

Arranjos de sistemas agroflorestais biodiversos para restauração de Áreas de Reserva Legal com viabilidade socioeconômica

Arrangements of biodiverse agroforestry systems to restoration of Legal Reserve Areas with socioeconomic viability

Arreglos de sistemas agroforestales biodiversos para la restauración de Áreas de Reserva Legal con viabilidad socioeconómica

Recebido: 07/10/2022 | Revisado: 18/10/2022 | Aceitado: 20/10/2022 | Publicado: 25/10/2022

Patrícia Rochefeler Agostinho

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6781-6846>
Universidade Federal da Grande Dourados, Brasil
E-mail: patyrochefeler@hotmail.com

Zefa Valdivina Pereira

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3344-3249>
Universidade Federal da Grande Dourados, Brasil
E-mail: zefapereira@ufgd.edu.br

Gabrielli do Carmo Martinelli

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9240-240X>
Universidade Federal da Grande Dourados, Brasil
E-mail: gabrielli_martinelli@hotmail.com

Tatiana da Silva Mayer

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9465-9823>
Universidade Federal da Grande Dourados, Brasil
E-mail: tatybio3@gmail.com

Claudia de Brito Quadros Gonçalves

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0954-7809>
Universidade Federal da Grande Dourados, Brasil
E-mail: claudia.b.quadros@gmail.com

Milton Parron Padovan

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7888-1915>
Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária, Brasil
E-mail: milton.padovan@embrapa.br

Resumo

No Brasil, as Áreas de Reserva Legal (ARLs) destinam-se à manutenção da biodiversidade e dos processos ecológicos, porém pode-se explorá-las economicamente de forma sustentável. Para restauração e uso desses espaços degradados, são recomendados os sistemas agroflorestais biodiversos (SAFs), que são apontados como sustentáveis, por proporcionarem, simultaneamente, benefícios ambientais e socioeconômicos. O objetivo desse trabalho é propor dois arranjos de sistemas agroflorestais biodiversos destinados à restauração de ARLs no ecótono entre Cerrado e Mata Atlântica e no bioma Cerrado, com viabilidade socioeconômica, visando atender ao Código Florestal Brasileiro e subsidiar aos agricultores para restauração de passivos ambientais, produzirem alimentos e gerarem renda nessas áreas. Realizou-se um estudo multidisciplinar para a indicação das espécies arbóreas e arbustivas nativas, bem como as espécies destinadas à geração de renda e os respectivos desenhos para cada um dos SAFs, as estimativas de produção, comercialização e geração de renda. Para a análise de viabilidade econômica, utilizou-se as técnicas de avaliação de investimentos de capital, como: Valor Presente Líquido, Taxa Interna de Retorno, Valor Anual Uniforme Equivalente, Payback atualizado, Índice de Lucratividade, Taxa Interna de Retorno Modificada, relação Benefício/Custo e Modelo de precificação de ativos financeiros, onde foram inseridos dados de receitas e despesas que refletem a realidade da agricultura familiar, verificando sua rentabilidade ao longo de 20 anos. Os resultados demonstraram que sistemas agroflorestais biodiversos podem ser adotados pelos agricultores para implementarem a “recuperação produtiva” de Áreas de Reserva Legal, gerando renda desde o primeiro ano após sua implantação, mantendo-se ao longo do tempo.

Palavras-chave: Restauração de passivos ambientais; Recuperação produtiva; Viabilidade financeira.

Abstract

In Brazil, Legal Reserve Areas (ARLs) are intended to maintenance of biodiversity and ecological processes, but can economically exploit the sustainable way. To restoration and use of these degraded spaces, are recommended the

biodiverse agroforestry systems (SAF), that are identified as sustainable, as they provide both ambiental and socioeconomic benefits. The objective of this work is to propose two arrangements of agroforestry systems, with socioeconomic viability, in the ecotone between Cerrado and Atlantic Forest and in the Cerrado biome, aiming to comply the Brazilian Forest Code and subsidize farmers to restore these environmental liabilities, produce food and generate income in these areas. A multidisciplinary study was carried to indicate the native tree and shrub species, as well as the species intended for income generation and the respective designs for each of the SAF, the estimates of production, commercialization and income generation. For analysis of economic viability, we used techniques for evaluating capital investments such as: Net Present Value, Internal Rate of Return, Uniform Equivalent Annual, Payback, Profitability Index, Modified Internal Rate of Return, Benefit/Cost ratio and Asset pricing model financial, where data on income and expenses were inserted that reflect the reality of family farming, verifying its profitability over 20 years. The results showed that biodiverse agroforestry systems can be adopted by farmers to implement the "productive recovery" of Legal Reserve Areas, generating income from the first year after its implementation, maintaining itself over time.

Keywords: Restoration of environmental liabilities; Productive recovery; Financial viability.

Resumen

En Brasil, las Áreas de Reserva Legal (ARL) están destinadas a mantener la biodiversidad y los procesos ecológicos, pero pueden explotarse económicamente de manera sostenible. Para la restauración y uso de estos espacios degradados, se recomiendan sistemas agroforestales biodiversos (SAF), que se consideran sostenibles, ya que brindan simultáneamente beneficios ambientales y socioeconómicos. El objetivo de este trabajo es proponer dos arreglos de sistemas agroforestales para la restauración de ARL en el ecotono entre Cerrado y Mata Atlántica y en el bioma Cerrado, con viabilidad socioeconómica, con el objetivo de cumplir con el Código Forestal Brasileño y subsidiar a los agricultores para restaurar pasivos ambientales, producir alimentos y generar ingresos en estas áreas. Se realizó un estudio multidisciplinario para indicar las especies de árboles y arbustos nativos, así como las especies destinadas a la generación de ingresos y los respectivos diseños para cada uno de los SAF, las estimaciones de producción, comercialización y generación de ingresos. Para el análisis de factibilidad económica se utilizaron las técnicas de evaluación de inversiones de capital tales como: Valor Presente Líquido, Tasa Interna de Retorno, Valor Anual Uniforme Equivalente, Payback Actualizado, Índice de Rentabilidad, Tasa Interna de Retorno Modificada, Relación Beneficio/Costo y Modelo de Valoración de Activos Financieros, donde se insertaron datos de ingresos y gastos que reflejan la realidad de la agricultura familiar, verificando su rentabilidad a lo largo de 20 años. Los resultados mostraron que los sistemas agroforestales biodiversos pueden ser adoptados por los agricultores para implementar la "recuperación productiva" de Áreas de Reserva Legal, generando ingresos desde el primer año después de su implementación, manteniéndose en el tiempo.

Palabras clave: Restauración de pasivos ambientales; Recuperación productiva; Viabilidad financiera.

1. Introdução

As áreas protegidas são reconhecidas, globalmente, como essenciais para a preservação de uma gama de bens e serviços fundamentais para a vida na Terra. Diante da abrangência e da severidade dos impactos e das pressões antrópicas sobre o planeta, a importância e a necessidade de esforços para a manutenção e ampliação dessas áreas são ainda maiores (Chape et al., 2008).

No Brasil, a Lei Federal nº 6.938, de 31 de agosto de 1981 (Política Nacional do Meio Ambiente), institui como um de seus instrumentos os espaços territoriais especialmente protegidos, que podem ser públicos ou privados, de proteção integral ou de uso sustentável, bem como as leis nº 9.985/2000 e nº 12.651/2012 (Brasil, 1981, 2000, 2012).

Como as áreas públicas sob proteção são consideradas insuficientes, em quantidade e distribuição (Gottfried et al., 1996), a conservação de fragmentos florestais e de outros tipos de vegetação nativa em áreas privadas é fundamental para a proteção da natureza e um importante componente da estratégia nacional para uso sustentável dos recursos naturais (Hauffer & Kernohan, 2009).

A partir da aprovação da Lei 12.651/2012 (Brasil, 2012), que institui o Programa de Regularização Ambiental (PRA), a busca de alternativas ao modelo tradicional de restauração florestal, o qual utiliza apenas espécies arbóreas e arbustivas nativas do bioma, tende a ganhar maior relevância. Apesar da importância da regularização ambiental das propriedades rurais, a partir da recomposição das Áreas de Preservação Permanente (APPs) e da criação/regulamentação das Áreas de Reserva

Legal (ARLs), é consenso que o alto custo de implantação de projetos para a restauração florestal é um obstáculo para sua implementação por proprietários rurais (Leles; Oliveira Neto; Alonso, 2015; Miccolis et al., 2016).

As propriedades cuja ARL possui extensão inferior ao estabelecido pela lei e que necessitam regularizar sua situação têm como uma das opções a recomposição mediante o plantio intercalado de espécies nativas e exóticas, em Sistema Agroflorestal. Para pequenas propriedades ou posses rurais familiares, a área recomposta com espécies exóticas não deve exceder 50% da área total a ser recuperada, conforme a Lei nº 12.651/2012 (Brasil, 2012). A lei possibilita a exploração agroflorestal que não descaracterize a cobertura vegetal existente e não prejudique a função ambiental da área, que também é considerada de interesse social.

Nesse contexto, evidencia-se a importância de reabilitar essas áreas degradadas, atribuindo funções mais adequadas ao uso humano para atender necessidades imediatas, como a subsistência das famílias agricultoras e geração de renda, além de restabelecer suas principais características concernentes aos serviços ambientais (Miccolis et al., 2016; Pereira et al., 2020; Padovan et al., 2021; Padovan et al., 2022).

Os sistemas agroflorestais biodiversos (SAFs) são formas de uso da terra que envolvem cultivos de espécies arbustivas e arbóreas ou manejos destas que estejam no ambiente, nativas e/ou exóticas, consorciando-as com culturas agrícolas e/ou com animais no mesmo terreno, de maneira simultânea ou em sequência temporal, com várias finalidades (Padovan; Pereira, 2012; Miccolis et al., 2016; Padovan et al., 2022).

Esses agroecossistemas provêm serviços ambientais que beneficiam toda a sociedade, como a melhoria da taxa de infiltração da água no solo e da ciclagem de nutrientes (Maia et al., 2011; Tschardt et al., 2011; Iwata et al., 2012; Santos et al., 2014), aumento na produção de biomassa e estoque de carbono e melhoria no microclima, resultante do incremento da cobertura arbórea (Junqueira et al., 2013).

As combinações de espécies destes sistemas podem representar uma alternativa de estímulo econômico à restauração florestal. No entanto, ainda existem dúvidas sobre o potencial dos sistemas agroflorestais, especialmente a respeito à viabilidade financeira. Esse argumento é comum quando comparados ao modelo atual de produção agrícola, baseado em cultivos homogêneos e com possibilidade de retorno do investimento em pouco tempo (Lucena; Paraense; Mancebo, 2016).

Entretanto, não é viável comparar nem os custos de implantação e nem a rentabilidade de um SAF, com o cultivo de milho, por exemplo. Mas, quando se considera que essas áreas de RL impõem limitação legal ao cultivo homogêneo e, ainda, a alternativa mais propalada é o plantio exclusivo de espécies florestais nativas do bioma, a grande maioria sem a possibilidade legal de uso econômico, os SAFs ganham outra dimensão em função dos múltiplos benefícios que proporcionam (Fávero; Lovo; Sá Mendonça, 2008; Miccolis et al., 2016).

A possibilidade de restauração de ARLs com SAFs representa grande avanço, uma vez que se constitui numa forma de reduzir custos de implantação para que a propriedade rural possa se regularizar ambientalmente. Assim, a implantação de cultivos agrícolas nas entrelinhas de arbóreas nativas, além de trazer um retorno econômico direto, reduz os custos de manutenção do plantio de espécies florestais nativas que podem ser até duas vezes maiores do que os custos inerentes ao plantio (Leles; Oliveira Neto; Alonso, 2015). Junto a esses fatores, agrega-se a possibilidade real de acessibilidade, principalmente à agricultura familiar, que normalmente é caracterizada por pequenas áreas de terra, dependendo da otimização de espaços para assegurar a produção agrícola, garantindo muitas vezes a sobrevivência da família no meio rural (Miccolis et al., 2016).

Entretanto, mesmo diante da possibilidade da adoção de SAFs para restauração de ARLs, existe falta de sintonia entre as políticas ambientais e a operacionalização de financiamentos agrícolas, assim como a falta de “tradição” em reconhecer esses agroecossistemas por parte de agências de crédito (públicas e privadas) e de profissionais habilitados no mercado. Esses agentes carecem de informações sobre a viabilidade técnica e econômica de modelos de uso da terra de baixo impacto, como

os SAFs, o que dificulta a orientação aos produtores para acessarem as linhas de crédito condizentes e adotarem esses sistemas (Pinto et al., 2017).

Considerando o potencial de conservação e melhoria ambiental e de produção de alimentos saudáveis e de outras vantagens proporcionadas pelos SAFs, com esta pesquisa objetivou-se propor arranjos agroflorestais com potencial de restauração de Áreas de Reserva Legal, e que proporcionem viabilidade econômica aos agricultores, como parte de um processo de “recuperação produtiva”.

2. Metodologia

Para compor os arranjos de sistemas agroflorestais propostos, realizou-se um estudo multidisciplinar, seguindo preceitos adotados por Martinelli et al. (2019), Mayer (2019), Garcia et al. (2021) e Padovan et al. (2022). Iniciou-se com pesquisa de campo realizada no período de 2016 a 2020, ocasião em que foram visitadas trinta propriedades rurais de agricultores familiares que possuem sistemas agroflorestais situados nos estados de Mato Grosso do Sul, Paraná e São Paulo. Para identificar esses agricultores, utilizou-se a metodologia “Bola de Neve”, proposta por Bayley (1994), na qual os representantes de instituições e entidades (Organizações de pesquisa, assistência técnica governamentais e não governamentais) indicam os primeiros agricultores que trabalham com SAFs e, nas visitas, estes informam sobre outros agricultores que também possuem esses agroecossistemas. A coleta de dados foi realizada com os agricultores responsáveis pelos SAFs durante as visitas nas propriedades, por meio de entrevistas seguindo um roteiro semiestruturado, contendo questões fechadas e abertas (Amorozo et al., 2002) relacionadas às espécies vegetais implantadas, arranjos e manejos adotados nos SAFs, produtividade, comercialização e geração de renda.

Para as indicações de espécies arbóreas nativas destinadas ao ecótono entre Mata Atlântica e Cerrado, bem como ao bioma Cerrado, também considerou-se o Código Florestal Brasileiro (Brasil, 2012), informações e recomendações de Costa et al. (2010), Ávila et al. (2011), Martins e Cavararo (2012), Ferreira et al. (2013), Campos Filho e Sartorelli (2015), Zavala et al. (2017), Padovan et al. (2018a, b), Mayer (2019), Fernandes et al. (2020), Nascimento et al. (2020), Padovan et al. (2021, 2022) e Ribeiro et al. (2022).

Com intuito de propor as espécies arbóreas nativas destinadas à melhoria ambiental, privilegiou-se a síndrome de dispersão, compreendendo as zoocóricas (dispersão por animais), anemocóricas (dispersão pelo vento) e autocóricas (dispersão explosiva e ou por gravidade), conforme Van der Pijl (1982). Deu-se preferência às zoocóricas visando a atração de dispersores e, conseqüentemente, favorecer o aumento da diversidade vegetal, bem como a família Fabaceae com intuito de fortalecer o processo de fixação biológica de nitrogênio (Ávila et al., 2011; Padovan et al., 2022). Também se contemplou a descuidade, sendo as espécies decíduas aquelas que perdem a maioria das folhas no outono ou inverno; as semidecíduas, que perdem parcialmente as folhas, bem como as perenifólias, que caem no máximo até 25% das folhas, além de espécies que não são classificadas (Martins; Cavararo, 2012).

A sucessionalidade constitui-se em outro processo importante considerado para a proposição de espécies arbóreas destinadas à formação dos sistemas agroflorestais. Segundo Gandolfi et al. (1995), é estratégico a presença de pioneiras, que são espécies com alta dependência de luz e tendem a crescerem mais rapidamente que a maioria das demais; secundárias iniciais, que requerem sombreamento médio; secundárias tardias, as quais são características de sub-bosque e se desenvolvem sob sombra leve até densa; e clímax, que formam o produto final do estágio sucessional.

Para propor as espécies vegetais destinadas à geração de renda nos arranjos agroflorestais, primeiramente fez-se um levantamento das espécies vegetais de ciclo anual, bianual e perenes e seus potenciais produtivos e de geração de renda identificadas durante os trabalhos realizados a campo, com intuito de selecionar aquelas mais rentáveis e que subsidiariam a

modelagem dos arranjos agroflorestais, seguindo preceitos já adotados por Martinelli et al. (2019), Mayer (2019), Garcia et al. (2021) e Padovan et al. (2022).

Como critério para escolha das espécies vegetais, foram consideradas peculiaridades de processos que podem ocorrer em arranjos agroflorestais biodiversos, como eventuais competições por água, nutrientes, radiação solar e efeitos alelopáticos, que podem reduzir produtividades de diferentes espécies vegetais (Martins; Ranieri, 2014). No entanto, há processos sinérgicos que fortalecem esses agroecossistemas e os tornam mais resilientes e produtivos, proporcionando compensações de eventuais perdas (Miccolis et al., 2016).

Para calcular os custos variáveis e investimentos fixos, foram estimados valores inerentes à mão-de-obra, maquinaria e equipamentos, combustíveis, preparo de solo, insumos (mudas, fertilizantes, defensivos naturais, embalagens, estacas, entre outros) e transportes (Arco-Verde & Amaro, 2014; Martinelli et al., 2019; Mayer, 2019 e Padovan et al., 2022), e fez-se cotações dos preços atualizados e praticados no mercado local e regional do estado de Mato Grosso do Sul.

Para estimar os preços a serem obtidos com a comercialização das produções das espécies vegetais que compõem os sistemas agroflorestais propostos, foram consultados aos dados fornecidos pelo Anuário da Agricultura Brasileira (Agrianual, 2019). Na ausência de alguns dados, também foi consultada a Companhia Nacional de Abastecimento (Conab) para o estado de Mato Grosso do Sul.

Na sequência, utilizou-se a metodologia “Painel de Especialistas” (Pinheiro et al., 2013), composto por técnicos da extensão rural (Ater), pesquisadores da Embrapa e professores da Universidade Federal da Grande Dourados, aos quais foram apresentados à avaliação para fazerem análise crítica dos dados obtidos e sugestões de ajustes à realidade local/regional e dos sistemas em foco, conforme adotado por Martinelli et al. (2019), Mayer (2019) e Padovan et al. (2022).

Para realizar a análise de viabilidade econômica dos arranjos de sistemas agroflorestais propostos, adotou-se a metodologia de pesquisa quali-quantitativa, utilizando-se os indicadores técnicos: Taxa Interna de Retorno – TIR, Taxa Interna de Retorno Modificada – TIRM, Taxa Mínima de Atratividade – TMA, Valor Presente Líquido – VPL, Índice de Lucratividade – IL, Tempo de Retorno do Investimento – Payback Atualizado, Valor Anualizado Equivalente – VAE e Relação Benefício/Custo – B/C, baseados em Martinelli et al. (2019).

Para a entrada de dados relacionados às espécies vegetais propostas para comporem os SAFs visando a geração de renda, seus custos de produção, produtividades e valores de venda da produção previstos, bem como a especificação de coeficientes técnicos, utilizou-se a planilha AmazonSAF v 4-2,5 como ferramenta (Arco-Verde & Amaro, 2014).

3. Resultados e Discussão

Prevê-se, para uma área de 100 x 100 m (1 hectare), que as espécies arbóreas e arbustivas nativas sejam dispostas em 9 (nove) linhas, com distanciamento de 11 m entre elas e 2,5 m entre as árvores ou arbustos. Assim, cada linha de 100 m deve conter 40 indivíduos, compreendendo 360 árvores e arbustos nativos por hectare e 12 indivíduos arbóreos ou arbustivos de cada espécie.

A seguir são apresentadas as espécies arbóreas nativas propostas para composição de sistemas agroflorestais, algumas características e formas de uso para fins econômicos (Quadros 1 e 2)

Quadro 1 - Espécies arbóreas nativas para composição de sistemas agroflorestais biodiversos (SAF 1) visando a restauração de Áreas de Reserva Legal no ecótono entre Mata Atlântica e Cerrado, algumas características e possibilidades de uso econômico.

Espécies	Nome comum	Família	CS	SD	Dec	Uso Econômico
<i>Anadenanthera colubrina</i> (Vell.) Brenan	Angico	Fabaceae	SI	Auto	D	1-2-3-4-5-6-7-8-9
<i>Attalea phalerata</i> Mart. ex Spreng.	Bacuri	Arecaceae	SI	Zoo	P	1-2-4-5-6-10-11-12-13-14
<i>Blepharocalyx salicifolius</i> (Kunth) O.Berg	Guamirim	Myrtaceae	PI	Zoo	S	3-4-5-6-8-10-17
<i>Byrsonima coccolobifolia</i> Kunth	Murici-rosa	Malpighiaceae	PI	Zoo	S	1-3-5-10
<i>Casearia sylvestris</i> Sw.	Guaçatonga	Salicaceae	PI	Zoo	P	1-2-3-4-5-6-7-8-10-15
<i>Cecropia pachystachya</i> Trécul	Embaúba	Urticaceae	PI	Zoo	P	1-2-3-4-5-6-7-8-10-13-15-16
<i>Cedrela fissilis</i> Vell.	Cedro-rosa	Meliaceae	SI	Ane	D	1-2-3-4-6-8-17
<i>Copaifera langsdorfii</i> Desf.	Copaíba	Fabaceae	ST	Zoo	D	1-3-4-5-6-16-17
<i>Cordia trichotoma</i> (Vell.) Arráb. ex Steud.	Louro-pardo	Fabaceae	SI	Zoo	D	1-3-4-5-6-16-17
<i>Cordia sessilis</i> (Vell) Kuntze	Marmelo	Rubiaceae	SI	Zoo	P	4-6-10
<i>Croton urucurana</i>	Sangra d'água	Euphorbiaceae	PI	Auto	P	1-3-4-5-6
<i>Dilodendron bipinnatum</i> Radlk.	Maria-mole	Sapindaceae	PI	Zoo	D	1-6-17
<i>Eugenia dysenterica</i> (Mart.) DC.	Cagaita	Myrtaceae	PI	Zoo	D	2-3-4-5-6-8-10-11
<i>Ficus guaranitica</i> Chodat	Figueira-branca	Moraceae	SI	Zoo	NC	03-10-15
<i>Genipa americana</i> L.	Jenipapo	Rubiaceae	SI	Zoo	S	1-2-3-4-5-6-7-8-9-10-16-17-18-19
<i>Handroanthus impetiginosus</i> (Mart. ex DC.) Mattos	Ipê-roxo	Bignoniaceae	ST	Zoo	D	1-2-3-4-5-6-8
<i>Holocalyx balansae</i> Micheli	Alecrim	Fabaceae	ST	Zoo	D	4-6-19
<i>Hymenaea courbaril</i> L.	Jatobá	Fabaceae	ST	Zoo	P	1-2-3-4-5-6-7-8-10-16-20
<i>Inga marginata</i> Willd.	Ingá	Fabaceae	SI	Zoo	P	4-6-10-15-17
<i>Luehea paniculata</i> Mart. & Zucc.	Açoita-cavalo	Malvaceae	SI	Ane	D	1-3-4-6-13
<i>Maclura tinctoria</i> (L.) D. Don ex Steud.	Amora-branca	Moraceae	SI	Zoo	D	16
<i>Myracrodruon urundeuva</i> Allemão	Aroeira	Anacardiaceae	ST	Ane	D	2-3-4-5-6-7-8-19
<i>Myrsine umbellata</i> Mart.	Capororoca	Primulaceae	SI	Zoo	P	4
<i>Peltophorum dubium</i> (Spreng.) Taub.	Canafístula	Fabaceae	SI	Ane	D	2-3-4-5-6-8
<i>Rhamnidium elaeocarpum</i> Reissek	Cabriteiro	Rhamnaceae	PI	Zoo	Dec	2-3-4-5-6-10
<i>Schinus terebinthifolia</i> Raddi	Aroeira-pimenteira	Anacardiaceae	ST	Zoo	D	2-4-5-6-10-11-12
<i>Syagrus romanzofiana</i> (Cham.) Glassman	Pindó	Arecaceae	SI	Zoo	P	3-4-5-6-10
<i>Talisia esculenta</i> (Cambess.) Radlk.	Pitomba	Sapindaceae	ST	Zoo	P	3-6-10
<i>Vitex polygama</i> Cham.	Maria-preta	Lamiaceae	SI	Zoo	NC	2-3-5-6-10
<i>Xylopia aromatica</i> (Lam.) Mart.	Pimenta-de-macaco	Annonaceae	PI	Zoo	P	1-2-3-4-6-10-12-13-17-18

CS – Classes sucessionais: PI = pioneira; SI = secundária inicial; ST = secundária tardia; SD – Síndromes de dispersão: Ane = anemocórica; Au = autocórica; Zoo = zoocórica. Dec – Deciduidade: D = decídua; S = semidecídua; P = perene. NC = não classificada; Uso econômico: 1- Artesanal; 2 - Forrageiro; 3 - Madeireiro; 4 - Medicinal; 5 - Melífero; 6 - Ornamental; 7 - Resina; 8 - Tanífero; 9 - Tóxico para animais; 10 - Alimentício; 11 - Cortiça; 12 - Condimento; 13 - Fibra; 14 - Cosmético; 15 - Latex; 16 - Tintorial; 17 - Oleaginoso; 18 - Aromático; 19 - Cultural/Ritualístico; 20 - Celulose. Fonte: Autores (2022).

Foram propostas 30 espécies nativas para compor SAFs visando a restauração de ARLs no ecótono entre o Cerrado e Mata Atlântica, as quais pertencem a 18 famílias botânicas. Considerando-se as classes sucessionais, 9 espécies são pioneiras, 14 secundárias iniciais e 7 secundárias tardias. Em relação à deciduidade, 14 são decíduas, 3 semidecíduas, 11 perenifólias e 2 não são classificadas. Quanto à zoocoria, 24 espécies possuem essa forma de dispersão de seus propágulos (Quadro 1).

Quadro 2 - Espécies arbóreas nativas para composição de sistemas agroflorestais biodiversos (SAF 2) visando a restauração de Áreas de Reserva Legal no bioma Cerrado, algumas características e possibilidades de uso econômico.

Nome comum	Nome comum	Família	CS	SD	Dec	Uso econômico
<i>Acrocomia aculeata</i> (Jacq.) Lodd. ex Mart.	macaúba	Arecaceae	PI	Zoo	P	1 - 2 - 3 - 4 - 5 - 6
<i>Anacardium humile</i> A.St.-Hil.	Cajuzinho	Anacardiaceae	PI	Zoo	D	4 - 5 - 6 - 7 - 10
<i>Anadenanthera colubrina</i> (Vell.) Brenan	Angico	Fabaceae	SI	Ane/Au	D	1 - 2 - 3 - 4 - 5 - 6 - 7 - 8 - 9
<i>Annona crassiflora</i> Mart.	Araticum, marolo	Annonaceae	PI	Zoo	D	1 - 3 - 4 - 6 - 10 - 11
<i>Attalea phalerata</i> Mart. ex Spreng.	Bacuri	Arecaceae	SI	Zoo	P	1 - 2 - 4 - 5 - 6 - 10 - 11 - 12 - 13
<i>Caryocar brasiliense</i> Cambess	Pequi	Caryocaraceae	PI	Zoo	S	2 - 3 - 4 - 5 - 6 - 10 - 12
<i>Casearia sylvestris</i> Sw.	Guaçatonga	Salicaceae	PI	Zoo	P	1 - 2 - 3 - 4 - 5 - 6 - 7 - 8 - 10 - 14
<i>Copaifera langsdorffii</i> Desf.	Copaíba	Fabaceae	ST	Zoo	D	1 - 3 - 4 - 5 - 6 - 16 - 17
<i>Cordia trichotoma</i> (Vell.) Arráb. ex Steud.	Louro-pardo	Boraginaceae	SI	Ane/Zoo	D	1 - 2 - 3 - 4 - 5 - 6
<i>Cordia sessilis</i> (Vell.) Kuntze	Marmelo	Rubiaceae	SI	Zoo	P	4 - 6 - 10
<i>Dalbergia miscolobium</i> Benth.	Jacarandá-do-cerrado	Fabaceae	PI	Ane	D	1 - 3 - 6 - 16
<i>Dipteryx alata</i>	Baru	Fabaceae	SI	Zoo	D	2 - 3 - 4 - 5 - 6 - 10 - 17 - 18
<i>Eugenia dysenterica</i> (Mart.) DC.	Cagaita	Myrtaceae	PI	Zoo	D	2 - 3 - 4 - 5 - 6 - 8 - 10 - 11
<i>Genipa americana</i> L.	Jenipapo	Rubiaceae	SI	Zoo	S	1 - 2 - 3 - 4 - 5 - 6 - 7 - 8 - 9 - 10 - 16 - 17 - 18 - 19
<i>Guibourtia hymenaeifolia</i> (Morici.) J. Léonard	Jatobá-mirim	Fabaceae	ST	Zoo	S	1 - 2 - 3 - 4 - 5 - 6 - 7 - 8 - 10 - 16 - 20
<i>Hancornia speciosa</i> Gomes	Mangaba	Apocynaceae	PI	Zoo	S	2 - 3 - 4 - 5 - 6 - 10 - 12
<i>Hymenaea courbaril</i> L.	Jatobá	Fabaceae	ST	Au/Zoo	P	1 - 2 - 3 - 4 - 5 - 6 - 7 - 8 - 10 - 16 - 20
<i>Hymenaea stigonocarpa</i> Mart. ex Hayne	Jatobá-do-cerrado	Fabaceae	PI	Zoo	P	1 - 2 - 3 - 4 - 5 - 6 - 10 - 16
<i>Inga vera</i> Willd.	Ingá	Fabaceae	SI	Zoo	P	4 - 6 - 10 - 15 - 17
<i>Luehea paniculata</i> Mart. & Zucc.	Açoita-cavalo	Malvaceae	SI	Ane/Au	D	1 - 3 - 4 - 6 - 13
<i>Mauritia flexuosa</i> L. f.	Butiti	Arecaceae	SI	Zoo	P	1 - 3 - 4 - 6 - 10 - 13 - 14 - 16 - 17 - 18
<i>Myracrodruon urundeuva</i> Allemão	Aroeira	Anacardiaceae	ST	Ane	D	2 - 3 - 4 - 5 - 6 - 7 - 8 - 19
<i>Myrsine umbellata</i> Mart.	Capororoca	Primulaceae	SI	Zoo	P	2 - 3 - 4 - 5 - 11
<i>Peltophorum dubium</i> (Spreng.) Taub.	Canafistula	Fabaceae	SI	Au/Zoo	D	2 - 3 - 4 - 5 - 6 - 8
<i>Plathymenia reticulata</i> Benth.	Vinhático-do-cerrado	Fabaceae	PI	Ane	D	3 - 4 - 5 - 6 - 8 - 16 - 20
<i>Rhamnidium elaeocarpum</i> Reissek	Cabriteiro	Ramnaceae	PI	Zoo	D	2 - 3 - 4 - 5 - 6 - 10
<i>Schinus terebinthifolia</i> Raddi	Aroeira-pimenteira	Anacardiaceae	ST	Zoo	D	2 - 4 - 5 - 6 - 10 - 11 - 12
<i>Spondias mombin</i>	Taperebá	Anacardiaceae	ST	Zoo	P	1 - 3 - 4 - 5 - 6 - 10 - 20
<i>Syagrus romanzoffiana</i> (Cham.) Glassman	Pindó	Arecaceae	SI	Zoo	P	3 - 4 - 5 - 6 - 10
<i>Tapirira guianensis</i> Aubl.	Peito-de-pombo	Anacardiaceae	PI	Zoo	D	1 - 2 - 3 - 4 - 5 - 6 - 7 - 8 - 20

CS – Classes sucessionais: PI = pioneira; SI = secundária inicial; ST = secundária tardia; **SD – Síndromes de dispersão:** Ane = anemocórica; Au = autocórica; Zoo = zoocórica. **Dec – Deciduidade:** D = decídua; S = semidecídua; P = perene. **NC = não classificada; Uso econômico:** 1- Artesanal; 2 - Forrageiro; 3 - Madeireiro; 4 - Medicinal; 5 - Melífero; 6 - Ornamental; 7 - Resina; 8 - Tanífero; 9 - Tóxico para animais; 10 - Alimentício; 11 - Cortiça; 12 - Condimento; 13 - Fibra; 14 - Cosmético; 15 - Latex; 16 - Tintorial; 17 - Oleaginoso; 18 - Aromático; 19 - Cultural/Ritualístico; 20 - Celulose. Fonte: Autores (2022).

São 30 espécies arbóreas e arbustivas pertencentes a 13 famílias botânicas. Destas espécies, 12 são pioneiras, 12 secundárias iniciais e 6 secundárias tardias. Já em relação à deciduidade, 15 são decíduas, 4 semidecíduas e 11 perenifólias. Em relação à síndrome de dispersão, 25 são zoocóricas (Quadro 2).

Na indicação das espécies nativas, primou-se pela predominância de pioneiras e secundárias iniciais (acima de 76%) (Quadros 1, 2), com intuito de acelerar a melhoria do microclima e favorecer o desenvolvimento das espécies arbóreas de crescimento lento, bem como às espécies de interesse econômico, conforme preconizam Ferreira et al. (2013 e Padovan et al. (2018b).

Dentre as espécies indicadas para compor os sistemas agroflorestais, mais de 56% são decíduas e semidecíduas (Quadros 1, 2), o que segundo Campos Filho e Sartorelli (2015) e Padovan et al. (2022), é uma estratégia importante com intuito de ofertar grande quantidade de material orgânico continuamente para o solo ao longo do tempo, contribuindo à provisão de diversos serviços ambientais.

A fixação biológica de nitrogênio é outro processo natural de alta relevância contemplado com a indicação das espécies arbóreas nativas, sendo 26,6% e 33,3% pertencentes à família Fabaceae (SAFs 1 e 2, respectivamente (Quadros 1, 2), as quais possuem a capacidade de se associarem a microrganismos do gênero *Rizobium* e fixarem esse elemento, podendo viabilizar todo o N necessário às espécies arbóreas e arbustivas nativas, bem como àquelas destinadas à geração de renda (Ávila et al., 2011).

A zoocoria foi outro processo priorizado na composição dos SAFs propostos, representado por 80% e 83,3% das espécies arbóreas e arbustivas nativas (SAFs 1 e 2, respectivamente (Quadros 1, 2). De acordo com Ávila et al. (2011), essas

espécies exercem papel muito importante na atração de dispersores de propágulos, os quais vêm se alimentarem e trazem sementes de outras espécies vegetais que não estão presentes nos SAFs, favorecendo o aumento da diversidade vegetal.

Mesmo que a geração de renda a partir das espécies arbóreas e arbustivas nativas são seja o foco dessa proposta, destaca-se as múltiplas possibilidades de uso para atender necessidades das famílias agricultoras, incluindo-se usos econômicos (Quadros 1, 2), o que contribui para estimulá-las a manterem esses sistemas ao longo do tempo.

Consociadas com as espécies arbóreas nativas, prevê-se a implantação de espécies frutíferas perenes e uma palmeira com a finalidade de geração de renda. Deverão ser dispostas em nove linhas espaçadas em 11 m. Com esse arranjo, cada sistema proposto terá 18 entrelinhas com 5,5 m cada. Nessas entrelinhas serão cultivadas as espécies de ciclo anual e bianual para a geração de renda durante os quatro primeiros anos dos sistemas. Deve-se utilizar a rotação das culturas, bem como a adoção de técnicas e práticas de base agroecológica para reduzir a dependência de insumos externos, além de aumentar a resiliência dos agroecossistemas e a conquista de autossuficiência, conforme preconizam Altieri & Nicholls (2011) e Padovan et al. (2022).

Para propor as espécies vegetais destinadas à geração de renda que devem compor os arranjos agrofloretais, precisa-se entender que elas influenciam diretamente na produtividade e eficiência do sistema, contribuindo para o seu sucesso ou insucesso. O planejamento vai desde as escolhas das espécies, por meio das características de efetividade econômica, conhecimentos climáticos da região e interações com outras espécies, até a distribuição destas na área escolhida (Arco-Verde & Amaro, 2014; Martinelli et al., 2019). As espécies de ciclo anual entrarão na composição dos sistemas pelo período de 4 anos. Após esse período só permanecerão as espécies perenes, que visam, além da geração de renda, favorecer processos naturais e, conseqüentemente, a recuperação das áreas degradadas durante a vigência do projeto.

Assim, propõe-se as espécies de ciclo anual: abóbora, batata doce, feijão caupi, milho verde, moranga e quiabo, além do abacaxi (ciclo bianual), bem como a banana, goiaba, laranja, limão e tangerina, que são espécies perenes, para comporem o SAF 1. Já para o SAF 2, propõe-se as espécies de ciclo anual: açafrão, batata doce, gengibre, inhame, mandioca e melancia, além das espécies perenes: coco, graviola, lichia e pupunha (Tabela 1).

Tabela 1 - Espécies vegetais destinadas à geração de renda e indicadores técnicos envolvendo sistemas agroflorestais propostos para restauração de Áreas de Reserva Legal.

Unidade	Nome Popular	Nome Científico	Espaç. (m)	Densidade ⁽¹⁾	Produt. (kg)	Preço (kg)
SAF 1	Abacaxi	<i>Ananas comosus</i> var. <i>comosus</i>	1,0 x 0,40	28.500	1,00	R\$1,35
	Abóbora	<i>Cucurbita</i> ssp.	2,5 x 2,5	1.680	11,253	R\$2,25
	Banana	<i>Musa</i> spp.	3,0 x 2,5	120	24,00	R\$1,50
	Batata doce	<i>Ipomoea batatas</i> (L.) Lam.	1,0 x 0,30	7.992	0,495	R\$1,88
	Feijão Caupi	<i>Vigna unguiculata</i> (L.) Walp	0,5 x 0,30	79.920	0,072	R\$3,38
	Goiaba	<i>Psidium guajava</i> L.	5,0 x 6,0	48	40,00	R\$3,50
	Laranja	<i>Citrus sinensis</i> (L.) Osbeck	7,0 x 6,0	48	56,765	R\$1,00
	Limão	<i>Citrus aurantifolia</i> Swing var. <i>taiti</i>	7,0 x 6,0	48	43,00	R\$1,70
	Milho verde	<i>Zea mays</i> L.	1,0 x 0,20	91.500	0,049	R\$1,73
	Moranga	<i>Cucurbita maxima</i> Duch	2,5 x 2,5	2.160	11,253	R\$2,27
	Quiabo	<i>Abelmoschus esculentus</i> (L.) Moench	1,0 x 0,40	12.000	0,400	R\$2,50
	Tangerina	<i>Citrus reticulata</i> Blanco	6,0 x 5,0	60	48,00	R\$1,80
SAF 2	Açafrão	<i>Curcuma longa</i> L.	0,4 x 0,25	22.050	0,250	R\$3,00
	Batata doce	<i>Ipomoea batatas</i> (L.) Lam.	1,0 x 0,30	20.349	0,495	R\$1,79
	Coco da Bahia	<i>Cocos nucifera</i> L.	7,5 x 7,5	39	47,805	R\$2,50
	Gengibre	<i>Zingiber officinalis</i> L.	1,0 x 0,20	5.100	0,200	R\$3,00
	Graviola	<i>Annona muricata</i> L.	5,0 x 5,0	30	33,750	R\$3,00
	Inhame	<i>Colocasia esculenta</i> (L.) Schott	1,0 x 0,39	20.349	1,400	R\$2,50
	Lichia	<i>Litchi chinensis</i> Sonn	10 x 10	30	35,000	R\$4,10
	Melância	<i>Citrullus lanatus</i>	2,5 x 3,0	240	42,500	R\$1,50
	Mandioca	<i>Manihot esculenta</i> Crantz	1,0 x 0,7	11.355	1,568	R\$2,50
	Pupunha	<i>Bactris gasipaes</i> Kunth	2,5 x 1,0	300	0,375	R\$7,00

(1) Quantidade de plantas dentro dos sistemas. Fonte: Autores (2022).

Optou-se por espécies adaptadas a cultivos consorciados, respeitando as características de cada uma, com bom potencial para a geração de renda desde os primeiros meses após a implantação dos agroecossistemas, como: abóbora, batata doce, feijão caupi, milho, moranga, quiabo, açafrão, gengibre, inhame, melancia, mandioca e abacaxi (Tabela 1; Quadro 3).

No Quadro 3 é apresentada a disposição das espécies vegetais de ciclo anual e bianual para a geração de renda durante os quatro primeiros anos dos sistemas em cada talhão, com os respectivos ciclos de cultivo. Também contém as espécies perenes e a indicação do início dos ciclos produtivos.

Quadro 3 - Espécies vegetais para geração de renda durante o 1º ao 4º ano em sistemas agroflorestais biodiversos destinados à restauração de Áreas de Reserva Legal.

	Espécies	1º ano						2º ano						3º ano						4º ano					
		Talhões						Talhões						Talhões						Talhões					
		1º	2º	3º	4º	5º	6º	1º	2º	3º	4º	5º	6º	1º	2º	3º	4º	5º	6º	1º	2º	3º	4º	5º	6º
Saf 1	Abacaxi																								
	Abóbora																								
	Banana																								
	Batata Doce																								
	Feijão Caupi																								
	Goiaba																								
	Laranja																								
	Limão																								
	Milho																								
	Moranga																								
	Quiabo																								
Tangerina Pokã																									
Saf 2	Açafrão																								
	Batata doce																								
	Coco da Bahia																								
	Gengibre																								
	Graviola																								
	Inhame																								
	Lichia																								
	Melância																								
	Mandioca																								
	Pupunha																								

Fonte: Autores (2022).

No SAF 1 a produção das espécies perenes inicia-se com a banana ainda no final do primeiro ano após a implantação; a partir do segundo ano tem-se a goiaba, enquanto no terceiro ano a laranja e o limão iniciam seus ciclos produtivos. Já no SAF 2, a produção de pupunha começa no segundo ano, enquanto no terceiro ano a graviola e a lichia já produzem frutos e contribuem para a geração de renda, o que ocorre com o coco no quarto ano (Quadro 3). Todas essas espécies permanecem nos sistemas até o final do projeto proposto (20 anos).

Dentre as espécies para a geração de renda, destaca-se a pupunha que, segundo Cordeiro e Silva (2010), o cultivo possui elevada viabilidade econômica e baixo risco de investimento. Segundo Borges (2011), que realizou estudos sobre o cultivo dessa palmeira como alternativa econômica no Distrito Federal, quando se mantém sua produção organizada e respeitando as leis ambientais, garante-se boa rentabilidade, favorecendo a permanência das famílias agricultoras no campo. Ressalta-se, também, que a lichia produz frutos cuja comercialização internacional tem apresentado significativo crescimento nos últimos anos, tendo em vista ao excelente sabor e aroma de sua parte comestível (Santos, 2009).

Para fazer a análise envolvendo os investimentos fixos, optou-se por não incluir o custo do investimento referente à aquisição da terra para a implantação dos SAFs, uma vez que as referidas áreas se apresentam como um ônus aos proprietários, de modo que estes têm a obrigação legal de realizar a restauração.

Os custos de implantação dos sistemas propostos corresponderam a R\$ 24.171,40 – SAF 1 e R\$ 31.713,80 – SAF 2 (Quadro 4).

Quadro 4 - Indicadores técnicos e custos para implantação de sistemas agroflorestais biodiversos propostos visando a restauração de Áreas de Reserva Legal, com geração de renda.

INVESTIMENTO FIXO							
Item	Unidade	Saf 1			Saf 2		
		Valor unitário	Quant.	Valor	Valor unitário	Quant.	Valor
INVESTIMENTO MAQUINARIO/ ALUGADO	Hectare	15.000	1	15.000,00	15.000	1	15.000,00
<i>Preparo do solo</i>							
Análise do solo completa	Unid.	56,00	1	56,00	56,00	1	56,00
Subsolagem	HM	95,00	2	190,00	95,00	2	190,00
Calagem	HM	95,00	1	95,00	95,00	1	95,00
Gradagem (incorporação de calcário) 1x	HM	95,00	1	95,00	95,00	1	95,00
Gradagem de Nivelamento 1x	HM	95,00	1	95,00	95,00	1	95,00
Sulcamento (linha de arbórias nativas)	HM	95,00	1	95,00	95,00	1	95,00
Subtotal				626,00			626,00
MÃO DE OBRA							
Marcação da área	HD	70,00	1	70,00	70,00	1	70,00
Coveamento	HD	70,00	12	840,00	70,00	12	840,00
Transporte das mudas	HD	70,00	2	140,00	70,00	2	140,00
Plantio de espécies nativas	HD	70,00	1	70,00	70,00	1	70,00
Adubação, plantio e replantio das mudas e	HD	70,00	5	350,00	70,00	5	350,00
Aplicação de isca natural formicida	HD	70,00	1	70,00	70,00	1	70,00
Subtotal				1.540,00			1.540,00
INSUMOS							
Corretivos	t	150,00	2	300,00	150,00	2	300,00
Adubo	t	340,00	1	340,00	340,00	1	340,00
Adubo	t	1.640,00	1	1.640,00	1.640,00	1	1.640,00
Adubo	t	4.880,00	1	4.880,00	4.880,00	1	4.880,00
<i>Mudas + 10 % de perda</i>							
Abacaxi	unid.	0,25	27750	7.631,25			
Abóbora	mil	396,00	2	871,20			
Açafrão	t				5.500,00	0,6	3.630,00
Banana	unid.	7,00	120	924,00			-
Batata doce	m³	110,00	8	968,00	110,00	8	968,00
Coco	und.				15,00	39	643,50
Feijão caupi	kg	6,00	20	132,00			
Gengibre	t				3.000,00	2	6.600,00
Goiaba	unid.	5,00	48	264,00			-
Graviola	unid.				10,00	60	660,00
Inhame	t				4.500,00	1	4.950,00
Laranja	unid.	17,00	48	897,60			
Lichia	unid.				15,00	30	495,00
Limão	unid.	10,00	48	528,00			-
Mandioca	m³				45,00	5	247,50
Melância	mil				60,00	1	66,00
Milho Verde	kg	6,00	20	132,00			-
Moranga	mil	396,00	3	1.306,80			-
Pupunha	mil				11,00	300	3.630,00
Quiabo	mil	2,50	13	32,50			-
Tangerina	unid.	10,00	60	660,00			-
Isca natural formicida	kg	39	2	78,00	39	2	78,00
<i>Ferramentas e utensílios</i>							
Pulverizador costal	unid.	209,9	2	419,80	209,9	2	419,80
Subtotal				22.005,15			29.547,80
CUSTO TOTAL				24.171,15			31.713,80

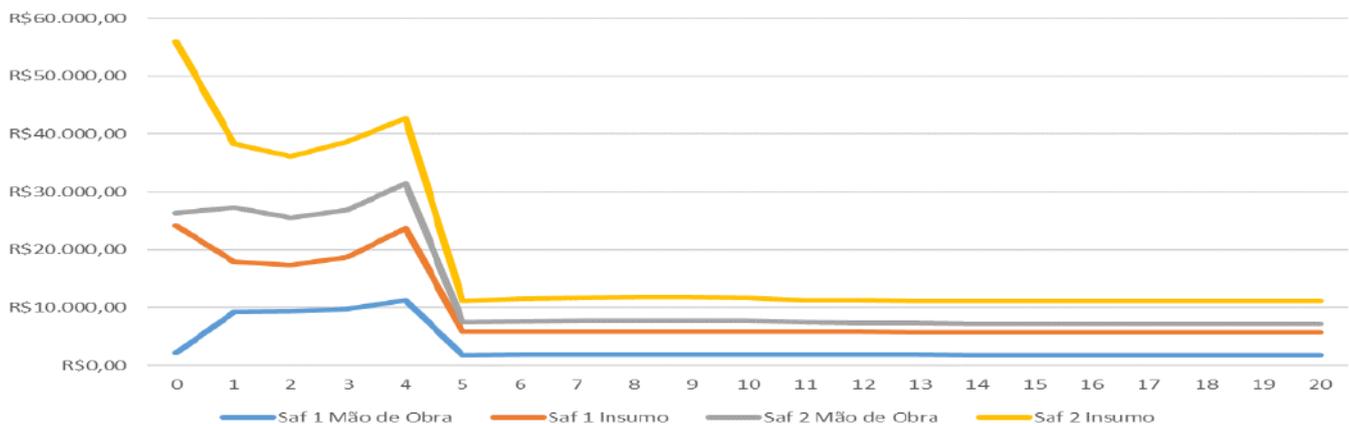
Fonte: Autores (2022).

Os custos de implantação dos SAFs propostos são altos, porém necessários visando gerar renda desde o primeiro ano (Quadro 4), haja vista que, segundo Arco-Verde e Amaro (2014), Martinelli et al. (2019), a fase de implantação apresenta os maiores custos, corroborado por Mayer (2019), Garcia et al. (2021) e Padovan et al. (2022). Entretanto, os autores ressaltam que é importante a distribuição mais uniforme dos custos nos primeiros anos, quando possível, evitando a concentração em apenas um ano, requerendo mais recursos para o início dos sistemas.

Para a fase de preparo de solo (aração, gradagem, incorporação de calcário, por exemplo), estes gastos foram previstos para a pagamento de serviços de maquinários no ano zero, ou seja, na implantação dos sistemas. Para isso foi calculado o custo do trator (Trator 85 cv - MF 290) por hora-máquina, equivalente a R\$ 95,00 (Quadro 4). Já nos anos seguintes, até o 4º ano, são utilizados maquinários e implementos somente para preparo de canteiros e camaleões, enquanto as demais operações são manuais (Figura 1).

Na Figura 1 são apresentados os custos relativos à mão de obra e insumos previstos para cada sistema proposto.

Figura 1 - Custos previstos com insumos e mão de obra para implantação e condução de dois sistemas agroflorestais propostos visando restauração de Áreas de Reserva Legal.



Fonte: Autores (2022).

Na análise dos investimentos fixos, a mão de obra referente ao ano zero é menor quando comparada com os anos posteriores que envolve a manutenção de canteiros, capinas, aplicação de defensivos naturais, colheitas e lavagem dos produtos colhidos, entre outras atividades (Figura 1; Quadro 4).

Dentre as espécies de ciclo anual e bianual do SAF 1, as que demandam maiores gastos com mão de obra foram a tangerina (R\$ 19.810,00), moranga (R\$ 9.512,73) e a banana (R\$ 8.145,90). Já no Sistema 2, a pupunha apresenta elevados custos com insumos (R\$ 44.199,38), seguida do coco e graviola, sendo R\$ 15.400,38 e R\$ 12.674,70, respectivamente. Para o arranjo de SAF 2, as espécies perenes foram as que se destacaram, por precisarem de desbaste seletivo (Figura 1), evitando o sombreamento excessivo no sistema e a queda na produtividade, como recomenda Araújo (2013). Esse fato gera um custo crescente referente a mão de obra, já que a cada ano o grau de dificuldade para a poda é maior (Figura 1; Quadro 4).

Para facilitar a visualização, fez-se um resumo das receitas brutas de vendas da produção ao longo de 20 anos previstas para os arranjos de SAFs propostos, os custos com mão de obra e insumos, bem como as gerações de caixa (Tabela 2).

Tabela 2 - Receitas brutas de vendas, custos com mão de obra e insumos e as gerações de caixa envolvendo diferentes espécies vegetais em dois sistemas agroflorestais propostos para restauração de Áreas de Reserva Legal.

Unidade	Produtos	Receitas	Custos	Custos de	Geração de
		Brutas	Insumos	Mão de obra	caixa
		R\$			
SAF 1	Abacaxi	18.225,00	4.943,75	3.392,90	9.888,35
	Abóbora	38.990,25	1.769,88	4.359,60	32.860,77
	Banana	82.800,00	16.432,76	8.145,90	58.221,34
	Batata doce	7.809,52	3.252,17	1.624,20	2.933,15
	Feijão Caupi	16.230,76	469,11	2.046,81	13.714,84
	Goiaba	120.555,56	1.875,76	4.727,91	113.951,89
	Laranja	63.936,00	4.759,42	4.550,34	54.626,24
	Limão	38.760,00	551,34	639,27	37.569,39
	Milho (verde)	35.330,06	5.077,15	7.210,00	23.042,91
	Moranga	50.064,85	9.512,73	9.512,73	31.039,39
	Quiabo	15.000,00	2.612,16	3.588,90	8.798,94
	Tangerina	103.593,60	49.475,05	19.810,00	34.308,55
Totais		591.295,60	100.731,26	69.608,56	420.955,77
SAF 2	Açafrão	75.600,00	6.896,08	5.863,90	62.840,02
	Batata doce	32.751,63	2.152,56	1.444,02	29.155,05
	Coco da Bahia	112.086,00	15.400,38	14.126,15	82.559,47
	Gengibre	17.850,00	4.053,76	4.296,25	9.499,99
	Graviola	46.080,00	12.674,70	12.579,00	20.826,30
	Inhame	50.872,50	3.933,91	3.944,20	42.994,39
	Lichia	30.085,80	5.471,30	1.675,40	22.939,11
	Mandioca	28.390,00	5.841,69	3.674,25	18.874,06
	Melância	20.256,00	6.447,29	6.565,30	7.243,41
	Pupunha	185.850,00	44.199,82	5.407,50	136.242,68
Totais		599.821,93	107.071,48	59.575,97	433.174,48

Fonte: Autores (2022).

Na estimativa da receita bruta de venda, os maiores valores foram constatados no SAF 1 pela goiaba, proporcionando um montante de R\$ 120.555,56. Posteriormente, destacaram-se a tangerina e a banana, com R\$ 103.593,60 e R\$ 82.800,00, respectivamente (Tabela 2). Essas espécies frutíferas se destacam em virtude do potencial produtivo que possuem, contribuindo para que os agricultores cumpram a legislação referente às ARLs nas propriedades, porém com obtenção de renda contínua, podendo se capitalizar ao longo do tempo, ao mesmo tempo que restaura passivos ambientais.

Para o SAF 2, a pupunha (R\$ 185.850,00) e o coco (R\$ 112.086,00) destacaram-se quanto à receita bruta de venda, seguidos pelo açafrão, com R\$ 75.600,00 (Tabela 2). Para a pupunha, a produção é justificada por ter a maior densidade de plantas dentre as perenes cultivadas na área, com um total de 300 plantas, e por ter alto valor de mercado (R\$ 7,00/kg do palmito), conforme descrito na Tabela 1. Todas as espécies propostas para comporem os SAFs apresentam boas perspectivas de geração de fluxo de caixa positivo, entretanto algumas espécies podem gerar valores menores, porém satisfatórios, especialmente nos arranjos biodiversos propostos, como constatado com a batata doce (R\$ 2.933,15), quiabo (R\$ 8.798,94) e abacaxi (R\$ 9.888,35) no SAF 1, bem como a melancia (R\$ 7.243,41) e gengibre (R\$ 9.499,99) no SAF 2 (Quadro 4).

Ressalta-se que para os agricultores de base familiar, os valores inerentes à mão de obra e materiais de consumo podem ser reduzidos, haja vista que realizam tarefas por membros das respectivas famílias, e também podem produzir materiais de propágulos em suas unidades de produção (sementes crioulas, manivas, tubérculos, mudas, etc) ou trocá-los com outros agricultores e ainda reciclar materiais dentro das propriedades, por meio de diferentes processos de compostagens (Martinelli et al., 2019; Mayer, 2019; Padovan et al., 2022). Destaca-se, também, a dificuldade em comparar os resultados

gerados por diferentes SAFs ou mesmo com outros agroecossistemas, haja vista a multiplicidade de arranjos dos SAFs, características e variáveis peculiares que envolvem durante a implantação e desenvolvimento desses sistemas.

Outro aspecto relevante que devemos atentar em relação aos SAFs, refere-se ao provimento de diversos serviços ecossistêmicos. Os arranjos de SAFs propostos contribuirão para a melhoria da matéria orgânica do solo e do microclima; atração à fauna silvestre, aumento de inimigos naturais e polinizadores; manutenção da umidade do solo, ciclagem de nutrientes, entre outros (Padovan et al., 2017a, b, 2019b; Vasconcellos et al., 2020), porém as espécies arbóreas nativas não são contabilizadas como geradoras de receitas, já que não são previstas nos sistemas para a extração de madeira ou frutos destinados à comercialização.

No entanto, ressalta-se que diversas destas espécies são frutíferas (Quadros 1 e 2), cujos frutos podem ser colhidos, contribuindo para a segurança alimentar e nutricional das famílias agricultoras, bem como ao aumento da renda com a comercialização do excedente, gerando impactos socioeconômicos ainda mais relevantes como parte desse processo de restauração produtiva proporcionado pelos sistemas agroflorestais biodiversos.

Nesse contexto, também é importante a inclusão do Pagamento por Serviços Ambientais (PSA) para remunerar aos agricultores pelos benefícios providos à sociedade, independente dos produtos gerados para a comercialização. De acordo com Foletto e Leite (2011), “esses serviços prestados pelos SAFs podem ser valorados e convertidos em créditos ambientais, possibilitando a agregação de valor às propriedades agrícolas”.

Segundo Padovan et al. (2017a, 2022), há incentivos importantes que os governos podem proporcionar aos(as) agricultores(as) que possuem sistemas agroflorestais biodiversos, em forma de PSAs, destacando-se: “1) Pagamento de bolsas aos agricultores por área cultivada com SAFs, pautados em princípios agroecológicos; 2) Redução de Imposto Territorial Rural – ITR; 3) Redução e até isenção de Imposto sobre Circulação de Mercadorias e Serviços – ICMS para produtos oriundos de SAFs; 4) Redução de juros em financiamentos para custeios e investimentos; 5) Desburocratização na operacionalização de linhas de crédito, como o Pronaf Florestal e Pronaf Agroecologia e flexibilização para que contemple as peculiaridades desses sistemas; 6) Priorização a agricultores que possuem SAFs para comercialização da produção junto a programas institucionais, como o Programa de Aquisição de Alimentos – PAA e Programa Nacional de Alimentação Escolar – PNAE, entre outros; 7) Assistência técnica qualificada, seguindo dinâmicas que contemplem as peculiaridades desses sistemas na orientação dos agricultores; e 8) Atendimento prioritário em bancos públicos”.

Nos Quadros 5 e 6 são apresentados os fluxos de caixa dos sistemas agroflorestais propostos, destacando-se a viabilidade das espécies indicadas para a composição dos SAFs visando a geração de renda. Essa perspectiva de geração contínua de renda, segundo Padovan et al. (2021, 2022), estimula os agricultores a continuarem com o processo de recuperação de passivos ambientais em ARLs e APPs.

A restauração de ARLs no Brasil é um grande desafio, pois não há políticas públicas efetivas que estimulem os agricultores a recuperá-las, uma vez que a maioria considera como áreas perdidas nas propriedades se adotarem algumas técnicas convencionais de restauração (Mayer, 2019). A adoção de sistemas agroflorestais biodiversos pode mudar essa concepção predominante, em função da perspectiva de obtenção de renda nessas áreas, conforme demonstrado nos Quadros 5 e 6, bem como em estudos desenvolvidos por Martinelli et al. (2019) e Padovan et al. (2021, 2022), entre outros.

Quadro 5 - Fluxo de caixa durante a vigência do projeto (20 anos) referente ao sistema agroflorestal biodiverso (SAF 1 – 01 ha) proposto para fins de restauração de Áreas de Reserva Legal com geração de renda.

ANO	(+)RC	(-)TSRC	(-)CT/DV	(=)MC	(-)CT/DF	(=)LAJIR	(-)IR	(=)LOL	(+)DP	(=)FCO	(-)IF	IC	(=)FCL	(-)AJ	(=)FCP
0			24.174,40									110.474,38	-110.474,38		-110.474,38
1	46.082,44	1.059,90	17.921,79	27.100,75	56,10	27.044,65		27.044,65		27.044,65			27.044,65	692,56	26.352,09
2	53.832,32	1.238,14	17.430,68	35.163,50	288,97	34.874,53	902,01	33.972,52	199,31	34.171,83	1.678,46		32.493,37	692,56	31.800,80
3	53.348,41	1.227,01	18.741,52	33.379,87	288,97	33.090,90	768,24	32.322,67	199,31	32.521,98			32.521,98	692,56	31.829,42
4	60.002,02	1.380,05	23.713,51	34.908,47	288,97	34.619,50	882,88	33.736,62	199,31	33.935,93			33.935,93	692,56	33.243,36
5	19.998,40	459,96	5.785,15	13.753,29	288,97	13.464,32	-703,76	14.168,07	199,31	14.367,38			14.367,38	692,56	13.674,82
6	23.608,00	542,98	5.911,79	17.153,22	288,97	16.864,25	-448,76	17.313,01	199,31	17.512,32			17.512,32	692,56	16.819,76
7	26.977,60	620,48	5.905,49	20.451,62	288,97	20.162,65	-201,38	20.364,03	199,31	20.563,34			20.563,34	692,56	19.870,78
8	27.409,60	630,42	5.896,04	20.883,14	288,97	20.594,17	-169,02	20.763,18	199,31	20.962,49	83,92		21.046,41	692,56	20.353,85
9	27.409,60	630,42	5.874,98	20.904,20	288,97	20.615,23	-167,44	20.782,66	199,31	20.981,97	1.678,46		19.303,51	692,56	18.610,95
10	27.409,60	630,42	5.868,68	20.910,50	288,97	20.621,53	-166,97	20.788,49	199,31	20.987,80			20.987,80	692,56	20.295,24
11	26.593,60	611,65	5.862,38	20.119,56	288,97	19.830,59	-226,29	20.056,88	199,31	20.256,19			20.256,19	692,56	19.563,63
12	25.696,00	591,01	5.856,08	19.248,91	288,97	18.959,94	-291,58	19.251,52	199,31	19.450,83			19.450,83	692,56	18.758,27
13	22.024,00	506,55	5.738,74	15.778,71	288,97	15.489,74	-551,85	16.041,59	199,31	16.240,90			16.240,90	692,56	15.548,33
14	22.024,00	506,55	5.717,68	15.799,77	288,97	15.510,80	-550,27	16.061,07	199,31	16.260,38			16.260,38	605,99	15.654,39
15	22.024,00	506,55	5.717,68	15.799,77	288,97	15.510,80	-550,27	16.061,07	199,31	16.260,38			16.260,38	519,42	15.740,96
16	22.024,00	506,55	5.687,08	15.830,37	288,97	15.541,40	-547,98	16.089,37	199,31	16.288,68	83,92		16.372,60	432,85	15.939,75
17	22.024,00	506,55	5.687,08	15.830,37	288,97	15.541,40	-547,98	16.089,37	199,31	16.288,68			16.288,68	346,28	15.942,40
18	22.024,00	506,55	5.680,78	15.836,67	288,97	15.547,70	-547,50	16.095,20	199,31	16.294,51			16.294,51	259,71	16.034,80
19	20.728,00	476,74	5.674,48	14.576,77	288,97	14.287,80	-641,99	14.929,80	199,31	15.129,11			15.129,11	173,14	14.955,97
20	20.056,00	461,29	5.668,18	13.926,53	288,97	13.637,56	-690,76	14.328,32	199,31	14.527,63		110.474,38	14.527,63	86,57	14.441,06

Legenda: RBV = Receita bruta de vendas; TSRC = Tributos sobre a receita; CT/DV = Custos e despesas variáveis totais; MC = Margem de contribuição; CT/DF = Custos e despesas fixas totais; LAJIR = Lucro antes dos juros e imposto de renda; IR = Imposto de renda; LOL = Lucro operacional líquido; DP = Depreciação; FCO = Fluxo de caixa operacional; IF = Investimentos fixos; IC = Investimentos circulantes; FCL = Fluxo de caixa livre; AJ = Amortização de juros – PRONAF Floresta; FCP = Fluxo de caixa do produtor. Fonte: Autores (2022).

Quadro 6 - Fluxo de caixa durante a vigência do projeto (20 anos) referente ao sistema agroflorestal biodiverso (SAF 2 – 01 ha) proposto para fins de restauração de Áreas de Reserva Legal com geração de renda.

ANO	(+)RC	(-)TSRC	(-)CT/DV	(=)MC	(-)CT/DF	(=)LAJIR	(-)IR	(=)LOL	(+)DP	(=)FCO	(-)IF	IC	(=)FCL	(-)AJ	(=)FCP
0			24.174,40									110.474,38	-110.474,38		-110.474,38
1	59.871,91	1.377,05	20.354,34	38.140,52	56,10	38.084,42		38.084,42		38.084,42			38.084,42	692,56	37.391,85
2	75.231,29	1.730,32	18.660,07	54.840,90	288,97	54.551,93	2.377,81	52.174,11	199,31	52.373,42	1.678,46		50.694,96	692,56	50.002,40
3	58.418,70	1.343,63	19.941,73	37.133,34	288,97	36.844,37	1.049,75	35.794,63	199,31	35.993,94			35.993,94	692,56	35.301,37
4	57.922,03	1.332,21	19.097,69	37.492,14	288,97	37.203,17	1.076,66	36.126,51	199,31	36.325,82			36.325,82	692,56	35.633,26
5	18.120,00	416,76	5.322,00	12.381,24	288,97	12.092,27	-806,66	12.898,93	199,31	13.098,24			13.098,24	692,56	12.405,68
6	19.602,00	450,85	5.613,59	13.537,56	288,97	13.248,59	-719,94	13.968,53	199,31	14.167,84			14.167,84	692,56	13.475,27
7	20.538,00	472,37	5.827,53	14.238,09	288,97	13.949,12	-667,40	14.616,52	199,31	14.815,83			14.815,83	692,56	14.123,27
8	21.162,00	486,73	5.863,99	14.811,28	288,97	14.522,31	-624,41	15.146,72	199,31	15.346,03	83,92		15.429,95	692,56	14.737,39
9	22.488,00	517,22	5.877,30	16.093,47	288,97	15.804,50	-528,24	16.332,74	199,31	16.532,05	1.678,46		14.853,59	692,56	14.161,03
10	22.488,00	517,22	5.853,49	16.117,29	288,97	15.828,32	-526,46	16.354,77	199,31	16.554,08			16.554,08	692,56	15.861,52
11	22.488,00	517,22	5.438,29	16.532,48	288,97	16.243,51	-495,32	16.738,83	199,31	16.938,14			16.938,14	692,56	16.245,58
12	22.488,00	517,22	5.438,29	16.532,48	288,97	16.243,51	-495,32	16.738,83	199,31	16.938,14			16.938,14	692,56	16.245,58
13	22.488,00	517,22	5.438,29	16.532,48	288,97	16.243,51	-495,32	16.738,83	199,31	16.938,14			16.938,14	692,56	16.245,58
14	22.488,00	517,22	5.427,79	16.542,98	288,97	16.254,01	-494,53	16.748,54	199,31	16.947,85			16.947,85	605,99	16.341,86
15	22.488,00	517,22	5.427,79	16.542,98	288,97	16.254,01	-494,53	16.748,54	199,31	16.947,85			16.947,85	519,42	16.428,43
16	22.488,00	517,22	5.417,29	16.553,48	288,97	16.264,51	-493,74	16.758,25	199,31	16.957,56	83,92		17.041,48	432,85	16.608,63
17	22.488,00	517,22	5.417,29	16.553,48	288,97	16.264,51	-493,74	16.758,25	199,31	16.957,56			16.957,56	346,28	16.611,28
18	22.488,00	517,22	5.406,79	16.563,98	288,97	16.275,01	-492,95	16.767,97	199,31	16.967,28			16.967,28	259,71	16.707,57
19	22.128,00	508,94	5.406,79	16.212,26	288,97	15.923,29	-519,33	16.442,63	199,31	16.641,94			16.641,94	173,14	16.468,80
20	21.948,00	504,80	5.406,79	16.036,40	288,97	15.747,43	-532,52	16.279,96	199,31	16.479,27		110.474,38	16.479,27	86,57	16.392,70

Legenda: RBV = Receita bruta de vendas; TSRC = Tributos sobre a receita; CT/DV = Custos e despesas variáveis totais; MC = Margem de contribuição; CT/DF = Custos e despesas fixas totais; LAJIR = Lucro antes dos juros e imposto de renda; IR = Imposto de renda; LOL = Lucro operacional líquido; DP = Depreciação; FCO = Fluxo de caixa operacional; IF = Investimentos fixos; IC = Investimentos circulantes; FCL = Fluxo de caixa livre; AJ = Amortização de juros – PRONAF Floresta; FCP = Fluxo de caixa do produtor. Fonte: Autores (2022).

Os resultados do fluxo de caixa foram positivos e apresentam comportamentos semelhantes nos sistemas agroflorestais propostos ao longo do período dos projetos, apresentando resultados positivos desde 1º ano após a implantação (Quadros 5 e 6), gerando indicadores financeiros importantes para subsidiar tomadas de decisão de alocação de recursos nos projetos de investimento, conforme enfatiza Belarmino (2017).

Há viabilidade das espécies indicadas para a composição de SAFs visando a geração contínua de renda, com intuito de estimular os agricultores a continuarem com o processo de recuperação de passivos ambientais em ARLs (Quadros 5 e 6), corroborado por Padovan et al. (2022), num trabalho desenvolvido para fins de restauração de Áreas de Preservação Permanente – APPs.

Conforme Martinelli et al. (2019) e Padovan et al. (2022), apesar dos SAFs serem destinados à restauração de ARLs, a perspectiva de obtenção de fluxo de caixa positivo já nos primeiros anos (Quadros 5 e 6), é altamente relevante, haja vista que técnicas de restauração convencionais, como o plantio total de mudas, por exemplo, ou mesmo o adensamento/enriquecimento com mudas e sementes, predominantemente não geram renda.

Moreira (2018) e Martinelli et al. (2019) ressaltam que as combinações entre as espécies florestais e agrícolas nos sistemas propostos apresentam produções bem maiores por área utilizada quando comparados à produção dessas espécies em monocultivos, o que ocorre em função do melhor aproveitamento dos recursos naturais, como o solo, água e radiação solar. Agrega-se, também, que esses sistemas propostos podem fomentar o ciclo de oferta de produtos alimentícios diversificados aos mercados locais, propiciando um processo de abastecimento contínuo por meio de canais curtos de comercialização, garantindo produtos frescos aos consumidores e isentos de resíduos químicos, menor atuação dos intermediários e melhor rentabilidade aos agricultores (Altieri e Nicholls, 2011; Alves et al., 2019; Padovan et al., 2021).

Apesar dos sistemas propostos se destinarem à restauração de passivos ambientais em ARLs, possuem atributos ambientais e de viabilidade financeira para implantação em áreas de produção, com intuito de diversificar a matriz de produção agrícola, aumentar a produção de alimentos e geração de renda, conforme Padovan et al. (2022).

É importante que a escolha das espécies vegetais a serem cultivadas nos SAFs, bem como as respectivas quantidades de cada uma, sejam determinadas a partir da aptidão de cada área a ser restaurada, das características de cada família agricultora envolvida, bem como pela demanda do mercado. Assim, os agricultores ficam mais seguros durante a implantação e condução desses agroecossistemas, bem como quanto às possibilidades de comercialização da produção e a obtenção de renda contínua, estimulando-os a seguirem firmes nessas iniciativas de múltiplos propósitos (Abdoellah et al., 2006). Merece destaque ainda o fato de que a diversidade dos produtos garante maior flexibilidade aos sistemas, contribuindo para a diminuição dos riscos aos agricultores (Tremblay et al., 2014).

Quando analisados outros indicadores financeiros durante o período de 20 anos, observa-se diferenças nos retornos econômicos de cada sistema (Quadro 7).

Quadro 7 - Resultados da aplicação de técnicas de avaliação do investimento em sistemas agroflorestais propostos para restauração de Áreas de Reserva Legal.

Técnicas de Investimento	Sistema Agroflorestal		Unidade
	1	2	
Valor Presente Líquido (VPL)	37.531,50	68.786,33	R\$ ha ⁻¹ ano ⁻¹
Taxa Interna de Retorno (TIR)	4,46%	2,21%	% a.a.
Índice de Lucratividade (IL)	5,24	8,90	R\$
Payback atualizado	3,82	2,25	Anos
Relação Benefício/Custo (B/C)	1,76	2,11	R\$
Valor Anual Uniforme Equivalente (VAUE)	4.116,13	7.543,89	R\$ ha ⁻¹ ano ⁻¹
Taxa Interna de Retorno Modificada (MIR)	6,90%	8,42%	% a.a.

Fonte: Autores (2022).

Quanto aos resultados do VPL, verifica-se que o SAF 1 pode gerar valor líquido de R\$ 37.531,50, enquanto o SAF 2 esse valor corresponde a R\$ 68.786,33, com uma taxa de atratividade de 9,01%, mostrando que ambos são economicamente viáveis, uma vez que os VPLs foram positivos em um horizonte de 20 anos (Quadro 7). O resultado constatado no SAF 2 (Quadro 7) é elevado em comparação ao encontrado por Costa e Oliveira (2018), em um trabalho envolvendo análise financeira de SAF, no qual obteve-se VPL de R\$ 52.482,37 envolvendo culturas anuais. No entanto, ressalta-se que essas diferenças são decorrentes das peculiaridades de cada sistema.

Na relação B/C, constataram-se valores para o SAF 1 de 1,76 e SAF 2, 2,11, respectivamente. Esses valores indicam que para cada real investido nesses sistemas, ao final de 20 anos, obtêm-se um retorno líquido de R\$ 0,76 e R\$ 1,11, respectivamente (Quadro 7), mostrando a viabilidade do investimento. Esse resultado corrobora com o encontrado por Costa e Oliveira (2018), ou seja, indica que os benefícios superam os custos totais do projeto, haja vista que o desejado deve ser valor maior ou igual a um (Borner, 2009).

Para a TIR, os resultados identificam 4,46% e 2,21% a.a., para os SAFs 1 e 2, respectivamente (Quadro 7). A taxa do SAF 1 posicionou-se superior à taxa de juros do capital de terceiros (Pronaf Floresta, de 2,5% ao ano) e inferior ao custo do capital próprio, de 9,01% ao ano, determinado para esse estudo. Segundo Pereira e Almeida (2008), a TIR pode ser utilizada na comparação entre dois ou mais projetos de investimentos. Nesse caso, o SAF 1 apresentou o maior valor da TIR, ou seja, economicamente mais atraente considerando-se a esse indicador de avaliação.

Tendo em vista que o payback é o período de recuperação do capital investido, o SAF 1 demoraria 3,82 anos para que o lucro líquido acumulado se iguale ao investimento, enquanto o SAF 2 proporcionaria esse lucro já em 2,25 anos (Quadro 7).

O payback atualizado constatado no SAF 1 é um pouco longo (Quadro 7) e, se analisado de forma estritamente financeira, pode desestimular os “agricultores imediatistas” a restaurarem ARLs com esses sistemas. No entanto, conforme demonstrado no Quadro 4, gera renda desde o primeiro ano após sua implantação e vai amortizando os gastos realizados a cada ano. Outro aspecto relevante é que se trata de um sistema perene, que proporciona melhorias ambientais continuamente, o que ajuda a reduzir despesas ao longo dos anos, favorecendo o aumento da rentabilidade (Miccolis et al., 2016; Padovan et al., 2022). Políticas públicas de apoio à adoção desses agroecossistemas de múltiplos propósitos podem dar maior segurança aos agricultores para adotá-los. O Pagamento por Serviços Ambientais, proporcionando compensações aos agricultores através de remuneração, desconto em impostos, abatimentos em juros de financiamentos, facilidades de acesso ao crédito e na comercialização da produção oriunda de SAFs, entre outras formas, podem ser opções importantes para proporcionarem ganhos aos agricultores por serviços ambientais que prestam à toda a sociedade (Foleto e Leite, 2011).

Nesse estudo, também foi calculado o IL dos projetos de investimentos, cujos valores foram de R\$ 5,24 e R\$ 8,90 para os SAFs 1 e 2, respectivamente. Isso significa que para cada R\$ 1,00 real investido, os projetos geram R\$ 4,24 e R\$ 7,90 de fluxo de caixa, respectivamente, destacando-se a superioridade do SAF 2, neste indicador. E por fim, os valores encontrados no VAUE e MIR para os SAFs 1 e 2 foram de R\$ 4.116,13 – (6,90% a.a.) e R\$ 7.543,89 – (8,42% a.a.), respectivamente, apontando a viabilidade do projeto nas duas situações analisadas, destacando, novamente, o SAF 2 com desempenho um pouco superior (Quadro 7).

4. Considerações Finais

Os arranjos de sistemas agroflorestais propostos atendem ao Código Florestal Brasileiro para fins de restauração de Áreas de Reserva Legal, tendo em vista a diversidade de espécies nativas com características que fortalecem os processos ecológicos, os quais favorecem a recuperação desses passivos ambientais.

Os sistemas agroflorestais biodiversos podem ser adotados pelos agricultores para implementarem a “recuperação produtiva” de Áreas de Reserva Legal, gerando renda desde o primeiro ano após sua implantação. Entretanto, a sua maior ou

menor viabilidade econômica dependerá dos arranjos adotados, bem como de manejos necessários e que devem ser realizados continuamente para favorecer processos naturais, o que resultará em aumento da provisão de serviços ambientais e da produtividade das espécies de interesse alimentício e econômico.

Os indicadores econômicos identificaram valores expressivos para os arranjos de sistemas agroflorestais propostos, evidenciando que são viáveis economicamente, confirmando que essa tecnologia de múltiplo propósito pode gerar importantes resultados econômicos e sociais.

No entanto, o arranjo de SAF 2 proposto apresenta melhor desempenho inerente ao payback atualizado, ou seja, demoraria 2,25 anos para a recuperação integral do capital investido, enquanto para o SAF 1 esse tempo seria de 3,82 anos. O SAF 2 também apresenta superioridade quanto a outros indicadores como parte das técnicas de investimento, tais como: VPL, TIR, IL, B/C, VAUE e MIR.

Tendo em vista a baixa diversificação de atividades produtivas nos agroecossistemas predominantes no Brasil, os arranjos de SAFs podem ser estratégicos para adoção em sistemas de produção fora de áreas com passivos ambientais (ARLs), com intuito de diversificar a matriz de produção agrícola, tornando os agroecossistemas mais resilientes e fortalecendo a diversificação da produção de alimentos e geração contínua de renda.

A proposição de arranjos de SAFs para restauração de ARLs, com geração de renda, pode proporcionar importantes benefícios a diferentes agentes: 1) Bancos e Cooperativas de Crédito, disponibilizando indicadores técnicos e de viabilidade econômica que subsidiam a operacionalização de linhas de crédito existentes (Pronaf Floresta e Pronaf Agroecologia), bem como de novas linhas de crédito a serem criadas que melhor contemplem as especificidades desses agroecossistemas; 2) Governos (Federal, Estaduais e Municipais), disponibilizando dados técnicos e de viabilidade econômica que subsidiam a concepção e/ou aprimoramento de políticas públicas, bem como de ações estruturadas de apoio à adoção de SAFs para geração de renda e recuperação ambiental; 3) Agricultores, ao indicar arranjos agroflorestais com múltiplos propósitos, capazes de melhorar o meio ambiente e gerar renda continuamente.

Em síntese, os arranjos de SAFs propostos possuem elevada capacidade de produção de serviços ambientais e, conseqüentemente, a recuperação de áreas degradadas; elevado potencial para garantir segurança alimentar e nutricional das famílias agricultoras; elevado potencial de geração contínua de renda às famílias agricultoras; e resiliência às adversidades climáticas e às oscilações mercadológicas.

Sugere-se o desenvolvimento de novos estudos multidisciplinares afim de propor outros arranjos de sistemas agroflorestais biodiversos para restauração de Áreas de Reserva Legal no ecótono entre Mata Atlântica e o Cerrado, bem como para o bioma Cerrado, tendo em vista a multiplicidade de microrregiões com características distintas. Estende-se, também, a sugestão de estudos afins para a proposição de arranjos de SAFs para restauração de ARLs em todos os demais biomas do Brasil.

Referências

- Abdoellah, O. S., Hadikusumah, H. Y., Takeuchi, K., Okubo, S. & Parikesit, S. (2006). Commercialization of homegardens in an Indonesian village: Vegetation composition and functional changes. *Agroforestry Systems*, 68 (1), 1-13.
- Agrianual (2019). *Anuário da agricultura brasileira*. FNP, Consultoria e Agroinformativos.
- Altieri, M. A. & Nicholls, C. I. (2011). O potencial agroecológico dos sistemas agroflorestais na América Latina. *Agriculturas*, 8 (2), 31-34.
- Alves, J. C., Soares, J. A. B., Feiden, A. & Padovan, M. P. (2019). Sistemas agroflorestais biodiversos: segurança alimentar e bem-estar às famílias agricultoras. *Revista GeoPantanal*, 14, 75-94.
- Amorozo, M. C. M., Ming, L. C., Silva, S. M. P. (2002). *Métodos de coleta e análise de dados em etnobiologia, etnoecologia e disciplinas correlatas*. Rio Claro, SP: SBEE.

- Araújo, L. (2013). *Transição agroecológica na comunidade quilombola de Morro Alto, Maquiné-RS*. [Monografia de Pós-Graduação - Universidade Federal do Rio Grande do Sul].
- Arco-Verde, M. F. & Amaro, G. C. (2014). *Análise financeira de sistemas produtivos integrados*. Colombo: Embrapa Florestas (Documentos, 274).
- Ávila, A. L., Araújo, M. M., Longhi, S. J. & Gasparin, E. (2011). Caracterização da vegetação e espécies para recuperação de mata ciliar, Ijuí, RS. *Ciência Florestal*, 21 (2), 251-260.
- Bayley, K. (1994). *Methods of social research*. New York: The Free Press.
- Brasil. *Lei nº 12.651, de 25 de maio de 2012*. (2012). Proteção da vegetação nativa. http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2011-2014/2012/Lei/L12651.htm.
- Brasil. *Lei n. 9.985 de 2000*. (2000). Brasília, DF: Presidência da República. http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/19985.htm.
- Brasil. *Lei Federal nº 6.902, de 27 de Abril de 1981*. (1981). Dispõe sobre a criação de Estações Ecológicas, Áreas de Proteção Ambiental. http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/16902.htm.
- Belarmino, L. C. (2017). *Avaliações econômicas dos sistemas de produção de laranja convencional, orgânico e agroflorestal*. Pelotas: Embrapa Clima Temperado.
- Borges, P. R. S. (2011). *A Pupunha como alternativa econômica para a Agricultura Familiar do Distrito Federal*. [Monografia de Pós-Graduação - Universidade Federal do Paraná].
- Börner, J. (2009). Serviços ambientais e adoção de sistemas agroflorestais na Amazônia: elementos metodológicos para análises econômicas integradas. In: Porro, R. (Ed.). *Alternativa agroflorestal na Amazônia em transformação*. Brasília-DF: Embrapa Informação e Tecnologia, 411-433.
- Campos Filho, E. M. & Sartorelli, A. R. (2015). *Guia de árvores com valor econômico*. São Paulo: Agroicone.
- Chape, S., Spalding, M. & Jenkins, M. D. (2008). *The World's Protected Areas*. Berkeley: University of California Press.
- Cordeiro, S. A. & Silva, M. L. (2010). Rentabilidade e risco de investimento na produção de palmito de pupunha (*Bactris gasipaes* Kunth.). *Cerne*, 16 (1), 53-59.
- Costa, A. A. & Oliveira, M. M. (2018). *Análise de viabilidade econômica de um Sistema Agroflorestal localizado no município de Parauapebas-PA*. Parauapebas, PA: Universidade Federal da Amazônia.
- Fávero, C., Lovo, I. C. & Sá Mendonça, E. (2008). Recuperação de área degradada com sistema agroflorestal no vale do rio Doce, Minas Gerais. *Revista Árvore*, 32 (5), 861-868.
- Fernandes, S. S. L., Santiago, E. F., Padovan, M. P., Carneiro, L. F. & Virgínio Filho, E. M. (2020). Serviços ambientais culturais e de suporte: percepção por agricultores familiares em sistemas agroflorestais do Brasil e Costa Rica. *Research, Society and Development*, 9, e11691210783.
- Ferreira, P. I., Gomes, J. P., Batista, F., Bernardi, A. P., Costa, N. C. F., Bortoluzzi, R. L. C. & Mantovani, A. (2013). Espécies potenciais para recuperação de áreas de preservação permanente no planalto catarinense. *Floresta e Ambiente*, 20 (2), 173-182.
- Foleto, E. M. & Leite, M. B. (2011). Perspectivas do pagamento por serviços ambientais e exemplos de caso no Brasil. *Revista de Estudos Ambientais*, 13 (1), 6-17.
- Gandolfi, S., Leitão Filho, H. F. & Bezerra, C. L. E. (1995). Levantamento florístico e caráter sucessional das espécies arbustivo arbóreas de uma floresta mesófila semidecídua no município de Guarulhos, SP. *Revista Brasileira de Biologia*, 55, (4), 753-767.
- Garcia, L. T., Paulus, L. A. R., Fernandes, S. S. L., Arco-Verde, M. F., Padovan, M. P. & Pereira, Z. V. (2021). Viabilidade financeira de sistemas agroflorestais biodiversos no Centro Oeste Brasileiro. *Research, Society and Development*, 10, e47210413682.
- Gottfried, R., Wear, D. & Lee, R. (1996). Institutional solutions to market failure on the landscape scale. *Ecological Economics*, 18 (2), 133-140.
- Haufler, J. B. & Kernohan, B. J. (2009). Landscape Considerations for Conservation Planning on Private Lands. In: Millsaugh, J. & Thompson, F. R. (Eds.). *Models for planning wildlife conservation in large landscapes*. San Diego: Academic Press, 153-176.
- Iwata, B. F., Leite, L. F. C., Araújo, A. S. F., Nunes, L. A. P. L., Gehring, C. & Campos, L. P. (2012). Sistemas agroflorestais e seus efeitos sobre os atributos químicos em Argissolo Vermelho-Amarelo do Cerrado piauiense. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, 16, 730-738.
- Junqueira, A. C., Schindwein, M. N., Canuto, J. C., Nobre, H. G. & Souza, T. J. M. (2013). Sistemas agroflorestais e mudanças na qualidade do solo em assentamento de reforma agrária. *Revista Brasileira de Agroecologia*, 8 (1), 102-115.
- Leles, P. S. S., Oliveira Neto, S. N. & Alonso, J. M. (2015). Restauração florestal em diferentes espaçamentos. In: Leles, P. S. S. & Oliveira Neto, S. N. (ed.). *Restauração Florestal e a Bacia do Rio Guandu*. Seropédica: Editora Rural, 120-156.
- Lucena, H. D., Paraense, V. C. & Mancebo, C. H. A. (2016). Viabilidade econômica de um sistema agroflorestal com cacau e essências florestais de alto valor comercial em Altamira-PA. *Revista de Administração e Negócios da Amazônia*, 8 (1), 73-84.
- Maia, M. R., Oliveira, E. & Lima, E. M. (2011). O uso do solo e a questão ambiental na região Sudoeste da Bahia-Brasil. *Revista Geográfica de América Central*, 47 (2), 1-15.
- Martinelli, G. do C., Schindwein, M. M., Padovan, M. P. & Gimenes, R. M. T. (2019). Decreasing uncertainties and reversing paradigms on the economic performance of agroforestry systems in Brazil. *Land Use Policy*, 80, 274-286.

- Martins, L. & Cavararo, R. (2012). *Manual Técnico da Vegetação Brasileira*. Rio de Janeiro: Instituto Brasileiro de Geografia e Estatísticas.
- Martins, T. P. & Ranieri, V. E. L. (2014). Sistemas Agroflorestais como alternativa para Reservas Legais. *Ambiente & Sociedade*, 17 (3), 79-96.
- Mayer, T. da S. (2019). *Sistemas agroflorestais biodiversos: alternativa viável para recuperação de passivos ambientais*. [Dissertação de Mestrado - Universidade Federal da Grande Dourados].
- Miccolis, A., Peneireiro, F. M., Marques, H. R., Vieira, D. L. M., Arco-Verde, M. F., Hoffmann, M. R., Rehder, T. & Pereira, A. V. B. (2016). *Restauração ecológica com sistemas agroflorestais: como conciliar conservação com produção - opções para Cerrado e Caatinga - guia técnico*. Brasília, DF: Instituto Sociedade, População e Natureza, Nairobi: Centro Internacional de Pesquisa Agroflorestal.
- Moreira, F. T. A. (2018). *Avaliação de um sistema agroflorestal na região de Itaparica, semiárido pernambucano*. [Tese de Doutorado - Universidade Federal Rural de Pernambuco].
- Nascimento, J. S., Pereira, Z. V., Fernandes, S. S. L. & Padovan, M. P. (2020). Riqueza e estrutura de sistemas agroflorestais biodiversos contribuem para a recuperação de áreas degradadas. In: Zufo, A. M. & Aguilera, J. G. (Org.). *Agricultura 4.0*, 4 ed., Nova Xavantina, MT: Pantanal Editora.
- Padovan, M. P., Mayer, T. S. & Pereira, Z. V. (2022). *Modelo de arranjo agroflorestal biodiverso para restauração ecológica de áreas de preservação permanente, com geração de renda*. Dourados: Embrapa Agropecuária Oeste (Série Documentos, 176).
- Padovan, M. P.; Pereira, Z. V. & Serrano, M. R. (2021). Panorama dos sistemas agroflorestais biodiversos em Mato Grosso do Sul. *Revista GeoPantanal*, 30, 102-112.
- Padovan, M. P., Cardoso, I. M., Pereira, Z. V. & Soares, J. A. B. (2019a). Sistemas agroflorestais no Brasil: desafios, demandas e perspectivas. In: Eyang, C., Kuhn, O. J., Silva, N. L. S., Stangarlin, J. R. & Rorato, D. G. (Org.). *Ciências agrárias: ensino, cooperativismo, segurança alimentar e sucessão na agricultura*. Marechal Cândido Rondon: CCA, 68-84.
- Padovan, M. P., Pereira, Z. V., Nascimento, J. S., Soares, J. A. B., Fernandes, S. S. L., Alves, J. C. & Agostinho, P. R. (2019b). Potencial de sistemas agroflorestais biodiversos em processos de restauração ambiental. *Competência Técnica e Responsabilidade Social e Ambiental nas Ciências Agrárias*. Ponta Grossa, PR: Atena Editora, 127-136.
- Padovan, M. P., Nascimento, J. S., Alves, J. C., Pereira, Z. V. & Motta, I. S. (2018a). Estado da arte de sistemas agroflorestais em bases agroecológicas na região Oeste do Brasil. *Cadernos de Agroecologia*, 13, 1-7.
- Padovan, M. P., Pereira, Z. V. & Fernandes, S. S. L. (2018b). Espécies arbóreas nativas pioneiras em sistemas agroflorestais biodiversos. *Revista GeoPantanal*, 24, 53-68.
- Padovan, M. P., Nascimento, J. S., Cariaga, J. A., Pereira, Z. V. & Agostinho, P. R. (2017a). Serviços ambientais prestados por sistemas agroflorestais biodiversos na recuperação de áreas degradadas e algumas possibilidades de compensações aos agricultores. In: *Simpósio Nacional de Recuperação de Áreas Degradadas*, 11. Anais. Curitiba: Sobrade.
- Padovan, M. P.; Pereira, Z. V., Nascimento, J. S., Alves, J. C. & Agostinho, P. R. (2017b). Subsídios ao aprimoramento de ações estruturadas e de políticas públicas para apoio a sistemas agroflorestais biodiversos para recuperação de áreas degradadas. In: *Simpósio Nacional de Recuperação de Áreas Degradadas*, 11. Anais. Curitiba: Sobrade.
- Padovan, M. P. & Pereira, Z. V. (2012). Sistemas agroflorestais diversificados. *A Lavoura*, 690, 15-18.
- Pereira, Z. V., Sangalli, A., Padovan, M. P., Lobtchenko, J. C. P. & Santos, M. L. B. M. (2020). A restauração ecológica em área de preservação permanente no Estado de Mato Grosso do Sul. *Brazilian Journal of Animal and Environmental Research*, 3, 4394-4407.
- Pereira, W. A. & Almeida, L.S. (2008). Método manual para cálculo da Taxa Interna de Retorno. *Revista Objetiva*, 38-50.
- Pinheiro, J. de Q., Farias, T. M. & Abe-Lima, J. Y. (2013). Painel de Especialistas e Estratégia Multimétodos: Reflexões, Exemplos e Perspectivas. *Psico*, 44 (2).
- Pinto, E., Azevedo, A., Cardoso, A., Gori, A., Eusébio, G., Cabral, P. G. F. & Guadagnin, J. L. (2017). Estratégias para reorientar o Programa Nacional de Fortalecimento da Agricultura Familiar (Pronaf) para atividades produtivas de baixo impacto ambiental na Amazônia Legal. *Boletim Amazônia em Pauta*, 1-8.
- Ribeiro, J. F., Kuhlmann, M., Ogata, R. S., Oliveira, M. C., Vieira, D. L. M. & Sampaio, A. B. (2022). *Guia de plantas do Cerrado para a recomposição da vegetação nativa*. Brasília, DF: Embrapa.
- Santos J. C., Santos, J. C. dos, Homma, A. K. O., Sena, A. L. dos S., Gomes Junior, R. A. & Menezes, A. J. E. A. (2014). *Desempenho socioeconômico do sistema produtivo familiar de dendê em Moju, Estado do Pará*. Belém, PA: Embrapa Amazônia Oriental. Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento, 94.
- Santos, C. E. M. dos. (2009). A cultura da licheira. *Revista Brasileira de Fruticultura*, 31 (2).
- Tscharntke, T., Clough, Y., Bhagwat, S. A., Buchori, D., Faust, H. H., Hölscher, D., Jührbandt, J., Kessler, M., Perfecto, I., Scherber, C., Schroth, G., Veldkamp, E. & Wanger, T. C. (2011). Multifunctional shade-tree management in tropical agroforestry landscapes. *Journal of Applied Ecology*, 48, (3), 619-629.
- Tremblay, S., Lucotte, M., Revéret, J. P., Davidson, R., Mertens, F., Passos, C. J. S. & Romana, C. A. (2015). Agroforestry systems as a profitable alternative to slash and burn practices in small-scale agriculture of the Brazilian Amazon. *Agroforestry Systems*, 89 (2), 193-204.
- Van Der Pijl, L. (1982). *Principles of dispersal in higher plants*. 3rd ed. Berlin: Springer-Verlag.
- Vasconcellos, R. C., Beltrão, N. E. S., Martins, S. S. & De Paula, M. T. (2020). Identificação dos serviços ecossistêmicos na produção agrícola: um estudo em sistemas agroflorestais. *Research, Society and Development*, 9 (10), e9259109268-e9259109268.
- Zavala, C. B. R., Fernandes, S. S. L., Pereira, Z. V. & Silva, S. M. (2017). Análise fitogeográfica da flora arbustivo-arbórea em ecótono no planalto da Bodoquena, MS, Brasil. *Ciência Florestal*, 27 (3) 907-921.