

Colombo, PR / Outubro, 2024

Avaliação de indicadores de monitoramento em experimento de recomposição florestal de Reserva Legal na Amazônia Meridional, médio norte do Mato Grosso

OBJETIVOS DE DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL



Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
Embrapa Florestas
Ministério da Agricultura e Pecuária

ISSN 1517-526X / e-ISSN 1980-3958

Documentos 396

Outubro, 2024

Avaliação de indicadores de monitoramento
em experimento de recomposição
florestal de Reserva Legal na Amazônia
Meridional, médio norte do Mato Grosso

Ingo Isernhagen
Diego Barbosa Alves Antonio

Embrapa Florestas
Colombo, PR
2024

Embrapa Florestas

Estrada da Ribeira, Km 111, Guaraituba
Caixa Postal 319
83411-000, Colombo, PR
www.embrapa.br/florestas
www.embrapa.br/fale-conosco/sac

Comitê Local de Publicações

Presidente

Patrícia Póvoa de Mattos

Vice-presidente

José Elidney Pinto Júnior

Secretária-executiva

Elisabete Marques Oaida

Membros

Annete Bonnet

Cristiane Aparecida Fioravante Reis

Elenice Fritzsos

Guilherme Schnell e Schühli

Marilice Cordeiro Garrastazú

Sandra Bos Mikich

Susete do Rocío Chiarello Penteado

Valderês Aparecida de Souza

Edição executiva e revisão de texto

José Elidney Pinto Júnior

Normalização bibliográfica

Francisca Rasche

Projeto gráfico

Leandro Sousa Fazio

Diagramação

Celso Alexandre de Oliveira Eduardo

Fotos da capa

Ingo Isernhagen

Publicação digital: PDF

Todos os direitos reservados

A reprodução não autorizada desta publicação, no todo ou em parte, constitui violação dos direitos autorais (Lei nº 9.610).

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

Embrapa Florestas

Isernhagen, Ingo.

Avaliação de indicadores de monitoramento em experimento de recomposição florestal de Reserva Legal na Amazônia Meridional, médio norte do Mato Grosso / Ingo Isernhagen e Diego Barbosa Alves Antonio. — Colombo : Embrapa Florestas, 2024.

PDF (49 p.) : il. color. – (Documentos / Embrapa Florestas, ISSN 1517-526X ; e-ISSN 1980-3958, 396)

1. Reserva legal. 2. Amazônia Meridional. 3. Cerrado. 4. Pesquisa florestal. 5. Indicador ecológico. 6. Políticas públicas. I. Antonio, Diego Barbosa Alves. II. Título. III. Série.

CDD (21. ed) 633.174

Francisca Rasche (CRB-9/1204)

© 2024 Embrapa

Autores

Ingo Isernhagen

Biólogo, doutor em Conservação de Ecossistemas Florestais,
pesquisador da Embrapa Florestas, Colombo, PR

Diego Barbosa Alves Antonio

Engenheiro florestal, analista da Embrapa Agrossilvipastoril, Sinop, MT

Os autores agradecem aos colegas que ajudaram na concepção, implantação e manutenção do experimento, nesse último em especial aos técnicos e assistentes de campo da Embrapa Agrossilvipastoril. Também agradecem aos estagiários que contribuíram com coletas de dados entre os anos de 2012 a 2020 (especialmente o Eng. Flor. Leonardo Jhulio Favero Lopes de Abreu, que auxiliou na aplicação dos métodos aqui relatados), bem como à Eng.^a Agr.^a Dr.^a Elaine Cristina Casula Isernhagen, pelo inestimável suporte nas análises estatísticas.

Apresentação

Em 2012, após anos de diálogo na sociedade, foi promulgada a Lei Federal nº 12.651 – Lei de Proteção da Vegetação Nativa (popularmente conhecida como Novo Código Florestal). Como parte do arranjo de governança para implementação dessa lei, os estados da federação ficaram responsáveis pela elaboração dos chamados Programas de Regularização Ambiental. Esses programas devem apresentar à sociedade, por meio de normativas específicas, os requisitos mínimos para, entre outros compromissos, os produtores rurais regularizem os passivos de recomposição das Áreas de Preservação Permanente e das Reservas Legais.

Como parte das ações da Embrapa no Mato Grosso, por intermédio da Embrapa Agrossilvipastoril, foram implantadas áreas experimentais de recomposição de Reserva Legal, que vêm sendo monitoradas ao longo do tempo. O Mato Grosso foi um dos primeiros estados a lançar normativas específicas de monitoramento de projetos de recuperação de áreas degradadas, sendo essencial que os indicadores propostos sejam monitorados, tanto em áreas privadas como em ambientes controlados via experimentação científica. Esses monitoramentos poderão retroalimentar as políticas públicas, com base na ciência, de forma a constantemente aprimorar as técnicas de restauração de ecossistemas que, por sua vez, ajudarão no restabelecimento dos serviços ecossistêmicos, para benefício de toda a sociedade. A Embrapa Florestas se soma ao suporte às pesquisas em restauração de ecossistemas nos diferentes biomas brasileiros, tendo como um de seus compromissos intensificar, até 2030, a restauração de Áreas de Preservação Permanente e Reservas Legais com espécies nativas.

Esse trabalho apresenta alinhamento às metas dos Objetivos do Desenvolvimento Sustentável (ODS) da Agenda 2030 da ONU (especialmente os objetivos 2, 8, 9, 10, 11, 12, 15, 17), por abordar a aplicação de protocolos de monitoramento que busquem a qualidade do processo de restauração de ecossistemas terrestres, com foco

em sistemas sustentáveis de produção, proteção e restauração de ecossistemas relacionados à água e gestão sustentável dos recursos naturais, direcionados ao desenvolvimento sustentável e aumento de resiliência e adaptação a mudanças climáticas. Vale destacar também a contribuição da Embrapa, via experimentação científica e transferência de tecnologias, para a Década das Nações Unidas da Restauração de Ecossistemas (2021–2030) e para a execução do Plano Nacional de Recuperação da Vegetação Nativa (Planaveg).

Laurimar Goncalves Vendrusculo

Chefe-Geral da Embrapa Agrossilvipastoril

Marcelo Francia Arco Verde

Chefe-Geral interino da Embrapa Florestas

Sumário

Introdução	11
Concepção, instalação e manutenção do experimento de recomposição de Reserva Legal	13
Monitoramento dos plantios via aplicação do protocolo da Sema-MT	23
Análise das coberturas de copas encontradas	29
Riqueza e densidade de regeneração natural encontradas	35
Considerações finais e recomendações de manejos adaptativos	39
Referências	42
Apêndice A	46

Introdução

A fase inicial das atividades de campo da Embrapa Agrossilvipastoril no estado de Mato Grosso coincidiu temporalmente com as discussões e a promulgação da Lei Federal nº 12.651/2012, a Lei de Proteção da Vegetação Nativa (Brasil, 2012), conhecida popularmente como o Novo Código Florestal brasileiro. Nessa normativa reafirma-se a figura da Reserva Legal (RL) como uma das formas de conservação e manejo da vegetação nativa dentro dos limites das propriedades rurais no território nacional, com a seguinte definição:

Área localizada no interior de uma propriedade ou posse rural, [...], com a função de assegurar o uso econômico de modo sustentável dos recursos naturais do imóvel rural, auxiliar a conservação e a reabilitação dos processos ecológicos e promover a conservação da biodiversidade, bem como o abrigo e a proteção de fauna silvestre e da flora nativa (Brasil, 2012, art. 3º, inciso III).

Sua dimensão mínima em termos percentuais relativos à área do imóvel é dependente de sua localização no território nacional e da tipologia da vegetação, variando de 20 a 80%. Na região de Sinop, que se encontra na chamada Amazônia Legal brasileira e em ambiente florestal, trabalha-se com percentuais da ordem de 50 ou 80%, de acordo com a época em que foi realizado o desmatamento da propriedade (considerando aqui o marco temporal legal de 22/7/2008) ou da existência de Zoneamento Ecológico-Econômico (em tramitação no estado de Mato Grosso durante a divulgação do presente trabalho).

Nas RLs, ainda segundo a Lei Federal nº 12.651/2012, permite-se o manejo sustentável da área, entendido como:

[...] administração da vegetação natural para a obtenção de benefícios econômicos, sociais e ambientais, respeitando-se os mecanismos de sustentação do ecossistema objeto do manejo e considerando-se, cumulativa ou alternativamente, a utilização de múltiplas espécies madeireiras ou não, de múltiplos produtos e subprodutos da flora, bem como a utilização de outros bens e serviços.

Assim, a extração de produtos madeireiros e não madeireiros e algumas atividades, como meliponicultura e turismo rural, entre outras, têm potencial para implementação, com a devida comunicação ao órgão ambiental estadual e de acordo com as normativas desse, regulamentadas a partir dos Programas de Regularização Ambiental estaduais.

São escassos exemplos de iniciativas de recomposição florestal de RL na região médio-norte do estado de Mato Grosso, o que gera incertezas sobre técnicas e espécies que poderiam ser utilizadas na região. Dessa forma, desde a concepção conceitual da Embrapa Agrossilvipastoril, entendeu-se como necessária a criação de linhas de pesquisa e ações de transferência de tecnologias que pudessem orientar técnicos e produtores rurais para, principalmente, buscarem a regularização de suas propriedades perante a legislação federal. No entanto, mais do que a regularização ambiental das Áreas de Preservação Permanente e da Reserva Legal da propriedade rural, o fortalecimento de ações de restauração de ecossistemas pode fomentar toda a cadeia produtiva ligada ao tema, como a dos coletores de sementes, viveiristas e profissionais ligados à implantação e ao monitoramento dessas áreas, além de subsidiar políticas públicas ligadas ao Pagamento por Serviços Ambientais.

Em 2012 foi implantado um experimento de recomposição de Reserva Legal na área experimental da Embrapa Agrossilvipastoril, em Sinop, MT, cujo histórico de implantação e alguns resultados iniciais são aqui apresentados, com foco na análise da aplicação de protocolos de monitoramento de projetos de restauração ecológica, notadamente o protocolo oficial da Secretaria de Estado do Meio Ambiente do Mato Grosso (Souza; Vieira, 2018). Espera-se com isso criar elementos de referência regional, bem como contribuir para a execução e a revisão de políticas públicas que orientem os gestores do território do estado.

Concepção, instalação e manutenção do experimento de recomposição de Reserva Legal

O objetivo principal deste experimento de longa duração, concebido originalmente em 2011, é desenvolver estratégias técnico-científicas e econômicas para a recomposição de Reservas Legais em propriedades rurais localizadas em ecorregiões de Cerrado, bem como de transição dos biomas Amazônia e Cerrado, no estado de Mato Grosso. A base conceitual do experimento envolve a avaliação de três técnicas principais de restauração ecológica em área florestal: o plantio de mudas, a semeadura direta e a regeneração natural, analisando-se as técnicas em si, o desenvolvimento de cada espécie e as suas interações e também aspectos econômicos. Quatro áreas experimentais foram instaladas, mas aqui são apresentados resultados apenas da área experimental de Sinop, Mato Grosso. Informações sobre as outras áreas podem ser consultadas em Isernhagen e Antonio (2019).

O município de Sinop está situado à latitude de 11°50'53" Sul e longitude de 55°38'57" Oeste, com altitude média de 380 m. Encontra-se em região cujo clima pode ser classificado como Aw (sistema de classificação de Köppen), ou seja, tropical, com estação chuvosa no verão, de novembro a abril, e nítida estação seca no inverno, de maio a outubro (sendo julho o mês mais seco). A temperatura média do mês mais frio é superior a 18 °C e a temperatura média anual é 24,2 °C, com pluviosidade média anual de aproximadamente 2.000 mm. O solo predominante no campo experimental da Embrapa Agrossilvipastoril é o Latossolo Vermelho Amarelo Distrófico típico, com textura muito argilosa e A moderado, sendo o relevo plano (Gheno et al., 2012; Souza et al., 2013; Viana et al., 2015). A região encontra-se em trecho de contato entre diferentes tipos de vegetação, florestais e savânicas, estando predominantemente dentro do polígono ON do sistema de classificação do IBGE (2004), ou seja, contato entre Floresta Ombrófila e Floresta Estacional e com atividades agrárias.

O trecho do campo experimental da Embrapa Agrossilvipastoril onde foi instalado o experimento é contíguo ao remanescente florestal que compõe a maior parte da Área de Preservação Permanente da propriedade. O histórico de uso é semelhante ao restante do campo experimental, ou seja, desmatamento da área florestal na década de 1980, seguido por atividades agrícolas tecnificadas até o ano de 2009, quando houve a aquisição do terreno para instalação da Embrapa.

Sete tratamentos foram originalmente concebidos, implantados em delineamento de blocos casualizados, com quatro repetições (blocos) de parcelas com dimensões de 60 x 80 m (0,48 ha). Assim, cada tratamento possui uma área total de 1,92 ha. A área destinada à instalação dos blocos 3 e 4 possui um histórico posterior de desmatamento em relação aos blocos 1 e 2 (1980), não sendo possível precisar as datas exatas. Em campo também percebeu-se diferença da textura do solo entre os chamados blocos 1 e 2, com solo mais argiloso, em relação aos blocos 3 e 4, com solo de textura média.

No presente documento são fornecidos resultados de análises realizadas apenas nos tratamentos de plantio de mudas, apresentados a seguir:

T1: espécies nativas regionais consorciadas com eucalipto híbrido (*E. urophylla* x *Eucalyptus grandis*, clones I144);

T2: espécies nativas regionais consorciadas com seringueira e açaí;

T3: somente espécies nativas regionais;

T7: somente espécies nativas regionais, mas sem condução mediante desramas e desbastes para futuro uso econômico, manejos que estão sendo feitos nos demais tratamentos. Pode ser considerado uma restauração ecológica *stricto sensu*.

Como critério para escolha das espécies nativas levaram-se em consideração a ocorrência na flora nativa regional, o papel ecológico, o interesse econômico e a disponibilidade de mudas em viveiros da região à época da instalação do experimento. Foram utilizadas 18 espécies, sendo 17 nativas regionais (conforme levantamentos prévios de Isernhagen (2015)) e uma exótica (Tabela 1).

Tabela 1. Listagem de espécies arbóreas nativas e exótica utilizadas no experimento de recomposição de Reserva Legal na Embrapa Agrossilvipastoril, Sinop, MT.

Família botânica	Nome científico ⁽¹⁾	Nome popular regional	Uso ⁽²⁾
Nativas			
Anacardiaceae	<i>Anacardium occidentale</i> L.	Caju	Fruto
Arecaceae	<i>Euterpe oleracea</i> Mart.	Açaí	Fruto
Bignoniaceae	<i>Handroanthus serratifolius</i> (Vahl) S. O. Grose	Ipê-amarelo	Madeira
Boraginaceae	<i>Cordia glabrata</i> (Mart.) A. DC.	Louro-preto	Madeira
Burseraceae	<i>Trattinickia rhoifolia</i> Willd.	Amescla	Madeira
Calophyllaceae	<i>Calophyllum brasiliense</i> Cambess.	Guanandi	Madeira
Combretaceae	<i>Terminalia tetraphylla</i> (Aubl.) Gere & Boatwr	Mirindiba	Madeira
Euphorbiaceae	<i>Hevea brasiliensis</i> (Willd. ex A. Juss.) Müll. Arg.	Seringueira	Látex
Fabaceae – Caesalpinioideae	<i>Hymenaea courbaril</i> L.	Jatobá	Fruto, madeira
Fabaceae - Faboideae	<i>Dipteryx odorata</i> (Aubl.) Willd.	Champanhe, cumaru	Madeira
Fabaceae - Mimosoideae	<i>Parkia platycephala</i> Benth.	Faveira, angelim-saia	Recobrimento
Lauraceae	<i>Mezilaurus itauba</i> (Meisn.) Taub. ex Mez	Itaúba	Madeira
Lecythidaceae	<i>Bertholletia excelsa</i> Bonpl.	Castanheira	Fruto

Continua...

Tabela 1. Continuação

Família botânica	Nome científico ⁽¹⁾	Nome popular regional	Uso ⁽²⁾
Nativas			
Melastomataceae	<i>Bellucia grossularioides</i> (L.) Triana	Jambo-da-mata	Recobrimento
Rubiaceae	<i>Genipa americana</i> L.	Genipapo	Fruto
Urticaceae	<i>Cecropia pachystachya</i> Trécul	Embaúba	Atração de fauna
Urticaceae	<i>Cecropia sciadophylla</i> Mart.	Embaúba-do-norte	Atração de fauna
Exótica			
Myrtaceae	<i>E. urophylla</i> x <i>Eucalyptus grandis</i> (híbrido <i>urograndis</i>)	Eucalipto	Madeira

⁽¹⁾ Nomenclatura segundo Reflora (2024).

⁽²⁾ O uso da espécie é o principal, pois várias espécies têm usos complementares (usos múltiplos). Por “madeira” entenda-se tanto para uso como lenha como também para marcenaria. Por “recobrimento” entenda-se espécie cujo crescimento é rápido e cuja copa seja ampla, auxiliando no recobrimento do solo e auxílio no sombreamento e controle de espécies exóticas invasoras, como algumas espécies de gramíneas dos gêneros *Urochloa* e *Panicum*.

No ano de instalação do experimento, a área estava predominantemente ocupada por gramíneas exóticas, sem expressão de regeneração natural conspícua, possivelmente devido ao uso de agricultura tecnificada e aplicação reiterada de herbicidas (Figura 1). Para garantir homogeneidade entre os tratamentos, foi realizada gradagem em área total no mês de outubro de 2012, seguida do estaqueamento para delimitação das parcelas (Figura 2). Após início de germinação do banco de sementes das plantas espontâneas, aplicou-se herbicida glifosato em área total. Após alguns dias, foram feitas 20 linhas (sulcos) de plantio paralelos em cada parcela experimental (cultivo mínimo), com aproximadamente 60 cm de profundidade e 60 m de comprimento, com espaçamento de 4 m entre cada linha (Figura 3). Poucos dias após a sulcagem foi aplicado, apenas nas linhas de



Foto: Ingo Isernhagen

Figura 1. Vista geral da área antes da implantação do experimento.



Foto: Ingo Isernhagen

Figura 2. Preparo da área com gradagem e delimitação das parcelas com estacas.

plântio, herbicida pré-emergente (Sulfentrazone) para retardamento da germinação das espécies espontâneas, que eventualmente poderiam gerar competição inicial para as mudas a serem plantadas.

As mudas foram, então, distribuídas conforme espaçamentos pré-definidos em croquis (Apêndice A), sendo 3 m entre cada muda

Foto: Ingo Isemhagen



Figura 3. Confeção de sulcos de plantio para as mudas.

(exceto no caso das seringueiras, onde o espaçamento entre mudas foi 4 m na linha de plantio). Buscou-se mesclar espécies com fins de atração de fauna/cobertura de copa com aquelas de interesse predominantemente comercial (madeireiras e não madeireiras) (Figura 4). Destaca-se que, em T1 e T2, devido à presença de eucaliptos e de seringueiras, respectivamente, as densidades de plantio das demais espécies foi menor que em T3 e T7 (Tabela 2). Destaque também deve ser dado à espécie cujo nome popular é embaúba: durante a instalação do experimento havia disponibilidade de uma espécie (*C. pachystachya*), mas, durante o replântio, foi utilizada outra



Foto: Ingo Isenrhagen

Figura 4. Plantio de mudas de seringueiras em sulco durante a instalação do experimento.

espécie (*C. sciadophylla*). Durante os monitoramentos realizados, as duas espécies foram tratadas como uma, visto que apresentam proximidade filogenética e desempenham o mesmo papel ecológico de atração de fauna. Somente nos eucaliptos (T1) e nas seringueiras (T2), cujas recomendações técnicas são melhor conhecidas do que nas outras espécies, foi aplicada adubação de base (cerca de 150 g de NPK 4:14:8), com dois parcelamentos posteriores de adubação de cobertura (NPK 20:0:20). Do mesmo modo, apenas nos sulcos onde foram plantados os eucaliptos foi aplicado cupinicida antes do plantio. Foram realizados replantios nos dois meses subsequentes à implantação (janeiro e fevereiro de 2013). Também foram realizadas ações de controle de formigas cortadeiras, utilizando-se iscas formicidas à base de sulfluramida. Aceiros foram mantidos mediante a manutenção de carregadores ao redor e entre as parcelas.

Tabela 2. Número de mudas, por espécie, por parcela e por tratamento, utilizadas na implantação do experimento de recomposição de Reserva Legal, em novembro e dezembro de 2012, Embrapa Agrossilvipastoril, Sinop, MT.

Árvore	Número de indivíduos plantados por parcela e por tratamento (4 repetições)							
	T1		T2		T3		T7	
	Par- cela	Total	Par- cela	Total	Par- cela	Total	Par- cela	Total
Açaí	15	60	55	220	25	100	25	100
Caju	15	60	15	60	25	100	25	100
Castanheira	15	60	15	60	25	100	25	100
Jenipapo	15	60	15	60	25	100	25	100
Ipê	7	28	7	28	12	48	12	48
Itaúba	7	28	7	28	12	48	12	48
Mirindiba	7	28	7	28	12	48	12	48
Jatobá	8	32	8	32	13	52	13	52
Amescla	8	32	8	32	13	52	13	52
Champanhe	8	32	8	32	13	52	13	52
Guanandi	8	32	8	32	13	52	13	52
Louro	17	68	17	68	22	88	22	88
Embaúba	30	120	30	120	50	200	50	200
Jambo-da- -mata	30	120	30	120	50	200	50	200
Faveira, an- gelim-saia	50	200	50	200	90	360	90	360
Seringueira	0	0	96	384	0	0	0	0
Eucalipto híbrido	168	672	0	0	0	0	0	0
Totais	408	1.632	376	1.504	400	1.600	400	1.600

As manutenções foram feitas majoritariamente por via mecanizada (tratores com roçadeira) ou semimecanizada (roçadeira costal com lâmina), tanto nas linhas de plantio como nas entrelinhas, procurando-se evitar a supressão de indivíduos regenerantes ou plântulas geradas pela dispersão de sementes das espécies plantadas (Figura 5).



Foto: Ingo Isernhagen

Figura 5. Controle de matocompetição nas entrelinhas usando trator com roçadeira.

Normalmente, o controle de matocompetição era realizado de três a quatro vezes em cada período chuvoso (novembro a abril), durante os quatro primeiros anos do experimento. Somente no período de chuvas de 2015/2016 foi aplicado o glifosato com jato dirigido às touceiras de gramíneas exóticas invasoras, uma vez que o crescimento das árvores já impedia a circulação de tratores, mas o sombreamento produzido por elas ainda não era suficiente para impedir a germinação e estabelecimento das espécies espontâneas.

Nos anos de 2014 a 2017, foram realizadas desramas anuais nos tratamentos 1, 2 e 3, como forma de conduzir o crescimento de fustes retilíneos, notadamente das espécies com finalidade madeireira (Figura 6).



Foto: Ingo Isernhagen

Figura 6. Desrama (poda) de indivíduo de champanhe para a condução de fuste.

Em 2018 foi realizada uma ação de desbaste de alguns indivíduos de eucalipto híbrido no T1, tanto com a finalidade de retirar aqueles mortos como para quantificação intermediária de produção de lenha (Figura 7). Logo nos primeiros meses após a implantação do experimento, ocorreu 100% de mortalidade das mudas de açais e guanandis, restando, portanto, 15 espécies nativas e uma exótica (eucalipto). Dados iniciais de sobrevivência podem ser encontrados em Isernhagen et al. (2019) e Abreu e Isernhagen (2021).



Foto: Ingo Isenmagen

Figura 7. Desbaste parcial de indivíduos de eucaliptos no T1, após seis anos de implantação.

Monitoramento dos plantios via aplicação do protocolo da Sema-MT

Desde o primeiro ano após a implantação do experimento estão ocorrendo monitoramentos periódicos que levam em conta características ligadas à estruturação da comunidade florestal, como a sobrevivência (%), o diâmetro à altura do peito (DAP), a altura total e a cobertura de copa dos indivíduos e dos tratamentos, na forma de censos e amostragens (Figura 8).

Como parte desses monitoramentos, em janeiro de 2021, oito anos após implantação do experimento, aplicou-se o Protocolo de Monitoramento da Recomposição da Vegetação Nativa no Estado de Mato

Foto: Ingo Isernhagen



Figura 8. Monitoramento da estrutura da vegetação em restauração, com tomada de dados de diâmetro à altura do peito, altura e cobertura.

Grosso (Souza; Vieira, 2018). Trata-se do protocolo oficial que os produtores e técnicos rurais devem adotar para produzir relatos ao órgão ambiental estadual, referentes aos respectivos Programas de Regularização Ambiental (PRA), por via de Termos de Compromisso e após análise do Cadastro Ambiental Rural (CAR) (Decreto Estadual nº 1.491 de 15 de maio de 2018, da Secretaria de Estado de Meio Ambiente (Sema) – Mato Grosso, 2018). Assume-se, por meio desse protocolo, a necessidade de alcançar valores de referência para os seguintes indicadores ambientais (aqui tratados os referentes aos ecossistemas florestais e em áreas acima de quatro módulos fiscais, caso da Embrapa Agrossilvipastoril):

- Cobertura do solo: cobertura gerada pelas copas dos indivíduos com altura acima de 2,0 m, sendo necessário alcançar 80% de cobertura por espécies nativas.
- Densidade de regenerantes nativos: acima de 3.000 indivíduos por hectare.

- Riqueza de regenerantes nativos: 20 espécies, ou morfotipos, para polígonos abaixo de 5,0 ha (caso de cada tratamento avaliado no experimento, que totaliza 1,92 ha).

O alcance dessas metas deve ocorrer, para o caso das Reservas Legais, em até 20 anos. Para o monitoramento da área, o protocolo preconiza avaliações bianuais, a partir da instalação de parcelas de 25 x 2 m (50 m²) (Figuras 9 a 11), sendo uma a cada 5,0 ha, instaladas de forma aleatória ou fixa a cada monitoramento. Em cada parcela avalia-se, metro a metro e com a projeção de uma linha “imaginária” vertical, a cobertura proporcionada pelas espécies acima de 2 m de altura (nativa, exótica ou ausente). Na faixa do solo, dentro dos 50 m², contabilizam-se os indivíduos regenerantes acima de 30 cm e abaixo de 2 m de altura, anotando-se suas espécies ou morfotipos. Essas anotações são, então, quantificadas para o cálculo da densidade e riqueza do estrato regenerante. A Secretaria de Estado de Meio Ambiente de Mato Grosso (Sema-MT) disponibiliza online a planilha para que os técnicos responsáveis possam realizar a coleta de dados (Mato Grosso, 2024), registrando os monitoramentos em sistema oficial desse órgão ambiental.

Para a avaliação dos tratamentos com plantios de mudas do experimento de recomposição de RL na Embrapa Agrossilvipastoril foram instaladas três parcelas de 25 x 2 m em cada uma das quatro repetições, perfazendo um total de 12 parcelas de 50 m² por tratamento, o que equivale a uma amostragem de 0,06 ha (600 m²) para um total de 1,92 ha de cada tratamento. Essa amostragem é mais de duas vezes maior que a recomendada pela Sema-MT. A alocação das parcelas de 25 x 2 m foi aleatória e diagonal ao sentido das linhas de plantio. Após a instalação, coletaram-se os dados de cobertura de copa, densidade e riqueza da regeneração conforme Souza e Vieira (2018).

De forma complementar, e com a finalidade de avaliar a acurácia e praticidade, bem como comparar os resultados com aqueles do protocolo da Sema-MT, foram utilizados outros cinco métodos para avaliação da cobertura de copa: o densiômetro de copa e quatro aplicativos para telefone celular. Todos os métodos foram aplicados em



Figura 9. Croqui ilustrativo (vista superior) da disposição de unidade amostral de monitoramento de áreas em recomposição, conforme protocolo de monitoramento da Sema-MT.

Ilustração: Marina Guimarães Freitas.

Fonte: Souza e Vieira (2018).

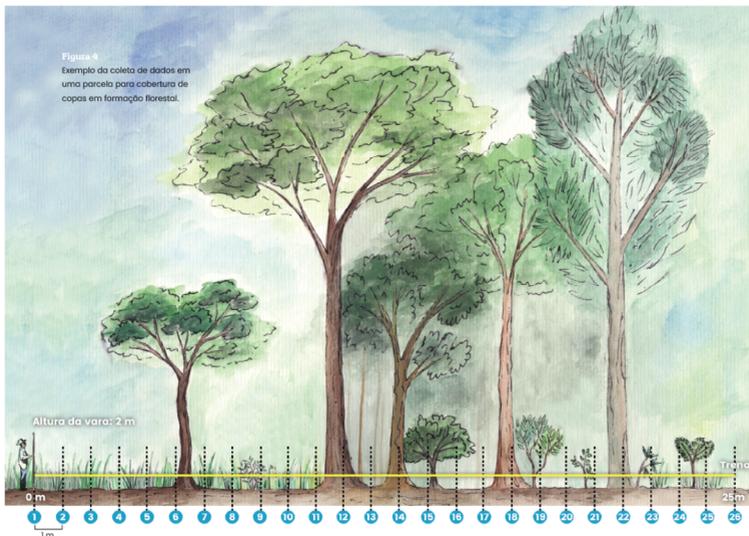


Figura 10. Croqui ilustrativo (vista lateral) da disposição de unidade amostral de monitoramento de áreas em recomposição, conforme protocolo de monitoramento da Sema-MT.

Ilustração: Marina Guimarães Freitas.

Fonte: Souza e Vieira (2018).



Foto: Ingo Isenmagen

Figura 11. Disposição da trena para delimitação da parcela amostral de 25 x 2 m e tomada de dados de cobertura e regeneração natural no experimento.

cada uma das três parcelas de monitoramento do protocolo Sema-MT acima descritos, aos 8, 16 e 24 m do comprimento da trena de 25 m esticada. O densiômetro de copa (Figura 12) é constituído por um espelho côncavo com 24 quadrados onde, em cada quadrado, o observador deve estimar uma pontuação de cobertura de copa, sendo “0” a ausência de copa e “4” a cobertura total de copa, sendo as gradações 1, 2 e 3 correspondentes aos níveis intermediários. Essa observação foi feita por somente um coletor de dados, para evitar divergências de interpretação. O processo é repetido quatro vezes em cada ponto de coleta, correspondendo aos pontos cardeais (Norte, Leste, Oeste e Sul). Os quatro aplicativos para avaliação de cobertura foram: GLA-MA Aplicação, Canopy Capture, Canopy App e Canopy Cover Free, todos gratuitos. Os aplicativos baseiam-se em percentuais de cobertura de copa ou a ausência desta. Na Figura 13 são ilustradas as telas de captação de dados de três desses aplicativos.

Foto: Ingo Isernhagen



Figura 12. Densiômetro de copa em uso no experimento, no interior da parcela amostral de 25 x 2 m.

Fotos: Ingo Isernhagen

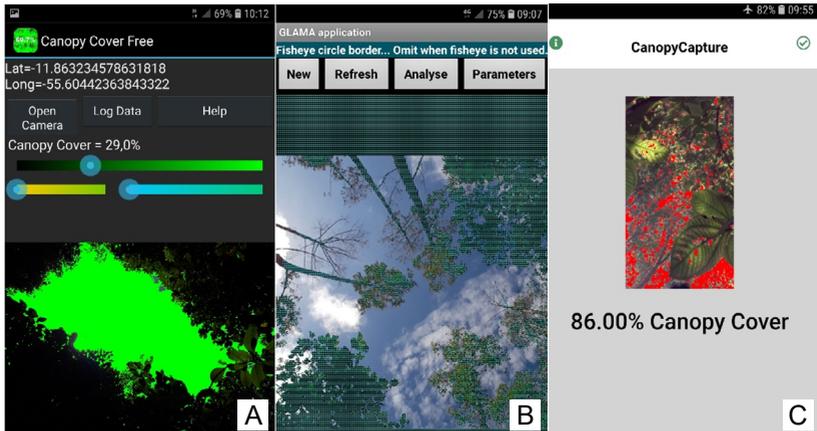


Figura 13. Da esquerda para direita, captura de tela ilustrativa dos aplicativos Canopy Cover Free (A), GLAMA Application (B) e Canopy Capture (C), durante leitura de dados de cobertura de copas no experimento de recomposição de Reserva Legal na Embrapa Agrossilvipastoril.

Análise das coberturas de copas encontradas

A leitura final apresentada pelo protocolo da Sema-MT, por ocasião da apresentação de relatórios executivos/técnicos ao órgão, é feita por parcela de 25 x 2 m. Porém, para fins de comparação com os demais métodos de avaliação de cobertura de copa, foram consideradas apenas as leituras de cobertura de copa aos 8, 16 e 24 m, sem distinção se a copa era formada por espécies nativas ou exóticas (no caso de presença de copa). Assim, foi possível comparar com os dados obtidos pelo densiômetro e pelos aplicativos (Tabela 3), já que nesses também não era possível diferenciar se a copa era formada por espécies nativas e, ou exóticas. A análise dos dados dentro dessa abordagem foi realizada no programa R, onde se efetuou a análise de variância ($p < 0,05$). Previamente foram realizados os testes de Shapiro Wilk, para a verificação da normalidade dos dados, e de Levene para verificação de homogeneidade das variâncias, sendo realizadas transformações de dados quando necessário. Em caso de diferença estatística detectada pela análise de variância, procedeu-se à comparação de médias pelos testes de Tukey ou Kruskal-Wallis.

A percepção em campo é que, de forma geral, a aplicação dos métodos de detecção de cobertura de copa arbórea com o uso dos aplicativos, embora rápida, mostrou-se bastante sensível às variações de luminosidade geradas, por exemplo, pela passagem de nuvens e mesmo a movimentação das copas das árvores. Após as primeiras leituras no campo, a equipe percebeu essas variações e testou as leituras em diferentes situações de nebulosidade, em um mesmo ponto e em diferentes parcelas, reforçando essa percepção. Especialmente em casos onde houve grande abertura do dossel, como foi o caso de algumas parcelas do T1 (geradas devido ao desbaste ou mesmo mortalidade de indivíduos de eucalipto), essa sensibilidade aumentava bastante, gerando grandes variações nos percentuais detectados por esses aplicativos até mesmo durante uma mesma medição (o que se percebe nos desvios-padrão expressos na Tabela 2).

Tabela 3. Comparação dos percentuais (%) médios de cobertura de copas obtida por amostragem, entre métodos e entre tratamentos, no plantio de árvores nativas no experimento de recomposição de Reserva Legal na Embrapa Agrossilvipastoril, Sinop, MT, após oito anos de implantação.

Método de avaliação de cobertura de copa	% médio (\pm desvio padrão) de cobertura de copas ⁽¹⁾			
	T1	T2	T3	T7
Aplicativo GLAMA	86,73 (\pm 5,79) aA	87,64 (\pm 3,68) aA	86,55 (\pm 4,03) aAB	87,66 (\pm 2,54) aB
Aplicativo Canopy APP	55,71 (\pm 20,47) aC	62,72 (\pm 18,39) aB	57,02 (\pm 16,06) aD	67,16 (\pm 11,26) aD
Aplicativo Canopy Cover Free	73,05 (\pm 21,70) aAB	83,00 (\pm 6,20) aAB	79,38 (\pm 9,13) aBC	83,67 (\pm 5,03) aBC
Aplicativo Canopy Capture	70,83 (\pm 16,01) bABC	83,89 (\pm 6,07) aAB	81,97 (\pm 7,84) aBC	83,53 (\pm 4,54) aBC
Densiómetro	62,10 (\pm 11,85) bBC	70,32 (\pm 3,94) abB	70,34 (\pm 6,35) abC	76,90 (\pm 6,85) aC
Protocolo Sema-MT	86,11 (\pm 3 5,07) aA	94,44 (\pm 23,23) aA	94,44 (\pm 23,23) aA	100,00 (\pm 0) aA

⁽¹⁾ Letras minúsculas diferentes na mesma linha indicam diferença estatística entre os percentuais médios de cobertura entre os tratamentos, para o mesmo método de avaliação. Letras maiúsculas diferentes na mesma coluna indicam diferença estatística entre os percentuais médios de cobertura entre os métodos, para o mesmo tratamento.

Altos desvios padrão também foram encontrados para o protocolo Sema porque, nessa análise, o resultado somente poderia ser 0 ou 100% de cobertura (a seguir, neste mesmo trabalho, serão tratados apenas os dados gerados pela aplicação do protocolo da Sema). Para a avaliação por via densiómetro de copa é usual a crítica de que a percepção de cobertura dos quadrados no espelho côncavo tende a ser bastante subjetiva, recomendando-se que um mesmo operador

faça todas as leituras. Além disso, foi o método mais demorado para registro dos dados, visto que, em cada ponto, é necessário coletar dados dos quatro pontos cardeais. Ao se analisarem os efeitos dos blocos, o que se fez necessário devido às diferenças de textura de solo e histórico de uso entre os blocos 1 e 2 para o 3 e 4, não foram encontradas diferenças estatísticas para a variável cobertura de copa, ao menos para esses valores obtidos após oito anos de implantação do experimento.

Para todos os tratamentos, o protocolo Sema, exclusivamente ou junto ao aplicativo GLAMA, apresentou os maiores valores de cobertura de copa (Tabela 3). Afirmar se esse resultado é o mais condizente com a realidade requer mais tempo e também métodos complementares de avaliação que consigam realizar uma avaliação conjunta de todo o espaço no campo.

Em uma segunda abordagem dos dados de cobertura de copa, a análise ateu-se apenas aos coletados por meio do protocolo de monitoramento da Sema-MT. Nesse caso, diferentemente da análise anterior (que considerou somente a presença ou ausência de cobertura de copa aos 8, 16 e 24 m da “trenada”), analisaram-se os dados a cada metro da trena de 25 m, anotando-se ausência de cobertura de copa, cobertura por espécies nativas, cobertura por espécies exóticas e cobertura total. Os mesmos procedimentos estatísticos realizados na primeira abordagem foram aqui aplicados. Na Tabela 4 constam os percentuais obtidos para essa abordagem de cobertura de copas.

A análise direta dos dados encontrados demonstra que, à exceção do T1, os outros três tratamentos alcançaram e excederam, após oito anos de plantio, o parâmetro mínimo de 80% de cobertura de copas de espécies nativas. No campo foi possível observar que esses “vazios” de cobertura foram encontrados, principalmente, em trechos onde a alocação da parcela de 25 x 2 m coincidiu com as linhas de eucaliptos. Uma possível justificativa para esse resultado são os desbastes parciais de eucaliptos realizados em 2018, conforme relatado, bem como a mortalidade de indivíduos dessa espécie registrada no

último monitoramento total das árvores desse tratamento, realizado em 2020¹, e causado por ataques de formigas. Ainda assim, a cobertura média total de copas no T1 ficou acima de 80%.

Tabela 4. Comparação dos percentuais médios de cobertura de copas obtidas por amostragem (\pm desvio-padrão), considerando somente o protocolo de monitoramento da Sema-MT (% sem copa, % somente de nativas, % de exóticas e % total), no plantio de árvores do experimento de recomposição de Reserva Legal na Embrapa Agrossilvipastoril, Sinop, MT, após 8 anos de implantação.

Tratamento	% médio (\pm desvio-padrão) de cobertura por tratamento ⁽¹⁾			
	% sem vegetação	% copas nativas	% copas exóticas	% copa total
Tratamento 1	15,67 ($\pm 17,01$) a	73,00 ($\pm 13,11$) b	26,33 ($\pm 23,72$)	84,33 ($\pm 17,01$) b
Tratamento 2	4,00 ($\pm 7,82$) a	96,00 ($\pm 7,82$) a	n.a.	96,00 ($\pm 7,82$) a
Tratamento 3	4,00 ($\pm 7,03$) a	96,00 ($\pm 7,03$) a	n.a.	96,00 ($\pm 7,03$) a
Tratamento 7	1,33 ($\pm 3,11$) a	98,67 ($\pm 3,11$) a	n.a.	98,67 ($\pm 3,11$) a

⁽¹⁾ Letras minúsculas diferentes na mesma coluna indicam diferença estatística entre os percentuais médios de cobertura entre os tratamentos. Percentual de cobertura de exóticas expresso apenas no T1, único tratamento onde constam essas espécies (eucaliptos). n.a.: não se aplica, visto que nos tratamentos 2, 3 e 7 não foram utilizadas espécies exóticas.

Para além do previsto no protocolo de monitoramento da Sema-MT, o registro de dados também identificou, a cada metro da treva, qual ou quais espécies formavam a copa imediatamente acima, com a intenção de avaliar quais espécies mais contribuíram para a formação da cobertura de copa, por tratamento. A Figura 14 ilustra as contribuições das 20 espécies que foram registradas na formação de

¹ Dados coletados no campo e organizados em planilhas pelo primeiro autor entre dezembro de 2020 e fevereiro de 2021, no experimento de recomposição de Reserva Legal no campo experimental da Embrapa Agrossilvipastoril, em Sinop, MT.

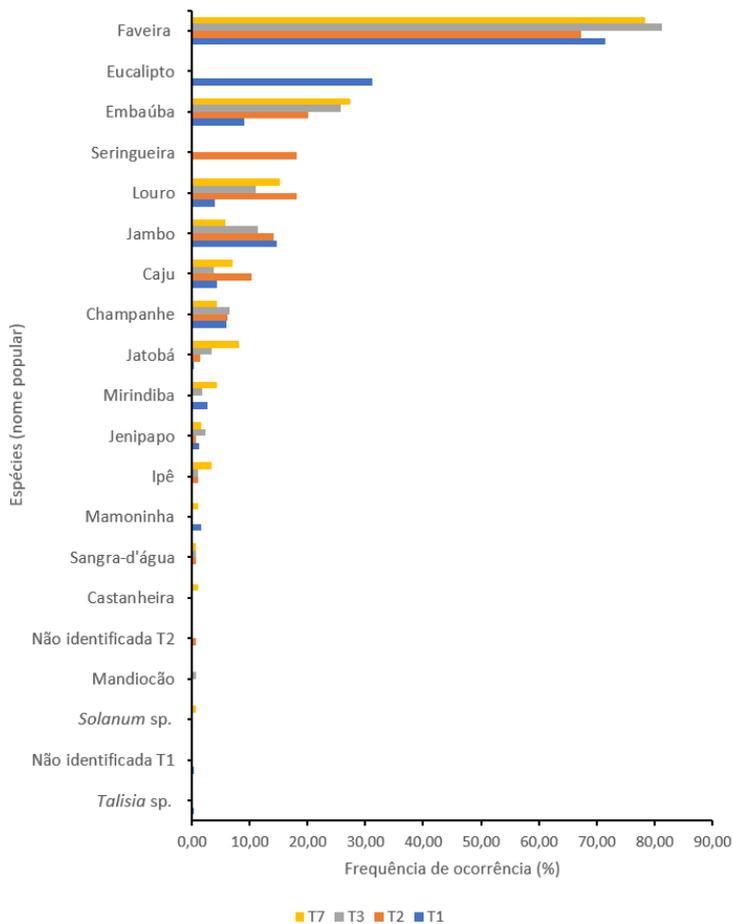


Figura 14. Contribuição das espécies para o percentual de frequência (%) de cobertura de copa nos pontos de avaliação do protocolo de monitoramento da Sema-MT no experimento de recomposição de Reserva Legal na Embrapa Agrossilvipastoril, MT.

copas entre os tratamentos analisados. Como esperado, as quatro espécies nativas com maior densidade de plantios (ver Tabela 2), exceto a seringueira (cujo arranjo foi exclusivo no T2) e as com 100%

de mortalidade (como o açáí), foram as mais frequentemente encontradas na composição das copas: faveira, embaúba, louro e jambo. Entre as espécies plantadas e sobreviventes, não foram registradas coberturas de copas por indivíduos de itaúba e amescla. Sete espécies não plantadas foram registradas na formação de cobertura de copas: mamoinha (*Mabea fistulifera* Mart.), sangra d'água (*Croton palanostigma* Klotzsch), mandiocão (*Didymopanax morototoni* (Aubl.) Decne. & Planch.), *Solanum* sp., *Talisia* sp. e duas espécies não identificadas. Mesmo com baixa densidade de indivíduos, a presença dessas espécies é importante, indicando que a estrutura florestal em restauração, incluindo a criação de refúgio para fauna, pode estar contribuindo para a chegada de diásporos e estabelecimento de novas espécies, embora ainda não com a riqueza mínima projetada no sub-bosque (ver item sobre riqueza e densidade de regeneração natural, adiante).

Ao longo da tomada de dados no campo com os diferentes métodos, foram feitos registros fotográficos de diferentes níveis de cobertura de dossel encontrados nos tratamentos, desde dosséis mais “abertos” até intermediários e mais “densos” (Figura 15).



Figura 15. Vistas ilustrativas de coberturas de copas no experimento de recomposição de Reserva Legal na Embrapa Agrossilvipastoril, sendo uma área de menor cobertura (A), cobertura intermediária (B) e uma cobertura elevada (C).

Riqueza e densidade de regeneração natural encontradas

Os dados de densidade de espécies regenerantes estão expressos da Tabela 5, onde se apresenta também a densidade estimada para 1,0 ha, conforme preconiza o protocolo. Ao todo, foram encontradas 16 espécies ou morfoespécies, distribuídas entre os tratamentos conforme expresso na Tabela 6. Os nomes científicos e respectivas densidades de cada espécie encontrada na amostragem para cada tratamento encontram-se na Tabela 7.

Tabela 5. Densidade de espécies regenerantes encontradas na amostragem dos tratamentos de plantio de árvores nativas no experimento de recomposição de Reserva Legal, na Embrapa Agrossilvipastoril, Sinop, MT, e projeção para 1,0 ha, após 8 anos de implantação.

Bloco	Número de regenerantes por tratamento			
	T1	T2	T3	T7
Bloco 1	4	5	0	0
Bloco 2	4	11	8	23
Bloco 3	2	1	35	3
Bloco 4	36	48	7	3
Total (600 m ²)	46	65	50	29
Total projetado para 1 ha	767	1.083	833	483

A partir dos dados encontrados no campo e comparando-os com os parâmetros exigidos pela normativa estadual, ainda não foi possível alcançar os números exigidos para nenhum dos quatro tratamentos. O T2 (plantio de árvores nativas em arranjo com seringueiras e açais) foi o tratamento em que se alcançou a maior densidade média (Tabela 3), mas, ainda assim, cerca de três vezes menor do que o exigido. Para a variável riqueza de espécies, o valor total encontrado (16) até se aproxima do parâmetro (20 espécies ou morfo espécies por hectare), mas, se analisado tratamento por tratamento, as médias

de riqueza estão entre 2 e 4 espécies. Importante ressaltar que, conforme observado no campo, os indivíduos regenerantes das espécies *C. palanostigma*, *P. platycephala* e *Solanum* sp. ocorreram em agregados, as chamadas “reboleiras”, nos blocos 3 e 4, 4 e 2, respectivamente, com as demais espécies ocorrendo de forma mais distribuída. O aspecto geral durante um caminhamento pelo interior das parcelas é de um “bosque” com alta cobertura de copas, mas, ainda com baixa riqueza e densidade de regenerantes. Outro ponto que merece destaque é que, das 16 espécies regenerantes encontradas, duas coincidem com as espécies que foram plantadas (*P. platycephala* e *Cecropia* sp.), o que indica possível dispersão das espécies por meio de processos naturais. São escassas as referências publicadas de trabalhos que avaliaram o estrato regenerante em projetos de restauração de ecossistemas, na região onde o experimento foi desenvolvido. O estudo de Vieira et al. (2017) foi desenvolvido em 56 projetos de restauração ecológica na região do Xingu-Araguaia, leste do estado de Mato Grosso, com idades entre 3 a 20 anos e onde foram utilizados diferentes métodos. Nesses projetos avaliaram-se os indicadores de restauração para florestas e savanas estabelecidos na

Tabela 6. Riqueza (número de espécies) de regenerantes encontrados na amostragem dos tratamentos de plantio de árvores nativas no experimento de recomposição de Reserva Legal, na Embrapa Agrossilvipastoril, Sinop, MT, após 8 anos de implantação.

Bloco	Riqueza de regenerantes por tratamento			
	T1	T2	T3	T7
Bloco 1	2	4	0	0
Bloco 2	4	5	4	4
Bloco 3	1	1	2	2
Bloco 4	5	3	3	3
Total de espécies ⁽¹⁾	10	10	5	9

⁽¹⁾ O total de espécies considera o conjunto do tratamento e, eventualmente, pode ser menor que a soma das repetições, dado que uma mesma espécie pode ocorrer em mais de uma repetição. Para essa variável não se calcula a estimativa para um hectare.

Tabela 7. Listagem de espécies e morfoespécies regenerantes encontradas na amostragem mediante aplicação de monitoramento do protocolo Sema-MT no experimento de recomposição de Reserva Legal, na Embrapa Agrossilvopastoril, Sinop, MT, após oito anos de implantação. Organização por ordem decrescente de número de indivíduos encontrados.

Espécie (nome científico ou morfoespécie)	Número total de indivíduos encontrados
<i>Croton palanostigma</i> Klotzsch	74
<i>Parkia platycephala</i> Benth.	32
<i>Solanum</i> sp.	26
Morfoespécie 1 (“ipezinho”)	18
<i>Cecropia</i> sp.	13
<i>Mabea fistulifera</i> Mart.	7
Morfoespécie 2 (“pimenta”)	5
Cf. <i>Davilla</i>	4
<i>Talisia</i> sp.	2
Morfoespécie 3 (“áspera”)	2
Cf. <i>Handroanthus</i>	2
<i>Psidium guajava</i> L.	1
Myrtaceae	1
<i>Vismia</i> sp.	1
<i>Dipteryx odorata</i> (Aubl.) Forsyth f.	1
Morfoespécie 4 (“folhão”)	1

Resolução SMA/SP nº 32/2014 (São Paulo, 2014), que estabelece parâmetros de cobertura de dossel, densidade de indivíduos e de espécies de regenerantes (riqueza). Cerca de 70% dos projetos com mais de 5 anos de idade alcançaram os parâmetros estabelecidos pela normativa paulista. Vale ressaltar que esse estudo serviu como uma das bases técnicas e científicas para a publicação do protocolo adotado pela Sema-MT.

Oliveira et al. (2022) e Oliveira (2022) são os estudos geograficamente mais próximos ao do presente trabalho, tendo sido

realizados em áreas sob restauração ecológica via plantio de mudas, instaladas em 2006, do município de Sorriso, MT (o monitoramento ocorreu em 2020, após 14 anos de instalação do projeto). Os autores aplicaram dois métodos de avaliação dos plantios e da regeneração natural, um adaptado do protocolo do Pacto pela Restauração da Mata Atlântica e outro utilizando o protocolo de monitoramento da Sema-MT. No caso do protocolo do Pacto, os autores indicam que, para projetos acima de cinco anos de idade, a riqueza mínima esperada é de 20 espécies por hectare, com densidade esperada acima de 5.000 indivíduos por hectare. Os métodos foram aplicados em duas áreas do projeto original de 2006, denominadas A1 e A2, ambas com o mesmo método de restauração utilizado, mas com entornos ocupados por diferentes usos (A1 mais próxima de ambiente urbano e pastagem, e A2 rodeada por área de lavoura). A partir do primeiro método foram encontrados 81.718 indivíduos por hectare regenerantes na A1 (0,097 ha amostrado) e 7.500 indivíduos por hectare na A2 (0,076 ha amostrado), com riquezas de 48 e 44 espécies, respectivamente (78 espécies ao todo). Para o segundo método (protocolo Sema-MT), A1 apresentou densidade de 95.042 indivíduos por hectare (0,070 ha amostrado) e A2 apresentou 9.257 indivíduos por hectare (0,075 ha amostrado), com riquezas de 26 e 31 espécies, respectivamente. As elevadas densidades em A1 são justificadas pela dominância de plântulas de *Senegalia tenuifolia* (L.) Britton & Rose e *Senegalia polyphylla* (DC.) Britton & Rose. Essas espécies originalmente já compunham algumas das maiores densidades do plantio original que, somado à fisiologia heliófita e com elevada produção de sementes, justifica esses números elevados de densidade no estrato regenerante da A1. Os autores desses estudos ressaltam que o protocolo da Sema-MT é mais rápido, prático e menos oneroso em relação ao protocolo do Pacto, embora não seja tão informativo sobre a composição do estrato superior formado. Também destacam, especificamente para A1, a importância de ações de manejo adaptativo para contornar a quase monodominância das espécies de *Senegalia*. A manutenção de periodicidade de avaliações também é recomendada, para que seja possível entender a dinâmica

de recrutamento dos regenerantes na composição de uma nova comunidade vegetal nos locais em restauração.

A aplicação do protocolo de monitoramento Sema-MT no experimento da Embrapa Agrossilvipastoril em Sinop se deu aos oito anos após implantação da área, quando o exigido é alcançar os parâmetros até 20 anos após instalação da área, para Reservas Legais. Do ponto de vista da pesquisa científica, esse íterim temporal de 12 anos até o alcance do prazo exigido pela Sema-MT pode ser utilizado para averiguar as possíveis causas dessa baixa riqueza e densidade de regenerantes nos tratamentos, possibilitando manejos adaptativos que encaminhem o processo de sucessão natural de forma a compor o sub-bosque da floresta, permitindo o restabelecimento da dinâmica ecológica desses ecossistemas e contribuindo para a transferência de tecnologia para técnicos da região.

Considerações finais e recomendações de manejos adaptativos

Para um operador de quaisquer métodos aqui utilizados para avaliação da cobertura de copa, é importante ressaltar que, quanto maior o número de parcelas amostrais, mais precisa será a mensuração e menor o risco de erro na representação do resultado para a comunidade vegetal em análise. O mesmo raciocínio aplica-se à tomada de dados de regeneração natural, pois a área coberta pelo estudo será maior. Essa decisão depende da avaliação prévia no campo, que considere a heterogeneidade da área, e também dos custos, equipe e tempo disponível, além do esforço amostral mínimo requerido na normativa estadual. Pesquisas posteriores e complementares à apresentada neste documento poderão averiguar avanços ou retrocessos nas variáveis estudadas, bem como avaliar a suficiência amostral dos métodos.

Muitas vezes é possível obter respostas consistentes e representativas para a área sob restauração, com um menor número de amostragens, economizando-se tempo e recursos financeiros no monitoramento.

No estado de Mato Grosso a exigência de envio de relatórios com a aplicação do protocolo de monitoramento de projetos de restauração ao órgão ambiental é bianual, prevendo-se que ocorrerá o avanço da sucessão das espécies e estruturação da comunidade ao longo do tempo acordado oficialmente. Quando o objetivo é a pesquisa, para retroalimentar modelos de restauração aplicados em uma determinada área e para captar com maior acurácia as variações ambientais, as tomadas de dados precisam ser feitas preferencialmente com maior periodicidade, se possível duas vezes ao ano. Dessa forma, será possível averiguar, por exemplo, o efeito da sazonalidade sobre a cobertura de copa e no estabelecimento da regeneração natural, lembrando que várias espécies nativas da região possuem características decíduas ou semidecíduas. Outra análise que requer maior refinamento é a da “qualidade” da radiação fotossinteticamente ativa que incide no sub-bosque, o que pode ocasionar dinâmicas diferenciadas na germinação e estabelecimento de espécies desse substrato. Essa abordagem, porém, requer o estabelecimento de experimentos controlados e de longa duração.

Como ficou evidente com os dados apresentados no presente trabalho, os tratamentos de recomposição da Reserva Legal via plantio de mudas na Embrapa Agrossilvipastoril, oito anos após a implantação, superaram ou estavam muito próximos da cobertura mínima de copas de espécies nativas exigidas pela lei estadual (80% de cobertura de vegetação nativa). Porém, para os indicadores de densidade e riqueza de regeneração natural, os números ainda estão aquém do exigido pela legislação estadual (densidade acima de 3.000 indivíduos e riqueza de, no mínimo, 20 espécies nativas por hectare), embora ainda com tempo hábil para que sejam alcançados. Como se trata de uma área experimental, estão sendo estudadas algumas possibilidades de complementações na experimentação. No entanto, se a área fosse conduzida como uma área privada, que precisa alcançar os parâmetros exigidos, algumas ações de manejo adaptativo poderiam ser feitas, preferencialmente de forma conjunta:

- 1) Replântio de mudas de espécies com alta mortalidade (no presente estudo, guanandi e açai com 100% de mortalidade e outras espécies com valores acima de 50% de mortalidade, como castanheiras e itaúbas): as lacunas deixadas por essas espécies podem ser preenchidas com plantios de outras espécies, exigentes em termos de cobertura arbórea e que se encaixem nos objetivos do projeto (manejo de Reserva Legal), ou das mesmas espécies, já que, após oito anos de implantação, as condições ambientais podem estar mais propícias a essas espécies.
- 2) Adensamento e enriquecimento florístico: considerando a baixa densidade e riqueza de regeneração natural, outras espécies poderiam ser introduzidas, sejam por mudas ou sementes, especialmente aquelas mais exigentes em termos de sombreamento naquelas áreas mais sombreadas e outras que sejam intolerantes à sombra nos trechos de “clareiras”, notadamente no T1. Espécies de palmeiras (Arecaceae) também podem ser utilizadas, tanto pelo manejo econômico múltiplo como pela grande capacidade de atração de fauna. Para todos os grupos é importante sempre considerar o potencial de manejo econômico, dada proposta dentro de Reserva Legal.
- 3) Aliado à questão do adensamento e enriquecimento florístico, é importante averiguar as causas da baixa expressão da regeneração natural. Algumas hipóteses podem estar relacionadas ao excesso de cobertura de copas, aos fatores relacionados ao solo e também à ausência de dispersão e estabelecimento de novas espécies, seja das que foram plantadas ou as oriundas de fragmento florestal vizinho. Uma possibilidade que poderia ser testada é a desrama de alguns indivíduos/espécies, especialmente as de maior cobertura (lembrando que, em um dos tratamentos (T7), não estão previstas ações dessa natureza, servindo como testemunha). A desrama também pode ser utilizada de forma a melhor conduzir o crescimento do fuste de espécies madeireiras, como a champanhe (*D. odorata*) e o jatobá (*H. courbaril*), entre outras. Da mesma

forma, alguns desbastes podem ser realizados: os indivíduos de caju no interior das parcelas, por exemplo, não têm mais demonstrado produção de frutos, muito provavelmente devido ao excessivo sombreamento, podendo ser desbastados e substituídos (exemplo: cafeeiro, cacauieiro, cupuaçuzeiro), enquanto aqueles das bordas poderiam ser mantidos.

O grande desafio no caso da recomposição da Reserva Legal é tentar aliar o retorno econômico a partir do manejo de produtos madeireiros e não madeireiros sem que sejam comprometidos, ao longo prazo, os indicadores ecológicos exigidos por lei. Somente com a continuidade da experimentação, os manejos controlados e a aplicação contínua do protocolo de monitoramento da Sema-MT (e outros), como mecanismo de “controle”, será possível destacar as ações mais razoáveis, ambientais e econômicas, para referendar e validar modelos aos produtores e técnicos rurais da região. Replicar experimentos dessa natureza em diferentes contextos geográficos e ambientais no Mato Grosso também será extremamente válido para o desenvolvimento de modelos para o estado e também para a constante revisão das políticas públicas ligadas à restauração de ecossistemas.

Referências

ABREU, L. J. F. L. de; ISERNHAGEN, I. Estabelecimento inicial de espécies arbóreas em área experimental de recomposição de reserva legal na Amazônia meridional mato-grossense. In: ENCONTRO DE CIÊNCIA E TECNOLOGIAS AGROSSUSTENTÁVEIS, 5.; JORNADA CIENTÍFICA DA EMBRAPA AGROSSILVIPASTORIL, 10., 2021. Sinop. **Resumos**[...]. Brasília, DF: Embrapa, 2021. p. 55. Disponível em: <https://www.alice.cnptia.embrapa.br/alice/bitstream/doc/1138963/1/2021-cpamt-ii-estabelecimento-inicial-especies-arboreas-area-experimental-recomposicao-reserva-legal-amzonia-meridional-mt-p-55.pdf>. Acesso em: 6 ago. 2024.

BRASIL. **Lei nº 12.651, de 25 de maio de 2012.** Dispõe sobre a proteção da vegetação nativa [...] e dá outras providências. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2011-2014/2012/Lei/L12651_compilado.htm. Acesso em: 11 mar. 2024. Publicada originalmente no Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil, Brasília, DF, em 28 maio, 2012.

REFLORA. **Flora e funga do Brasil.** Rio de Janeiro: Instituto de Pesquisas Jardim Botânico, 2024. Disponível em: <http://floradobrasil.jbrj.gov.br/>. Acesso em: 6 ago. 2024.

GHENO, E. L.; FRANÇA, M. S. de; MAITELLI, G. T. Variações microclimáticas na área urbana de Sinop/MT no final da estação chuvosa. **Revista Educação, Cultura e Sociedade**, v. 2, n. 1, p. 139-153, 2012. DOI: <https://doi.org/10.30681/ecs.v2i1.653>.

IBGE. **Mapa de vegetação do Brasil.** 3. ed. Rio de Janeiro, 2004. 1 mapa, Colorido, Escala 1: 5.000.000. Disponível em: https://geoftp.ibge.gov.br/informacoes_ambientais/vegetacao/mapas/brasil/vegetacao.pdf. Acesso em: 11 mar. 2024.

ISERNHAGEN, I. **Listagem florística de espécies arbóreas e arbustivas de Mato Grosso:** um ponto de partida para projetos de restauração ecológica. Sinop, MT: Embrapa Agrossilvipastoril, 2015. 166 (Embrapa Agrossilvipastoril. Documentos, 4). Disponível em: <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/bitstream/doc/1016348/1/cpamt2015isernhagenlistagemfloristicaespeciearboreaarbustivamt.pdf>. Acesso em: 6 ago. 2024.

ISERNHAGEN, I.; ANTONIO, D. B. A. Concepção, implantação e manutenção de experimentos de recomposição de reserva legal no Mato Grosso. In: FARIAS NETO, A. L. de; NASCIMENTO, A. F. do; ROSSONI, A. L.; MAGALHÃES, C. A. de S.; ITUASSU, D. R.; HOOGERHEIDE, E. S. S.; IKEDA, F. S.; FERNANDES JUNIOR, F.; FARIA, G. R.; ISERNHAGEN, I.; VENDRUSCULO, L. G.; MORALES, M. M.; CARNEVALLI, R. A. (ed.). **Embrapa Agrossilvipastoril:** primeiras contribuições para o desenvolvimento de uma agropecuária sustentável. Brasília, DF: Embrapa, 2019. pt. 7, cap. 1, p. 501-514. Disponível em: <https://www.alice.cnptia.embrapa.br/alice/bitstream/doc/1104074/1/2019cpamtagrossilvipastorilpart7cap1concepcaomanutencarecomposicaoreservalegalp501514.pdf>

ISERNHAGEN, I.; ANTONIO, D. B. A.; MENEGUCI, J. L. P. Ações e estratégias de transferência de tecnologia em regularização ambiental de propriedades rurais no Mato Grosso. In: FARIAS NETO, A. L. de; NASCIMENTO, A. F. do; ROSSONI, A. L.; MAGALHÃES, C. A. de S.; ITUASSU, D. R.; HOOGERHEIDE, E. S. S.; IKEDA, F. S.; FERNANDES JUNIOR, F.; FARIA, G. R.; ISERNHAGEN, I.; VENDRUSCULO, L. G.; MORALES, M. M.; CARNEVALLI, R. A. (ed.). **Embrapa Agrossilvipastoril: primeiras contribuições para o desenvolvimento de uma agropecuária sustentável**. Brasília, DF: Embrapa, 2019. pt. 9, cap. 10, p. 704-709. Disponível em: <https://www.alice.cnptia.embrapa.br/alice/bitstream/doc/1104146/1/2019cpamtagrossilvipastorilpart9cap10acoestransferenciatecnologiaregularizacaoambientalpropriedadesruraismatogrossop704709.pdf>. Acesso em: 6 ago. 2024.

MATO GROSSO. Decreto nº 1491, de 15 de maio de 2018. Regulamenta a Lei Complementar nº 592, de 26 de maio de 2017, no tocante as formas de regularização ambiental nos imóveis rurais e altera dispositivos do Decreto nº 1.031 de 02 de junho de 2017. **Diário Oficial do Estado de Mato Grosso**, 15/05/2018, n.º 27260, Página 2.

MATO GROSSO. Secretaria de Estado de Meio Ambiente do Mato Grosso. **Monitoramento PRADA's**. 2024. Disponível em: <http://www.sema.mt.gov.br/site/index.php/unidades-administrativas/regularizacao-e-monitoramento-ambiental/category/378-monitoramento-prada%C2%B4s>. Acesso em: 29 maio 2024.

OLIVEIRA, R. M. de. **Protocolos de monitoramento para avaliação da restauração em florestas tropicais: um estudo de caso**. 2022. 53 p. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Florestal) – Universidade Federal de Mato Grosso, Instituto de Ciências Agrárias e Ambientais, Sinop.

OLIVEIRA, R. M. de; AQUINO, G. M.; CARMO, G. H. P. do; SANTOS, J. P. dos. Avaliação do sucesso da restauração florestal de matas ciliares na transição Amazônia-Cerrado em Mato Grosso. **Nativa**, v. 10, n. 3, p. 356-365, 2022. DOI: <https://doi.org/10.31413/nativa.v10i3.13659>

SÃO PAULO. Resolução SMA nº 32, de 03 de abril de 2014. Estabelece as orientações, diretrizes e critérios sobre restauração ecológica no Estado de São Paulo, e dá providências correlatas. **Diário Oficial do Estado de São**

Paulo, 05/04/2014, Seção I, Páginas 36-37. Disponível em: <http://arquivos.ambiente.sp.gov.br/legislacao/2016/12/Resolu%C3%A7%C3%A3o-SMA-032-2014-a.pdf>. Acesso em: 11 mar. 2024.

SOUZA, A. P.; VIEIRA, D. L. M. **Protocolo de Monitoramento da Recomposição da Vegetação Nativa no Estado de Mato Grosso**. São Paulo: The Nature Conservancy, 2018.

SOUZA, A. P. de; MOTA, L. L. da; ZAMADEI, T.; MARTIM, C. C.; ALMEIDA, F. T. de; PAULINO, J. Classificação climática e balanço hídrico climatológico no estado de Mato Grosso. **Nativa**, v, 1, n. 1, p.34-43, 2013. DOI: <https://doi.org/10.31413/nativa.v1i1.1334>

VIANA, J. H. M.; SPERA, S. T.; MAGALHAES, C. A. de S.; CALDERANO, S. B. **Caracterização dos solos do sítio experimental dos ensaios do Projeto Safrinha em Sinop-MT**. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2015. (Embrapa Milho e Sorgo. Comunicado técnico, 210). Disponível em: <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/bitstream/doc/1021201/1/com210.pdf>. Acesso em: 6 ago. 2024.

VIEIRA, D. L. M.; SARTORELLI, P. A. R.; SOUSA, A. de P.; REZENDE, G. M. **Avaliação de indicadores da recomposição da vegetação nativa no Distrito Federal e em Mato Grosso**. [S.l.]: INPUT, Iniciativa para o Uso da Terra, 2017.

Apêndice A

Croquis de implantação original das espécies arbóreas no campo, para os quatro tratamentos no experimento de recomposição de Reserva Legal em Sinop, MT (legendas dos acrônimos usados para as espécies: euc – eucalipto; açã – açáí; ame – amescla; caj – cajueiro; cas – castanheira; cha – champanhe; emb – embaúba(s); fav – faveira; gen – genipapo; gua – guanandi; ipe – ipê-amarelo; ita – itaúba; jam – jambo-da-mata; jat – jatobá; lou – louro; mir – mirindiba; ser – seringueira – ver nomes científicos na Tabela 1).

Tabela A2. Tratamento 2 - Seringueira/açai com nativas.

20	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	
açã	açã	açã	açã	açã	ipe	gen	lou	açã	jat	cha										açã	
açã	açã	açã	açã	fav	jam	fav	jam	fav	emb	fav	emb										açã
açã	açã	açã	açã	caj	ita	cas	mir	caj	ame	gua	gua										açã
açã	açã	açã	açã	jam	emb	fav	emb	fav	fav	emb	emb										açã
açã	açã	açã	açã	cas	lou	caj	jat	cas	cha	ipe	ipe										açã
açã	açã	açã	açã	fav	emb	fav	emb	lou	jam	fav	fav										açã
açã	açã	açã	açã	gen	mir	aça	ame	gen	gua	ita	ita										açã
açã	açã	açã	açã	emb	fav	emb	fav	jam	fav	jam	jam										açã
16 mudas	16 mudas	16 mudas	16 mudas	caj	jat	cas	cha	caj	ipe	lou	lou										16 mudas
açã ser - 4m	jam	fav	jam	lou	jam	fav	emb	emb										açã ser - 4m			
4m entre mudas	4m entre mudas	4m entre mudas	4m entre mudas	cas	ame	gen	gua	cas	ita	mir	mir										4m entre mudas
açã	açã	açã	açã	fav	emb	fav	jam	lou	jam	fav	fav										açã
açã	açã	açã	açã	gen	cha	aça	ipe	gen	lou	jat	jat										açã
açã	açã	açã	açã	emb	fav	emb	lou	emb	fav	jam	jam										açã
açã	açã	açã	açã	aça	gua	caj	ita	aça	mir	ame	ame										açã
açã	açã	açã	açã	fav	jam	fav	jam	fav	emb	fav	fav										açã
açã	açã	açã	açã	gen	ipe	cas	lou	gen	jat	cha	cha										açã
açã	açã	açã	açã	emb	fav	jam	fav	jam	fav	jam	jam										açã
açã	açã	açã	açã	caj	ita	aça	mir	caj	ame	gua	gua										açã
açã	açã	açã	açã	fav	emb	jam	fav	lou	emb	fav	fav										açã

Obs.: por uma limitação do uso do Excel® para montagem do croqui, não foi possível desenhar o espaçamento adequado das seringueiras no T2, por isso consta a informação de que o espaçamento foi de 4 m entre mudas (nas demais linhas foi 3 m entre mudas).

Tabela A3. Tratamentos 3 e 7 - Somente nativas (com e sem condução, respectivamente).

20	aça	jat	cha	gen	ipe	lou	cas	gen	jat	cha	aça	caj	mir	gua	aça	gen	jat	ipe	caj	
19	fav	emb	fav	jam	fav	jam	fav	jam	fav	emb	fav	emb	fav	jam	fav	lou	emb	fav	jam	
18	caj	ame	gua	cas	ita	mir	aça	cas	ame	gua	caj	gen	lou	cha	cas	aça	mir	gua	aça	
17	jam	fav	emb	fav	emb	lou	jam	fav	jam	fav	emb	fav	emb	fav	jam	fav	emb	fav	jam	
16	cas	cha	ipe	caj	aça	lou	gen	caj	cha	ipe	cas	aça	ita	ame	caj	cas	ame	ita	gen	
15	fav	jam	fav	emb	fav	fav	jam	emb	fav	fav	fav	emb	fav	jam	fav	emb	lou	jam	fav	
14	gen	gua	ita	aça	caj	mir	ame	cas	aça	gua	ita	gen	ipe	jat	aça	caj	lou	cha	cas	
13	emb	fav	jam	fav	jam	emb	fav	lou	emb	fav	jam	fav	jam	lou	emb	fav	emb	fav	jam	
12	caj	ipe	lou	cas	jat	cha	caj	cas	ipe	lou	caj	cas	jat	mir	gen	caj	cha	lou	aça	
11	jam	fav	emb	lou	fav	jam	emb	fav	emb	fav	jam	jam	fav	emb	fav	emb	fav	jam	fav	
10	cas	ita	mir	gen	ame	gua	aça	gen	ita	mir	cas	caj	ame	lou	cas	cas	ita	ame	caj	
9	fav	jam	fav	emb	fav	jam	fav	jam	fav	emb	fav	fav	emb	fav	jam	fav	jam	fav	emb	
8	gen	lou	jat	aça	caj	cha	ipe	cas	aça	lou	jat	gen	cha	ita	aça	aça	gua	mir	gen	
7	emb	fav	jam	fav	jam	emb	fav	fav	fav	jam	emb	lou	emb	fav	jam	emb	fav	jam	fav	
6	aça	mir	ame	caj	cas	gua	ita	gen	caj	mir	ame	aça	cas	ipe	caj	gen	ipe	jat	aça	
5	fav	emb	lou	jam	fav	jam	fav	emb	emb	lou	jam	fav	fav	jam	fav	emb	fav	jam	lou	
4	gen	jat	cha	cas	gen	ipe	lou	aça	cas	jat	cha	gen	ipe	ita	cas	cas	jat	gua	cas	
3	emb	fav	jam	fav	emb	fav	jam	fav	fav	emb	fav	jam	jam	fav	emb	emb	jam	fav	emb	
2	caj	ame	gua	aça	aça	ita	mir	caj	ame	gua	caj	aça	lou	mir	gen	caj	ame	cha	gen	
1	fav	emb	fav	jam	fav	emb	fav	jam	emb	fav	jam	fav	fav	emb	fav	jam	fav	emb	fav	
1	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20

