ha-¹)
Anacardiaceae	Anacardium occidentale L.	10,9
Anacardiaceae	Astronium fraxinifolium Schott	0,5
Anacardiaceae	Spondias sp.	2,0
Annonaceae	Annona crassiflora Mart.	0,1
Annonaceae	Annona sp.	0,2
Annonaceae	Xylopia amazonica R.E.Fr.	0,0
Arecaceae	Astrocaryum aculeatum G.Mey.	12,3
Arecaceae	Mauritia flexuosa L. f.	29,3
Arecaceae	Mauritiella armata (Mart.) Burret	0,6
Arecaceae	Oenocarpus bacaba Mart.	10,0
Apocynaceae	Aspidosperma subincanum Mart.	0,1
Apocynaceae	Aspidosperma polyneuron Müll.Arg.	0,0
Apocynaceae	Himatanthus articulatus (Vahl) Woodson	0,1
Bignoniaceae	Handroanthus albus (Cham.) Mattos	0,3
Bignoniaceae	<i>Handroanthus impetiginosus</i> (Mart. ex DC.) Mattos	0,3
Bignoniaceae	Pyrostegia venusta (Ker Gawl.) Miers	0,1
Bignoniaceae	Tabebuia roseoalba (Ridl.) Sandwith	15,0
Bixaceae	Bixa orellana L.	3,8
Caryocaraceae	Caryocar brasiliense Cambess.	4,4

Combretaceae	Terminalia argentea Mart. & Zucc.	0,4
Combretaceae	Terminalia tetraphylla (Aubl.) Gere &	3,6
	Boatwr.	
Dilleniaceae	Curatella americana L.	0,1
Euphorbiaceae	Mabea fistulifera Mart.	2,0
Fabaceae	Acosmium sp	1,4
Fabaceae	Albizia niopoides (Spruce ex Benth.) Burkart	1,8
Fabaceae	Andira cujabensis Benth	1,0
Fabaceae Anadenanti	hera colubrina (Vell.) Brenan	36,1
Fabaceae	Apuleia leiocarpa (Vogel) J.F.Macbr.	0,2
Fabaceae	Cajanus cajan (L.) Huth	26,5
Fabaceae	Canavalia ensiformis (L.) DC.	560,0
Fabaceae	Chloroleucon mangense (Jacq.) Britton & Rose	0,0
Fabaceae	Copaifera langsdorffii Desf.	1,3
Fabaceae	Crotalaria spectabilis Röth	20,0
Fabaceae	Dipterix alata Vogel	1,5
Fabaceae	Dipteryx odorata (Aubl.) Forsyth f.	0,1
Fabaceae	Enterolobium sp.	2,0
Fabaceae	Erythrina crista-galli L.	0,1
Fabaceae	Enterolobium schomburgkii (Benth.)	0,5
Fabaceae	Hymenaea courbaril L.	15,0
Fabaceae	Hymenaea stigonocarpa Mart. ex Hayne	160,0
Fabaceae	Ormosia arborea (Vell.) Harms	0,2
Fabaceae	Parkia pendula (Willd.) Benth. ex Walp	0,2
Eslando	Schizolobium parahyba var.	
Fabaceae	amazonicum (Huber ex cke) Barneby	0,2
Fabaceae	Senna macranthera (DC. ex Collad.)	0,3
	H.S.Irwin & Barneby	•
Fabaceae	Senna occidentalis (L.) Link	0,0
Fabaceae	Senegalia polyphylla (DC.) Britton & Rose	0,1
Fabaceae	Tachigali vulgaris L.G.Silva & H.C.Lima	0,4
Fabaceae	Tamarindus indica L.	0,1
Fabaceae	Vigna unguiculata (L.) Walp.	150,0
Humiriaceae	Humiria balsamifera (Aubl.) A.StHil.	0,1
Hypericaceae	Vismia guianensis (Aubl.) Choisy	0,1
Malpighiaceae	Byrsonima sp.	0,3
Malpighiaceae	Byrsonima crassifolia (L.) Kunth	0,1
Malpighiaceae	Byrsonima coccolobifolia Kunth	1,4
Malvaceae	Apeiba tibourbou Aubl.	0,4
Malvaceae	Ceiba speciosa (A.StHil.) Ravenna	0,1
Malvaceae	Guazuma ulmifolia Lam.	0,6
Malvaceae	Sterculia apetala (Jacq.) H.Karst.	0,5
	1 \ \ \ \ \ \ \ \ \ \ \ \ \ \ \ \ \ \ \	•

Melastomatoceae	Bellucia grossularioides (L.) Triana	0,1
Meliaceae	Cedrela fissilis Vell.	0,2
Moraceae	Ficus adhatodifolia Schott in Spreng.	0,2
Moraceae	Maclura tinctoria (L.) D.Don ex Steud	0,1
Pedaliaceae	Sesamum indicum L.	0,0
Peraceae	Pera coccínea (Benth.) Müll.Arg.	0,2
Picrodendraceae	Piranhea trifoliata Baill.	0,1
Rubiaceae	Alibertia edulis (Rich.) A.Rich.	0,1
Rubiaceae	Genipa americana L.	0,7
Rutaceae	Zanthoxylum rhoifolium Lam.	0,1
Sapindaceae	Magonia pubescens A.StHil.	0,9
Sapotaceae	Pouteria sp.	0,1
Solanaceae	Solanum sp.	0,9
	Phenakospermum guyannense (Rich.)	0,8
Strelitziaceae	Endl. ex Miq.	0,0
Urticaceae	Cecropia sp.	0,1

Tabela S3. Informações sobre número de espécies, famílias, densidade absoluta, biomassa e área basal encontradas em 23 áreas de florestas restauradas na bacia do Rio Xingu, Mato Grosso.

Código	Nº Espécies	N^{o}	Densidade	Biomassa	Área
dos plots		Famílias	absoluta	(ton.ha ⁻¹)	basal
			(ha)		(m².ha
					1)
SCX-01	12	6	1680,0	59,66	13,04
SCX-02	11	7	1120,0	69,26	11,98
SCX-03	10	6	1380,0	60,61	11,31
SCX-04	5	3	1220,0	80,72	15,51
SCX-05	10	8	1340,0	35,51	7,44
SCX-06	5	4	2800,0	57,69	15,48
SCX-07	11	5	2160,0	37,76	12,19
SCX-08	12	6	2240,0	38,56	12,6
SCX-09	8	6	2680,0	64,82	17,7
SCX-10	10	9	1360,0	24,26	8,17
SJX-01	10	6	1080,0	9,26	14,79
SJX-02	12	10	960,0	29,13	7,03
SJX-03	4	2	360,0	47,31	17,87
SJX-04	19	9	1880,0	30,89	11,79
SJX-05	6	3	540,0	11,36	21,72
SJX-06	8	7	1100,0	94,97	8,06
SJX-07	9	5	640,0	17,19	10,23
SCX-11	14	6	1900,0	25,63	10,05
SCX-12	5	2	720,0	5,68	13,25
SCX-13	9	5	1380,0	61,84	5,01
SCX-14	9	7	1000,0	40,56	20,6
				,	,

SCX-15	8	6	1340,0	18,28	6,38
SJX-08	15	8	2340,0	43,90	15,31