

**UNIVERSIDADE FEDERAL DA GRANDE DOURADOS
FACULDADE DE ADMINISTRAÇÃO, CIÊNCIAS CONTÁBEIS E ECONOMIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONEGÓCIOS**

GABRIELLI DO CARMO MARTINELLI

**SISTEMAS AGROFLORESTAIS BIODIVERSOS: UMA ANÁLISE SOB A
PERSPECTIVA AMBIENTAL E ECONÔMICA**

DOURADOS/MS

2018

GABRIELLI DO CARMO MARTINELLI

**SISTEMAS AGROFLORESTAIS BIODIVERSOS: UMA ANÁLISE SOB A
PERSPECTIVA AMBIENTAL E ECONÔMICA**

Dissertação apresentada à Universidade Federal da Grande Dourados - Faculdade de Administração, Ciências Contábeis e Economia, para a obtenção do título de mestre.

Orientadora: Madalena Maria Schindwein

Co-orientadores: Milton Parron Padovan e
Régio Márcio Toesca Gimenes

DOURADOS/MS

2018

**UNIVERSIDADE FEDERAL DA GRANDE DOURADOS
FACULDADE DE ADMINISTRAÇÃO, CIÊNCIAS CONTÁBEIS E ECONOMIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONEGÓCIOS**

GABRIELLI DO CARMO MARTINELLI

**SISTEMAS AGROFLORESTAIS BIODIVERSOS: UMA ANÁLISE SOB A
PERSPECTIVA AMBIENTAL E ECONÔMICA**

BANCA EXAMINADORA

ORIENTADORA: Dr^a Madalena Maria Schindwein

CO-ORIENTADORES: Dr. Milton Parron Padovan

e Dr. Régio Márcio Toesca Gimenes

Dr^a Eliana Lamberti

Dr. Clandio Favarini Ruviaro

DOURADOS/MS

2018

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP).

M385s Martinelli, Gabrielli Do Carmo
SISTEMAS AGROFLORESTAIS BIODIVERSOS: UMA ANÁLISE SOB
A PERSPECTIVA AMBIENTAL E ECONÔMICA / Gabrielli Do Carmo
Martinelli -- Dourados: UFGD, 2018.
115f. : il. ; 30 cm.

Orientadora: Madalena Maria Schlindwein
Co-orientador: Milton Parron Padovan e Régio Márcio Toesca Gimenes

Dissertação (Mestrado em Agronegócios) - Faculdade de Administração,
Ciências Contábeis e Economia, Universidade Federal da Grande Dourados.
Inclui bibliografia

1. Sustentabilidade. 2. Viabilidade econômica. 3. Avaliação do Ciclo de
Vida. I. Título.

Ficha catalográfica elaborada automaticamente de acordo com os dados fornecidos pelo(a) autor(a).

©Direitos reservados. Permitido a reprodução parcial desde que citada a fonte.



UFPGD

MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
UNIVERSIDADE FEDERAL DA GRANDE DOURADOS

ATA DA DEFESA DE DISSERTAÇÃO DE MESTRADO APRESENTADA POR GABRIELLI DO CARMO MARTINELLI ALUNA DO PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO STRICTO SENSU EM AGRONEGÓCIOS, ÁREA DE CONCENTRAÇÃO "EM AGRONEGÓCIOS E DESENVOLVIMENTO".

Aos quinze dias do mês de março de dois mil e dezoito, às 13h30 horas, em sessão pública, realizou-se na Universidade Federal da Grande Dourados, a Defesa de Dissertação de Mestrado intitulada "Sistemas agroflorestais biodiversos: uma análise sob a perspectiva ambiental e econômica" apresentada pela mestrandia GABRIELLI DO CARMO MARTINELLI, do Programa de Pós-Graduação em AGRONEGÓCIOS, à Banca Examinadora constituída pelos membros: Prof.^a Dr.^a Madalena Maria Schlindwein /UFPGD (presidente/orientadora), Prof. Dr. Cláudio Favarini Ruviano /UFPGD (membro titular) e Prof.^a Dr.^a Eliana Lamberti /UEMS (membro titular). Iniciados os trabalhos, a presidência deu a conhecer ao candidato e aos integrantes da Banca as normas a serem observadas na apresentação da Dissertação. Após a candidata ter apresentado a sua Dissertação, os componentes da Banca Examinadora fizeram suas arguições. Terminada a Defesa, a Banca Examinadora, em sessão secreta, passou aos trabalhos de julgamento, tendo sido a candidata considerada APROVADA, fazendo jus ao título de MESTRE EM AGRONEGÓCIOS. Nada mais havendo a tratar, lavrou-se a presente ata, que vai assinada pelos membros da Comissão Examinadora.

Dourados, 15 de março de 2018.

Madalena Maria Schlindwein

Cláudio Favarini Ruviano

Eliana Lamberti

ATA HOMOLOGADA EM: __/__/__, PELA PRÓ-REITORIA DE ENSINO DE PÓS-GRADUAÇÃO E PESQUISA / UFPGD.

Pró-Reitoria de Ensino de Pós-Graduação e Pesquisa
Assinatura e Carimbo

AGRADECIMENTOS

Primeiramente, agradeço a Deus por ter me sustentado até aqui, pois sem a sua vontade isto não estaria acontecendo.

Aos meus pais e irmão Sirlei, Izair e Lucas que depositaram toda a confiança em mim, apoiando-me, compreendendo minha ausência em alguns momentos, pois era preciso dedicação para superar as limitações.

Aos meus familiares que sempre intercederam e torceram pelo meu sucesso, em especial a minha vó Izabel que sempre colocava minhas dificuldades e conquistas em suas orações.

Ao Amável e futuro esposo Allison, por sua paciência, compreensão, amor, e palavras de conforto ao longo de toda essa jornada. Ainda, quero agradecer a Deus pela oportunidade deste fazer parte da minha vida, pois várias vezes sacrificou-se para que eu atingisse meus ideais, sendo esta conquista sua também.

As minhas amigas de infância que felicitaram com a minha aprovação no mestrado, e torceram para que eu findasse essa etapa com mérito. Assim como, todos os docentes do Programa de Pós Graduação em Agronegócios que contribuíram com a minha evolução tanto intelectual quanto humana.

Aos amigos que o mestrado me presentiu, pois sem o apoio, apreendido, desabafos nada disso seria possível, em especial ao Everton e Michel que com muita paciência e sabedoria ajudaram-me na elaboração da dissertação, por meio da imensa sabedoria que Deus os agraciastes.

A minha orientadora, Prof^ª. Dr. Madalena pela confiança a mim depositada, pelos ensinamentos e conselhos. Aos meus coorientadores Prof^º Dr. Milton e Prof^º Dr. Régio que foram totalmente dispostos em dedicar, auxiliar e compartilhar conhecimento a esse trabalho. Independentemente do dia ou horário sempre atenciosos. Ao Prof^º Dr. Clandio, que além de coordenador do Programa de Pós Graduação em Agronegócios, coorientador ainda que não formalmente, sempre foi um pai para todos os discentes, obrigado pela sua amizade e confiança.

A Prof^ª Dr. Eliana Lamberti, por aceitar o convite em compor a banca de qualificação e defesa, que por meio de sugestões contribuiu com a robustez do trabalho. A Prof^ª Dr. Cásia Ugaya por se dispor em transmitir seu conhecimento intelectual sobre a Avaliação do Ciclo de Vida. Por fim, a equipe Embrapa Agropecuária Oeste, em especial as doutorandas Jaqueline e Patrícia que contribuíram em partes com os dados desta pesquisa. A CAPES, FUNDECT ao apoio financeiro como bolsista.

Muito obrigada.

RESUMO GERAL

Uma das maiores preocupações relacionadas aos sistemas de produção agrícolas concentra-se na busca por alternativas que atendam a demanda alimentar da população atual sem degradar o meio ambiente e prejudicar a sobrevivência das gerações futuras. Atualmente no Brasil, a produção agropecuária, a mudança do uso da terra e a prática florestal são responsáveis por aproximadamente 70% das emissões de Gases de Efeito Estufa (GEE) na atmosfera. Por outro lado, essas preocupações ambientais estão em evidência e despertam a atenção para o surgimento de novos sistemas agrícolas sustentáveis, como os agroflorestais, que além contribuir para mitigação dos GEE, conservação da biodiversidade e dos recursos naturais, ainda promovem a geração de renda aos produtores rurais que aderem a esse tipo de sistema. Diante deste contexto, objetivou-se com este estudo analisar o desempenho ambiental e econômico de sistemas agroflorestais (SAFs), na perspectiva de ajudar o produtor rural no processo de tomada de decisão a respeito dos retornos ambientais e econômicos que os SAFs podem oferecer. Assim, para atender o objetivo proposto, os resultados obtidos são apresentados e discutidos em dois capítulos que compõem esta dissertação, os quais foram escritos sob a forma de artigos. O primeiro capítulo é dedicado a avaliar o desempenho ambiental de cinco sistemas agroflorestais no bioma Cerrado, localizados no estado de Mato Grosso do Sul, no município de Bonito, estabelecendo como metodologia a Avaliação do Ciclo de Vida (ACV). Os resultados decorrentes da análise mostraram que os cinco sistemas analisados causaram pouquíssimos impactos negativos, quando comparados com os positivos, pois as toneladas de carbono sequestradas por hectare foram superiores as emissões de GEE para o ambiente, melhorando a qualidade de todos os indivíduos envolvidos. Os impactos negativos foram inferiores a $1,5 \text{ t CO}_2 \text{ eq ha}^{-1}$, enquanto que os positivos superaram $600 \text{ t CO}_2 \text{ eq ha}^{-1}$. Já o segundo capítulo identifica a viabilidade econômico-financeira de um arranjo em sistema agroflorestal biodiverso no sentido de potencializar a geração de renda e recuperação de áreas degradadas. Para isso, optou-se por modelar um arranjo agroflorestal biodiverso com intuito de atender o novo Código Florestal Brasileiro, Lei nº 12.651 de 2012 e promover retorno econômico-financeiro ao agricultor familiar no estado de Mato Grosso do Sul, utilizando as técnicas de avaliação de investimentos de capital como: Valor Presente líquido - VPL, Taxa Interna de Retorno - TIR, Valor Anual Uniforme Equivalente, *Playback* atualizado, Índice de Lucratividade - IL, Taxa Interna de Retorno Modificada - TIRM, relação Benefício/Custo - relação B/C e Modelo de precificação de ativos financeiros. Além disso, foram elaboradas as análises de sensibilidade e de risco utilizando o *Software R (R Development Core Team)*, realizando 10.000 interações entre as variáveis de produtividade, preço e custos variáveis. Os resultados demonstram que o sistema agroflorestal é significativamente viável, independente do produtor possuir ou não propriedade, pois ao longo de 20 anos as receitas líquidas de vendas foram superiores aos custos. Por fim, ainda o Brasil não expôs em seu cenário científico estudos expressivos que contemplassem a mensuração quantitativa dessas duas temáticas no objeto proposto. Além disso, o fomento de políticas públicas poderia contribuir ainda mais na implantação de sistemas agroflorestais.

Palavras-chave: Sustentabilidade; Viabilidade econômica; Avaliação do Ciclo de Vida.

LISTA DE FIGURAS

ARTIGO I

- Figura 1.** Estágios da Avaliação do Ciclo de vida.....31
- Figura 2.** Localização geográfica do Município de Bonito, Estado de Mato Grosso do Sul, região Centro Oeste do Brasil.....33
- Figura 3.** Limites dos sistemas agroflorestais.....37
- Figura 4.** Quantidade de carbono e CO₂ eq em t por ha⁻¹ acumulados na biomassa viva (acima e abaixo do solo) em sistemas agroflorestais biodiversos.....41
- Figura 5.** Quantidade de carbono e CO₂ eq em t por ha⁻¹ acumulados na serapilheira.....42
- Figura 6.** Estoques de carbono orgânico no solo em diferentes profundidades.....43
- Figura 7.** Desempenho ambiental dos sistemas agroflorestais ao longo do ciclo de vida.....47
- Figura 8.** Contribuição de cada estágio da produção e manejo agroflorestal que influencia negativamente na categoria Potencial de Aquecimento Global (kg CO₂ eq).....48

ARTIGO II

- Figura 1.** Localização geográfica do município de Bonito-MS.....70
- Figura 2.** Gráfico de tornado da análise de sensibilidade dos preços por espécie vegetal com a variável de saída (VPL) para o sistema agroflorestal proposto.....89
- Figura 3.** Gráfico de tornado da análise de sensibilidade das variáveis de entrada gerais com a variável de saída (VPL) para o sistema agroflorestal proposto.....89
- Figura 4.** Distribuição de frequências dos valores simulados do VPL do fluxo de caixa do produtor do sistema agroflorestal proposto.....90

LISTA DE TABELAS

ARTIGO I

Tabela 1. Principais características dos sistemas agroflorestais biodiversos em análise.....	40
Tabela 2. Total de entradas e saídas dos sistemas agroflorestais desde a implantação até a idade atual (11, 13, 16, 15 e 11 anos), respectivamente.....	45

ARTIGO II

Tabela 1. Fluxo de caixa para todos os anos do projeto de investimento.....	81
Tabela 2. Comparação entre as receitas brutas de vendas, custos com mão de obra e insumos e as gerações de caixa de diferentes espécies vegetais.....	83
Tabela 3. Resultados da aplicação das técnicas de avaliação do investimento no sistema agroflorestal proposto no estudo em questão.....	84
Tabela 4. Resultados da análise de sensibilidade dos preços por espécie vegetal com a variável de saída (VPL) para o sistema agroflorestal proposto.....	86
Tabela 5. Resultados da análise de sensibilidade das variáveis de entrada gerais com a variável de saída (VPL) para o sistema agroflorestal proposto.....	88
Tabela 6. Medidas resumo dos valores simulados do VPL do fluxo de caixa do produtor do sistema agroflorestal proposto.....	91

LISTA DE QUADROS

ARTIGO I

Quadro 1. Equações utilizadas para calcular o total de biomassa acima e abaixo do solo, na serapilheira e no solo.....	36
---	----

ARTIGO II

Quadro 1. Especificações das espécies, quantidades, tempo no sistema e função dos sistemas agroflorestais.....	73
---	----

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

AA	Arranjo Agroflorestal
AGRAER	Agência de Desenvolvimento Agrário e Extensão Rural
AGRIANUAL	Anuário da Agricultura Brasileira
ACV	Avaliação do Ciclo de Vida
CO ₂ eq ha ⁻¹	Dióxido de carbono equivalente por hectare
CO ₂	Dióxido de carbono
CH ₄	Metano
CAPM	Custo do Capital Próprio
CMPC	Custo Médio Ponderado
CEASA	Central de Abastecimento de Alimentos
CONAB	Companhia Nacional de Abastecimento
DBM	Densidade Básica da Madeira
EMBRAPA	Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
FAO	Food and Agriculture Organization of the United Nations
GEF	Gestão Integrada da Bacia Hidrográfica do Rio Formoso
g/cm ³	Gramas por centímetros cúbicos
ha ⁻¹	Por hectare
IL	Índice de Lucratividade
IPCC	Intergovernmental Panel on Climate Change
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
ISO	Organização Internacional para Padronização
IASB	Instituto das Águas da Serra da Bodoquena
Kg C ha ⁻¹	Quilo de carbono por hectare
MAPA	Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento

MDA	Ministério do Desenvolvimento Agrário
N ₂ O	Óxido nitroso
ONU	Organização das Nações Unidas
PAA	Programa de Aquisição de Alimentos
pl. m linear ⁻¹	Planta por metro linear
RB/C	Relação Benefício Custo
REDD+	Redução das Emissões por Desmatamento e Degradação florestal
SAF	Sistema Agroflorestal
TIR	Taxa Interna de Retorno
TMA	Taxa Mínima de Atratividade
t C ha ⁻¹	Tonelada de carbono por hectare
UF	Unidade Funcional
VPL	Valor Presente Líquido
VAUE	Valor Anual Uniforme Equivalente

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO GERAL	15
REFERÊNCIAS	19
ARTIGO I–Desempenho ambiental de sistemas agroflorestais no bioma Cerrado.....	23
1. INTRODUÇÃO	24
2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	27
2.1 Sistemas agroflorestais.....	27
2.2 Avaliação do Ciclo de Vida.....	30
3. METODOLOGIA	32
3.1 Técnicas de pesquisa	32
3.2 Caracterização da área de estudo.....	33
3.2.1 Especificação das propriedades	33
3.3 Coleta de dados.....	35
3.4 Estimativa de CO₂ equivalente	35
3.5 Objetivo e escopo.....	37
3.6 Inventário do ciclo de vida (ICV)	37
3.7 Avaliação do Impacto do Ciclo de Vida (AICV)	38
3.8 Interpretação	39
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO	39
4.1 Análise do inventário do ciclo de vida	43
4.2 Análise da categoria de impacto do ciclo de vida	46
5. CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	49
REFERÊNCIAS	50
ARTIGO II–Diminuindo as incertezas e anulando paradigmas sobre o desempenho econômico de sistemas agroflorestais no Brasil	60
1. INTRODUÇÃO	61
2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	63
2.1 Sistemas agroflorestais.....	64
2.2 Técnicas de avaliação de investimentos de capital	65
3. METODOLOGIA	69
3.1 Técnicas de pesquisa	69
3.2 Caracterização da área de estudo.....	69
3.3 Coleta de dados.....	71
3.4 Descrição do arranjo agroflorestal.....	72
3.5 Método de mensuração	74
3.5.1 Taxa Mínima de Atratividade	76

3.5.2	Análise de sensibilidade	79
3.5.3	Simulação de Monte Carlo	79
4.	RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	80
4.1	Análise de sensibilidade.....	86
4.2	Método de Monte Carlo.....	90
5.	CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	91
	REFERÊNCIAS	93
	CONSIDERAÇÕES GERAIS.....	102
	ANEXO.....	104
	APÊNDICE.....	106

INTRODUÇÃO GERAL

Dentre as inquietudes da sociedade moderna, relacionadas ao meio ambiente, é nítida a preocupação em relação as alterações climáticas decorrentes das mudanças habituais dos indivíduos. Até meados do século XX não se imaginava que as intervenções antrópicas pudessem prejudicar a sobrevivência do homem, ou até mesmo causar impactos climáticos consideráveis. Porém, as pesquisas, e os fatos históricos tem revelado o oposto, principalmente, quando o assunto se refere ao aumento excessivo do volume de dióxido de carbono - CO₂ na atmosfera (IPCC, 2007).

Ao mesmo tempo, é importante destacar que o modelo predominante de agricultura, baseado na monocultura e cultivos em grandes áreas, com uso intensivo de insumos externos às propriedades, é responsável por causar diversos impactos negativos, como o uso excessivo de agrotóxicos, o comprometimento da biodiversidade e a retirada de biomassa, além de contribuir com o aumento dos Gases de Efeito Estufa - GEE (MARTINELLI *et al.*, 2010; DELONGE *et al.*, 2016).

Dessa forma, os dados revelam que no ano de 2016 o Brasil emitiu 2,278 bilhões de toneladas brutas de CO₂ equivalente, esses números demonstram que em relação ao ano de 2015 as emissões nacionais de GEE aumentaram em 8,9%, sendo o setor agrícola, a mudança do uso da terra e as florestas responsáveis por aproximadamente 70% dessas emissões (SEEG, 2016). Com isso, o uso de pastagens sem manejos adequados e mudanças no uso da terra através do desflorestamento, por exemplo, degradam o solo e limitam diversos serviços ambientais (FRANZLUEBBERS, 2007; LEMAIRE *et al.*, 2014; SALTON *et al.*, 2014).

No entanto, ocorre a necessidade da utilização de terras para a produção de alimentos com intuito de contribuir para sanar a fome da população mundial, pois mesmo com toda a produção e extensão territorial mundial, ainda na atualidade 11% da população mundial é vítima da fome, isso totaliza em números cerca de 815 milhões de pessoas, sendo 520, 243, 42 milhões de indivíduos localizados na Ásia, África, América Latina e Caribe, respectivamente (FAO, 2017). Já para as gerações futuras, o crescimento populacional demandará um aumento por alimentos, em que será necessário produzir cerca de 60% a mais do que se produz hoje até 2050 (FAO, 2016).

Desde o século XVIII previsões pessimistas sobre a falta de alimentos foram disseminadas, quando Thomas Malthus em 1798 desenvolveu sua teoria de que a população cresce em progressão geométrica, enquanto a produção de alimentos aumenta em progressão

aritmética. O caos previsto por Malthus não ocorreu devido a mudanças estratégicas ao longo do processo de desenvolvimento da humanidade, como o aumento da produtividade agrícola, controle da natalidade, entre outros.

Portanto, para atender e suprir o crescimento da demanda já observada por Malthus, será preciso mudar a ótica da produção, porém de forma sustentável, para que a produtividade não seja afetada em decorrência das mudanças do uso da terra (DELONGE *et al.*, 2016). Ainda, Sen (2009) reforça que respeitar os limites ambientais é imprescindível para obter o desenvolvimento sustentável. Ademais, nos últimos 30 anos a agricultura passou por profundas mudanças, ocasionando degradação ambiental e impactos no uso da terra, devido a necessidade de intensificar cada vez mais o processo produtivo, essa intensificação ocorre pelo uso de fertilizantes químicos e desmatamento. Porém, essas mudanças comprometem a biodiversidade do ecossistema, pois 13 milhões de hectares de florestas estão sendo perdidos a cada ano, bem como a permanência do produtor rural que depende diretamente da agricultura (FAO, 2017a).

O principal problema é que nos últimos 25 anos, cerca de 30% das terras agricultáveis sofreram declínio na qualidade e produtividade do solo, como resultado do uso insustentável da terra. Estima-se que aproximadamente 24 bilhões de toneladas de solo fértil sejam perdidas a cada ano (FRANZLUEBBERS, 2007; FAO, 2016). Dessa forma, é necessário aprimorar as formas de uso da terra, adotando técnicas, práticas, e processos que contribuam para a implantação de sistemas sustentáveis, que atendam os pilares ambiental, econômico e social (FAO, 2017b).

Contudo, desperta-se o interesse e a valorização pela adoção de sistemas produtivos com óticas opostas ao modelo agricultura predominante, em que os recursos naturais se tornam ferramentas de produção (FRANZLUEBBERS, 2007; TONUCCI *et al.*, 2011). Assim, uma das formas que podem alcançar elevados níveis de sustentabilidade refere-se aos sistemas agroflorestais (SAFs), que são consórcios de culturas agrícolas com espécies arbóreas podendo ou não haver integração animal, sendo sua utilização capaz de restaurar florestas e recuperar áreas degradadas (NAIR, 2014). Além disso, colaboram para a restauração e preservação do solo, sequestro de carbono pelas árvores, juntamente com a estabilização e aumento de renda, por meio da diversificação de práticas agrícolas, ressaltando, assim, o potencial ambiental e econômico da atividade (LASCO; DELFINO; ESPALDON, 2014; VOOREN *et al.*, 2016).

Para incentivar o crescimento desse tipo de produção, o governo, através de políticas públicas, tem incentivado os produtores na adoção de sistemas sustentáveis. Como exemplo, cita-se o plano ABC (Agricultura de Baixa Emissão de Carbono), criado em 2010, com o objetivo de reduzir, evitar, neutralizar ou compensar os impactos ambientais causados pela

agricultura convencional, tendo como meta até 2020 ampliar os SAFs em 2,76 milhões de hectares em todo o território nacional (MAPA, 2017). O REDD+ (Redução de Emissões por Desmatamento e Degradação) também é uma estratégia utilizada para recompensar economicamente países em desenvolvimento pelos resultados positivos em reduzir GEE, desmatamento, degradação florestal e utilização de manejo sustentável (MMA, 2016).

O último levantamento do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - IBGE (2006) mostrou que no Brasil haviam 305.826 estabelecimentos com SAFs, dos quais 250.252 e 55.574 unidades correspondem a agricultores familiares e não familiares, respectivamente, sendo que os estabelecimentos representam 8.197.564 hectares. Enquanto que no estado de Mato Grosso do Sul haviam 1.424 estabelecimentos com SAFs, divididos em familiares e não, na seguinte sequência, 869 e 555 unidades, o que representa 164.868 hectares, isso significa que dos 80,25 milhões de hectares destinados à agricultura familiar no Brasil, cerca de 28% das áreas são ocupadas por matas, florestas e sistemas agroflorestais.

Os dados acima citados, revelam um número não significativo de SAFs e isso pode ocorrer pelo fato de não existir um modelo uniforme a ser seguido. O que determina o sucesso ou o fracasso desse tipo de investimento é a combinação do arranjo que varia com o clima, solo e vegetação (ARCO-VERDE, 2008). Uma forma de avaliar a possibilidade de sucesso desses sistemas é a partir de análises de viabilidade econômico-financeira, que é o ato de analisar as perspectivas futuras do investidor considerando o ambiente externo e a volatilidade do mercado a curto, médio e longo prazo. Devido às características dos sistemas agroflorestais faz-se necessário essa análise (DA SILVA *et al.*, 2011; PONCIANO *et al.*, 2004).

Nesse contexto, também há demanda por sistemas e métodos eficientes e de baixo custo, que mensurem os impactos ambientais como o aquecimento global, está emergindo como um dos principais objetivos mundiais no contexto das mudanças globais climáticas. Pesquisas com enfoque ambiental estão sendo desenvolvidas cada vez mais, bem como o interesse em verificar a viabilidade econômica de sistemas agroflorestais, no entanto necessitam de avanços metodológicos que quantifiquem o potencial ambiental e econômico desses (YATES *et al.*, 2007; ARCO-VERDE, 2008; AMARO, 2010; JOAQUIM, 2012; BRANDÃO; I CANALS, 2013; UTOMO *et al.*, 2016; PAOLOTTI *et al.*, 2016).

Neste sentido, o uso de ferramentas como a Avaliação do Ciclo de Vida (ACV) permite que se avalie de forma adequada as estratégias de redução das emissões relacionadas a diversas categorias de impacto como o dióxido de carbono (CO₂), o metano (CH₄), o óxido nitroso

(N₂O), a acidificação¹, a eutrofização² entre outros. Além de incorporar informações ambientais e econômicas de diferentes sistemas de produção, visando uma produção economicamente sustentável, capaz de analisar o desempenho ambiental e econômico de um sistema (FINNVEDEN, *et al.*, 2009; BEAUCHEMIN *et al.*, 2010).

No Brasil, a utilização da metodologia de Avaliação do Ciclo de Vida na agricultura, especificamente em sistemas agroflorestais, ainda é recente. A disseminação desses estudos utilizando ACV em SAFs poderá possibilitar a elaboração de políticas públicas por intermédio de abordagens interdisciplinares, permitindo superar a fragmentação do conhecimento, possibilitando a escolha de sistemas produtivos que maximizem a rentabilidade ao produtor e minimizem o impacto ambiental (WADT; KAINER; GOMES, 2005).

Apesar disso, ainda existem limitações na consolidação de sistemas agroflorestais. Por se tratar de arranjos produtivos complexos, não possui um padrão a ser seguido, uma vez que esse investimento está condicionado a variáveis dependentes de clima, vegetação, mão de obra, características regionais e manejo. Essas particularidades dificultam o avanço em estudos que comprovem ganhos técnicos, econômicos e ambientais que poderiam servir de espelho aos agentes financeiros, técnicos e aos produtores envolvidos neste tipo de investimento (ARCO-VERDE, 2008; OLIVEIRA, 2009; PADOVAN *et al.*, 2016). Assim, surge a seguinte questão de pesquisa: Qual é o desempenho ambiental e econômico de Sistemas Agroflorestais?

Diante do contexto exposto, desenvolveu-se um estudo com o objetivo geral de analisar o desempenho ambiental e econômico de sistemas agroflorestais. Como objetivos específicos destacam-se:

- Mensurar a categoria de impacto³ ambiental “Potencial de Aquecimento Global” de sistemas agroflorestais a partir da Análise do Ciclo de Vida.
- Identificar a viabilidade econômico-financeira de um arranjo em sistema agroflorestal biodiverso no sentido de potencializar a geração de renda e recuperação de áreas degradadas.

A hipótese central deste trabalho é de que os sistemas agroflorestais são capazes de fixar carbono no solo e na biomassa vegetal, contribuindo para a mitigação dos Gases de Efeito Estufa. Assim como podem gerar renda e garantir a segurança alimentar aos produtores rurais.

¹ Acidificação ocorre quando o nível de pH nos oceanos diminui, aumentando a acidez no solo (GUINÉE, 2001).

² Eutrofização constitui no crescimento excessivo de plantas aquáticas e esse processo potencializa o aumento excessivo de micronutrientes, essencialmente o nitrogênio (N) e fósforo (P) (GUINÉE, 2001).

³ Categoria de impacto: consiste na escolha de quais potenciais problemas ambientais serão analisados no sistema. Dentre eles podem ser escolhidos: mudanças climáticas (Potencial de Aquecimento Global); acidificação (Potencial de acidificação); eutrofização (Potencial de eutrofização), entre outros (NBR ISO 14040).

Para atender à hipótese central e ao objetivo central proposto, esta dissertação será desenvolvida em forma de artigos, sendo que cada objetivo específico resultará em um artigo. O artigo 1 versará sobre o desempenho ambiental de sistemas agroflorestais no bioma Cerrado e o artigo 2, tem como título, diminuindo as incertezas e anulando paradigmas sobre o desempenho econômico de sistemas agroflorestais no Brasil.

REFERÊNCIAS

- AMARO, G. C. Modelagem e simulação econômica de sistemas agroflorestais na Amazônia brasileira. 2010. 119 p. **Dissertação** (Mestrado em economia) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre. 2010.
- ARCO-VERDE, M. F. Sustentabilidade Biofísica E Socioeconômica De Sistemas Agroflorestais Na Amazônia Brasileira. 2008. 185 p. **Tese** (Doutorado em ciências florestais) - Universidade Federal Do Paraná, Curitiba. 2008.
- BAI, Z. G.; DENT, D. L.; OLSSON, L.; SCHAEPMAN, M. E. Proxy global assessment of land degradation. **Soil Use and Management**, v. 24, n. 3, p. 223–234, 2008.
- BEAUCHEMIN, K. A.; HENRY J. H.; LITTLE, S. M.; MCALLISTER, T. A.; MCGINN. S. M. Life cycle assessment of greenhouse gas emissions from beef production in western Canada: A case study. **Agricultural Systems**, v.103, n. 6. p. 371-379, 2010.
- BRANDÃO, M.; I CANALS, L. M. Global characterisation factors to assess land use impacts on biotic production. **International Journal of Life Cycle Assessment**, v. 18, n. 6, p. 1243–1252, 2013.
- DA SILVA, S. C.; DE OLIVEIRA, A. D.; JUNIOR, L. M. C.; DE REZENDE, J. L. P. Economic viability of cerrado vegetation management under conditions of risk . **Cerne**, v. 17, n. 2, p. 141–149, 2011.
- DELONGE, M. S.; MILES, A.; CARLISLE, L. Investing in the transition to sustainable agriculture. **Environmental Science & Policy**, v. 55, Part 1, p. 266–273, 2016.
- FAO - Organização das Nações Unidas para a Agricultura e Alimentação (2016). FAO: Se o atual ritmo de consumo continuar, em 2050 mundo precisará de 60% mais alimentos e 40% mais água. Disponível em: <https://nacoesunidas.org/fao-se-o-atual-ritmo-de-consumo-continuar-em-2050-mundo-precisara-de-60-mais-alimentos-e-40-mais-agua/>. Acesso em: 05 out. 2017.
- FAO - Organização das Nações Unidas para a Agricultura e Alimentação (2017a). The future Trends of food and and challenges. Disponível em: <http://www.fao.org/3/a-i6583e.pdf>. Acesso em: 12. Dez. 2017.

FAO - Organização das Nações Unidas para a Agricultura e Alimentação (2017b). The state of food security and nutrition in the world. Disponível em: <http://www.fao.org/state-of-food-security-nutrition/es/>. Acesso em: 20. Dez. 2017.

FINNVEDEN, G.; HAUSCHILD, M. Z.; EKVALL, T.; GUINÉE, J.; HEIJUNGS, R.; HELLWEG, S.; KOEHLER, A.; PENNINGTON, D.; SUH, S. Recent developments in Life Cycle Assessment. **Journal of Environmental Management**, v. 91. n. 1, p. 1-21. 2009.

FRANZLUEBBERS, A. J. Integrated crop-livestock systems in the southeastern USA. In: **Agronomy Journal**, 2, Anais...2007.

GUINÉE, J. B. Handbook on life cycle assessment operational guide to the ISO standards. **The International Journal of Life Cycle Assessment**, v. 6, n. 5, p. 255, 2001.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). **Censo Agropecuário 2006**. Disponível em: https://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/periodicos/50/agro_2006_agricultura_familiar.pdf. Acesso em: 23. Dez. 2016.

INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE (IPCC). Climate change 2007: the physical science basis. Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom/New York, NY, USA.

JOAQUIM, M. S.; DE SOUZA, Á. N.; DE SOUZA, S. N.; PEREIRA, R. S.; ANGELO, H. Aplicação da teoria das opções reais na análise de investimentos em sistemas Agroflorestais. **Cerne**, v. 21, n. 3, p. 439–447, 2015.

LASCO, R. D.; ESPALDON, M. L. O.; HABITO, C. M. D. Smallholder farmers? perceptions of climate change and the roles of trees and agroforestry in climate risk adaptation: evidence from Bohol, Philippines. **Agroforestry Systems**, v. 90, n. 3, p. 521–540, 2016.

LEMAIRE, G.; FRANZLUEBBERS, A.; CARVALHO, P. C. de F.; DEDIEU, B. Integrated crop–livestock systems: Strategies to achieve synergy between agricultural production and environmental quality. **Agriculture, Ecosystems & Environment**, v. 190, p. 4–8, 2014.

MALTHUS, T. An Essay on the Principle of Population. London: Printed for J. Johnson, in St. Paul's Church-Yard 1798. 134 p. Disponível em: <http://www.esp.org/books/malthus/population/malthus.pdf>. Acesso em: 10.jan. 2018.

MAPA – Ministério da Agricultura, Pecuária e abastecimento. Objetivos, Metas e Diretrizes. Disponível em: <http://www.agricultura.gov.br/assuntos/sustentabilidade/plano-abc/objetivos-e-diretrizes>. Acesso em: 14. Fev. 2017.

MMA – Ministério do Meio Ambiente. O que é REDD+. Disponível em: <http://redd.mma.gov.br/pt/pub-apresentacoes/item/82-o-que-e-redd>. Acesso em: 09. Jan. 2018.

MARTINELLI, L. A.; NAYLOR, R.; VITOUSEK, P. M.; MOUTINHO, P. Agriculture in Brazil: impacts, costs, and opportunities for a sustainable future. **Current Opinion in Environmental Sustainability**, v. 2, n. 5, p. 431–438, 2010.

- NAIR, P. K. R. Grand challenges in agroecology and land-use. **Frontiers in Environmental Science**. v.2, n.1, 2014.
- OLIVEIRA, T. C. de. Caracterização, índices técnicos e indicadores de viabilidade financeira de consórcios agroflorestais. p. 84, 2009.
- PADOVAN, M. P; NASCIMENTO, J. S; PEREIRA, Z. V; ALVES, J. C; RAMOS, F. S.Estado da arte de sistemas agroflorestais em bases agroecológicas em Mato Grosso do Sul , região Centro Oeste do Brasil. **Cadernos de Agroecologia**, v. 11, n. 2, 2016.
- PAOLOTTI, L.; BOGGIA, A.; CASTELLINI, C.; ROCCHI, L.; ROSATI, A. Combining livestock and tree crops to improve sustainability in agriculture: A case study using the Life Cycle Assessment (LCA) approach. **Journal of Cleaner Production**, v. 131, p. 351–363, 2016. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1016/j.jclepro.2016.05.024>>. Resources for agroforestry diagnosis and design. Nairobi, 1998. 110p.
- PONCIANO, N. J.; SOUZA, P. M. de; MATA, H. T. da C.; VIEIRA, J. R.; MORGADO, I. F. Análise de viabilidade econômica e de risco da fruticultura na região norte Fluminense . **Revista de Economia e Sociologia Rural** , v. 42, p. 615–635, 2004.
- SALTON, J. C.; MERCANTE, F. M.; TOMAZI, M.; ZANATTA, J. A.; CONCENÇO, G.; SILVA, W. M.; RETORE, M. Integrated crop-livestock system in tropical Brazil: Toward a sustainable production system. **Agriculture, Ecosystems & Environment**, v. 190, p. 70–79, 2014.
- SEEG - Sistema de Estimativas de Emissões de Gases de Efeito Estufa. Emissões totais, 2016. Disponível em: http://www.observatoriodoclima.eco.br/wp-content/uploads/2017/10/seeg2017presskit_FINAL.pdf. Acesso em: 10. Dez. 2017.
- SEN, A (2009). *The Idea of Justice*, Penguin: London. The Belknap Press of Harvard University Press Cambridge, Massachusetts 2009.
- TONUCCI, R. G; NAIR, P. K. R; NAIR, V. D; GARCIA, R; BERNARDINO, F. S.. Soil Carbon Storage in Silvopasture and Related Land-Use Systems in the Brazilian Cerrado. **Journal of Environmental Quality**, v.40, n. 3, p. 833 – 841, 2011.
- UTOMO, B.; PRAWOTO, A. A.; BONNET, S.; BANGVIWAT, A.; GHEEWALA, S. H. Environmental performance of cocoa production from monoculture and agroforestry systems in Indonesia. **Journal of Cleaner Production**, v. 134, n. Part B, p. 583–591, 2016.
- VOOREN, L. V; REUBENS, B; BROEKX, S; PARDON, P; REHEUL, D; VANWINSEN, F; WAUTERS, E; LAUWERS, L. Greening and producing: An economic assessment framework for integrating trees in cropping systems. **Agricultural Systems**, v.148, p. 44–57, 2016.
- WADT, L. H. O.; KAINER, K. A.; GOMES-SILVA, D. A. P. Population structure and nut yield of a *Bertholletia excelsa* stand in Southwestern Amazonia. **Forest Ecology and Management**, v. 211, n. 3, p. 371–384, 2005.

YATES, C.; DORWARD, P.; HEMERY, G.; COOK, P. The economic viability and potential of a novel poultry agroforestry system. **Agroforestry Systems**, v. 69, n. 1, p. 13–28, 2007.

YU, C. M. Sequestro florestal de carbono no Brasil – dimensões políticas, socioeconômicas e ecológicas. **Tese de doutorado** (Meio Ambiente e Desenvolvimento). Universidade Federal do Paraná, 2004.

ARTIGO I

Desempenho ambiental de sistemas agroflorestais no bioma Cerrado

RESUMO

Os sistemas agroflorestais (SAFs), por meio da biomassa podem sequestrar e estocar carbono, sendo capaz de mitigar os Gases de Efeito Estufa (GEE) e contribuir para a redução de impactos negativos causados pela exploração ineficiente do uso da terra. Neste contexto, desenvolveu-se um estudo com o objetivo de mensurar a categoria de impacto ambiental “Potencial de Aquecimento Global” de sistemas agroflorestais a partir da Análise do Ciclo de Vida (ACV), a fim de comparar o desempenho ambiental de cinco sistemas agroflorestais biodiversos localizados na cidade de Bonito, região Sudoeste do estado de Mato Grosso do Sul. Para atender o objetivo proposto, optou-se por realizar um estudo de caso com abordagem quali-quantitativa, utilizando dados primários e secundários. A metodologia utilizada foi a Avaliação do Ciclo de Vida ambiental para mensurar os impactos dos sistemas e, as equações alométricas, para calcular os estoques de carbono. A partir dos resultados constatou-se que os cinco sistemas analisados causaram pouquíssimos impactos negativos, quando comparados com os positivos, pois as toneladas de carbono sequestradas por hectare foram superiores as emissões de GEE para o ambiente, melhorando a qualidade de todos os indivíduos envolvidos. O SAF que obteve o maior desempenho ambiental chegou a (-640,00) t CO₂ eq ha⁻¹ e o menor com (-407,65) t CO₂ eq ha⁻¹. Os impactos negativos foram inferiores a 1,5 t CO₂ eq ha⁻¹.

Palavras-chave: Avaliação do Ciclo de Vida; Gases de Efeito Estufa; Sistemas sustentáveis.

ABSTRACT

Agroforestry systems (SAFs) through biomass can sequester and store carbon, being able to mitigate greenhouse gases (GHG) and contribute to the reduction of negative impacts caused by inefficient use of land. In this context, a study was developed with the objective of measuring the "Global Warming Potential" environmental impact category of agroforestry systems based on the Life Cycle Analysis (LCA), in order to compare the environmental performance of five agroforestry systems in the city of Bonito, Southwest region of the state of Mato Grosso do Sul. In order to meet the proposed objective, a case study with a qualitative-quantitative approach was chosen, using primary and secondary data. The methodology used was the Environmental Life Cycle Assessment to measure the impacts of the systems and the allometric equations to calculate the carbon stocks. From the results, it was verified that the five analyzed systems caused very few negative impacts when compared to the positive ones, since tons of carbon sequestered per hectare were higher than GHG emissions to the environment, improving the quality of all the individuals involved. The SAF that obtained the highest environmental performance reached (-640.00) t CO₂ eq ha⁻¹ and the worst with (-407.65) t CO₂ eq ha⁻¹. The negative impacts were lower than 1.5 t CO₂ eq ha⁻¹.

Keywords: Life Cycle Assessment; Greenhouse gases; Sustainable Systems

1. INTRODUÇÃO

As alterações climáticas podem representar riscos para a segurança alimentar nas próximas décadas, resultante, em parte, da exploração demasiada de recursos naturais decorrentes da intensificação dos sistemas de produção agropecuário, mudança do uso da terra e floresta (FOLEY, 2011; FAO, 2015). No Brasil estes sistemas são responsáveis por aproximadamente 70% das emissões GEE na atmosfera (SEEG, 2016). No entanto, a demanda por alimentos continua aumentando, para isso, existe a necessidade de aprimorar o processo produtivo e diminuir o desperdício buscando aliar a intensa produção a um modelo sustentável (ONG *et al.*, 2014).

Assim, é crescente principalmente nas esferas públicas a preocupação em mitigar os Gases de Efeito Estufa, responsáveis pelo aquecimento global. Dentre todas as emissões de gases, o dióxido de carbono (CO₂) é um dos principais causadores de impacto negativo ao meio ambiente e sua acumulada concentração é acelerada pela atividade humana, como a queima de combustíveis fósseis e o desmatamento (TAKIMOTO, 2007; BAAH-ACHEAMFOUR *et al.*, 2015; LASCO; ESPALDON; HABITO, 2016).

No Brasil, o desmatamento em 2016 aumentou em 29% quando comparado ao ano anterior, equivalente à 7.989 km² (BRASIL, 2016). Além disso, cerca de 30 milhões de hectares de áreas de pastagens encontram-se em algum estágio de degradação, com baixíssima produtividade para a alimentação animal, isso ocorre, em consequência da monocultura e da prática agropecuária (BRASIL, 2017). Porém, sistemas de combinação com culturas permanentes tendem a minimizar a degradação ambiental e a improdutividade. Quanto maior a agrobiodiversidade, mais estável é a função do sistema para o meio ambiente (HENRY *et al.*, 2009).

Ademais, as árvores desempenham um papel crucial em quase todos os ecossistemas terrestres e fornecem uma gama de produtos importantes para as populações rurais e urbanas. Ainda, atuam como principal reguladora terrestre através do processo de fotossíntese e do ciclo de carbono (STAVI, 2013).

Com isso, a fim de combater o aquecimento global o reflorestamento é apontado como uma estratégia para mitigar os Gases de Efeito Estufa, e ao ocorrer de forma paralela à adesão de sistemas sustentáveis consorciados com diversas culturas, principalmente arbóreas, tende a reduzir o desmatamento. Para que se atinja com êxito a quantidade de floresta necessária para atender as necessidades ambientais, é preciso que haja planejamento de restauração nas

dimensões locais e globais. Isso exige o envolvimento de proprietários de terras, organizações não-governamentais, governos, cientistas, entre outros (HOLL, 2017).

Além disso, de acordo com a FAO (2017) a incidência de desastres naturais aumentou cinco vezes desde a década de 1970. As florestas estão sendo extinguidas, as fontes de água subterrânea rapidamente estão sendo esgotadas, a biodiversidade está diminuindo. Todas essas tendências negativas estão acelerando em ritmo e intensidade, e a agricultura é uma parte importante do problema. O desmatamento, principalmente visando especulações e a expansão agrícola, produz uma parcela significativa nas emissões de gases globais, provocando a destruição de *habitats*, perda de espécies e erosões genética e de solos.

Por conseguinte, a preocupação em reduzir as mudanças climáticas vem aumentando em nível mundial e diversos países, inclusive o Brasil, estão adotando iniciativas que reduzam o desmatamento, como o Plano de Agricultura de Baixa Emissão de Carbono (ABC) e a Redução de Emissões por Desmatamento e Degradação (REDD+) são meios de fortalecer essas iniciativas. A REDD + é um mecanismo que transcende o desmatamento e a degradação florestal, incluindo a preocupação com a conservação, a gestão sustentável das florestas e aumento das reservas florestais de carbono na redução de emissões, e o sistema agroflorestal enquadra-se nesta categoria (THANGATA; HILDEBRAND, 2012; HARGITA; GÜNTER; KÖTHKE, 2016).

Nesse contexto, face à diversidade de espécies vegetais (arbóreas, arbustivas e herbáceas) em um único espaço, os sistemas agroflorestais biodiversos possuem papel fundamental em mitigar os Gases de Efeito Estufa (VAN NOORDWIJK, 2014). Esses sistemas são capazes de capturar o dióxido de carbono atmosférico (CO₂) e armazenar o carbono nas plantas, raízes, serapilheira e no solo, o que tem atraído pesquisas devido as vantagens observadas sobre a temática (KETTERINGS *et al.*, 2001; ALBRECHT; KANDJI, 2003; CHAVE *et al.*, 2005; NAIR, 2011; RIBEIRO *et al.*, 2011).

Acevedo (2011), Garnett *et al.*, (2013), entre outros estudos, enfatizam que o modelo intensivo de produção predominante tende a ser insustentável no futuro. Assim, outros padrões de produção tendem a ganhar espaço e serem valorizados. Por isso a relevância em estudar sistemas agroflorestais biodiversos, relacionando-os com a capacidade de recuperar áreas degradadas, a produção de alimentos e a geração de renda. E ainda, tem atraído atenção de países desenvolvidos e subdesenvolvidos pelo potencial em sequestrarem carbono na biomassa das plantas e no solo.

Portanto, o desafio é controlar e orientar o uso da terra, convergindo e potencializando sistemas produtivos com eficiência na conservação dos ecossistemas. Embora essas práticas

variem em todo mundo, o efeito geralmente é o mesmo: satisfazer as necessidades humanas explorando os recursos naturais. No entanto, isso deve ser realizado por meio de manejo sustentável que alia à recuperação da vegetação nativa e à restauração ecológica, promovendo equilíbrio entre a intensificação sustentável e a conservação da biodiversidade e dos recursos naturais (FOLEY, 2005; ARONSON *et al.*, 2006; PAN *et al.*, 2011; GARNETT *et al.*, 2013).

Assim sendo, diversos trabalhos com esse enfoque tem surgido no mundo, inclusive no Estado de Mato Grosso do Sul (SALIS, 2004; DANIEL, BITTENCOURT, GELAIN, 2004; BATTILANI; SCREMIN-DIAS; SOUZA, 2005; PADILHA, 2011; HEID *et al.*, 2012; SILVA, 2013; WOLF, 2013; NASCIMENTO, 2016; CAMARGO, 2017). Porém, observa-se limitações metodológicas por se tratar de um tema incipiente, pois os trabalhos não consideram o ciclo do carbono em sua totalidade devido a sua complexidade. Além da dificuldade em utilizar uma metodologia que mensure quantitativamente o desempenho ambiental como um todo. Isto posto, este trabalho busca avançar e preencher essas lacunas através de uma análise robusta e completa.

Diante do contexto, têm-se a seguinte questão de pesquisa: Os sistemas agroflorestais são sistemas de produção capazes de mitigar os gases causadores do efeito estufa? Para tanto, o objetivo deste estudo foi mensurar a categoria de impacto ambiental “Potencial de Aquecimento Global” de sistemas agroflorestais a partir da Análise do Ciclo de Vida (ACV). Atualmente, diversas ferramentas são utilizadas como indicadores de sustentabilidade porém, a ACV se destaca por mensurar o desempenho ambiental de qualquer cadeia ou sistema produtivo, uma vez que serve como uma ferramenta de gestão, possibilitando auxiliar na tomada de decisão. Além de avaliar de forma adequada as estratégias de mitigação de Gases de Efeito Estufa (RUVIARO *et al.*, 2012).

Adota-se como hipótese de estudo que os sistemas agroflorestais apresentam diferença no estoque de carbono e acúmulo de biomassa em decorrência da quantidade, idade e composição das espécies. Espera-se, com este estudo, contribuir para o aprimoramento e o fomento de políticas públicas, buscando o desenvolvimento de sistemas agroflorestais.

Este trabalho está dividido em três seções além desta parte introdutória. A seção dois apresenta a revisão bibliográfica com destaque para os sistemas agroflorestais e a Avaliação do Ciclo de Vida. Nas seções 3 e 4 são definidos os procedimentos metodológicos e resultados e discussão, respectivamente. Por fim, apresenta-se as considerações finais e as referências que embasaram o estudo.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

A revisão estabelece um suporte conceitual para o estudo, destacando: sistemas agroflorestais e a Avaliação do Ciclo de Vida. Além disso, apresenta os principais estudos empíricos sobre o tema.

2.1 Sistemas agroflorestais

Mundialmente os sistemas agroflorestais são reconhecidos como uma forma integrada e sustentável de utilizar os recursos naturais (NAIR, 2010). Uma ideia remota surge em meados de 1980 sobre a possibilidade de integração entre florestas, pastagens e animais, fomentando as discussões sobre a implementação de sistemas agroflorestais (SAF), por atenderem as demandas ambientais, econômicas e sociais (NAIR, 1993).

Esse tipo de sistema envolve arranjos com duas ou mais espécies de plantas arbóreas, arbustivas e/ou animais. Essa combinação deve conter pelo menos uma espécie perene lenhosa, geralmente, esse tipo de manejo gera dois ou mais produtos, sendo ciclos superiores a um ano, compostos de culturas permanentes e/ou temporárias. São classificados como sistemas complexos por envolver maior planejamento e manejo em relação a monocultura (NAIR, 1993; MONTAGNINI; NAIR, 2004).

O termo SAF refere-se a um conjunto de tecnologias e sistemas de uso da terra em que espécies florestais são utilizadas em conjunto com as culturas agrícolas e ou atividades pecuárias em uma mesma área, dentro de um arranjo espacial e ou sequência temporal. Ou seja, essa interação otimiza deliberadamente os benefícios ecológicos proporcionados por essa diversidade (ALOA; SHUAIBU, 2013).

De acordo com Daniel *et al.*, (1999) existem 3 tipos de sistemas agroflorestais, que são classificados do seguinte modo:

- Sistemas agrossilviculturais: integram floresta e lavoura, através da combinação de árvores com cultivos agrícolas anuais;
- Sistemas agrossilvipastoris: combinam lavoura, pastagens, animais e árvores, através da rotação de culturas, consórcio ou sucessão.
- Sistemas silvipastoris: integram árvores, pastagens e animais em um mesmo espaço, por meio de consórcios.

Sendo assim, cada produtor implanta o sistema de acordo com a sua necessidade, podendo seguir as classificações descritas anteriormente, tendo em vista que, esses sistemas proporcionam aumento de renda, porque buscam atender as necessidades dos produtores rurais, tais como: obtenção de alimento, extração de madeira, cultivo de plantas medicinais, entre outros. Portanto, a adoção de SAFs diversifica a produção possibilitando a oferta de produtos ao longo do ano (ALTIERI; NICHOLLS, 2011; PADOVAN, *et al.*, 2016).

Ainda, esse tipo de prática assemelha-se a floresta natural por ajudar a conservar e proteger os recursos naturais, sobretudo, sua composição arbórea é capaz de sequestrar carbono. O sequestro florestal do carbono refere-se a forma natural de capturar o gás carbônico pelos vegetais através da fotossíntese, mediante ao crescimento das plantas. Ou seja, é um processo de mitigação biológica, processo esse responsável por permitir a fixação de carbono em forma de matéria lenhosa (YU, 2004).

Existem cinco tipos de reservatórios de carbono que podem ser medidos: biomassa acima do solo, biomassa subterrânea, madeira morta, serapilheira e no solo (BRIANEZI *et al.*, 2013). Devido a todos os benefícios que esse sistema de produção pode ocasionar, incentiva a produção científica em uma escala global, através de estudos aprofundados que comprovem esses aspectos.

Neste contexto, no Canadá, na Índia e nas Filipinas os SAFs tem sido um sistema de produção crescente e vem influenciando diretamente na redução das emissões de Gases de Efeito Estufa, no aumento da biodiversidade, na contribuição para a recuperação de áreas degradadas, propiciando o aumento da fertilidade e produtividade, conforme os trabalhos de Baah-acheamfour, *et al.*, (2016); Huber, *et al.*, (2016) e Lasco, *et al.*, (2016).

No Brasil, Arco-Verde e Amaro (2014) avaliou a sustentabilidade socioeconômica de sistemas agroflorestais no estado da Amazônia na cidade de Roraima, utilizando indicadores econômicos como o Valor Presente Líquido (VPL), Taxa Interna de Retorno (TIR) e a relação Benefício Custo (B/C) como ferramenta de análise. O estudo contribuiu para o fomento de políticas públicas destinadas à recuperação de áreas degradadas na Amazônia, ainda verificou que os SAFs possibilitam a produção permanente, por até 20 anos, sem declínio de produtividade, ao contrário das práticas monoculturais, pois a cada 3 anos exige-se a reposição de nutrientes em razão da queda produtiva que ocorre devido a intensificação do uso da terra. Além disso, os dois modelos agroflorestais analisados foram viáveis economicamente, resultando em um VPL positivo de R\$ 61.046,26, reflexo desse resultado foi a composição do arranjo que continha espécies anuais (arroz, milho, soja e mandioca) gerando renda a curto

prazo e espécies perenes (bananeira, Cupuaçuzeiro, Pupunheira) proporcionando um montante a longo prazo.

Um estudo feito por Ribeiro *et al.*, (2011) no Brasil, utilizou os sistemas agroflorestais como preceitos potenciais para estimar a biomassa acima e abaixo do solo através de um estudo de caso no bioma Cerrado, em que foram utilizadas equações alométricas, para mensurar as quantidades de carbono estocado por hectare. Os resultados revelam que 120 árvores de 18 espécies distintas foram capazes de estocar na biomassa da árvore acima do solo 62.965,5 kg C ha⁻¹ (quilo de carbono por hectare) e na biomassa subterrânea 37.501,8 kg C ha⁻¹, sendo esses resultados apropriados para demonstrar a importância do sistema agroflorestal em mitigar Gases de Efeito Estufa.

A diligência por trabalhos voltados a ótica ambiental tem acentuado em nível mundial e a Agenda 2030, que corresponde ao plano de ação focada na prosperidade das pessoas e do planeta por meio de um desenvolvimento sustentável, reforça essa importância. Assim, os autores vem identificando maneiras de mitigar o potencial de aquecimento global por meio de sistemas agroflorestais. Quantificando o carbono presente na biomassa vegetal e no solo verificou-se que as plantações podem armazenar quantidades consideráveis de carbono (ROBERTSON; PAUL; HARWOOD, 1989; ALBRECHT; KANDJI, 2003; KLØVERPRIS; WENZEL; NIELSEN, 2008; COLTRO *et al.*, 2009; LYNCH; MACRAE; MARTIN, 2010; NOPONEN *et al.*, 2012; WANG *et al.*, 2015; LASCO; ESPALDON; HABITO, 2016; XU *et al.*, 2017).

Inclusive no Estado de Mato Grosso do Sul estudos mensuram a quantidade em toneladas de carbono que cada sistema é capaz de estocar (SALIS, 2004; BATTILANI; SCREMIN-DIAS; SOUZA, 2005; PADILHA, 2011; SILVA, 2013; WOLF, 2013; NASCIMENTO, 2016). Nesses trabalhos, a quantidade e a composição das espécies, bem como a localização geográfica diferem entre os sistemas agroflorestais. E correspondem sequencialmente as seguintes áreas de estudo: Corumbá, Jardim, Porto Murinho, Glória de Dourados, Sidrolândia e Bonito. Além disso, em todos os trabalhos foram pontuados a gama de serviços ambientais que esses sistemas proporcionaram, como: aumento da biodiversidade vegetal, acúmulo de polinizadores e inimigos naturais, produção de matérias orgânicas e melhoria na fertilidade do solo.

Buscando alternativas que proporcionem o retorno do *habitat* natural e minimizem a degradação do solo, foi feito um estudo (MORESSI; PADOVAN; PEREIRA, 2014) sobre o banco de sementes como indicador de restauração em sistemas agroflorestais multiestratificados no sudoeste de Mato Grosso do Sul. Para a realização do estudo foram feitas

coletas de dados, totalizando 75 amostras, após a análise concluiu-se que os sistemas agroflorestais multiestratificados possuem potencial para restaurar áreas degradadas.

Em Mato Grosso do Sul foi realizado um trabalho que consiste em analisar a sustentabilidade socioeconômica e ambiental de sistemas agroflorestais biodiversos na região sudoeste, utilizando indicadores como método de análise (CAMARGO, 2017). Os resultados demonstraram que os sistemas agroflorestais estudados possuem um índice de sustentabilidade socioeconômica e ambiental bom, de 0,63, significando que os 18 SAFs estudados propiciam benefícios como: renda, segurança alimentar, redução de erosão no solo, supressão de agrotóxicos, entre outros benefícios socioeconômicos e ambientais.

Para alcançar as metas desejáveis com os sistemas agroflorestais, são necessárias metodologias completas capazes de avaliar o desempenho ambiental e econômico desses agroecossistemas. Com isso busca-se a geração de informações que subsidiem a tomada de decisão pelos melhores consórcios de árvores, agregando as técnicas apropriadas, visando desenhar e planejar arranjos de campo específicos para oferecer soluções efetivas aos problemas de uso da terra. Espera-se com isso que “os sistemas agroflorestais possam proporcionar soluções aos problemas e temas que não foram adequadamente resolvidos pela agricultura predominante, qualificada como moderna, baseada na monocultura de grande escala” (ARCOVERDE, 2008, p.30). Ademais, ressalta-se que os estudos sobre Sistemas Agroflorestais tem aumentado, porém não foram encontrados trabalhos para o Estado do Mato Grosso do Sul, utilizando o método de Avaliação do Ciclo de Vida para análises desses sistemas.

2.2 Avaliação do Ciclo de Vida

O termo Avaliação do Ciclo de Vida (ACV) ou “*Life Cycle Assessment*” é um método utilizado para modelar a interação total entre o produto e o ambiente, permitindo uma análise completa do ciclo de vida do produto, englobando todos os *inputs* e *outputs* desde sua extração até a disposição final, referenciado como do “berço ao túmulo” ou “*cradle to grave*”. Esse método tem como objetivo avaliar os possíveis impactos ambientais, econômicos e sociais sejam eles negativos ou positivos, através da mesma ótica (KLOEPFFER, 2008; ZAMAGNI, 2012; SALA; FARIOLI; ZAMAGNI, 2013).

A Avaliação do Ciclo de Vida é um método mundialmente reconhecido e aceito. Nos últimos anos, vários estudos tem se sustentado neste para quantificar os impactos ambientais e econômicos de produtos agropecuários. Esse crescimento ocorre pelo fato da ACV ser um modelo linear estático, estruturado a partir das relações ambientais, avaliação de estoques e suas

fases de impacto, respectivamente, restringindo a impactos ambientais (HEIJUNGS; HUPPES, 2010).

Esse método é considerado completo e adequado cientificamente para avaliar a sustentabilidade, pois compreende fluxos desde a retirada dos recursos da natureza, das matérias primas que compõem o sistema produtivo até sua disposição do produto acabado, transcendendo até o consumidor. Além do mais, gera elementos capazes de compreender o desempenho ambiental de um sistema, podendo comparar dois ou mais processos (BAITZ *et al.*, 2013).

A Organização Internacional de Normalização (ISO), fornece diretrizes para a realização de um ACV nas séries ISO 14040 e 14044. A partir de então contempla-se uma estrutura a ser seguida, composta de quatro fases: a) definição de objetivo e escopo: é dedicada ao desenho da estrutura do projeto, limites do sistema e Unidades Funcionais (UF) b) análise de inventário do ciclo de vida: é realizado um inventário detalhado de todos os recursos utilizados e as respectivas emissões, para a produção de determinado produto, são analisados os fluxos de entradas e saídas de um produto ou sistema c) avaliação dos impactos do ciclo de vida: através dos resultados do inventário, os impactos do ciclo de vida são modelados de acordo com guias internacionais e, finalmente, a fase de d) interpretação dos resultados: com os resultados da avaliação dos impactos, realiza-se a interpretação e comparação com outros estudos (GUINÉE, 2002).

Na Figura 1 ilustra-se as fases elencadas anteriormente. As fases da ACV devem ser abordadas de forma integrada, permitindo adequações no decorrer da execução do projeto (ISO, 2006).

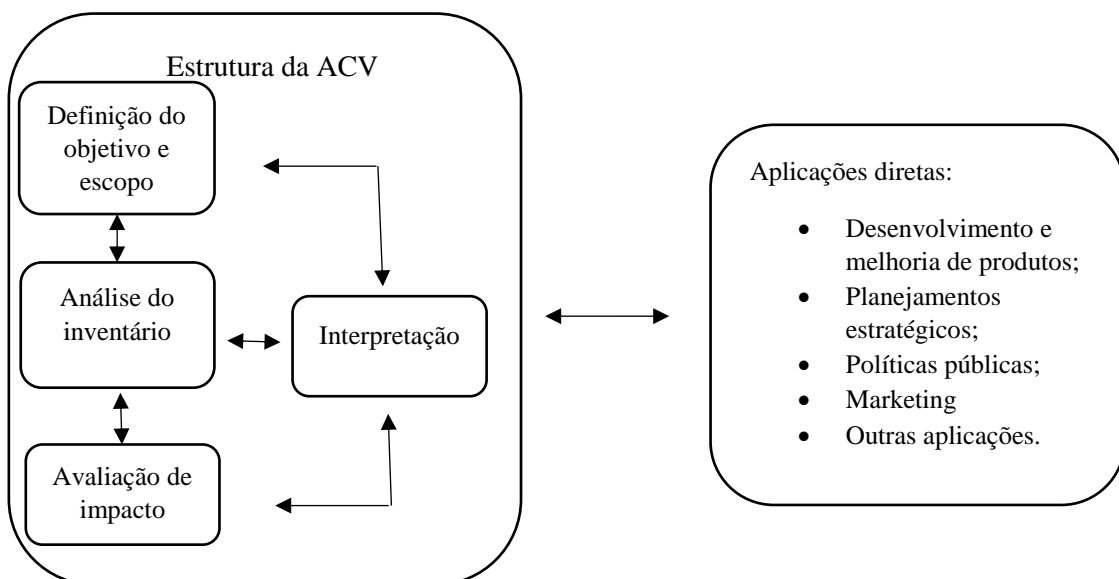


Figura 1. Estágios da Avaliação do Ciclo de vida
Fonte: ISO 14040 (2006).

A ACV é um método capaz de avaliar qualquer produto ou sistema independentemente do tipo da cadeia produtiva. Embora existam vários trabalhos utilizando a ACV como método, constata-se a carência de estudos focados em sistemas agroflorestais.

Os trabalhos encontrados que relacionam o objeto de pesquisa com a metodologia de ACV foram desenvolvidos em outros países, como por exemplo, o trabalho elaborado por Paolotti *et al.*, (2016) que compararam a criação de aves em sistema convencional com o sistema silvipastoril, utilizando a ACV. Foram definidas duas unidades funcionais: 1 tonelada de carne e 1 tonelada de azeitonas. O resultado revelou que no sistema silvipastoril obteve-se impactos positivos na mudança do uso da terra e as integrações fornecem reduções significativas nos impactos ambientais da agricultura.

Já Utomo *et al.*, (2016) realizaram um estudo na Indonésia em que analisou-se o desempenho ambiental da produção de cacau, no qual foi comparado o monocultivo de cacau e a combinação de cacau com árvores (*Cocos nucifera*, *Hevea braziliensis*, *Leucaena sp.* e *Gliricidia sepium*), o limite do sistema foi do berço ao portão da fazenda tendo como unidade funcional 1 tonelada métrica de casca de cacau. As categorias de impacto analisadas foram: Potencial de Aquecimento Global, Acidificação e Eutrofização. Os resultados revelaram que a produção em monocultivo causaram maiores impactos negativos nas três categorias.

De fato observa-se que a literatura científica sobre o tema é recente. No entanto, encontram-se com maior frequência trabalhos desenvolvidos em pomares convencionais, orgânicos e com interação entre culturas MILÁ I CANALS *et al.*, (2006); BECCALI *et al.*, (2009); BECCALI *et al.*, (2010); MCLAREN *et al.*, (2010); KNUDSEN *et al.*, (2011). Comumente predominam os estudos de caso, utilizando entrevistas semiestruturadas e questionários para a obtenção dos dados. Os estudos de Wallén *et al.*, (2004) e de Berners-Lee *et al.*, (2012), verificaram que a fruta é a categoria de alimento com o menor potencial de impacto ambiental, através da análise de pegada de carbono.

3. METODOLOGIA

3.1 Técnicas de pesquisa

Esta seção destaca os procedimentos metodológicos que foram utilizados na construção deste trabalho. Para a realização desta pesquisa utilizou-se o método qualitativo. Para mensurar os impactos ambientais dos sistemas agroflorestais foi empregado

o método de Avaliação do Ciclo de Vida, utilizando dados primários coletados diretamente das propriedades estudadas, considerando a categoria de impacto Potencial de Aquecimento Global para todas as fases relevantes da produção, que são: I produção de mudas: (insumos como: fertilizantes químicos (NPK e calcário), água, solo e tubete); II preparo do solo: (insumos como: corretores de acidez do solo, adubo orgânico e combustível); III produção colhida (grãos e frutos). O estudo da ACV está estruturado de acordo com as seguintes fases: objetivo e escopo, inventário do ciclo de vida (ICV), avaliação do impacto do ciclo de vida (AICV) e interpretação.

3.2 Caracterização da área de estudo

Os dados utilizados para este estudo são provenientes de 5 propriedades rurais localizadas no município de Bonito, ao sudoeste do Estado de Mato Grosso do Sul (Figura 2). As propriedades estão localizadas sobre as seguintes coordenadas geográficas de latitude e longitude 21°21'29,2"S e 56°35'11,9"W; 21°21'40,7"S e 56°35'48,1"W; 21°22'42,6"S e 56°35'52,7"W; 21°20'23,7"S e 56°35'05,3"W; 21°21'40,3"S e 56°35'49,8"W, respectivamente.

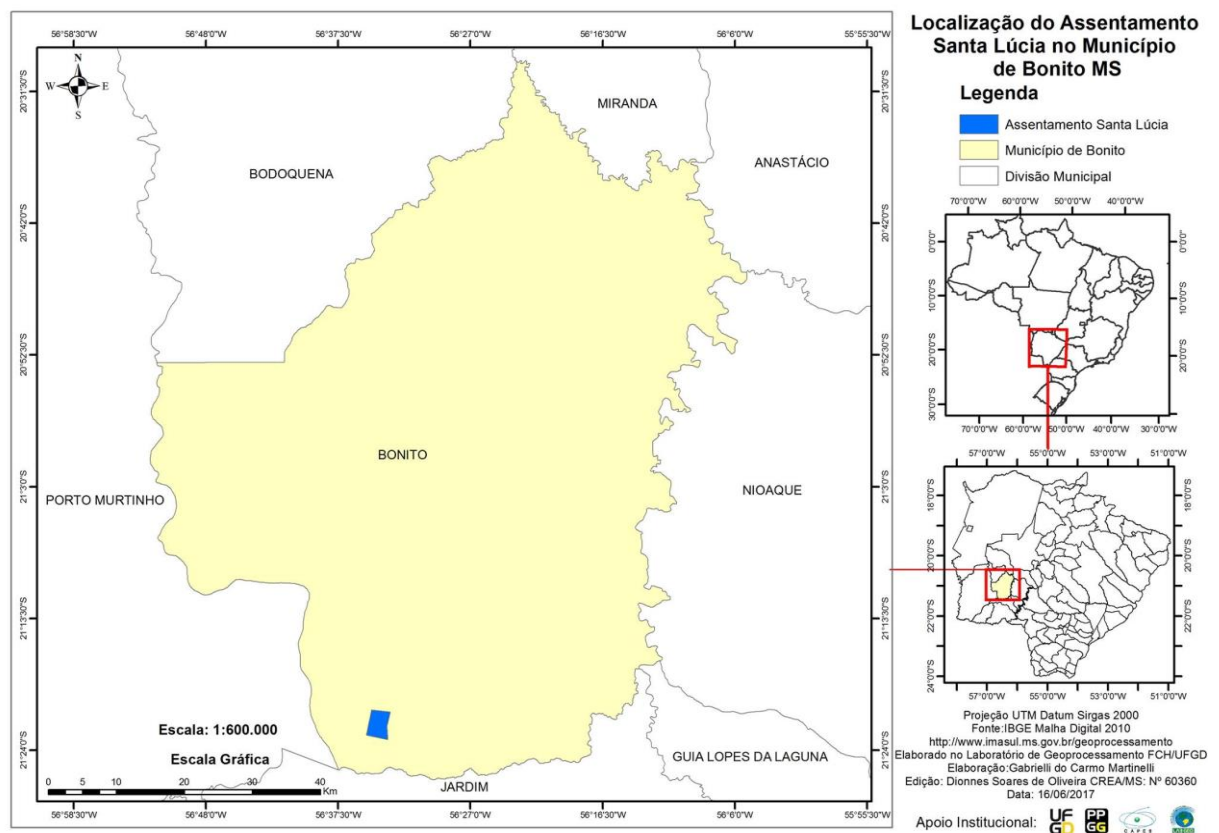


Figura 2. Localização geográfica do Município de Bonito, Estado de Mato Grosso do Sul, região Centro Oeste do Brasil.

Fonte: IBGE malha digital, 2010.

O Município de Bonito localiza-se no entorno do Parque Nacional da Serra da Bodoquena, limitando-se com os Municípios de Bodoquena e Miranda, ao Norte; Aquidauana e Nioaque, à Leste; Guia Lopes da Laguna e Jardim, ao Sul; e Porto Murtinho, ao Oeste. Possui população de 21.267 pessoas, área da unidade territorial de 4.934.414 km² e densidade demográfica de 3.97 hab/km² (IBGE, 2016).

O clima dessa microrregião é classificado como tropical úmido, com temperatura média anual de 20°C à 22°C; já a precipitação anual varia em torno de 1.500 milímetros. O período das chuvas ocorre de novembro a abril. A cobertura vegetal predominante é característica do bioma Cerrado, composta de florestas estacionais decíduais e semidecíduais (GRECHI *et al.*, 2010). De acordo com o Zoneamento Ecológico-Econômico do Estado de Mato Grosso do Sul (ZEE/MS, 2009), cerca de 3,81% da área ocupada no estado corresponde ao solo classificado como Argissolos Vermelho-Amarelo e este é característico da área de estudo.

Para a escolha dos 5 SAFs, uma equipe da Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária – EMBRAPA Agropecuária Oeste e Universidade Federal da Grande Dourados – UFGD realizou um levantamento prévio na região junto a escritórios da Agência de Desenvolvimento Agrário e Extensão Rural – AGRAER e de organizações não governamentais, tais como a Fundação Neotrópica do Brasil e do Instituto das Águas da Serra da Bodoquena – IASB, com intuito de identificar a adoção de SAFs pelos agricultores da região. A partir de então, foram visitadas as propriedades dos agricultores indicados. Após esse procedimento, encontraram-se 15 SAFs no município de Bonito, porém 5 foram selecionados, priorizando-se aqueles sistemas com maior diversidade de espécies arbustivas e arbóreas.

3.2.1 Especificação das propriedades

Os cinco sistemas agroflorestais selecionados estão inseridos no Assentamento Santa Lúcia na cidade de Bonito-MS. Essa nova prática de manejo surgiu por intermédio de um projeto denominado Gestão Integrada da Bacia Hidrográfica do Rio Formoso – (GEF Rio Formoso) financiado pelo Banco Mundial e gerido por instituições públicas como a EMBRAPA Solos, Gado de Corte, Agropecuária Oeste e Pantanal, AGRAER, IMASUL e IASB em que os objetivos eram: recuperar áreas degradadas, conservar a biodiversidade e preservar o meio ambiente. Os agentes envolvidos promoviam capacitação e acompanhamento nas propriedades rurais. Anteriormente essa área foi destinada a exploração agrícola em sistemas de monocultivos intensivos durante décadas.

Os sistemas agroflorestais são classificados como biodiversos e semi abertos, compostos de espécies nativas e exóticas. Sendo que as espécies nativas predominam nos sistemas. Eles surgiram entre os anos de 2000 a 2005 e mantêm-se até hoje. O assentamento possui 1.026,744 hectares divididos em 36 lotes, e cada lote possui uma área total de 16 hectares. No entanto, as parcelas destinadas aos sistemas agroflorestais não são homogêneas variando de 0,5 ha a 2,5 ha. Assim, se estabeleceu uma medida padrão em que os dados foram convertidos para 1 hectare.

3.3 Coleta de dados

A coleta de dados foi dividida em duas partes: primeiro, com o intuito de calcular o total de carbono presente na biomassa de cada sistema agroflorestal, utilizou-se os dados coletados pela EMBRAPA Agropecuária Oeste no período de março a agosto de 2015 e cedidos para o estudo em questão. Para viabilizar os dados foram demarcadas 50 parcelas de 10 m x 10 m totalizando 0,5 hectare (5000 m²) por SAF distribuídos ao acaso, ou seja, em cada SAF repetiu-se o processo. Após essa etapa, foram identificadas as espécies cultivadas em cada sistema e contabilizadas de acordo com a sua classificação entre lenhosas e frutíferas. Posteriormente, colocou-se todas as informações em planilhas eletrônicas separadas para cada atributo e, então, reunidas em uma única matriz, onde se estruturou uma base de dados principal, com informações de todas as espécies.

A fim de conferir credibilidade ao estudo, retornou-se as propriedades em março de 2017 para a segunda parte de coleta de dados. Na qual foi realizada uma pesquisa de campo por meio de entrevistas semiestruturadas com auxílio de um roteiro (Apêndice D) contendo perguntas abertas e fechadas, com o objetivo de obter dados complementares, necessários para se efetuar os cálculos das emissões referente ao sistema de produção.

3.4 Estimativa de CO₂ equivalente

No intuito de se estimar o carbono presente na biomassa viva, verificou-se todos os indivíduos de espécies arbóreas e arbustivas com altura acima de 1,50 metros mediu-se a circunferência através de fita métrica, assim como a altura das plantas com o auxílio de hastes de podão, com quatro módulos de 3 m. Após essa etapa, foi verificado a densidade básica da madeira g/cm³ de cada espécie com o auxílio da literatura: IPCC (2003), IPCC (2006), Zanne *et al.*, (2009), Lorenzi (2002); Lorenzi (2009a); Lorenzi (2009b).

Em seguida, foram calculados para cada SAF o total de carbono presente na biomassa viva (acima e baixo do solo) na matéria orgânica morta (serapilheira) e no solo de acordo com as equações utilizadas (Quadro 1).

Quadro 1. Equações utilizadas para calcular o total de biomassa acima e abaixo do solo, na serapilheira e no solo

	Fonte	Equação	Referências
Biomassa viva	Biomassa acima do solo	$0.112 \times (pD^2H)^{0.916}$	Chave <i>et al.</i> , (2005)
	Biomassa abaixo do solo	$0.112 \times (pD^2H)^{0.916} \times 0.28$	Mokany <i>et al.</i> , (2006)
Matéria orgânica morta	Serapilheira	$\Delta CDOM = \Delta CDW + \Delta CLT$	IPCC (2006)
Matéria orgânica no solo	Solo	Protocolo para média horizontal	Henriksson <i>et al.</i> , (2013)
Peso estequiométrico	Dióxido de carbono eq	$CO_2 \text{ eq} = C * 3,67$	IPCC (2006)

Fonte: Elaboração própria a partir de dados de pesquisa.

Em que: P = densidade g/cm^3 ; D = diâmetro da árvore e H = altura da árvore; 0,28 = fator de conversão; $CO_2 \text{ eq}$ = dióxido de carbono equivalente; C = carbono total; 3,67 = fator de conversão; $\Delta CDOM$ = Estoque total de carbono da matéria orgânica morta; ΔCDW = Carbono da madeira morta; ΔCLT = Carbono da serapilheira.

Para calcular a biomassa acima do solo foi utilizado o método indireto em que a equação permite calcular a biomassa total de uma árvore através da medição de seu diâmetro. Estas equações são geradas por meio de uma técnica estatística chamada Análise de Regressão.

Em relação a biomassa abaixo do solo utilizou-se a equação obtida no *Intergovernmental Panel on Climate Change - IPCC (2006)*. O cálculo foi feito com base na amostra do inventário da biomassa acima do solo. Então, foi possível calcular o peso seco por meio da soma da biomassa acima e abaixo do solo. Após essa etapa foi necessário calcular a quantidade de carbono total por indivíduo, para isso utilizou-se o fator de conversão 0,47 recomendado no IPCC (2006).

Para calcular o total de carbono presente na serapilheira foram coletadas amostras *in loco*, com o auxílio de um gabarito de madeira de 0,25 x 0,25 m. Totalizando 4 amostras por sistema. Esse procedimento foi baseado na metodologia presente na literatura (AREVALO; ALEGRE; VILCAHUAMAN, 2002).

Para estimar o carbono presente no solo foram utilizados dados secundários, escolheu-se os trabalhos de (ROCHA *et al.*, 2014; LEITE; IWATA; ARAÚJO, 2014) por corresponderem ao bioma, clima e vegetação da área de estudo deste trabalho. Para diminuir a incerteza da estimativa, utilizou-se o protocolo de média horizontal de acordo com Henriksson

et al., (2013), em que os valores totais de estoques de carbono orgânico foram quantificados a partir das seguintes profundidades em centímetros: 0-10; 10-20; 20-40. Por fim, para calcular o CO₂ equivalente total de cada SAF aplicou-se o fator de conversão 44/12 (relação dos pesos estequiométricos do CO₂ com relação ao elemento carbono).

3.5 Objetivo e escopo

O objetivo do presente trabalho foi mensurar os impactos ambientais dos sistemas agroflorestais devido ao seu potencial em capturar e estocar dióxido de carbono. A função dos sistemas agroflorestais selecionados são de recuperar a área degradada, conservar a biodiversidade e preservar o meio ambiente. O público-alvo abrange o poder público para impulsionar e criar políticas públicas, a comunidade científica e o produtor rural.

A fronteira desse estudo será caracterizada como do “berço ao portão da fazenda”. Desta forma, considerará desde o produção da muda, implantação do sistema (preparo do solo) até a retirada dos produtos provindos dos sistemas. O transporte de insumos foi incluído no processo de análise. Para a padronização de todos os dados será considerado uma unidade funcional (UF) padrão “1 ha de SAF”. A UF é uma medida do desempenho das saídas funcionais do sistema de produto e serve para fornecer uma referência para a qual as entradas e saídas são relacionadas (NBR ISO 14040, 2001).

3.6 Inventário do Ciclo de Vida (ICV)

Os dados coletados foram convertidos para valores da UF e ajustados de acordo com as entradas e saídas do sistema agroflorestal, conforme a estrutura de inventário (Figura 3).

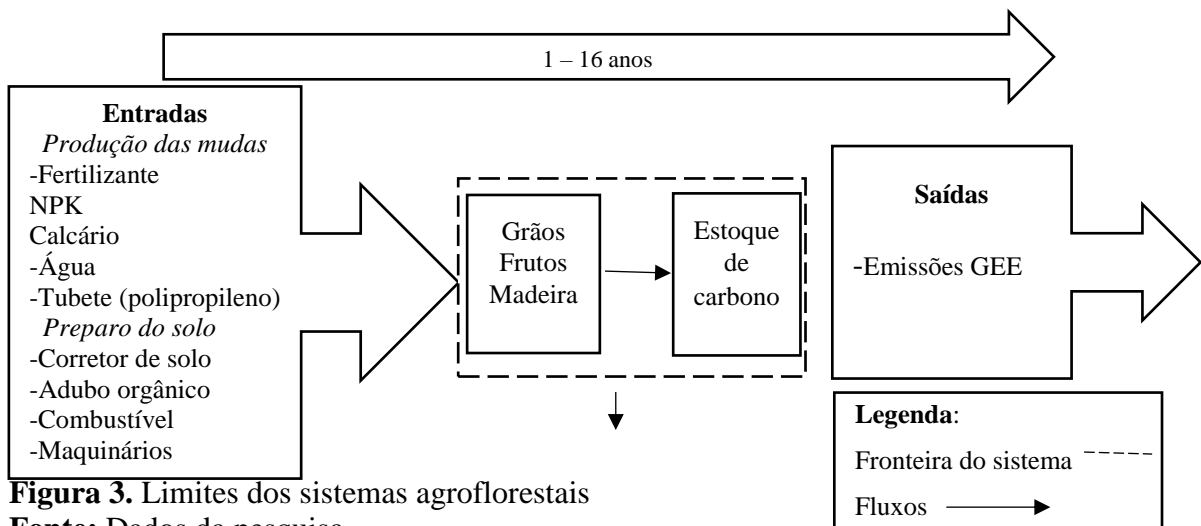


Figura 3. Limites dos sistemas agroflorestais
Fonte: Dados da pesquisa.

Os dados utilizados no inventário foram provenientes da segunda parte da coleta de dados, em que foram identificadas e quantificadas as entradas e as saídas dos sistemas. Essas informações quantitativas de entradas (corretores de solo, adubo orgânico, combustível e maquinários) foram informadas pelos produtores rurais priorizando os dados primários. Embora tenha havido a ausência de dados primários para calcular o processo de produção das mudas, isto não impediu que essa fase fosse incluída no estudo, assim assumiu-se dados secundários para as quantidades e informações técnicas de fertilizantes (NPK, calcário), água, solo e tubete de polipropileno atóxico, respectivamente (OLIVEIRA *et al.*, 2016; MACEDO, 1993; ROSCOE *et al.*, 2001; INSTITUTO BRASILEIRO DE FLORESTAS, 2017).

Porém, para a validação dos dados foi consultado um especialista da EMBRAPA Agropecuária Oeste que contribuiu com este aspecto. Em relação a produtividade anual de cada sistema também foram consultados cada produtor e para garantir a credibilidade dos dados verificou-se na literatura (EMBRAPA, IBGE, MDA) e, novamente, consultou-se um especialista da EMBRAPA Agropecuária Oeste.

E por fim, a fronteira do sistema também inclui o fluxo de transporte com insumos para as duas fases de produção, para tanto os dados utilizados foram da base de dados do Ecoinvent versão 3.2 do processo denominado *market* e para a tabulação dos dados utilizou-se o software Excel.

3.7 Avaliação do impacto do ciclo de vida (AICV)

Para avaliação do impacto, foi selecionada a categoria Potencial de Aquecimento Global, incidindo na totalidade de GEE (CO₂, CH₄ e N₂O) emitidos durante o ciclo de vida do sistema de produto, convertidos em CO₂ equivalente (CO₂ eq) em relação à unidade funcional definida. O fator de caracterização utilizado para equivalência dos GEE foi do *International Panel of Climate Change* (IPCC, 2013) para 100 anos. Em que cada kg de CO₂, CH₄ e N₂O liberado para a atmosfera equivale a 1 kg, 25 kg e 298 kg de dióxido de carbono, respectivamente. Para estimar os impactos ambientais foi utilizado o *software* SimaPro 8.2.0 (PRé Consultants) e para a transparência dos cálculos, as fórmulas e os fatores de emissão serão disponibilizadas no Anexo A, B e C.

3.8 Interpretação

Após a realização dos cálculos, os resultados foram obtidos a partir do ICV e AICV e apresentados na forma de tabelas e figuras, posteriormente analisados.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Nesta seção apresentam-se os resultados referentes aos cinco sistemas agroflorestais analisados no estado de Mato Grosso do Sul na cidade de Bonito. Os sistemas agroflorestais estudados possuem biodiversidade de arranjos e ao longo do seu ciclo de vida são capazes de estocar carbono na biomassa viva e na matéria orgânica morta. Entretanto, diversos elementos influenciam na quantidade de carbono estocado como: a altura e diâmetro das árvores, volume, idade, densidade, fatores climáticos e vegetativos. Na Tabela 1 foram sintetizadas as características dos sistemas agroflorestais estudados a fim de contribuir e esclarecer a variabilidade estocada entre esses.

Ao analisar os dados apresentados na Tabela 1, verifica-se que em cada sistema agroflorestal a quantidade de árvores presentes em 1 hectare são distintas. Dentre os sistemas analisados os SAFs II e IV se destacam por possuírem o maior número de indivíduos arbóreos. Quando observada a idade de cada sistema, se constata que os SAFs I e V correspondem a mesma idade e apresentam altura, diâmetro e circunferência das árvores inferiores aos SAFs II, III e IV.

Além disso, nota-se que a média da Densidade Básica da Madeira (DBM) dos SAFs I, II, III, IV e V variam entre 0,51 a 0,80 g/cm³ podendo ser classificadas entre média-leve e média-pesada quando variam de (0,50 a 0,65 g/cm³) e (0,65 a 0,80 g/cm³) respectivamente conforme a classificação de STERNADT (2001). Se compararmos os resultados da DBM deste estudo com o trabalho de Yeboah *et al.*, (2014) verifica-se que a DBM dos cinco sistemas agroflorestais localizados no município de Bonito-MS variaram menos do que no trabalho de Yeboah *et al.*, (2014), uma vez que, sua DBM foi de 0,27 a 0,76 g/cm³. Isso significa que o diâmetro e a circunferência entre as espécies que compõem os SAFs analisados neste estudo, possuem mais semelhanças do que diferenças, em relação ao trabalho de Yeboah *et al.*, (2014).

Tabela 1. Principais características dos sistemas agroflorestais biodiversos em análise

Características dos SAFs	SAF I	SAF II	SAF III	SAF IV	SAF V
Densidade da plantação	390 árvores ha ⁻¹	730 árvores ha ⁻¹	410 árvores ha ⁻¹	662 árvores ha ⁻¹	546 árvores ha ⁻¹
Composição	nativas (65,64%) exóticas (34,36%)	nativas (50,13%) exóticas (49,87%)	nativas (63,90%) exóticas (36,10%)	nativas (74,02%) exóticas (25,98%)	nativas (60,80%) exóticas (39,20%)
Idade do sistema	11	13	16	15	11
Altura média (m)	3,74	5,23	5,02	8,24	3,92
Diâmetro médio (cm)	13,44	16,6	18,95	18,42	13,71
Circunferência média (cm)	42,23	52,16	59,54	57,86	43,08
Densidade média (g/cm ³)	0,80	0,61	0,64	0,66	0,51
Método de poda	manual/anual	manual/anual	manual/anual	manual/anual	manual/anual
Fertilização	esterco bovino	esterco bovino	esterco bovino	esterco bovino	esterco bovino
Controle de pragas	produtos caseiros	produtos caseiros	produtos caseiros	produtos caseiros	produtos caseiros
Método de colheita	manual	Manual	manual	manual	manual

Fonte: Elaboração própria, com base nos dados da pesquisa.

Uma das formas de mitigar os Gases de Efeito Estufa é através das florestas. A produção de biomassa é modificada de acordo com o desenvolvimento das espécies. Assim, um dos locais onde ocorre a maior capacidade de armazenar carbono é na biomassa acima do solo (BROWN, 1997; PHILLIPS; BRIENEN, 2017), além disso Cademus *et al.*, (2014) afirma que as florestais mais velhas sequestram menos carbono do que as mais jovens. Na Figura 4 demonstra-se o potencial dos sistemas agroflorestais estudados em acumular carbono na biomassa viva (acima e abaixo do solo). Em cada SAF uma quantidade díspar de carbono foi sequestrada, isso ocorre em consequência das informações contidas na Tabela 1. Os SAFs II e IV sequestraram mais toneladas de carbono por hectare. O SAF II com uma biomassa acima do solo de 62,77 t C ha⁻¹ e uma biomassa abaixo do solo de 17,57 t C ha⁻¹. Em relação ao SAF IV, a biomassa acima do solo foi de 57,37 t C ha⁻¹ e a biomassa abaixo do solo foi de 16,06 t C ha⁻¹. Para todos os SAFs as quantidades de carbono foram convertidas em CO₂ eq ha⁻¹ a fim de atender a UF.

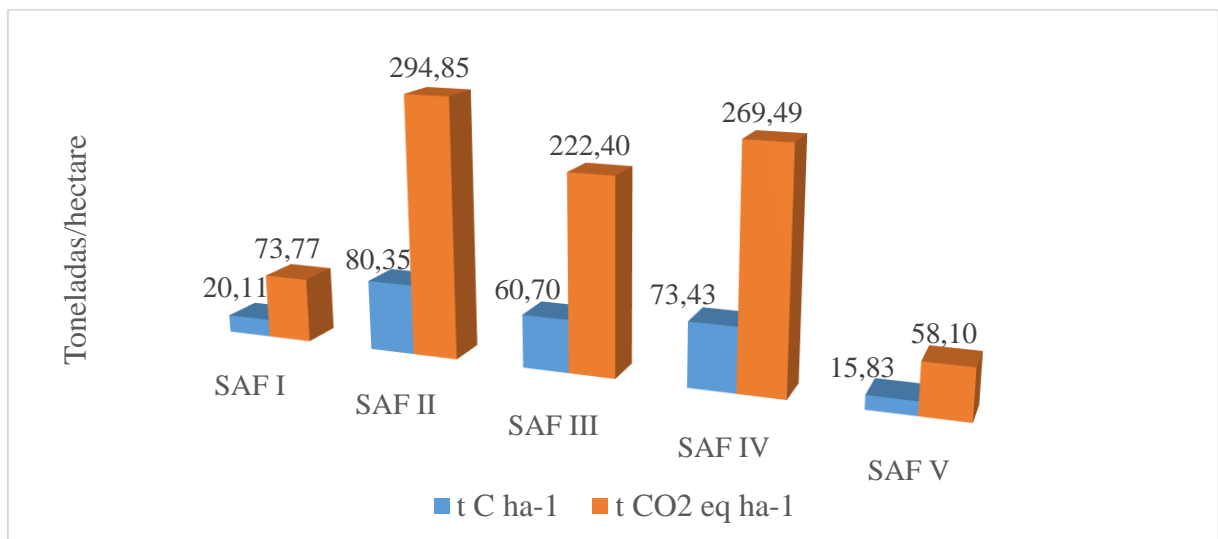


Figura 4. Quantidade de carbono e CO₂ eq em t por ha⁻¹ acumulados na biomassa viva (acima e abaixo do solo) em sistemas agroflorestais biodiversos

Fonte: Elaboração própria, com base nos dados da pesquisa.

Quando compara-se os resultados desta pesquisa com os estudos elaborados em Camarões e na Indonésia verifica-se que o estoque de carbono destes trabalhos são semelhantes com os dados apresentados na Figura 4. Nestes dois países foram encontradas as seguintes quantidades: 14,4; 70 e 20,74 t C ha⁻¹ (NORGROVE; HAUSER, 2013; SAJ, 2013; SMILEY; KROSCHEL, 2008) respectivamente. Agora na Bolívia o estoque foi superior, resultando em 143,7 t C ha⁻¹ (JACOB *et al.*, 2013).

Além de analisar a quantidade de carbono acumulada na biomassa viva também calculou-se o total de carbono acumulado na matéria orgânica morta. Apesar dos fatores

bióticos e abióticos influenciarem na quantidade de carbono estocado na serapilheira, nos cinco SAFs as disparidades foram menores quando comparada com a biomassa viva. Na Figura 5 os dados revelam a quantidade de carbono acumulada na serapilheira nos SAFs em análise. Nos trabalhos executados por Froufe *et al.*, (2011) e Brancher (2010) estimaram-se o potencial de sistemas agroflorestais estocarem carbono na serapilheira. Um dos sistemas analisados por Froufe *et al.*, (2011) de 16 anos estocou 4,65 t C ha⁻¹. Já Brancher (2010) avaliou quatro SAFs com idade média de 14 anos e as quantidades foram inferiores variando entre 1,59 a 3,17 t C ha⁻¹. Deste modo, observa-se que os resultados desta pesquisa se assemelham com os trabalhos de Froufe *et al.*, (2011) e Brancher (2010). Entretanto, o SAF III se sobressai em relação aos demais por estocar 5,15 t C ha⁻¹.

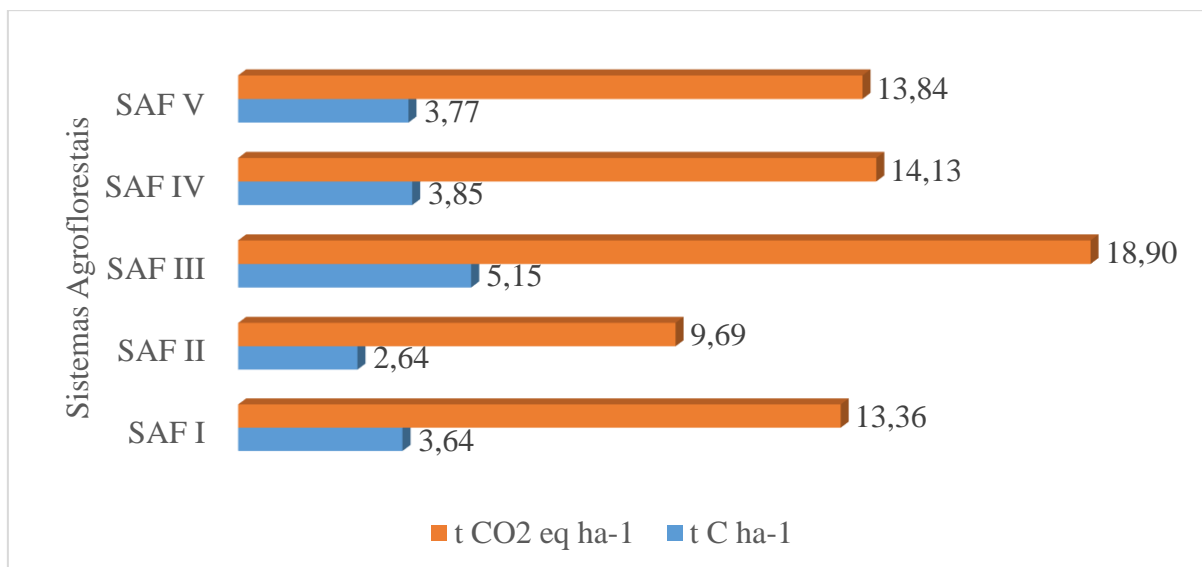


Figura 5. Quantidade de carbono e CO₂ eq em t por ha⁻¹ acumulados na serapilheira
Fonte: Elaboração própria, com base nos dados da pesquisa.

Na Figura 6 demonstra-se que as profundidades influenciam na quantidade de carbono estocado no solo. Considerando as profundidades de 0-10 cm; 10-20 cm e de 20-40 cm os totais de carbono estocados foram 26,71 t ha⁻¹; 21,36 t ha⁻¹ e 43,68 t ha⁻¹, respectivamente. De acordo com o IPCC (2006) o teor de carbono no solo das florestas geralmente variam entre 20 a 300 t C ha⁻¹ considerando 1 metro de profundidade, agora no Brasil, quando a profundidade é de 0-30 cm em áreas florestais o estoque médio é de 60 t C ha⁻¹ claro que essa variabilidade depende do tipo de floresta e das condições climáticas.

Outro fator que também influencia é a mudança no uso da terra, como a transição de floresta primária para sistemas agrícolas. O qual, além de intervir na quantidade armazenada de carbono, também é responsável por até 20% das emissões de Gases de Efeito Estufa (VAN DER WERF *et al.*, 2009; DON *et al.*, 2011).

Cabe ressaltar que todos os valores de carbono calculados para estimar os estoques foram convertidos em $\text{CO}_2 \text{ eq ha}^{-1}$.

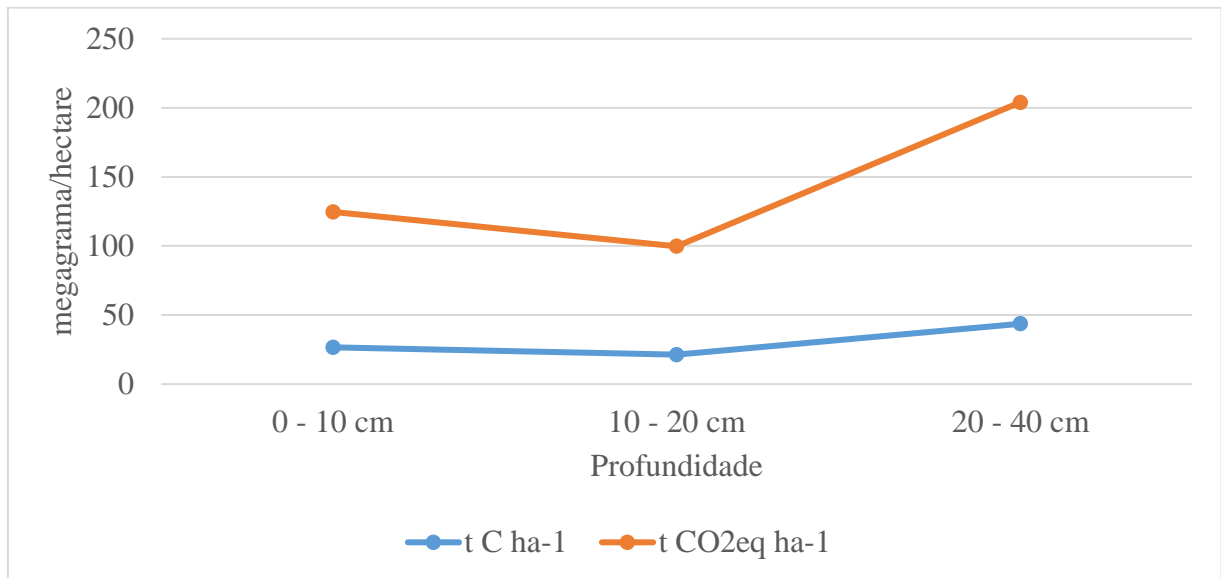


Figura 6. Estoques de carbono orgânico no solo em diferentes profundidades

Fonte: Elaboração própria, com base nos dados da pesquisa

4.1 Análise do Inventário do Ciclo de Vida

A primeira fase para implantação de um sistema agroflorestal corresponde a produção de mudas. Nesta etapa as mudas são produzidas em um viveiro com dimensão de 750 m^2 localizado na cidade de Bonito-MS à 35 km da área de estudo. Além disso, são cultivadas em tubetes de polipropileno atóxico sendo reutilizados durante 6 à 8 anos (SILVA, 2012) com dimensão de $6,5 \times 16 \text{ cm}$ pesando 30 gramas. Para produzir uma muda são adicionados 5 gramas de NPK (4-14-8), 1 grama de calcário e 197, 2 gramas de solo, além de ser acrescido 0,1 litro de água uma vez ao dia. As mudas são retiradas do viveiro com 6 meses pesando 427,2 gramas.

O preparo do solo representa a segunda etapa da cadeia produtiva. Nos cinco SAFs estudados as áreas foram aradas, gradeadas e niveladas. Para isso foi utilizado um trator de 85 CV com consumo médio de 8 litros de diesel por hora (densidade do combustível $0,84 \text{ kg l}^{-1}$) (NEMECEK; KAGI, 2007). A execução dessas etapas totalizaram 4,5 horas. Em seguida inicia-se o processo de calagem nos SAFs I, II, III, IV e V, onde adiciona-se respectivamente 1300, 2000, 1500, 2000 e 1600 kg de calcário por hectare. Ademais, sabe-se que o calcário entregue nas propriedades compreende a um raio médio de 105 km.

Após o preparo do solo, plantação das mudas e sementes ocorreu o processo de adubação por meio da aplicação de esterco bovino ao redor das mudas de espécies exóticas. As

adubações aconteceram durante os três primeiros anos. Os SAFs I, II, III, IV e V utilizaram respectivamente, 800, 2200, 900, 1100 e 1300 kg por hectare anualmente. Nestes sistemas não foram aplicados fungicidas, inseticidas e herbicidas químicos, pois as pragas são combatidas com produtos caseiros fabricados pelos próprios agricultores.

A fase de colheita depende do ciclo produtivo de cada espécie ocorrendo manualmente. Convém salientar que desde a implantação do sistema até a coleta dos dados em nenhum dos sistemas foram extraídas espécies lenhosas. Na Tabela 2 estão destacados os totais de entradas e saídas dos sistemas agroflorestais desde a implantação até a fase atual dos sistemas conforme descrito na Tabela 1.

Tabela 2. Total de entradas e saídas dos sistemas agroflorestais desde a implantação até a idade atual (11, 13, 16, 15 e 11 anos), respectivamente

Preparo das mudas	SAF I	SAF II	SAF III	SAF IV	SAF V
Entradas - Insumos agrícolas					
Calcário dolomítico g	429	803	451	728	600
N ₂ O g	85,8	160,6	90,2	145,6	120
P ₂ O ₅ g	300,3	562,1	315,7	509,6	420
K ₂ O g	171,6	321,2	180,4	291,2	240
Água l	7722	14454	8118	13104	10800
Solo g	84598,8	158351,6	88937,2	143561,6	118320
Tubete	429	803	451	728	600
Saídas - produtos					
Mudas (10%) - unidades	429	803	451	728	600
Fluxo					
Transporte do produto final					
Transporte, caminhão de carga 3.5-7.5 ton. EURO3 {GLO} t km ⁻¹	6,4	12,01	6,74	10,89	8,97
Preparo do solo					
Entradas - Insumos agrícolas					
Esterco bovino kg ha ⁻¹	2400	6600	2700	3300	3900
Calcário dolomítico kg ha ⁻¹	1300	2000	1500	2000	1600
Diesel kg ha ⁻¹	30,24	30,24	30,24	30,24	30,24
Saídas - produtos					
Produção total de t ha ⁻¹ de frutas	52	176	27	76	80
Produção total de t ha ⁻¹ de milho	3,4	2,5	2,7	3,6	2,8
Produção total de t ha ⁻¹ de mandioca	13	10	11	7	10
Produção total de t ha ⁻¹ de feijão	0,2	0,4	0,5	0,7	0,5
Produção total de t ha ⁻¹ de cana		10			12
Total de produtos colhidos t ha ⁻¹	68,6	198,9	41,2	87,3	105,3
Fluxo					
Transporte do produto final					
Transporte, caminhão de carga >32 ton. EURO3 {GLO} t km ⁻¹	136,5	210	157,5	210	168

Fonte: Elaboração própria, com base nos dados da pesquisa.

Ao analisar os dados na Tabela 2, constata-se que o SAF II foi o que utilizou maior quantidade de insumos. Cabe ressaltar que, dentre os cinco SAFs analisados, este é o que possui o maior número de árvores, com 730 unidades ha⁻¹. Já o SAF I foi utilizada a menor quantidade de insumos e, coincidentemente, possui o menor número de árvores, contendo 390 unidades ha⁻¹. Salienta-se que, não necessariamente significa que o número de árvores determina a quantidade de insumos utilizados, pois o SAF IV possui a segunda maior quantidade de árvores por hectare, mas utilizou-se quantidade inferior de esterco bovino quando comparado ao SAF V, que contém 116 árvores a menos que o SAF IV. Apesar de haver algumas recomendações básicas, a quantidade de insumos utilizados depende muito da disponibilidade pelo produtor ou mesmo a sua capacidade financeira de adquiri-lo, por exemplo.

Desde o período de implantação dos sistemas agroflorestais, várias culturas foram plantadas e colhidas ao longo dos anos (Tabela 2), tais como frutas e grãos em que as quantidades colhidas foram obtidas através de entrevistas com os agricultores responsáveis pelos SAFs, tendo como auxílio um roteiro semiestruturado (Apêndice D). Esses produtos foram comercializados e consumidos pelos respectivos responsáveis pelos sistemas, a fim de viabilizar renda e segurança alimentar. Assim, optou-se por organizar os produtos em grupos, como exemplo: “frutas”, já que essas se diferenciam entre os sistemas. Para tanto, verificou-se que os SAFs II e V foram os que mais produziram produtos desde sua implantação até a idade atual, 13 e 11 anos, respectivamente.

4.2 Análise da Categoria de Impacto do Ciclo de Vida

A avaliação do desempenho ambiental dos sistemas agroflorestais pode ser observado na Figura 7. Assim, fica evidente identificar individualmente as emissões líquidas de cada sistema, sendo essas emissões simbolizadas por valores negativos, além de verificar qual fase da produção que mais contribuiu para o aumento do aquecimento global ao longo do ciclo de vida.

Afim de obter as emissões líquidas dos cinco sistemas subtraiu-se o total sequestrado de de CO₂ eq na biomassa acima e abaixo do solo, serapilheira e no solo (Figuras 4, 5 e 6) que correspondem aos impactos positivos por não causarem danos ao meio ambiente, pelo total de emissões denominados como impactos negativos (Figura 8). Por esse motivo, na Figura 7 os desempenhos de cada SAF são representados por sinais negativos, ora os sistemas são ambientalmente positivos para a atmosfera.

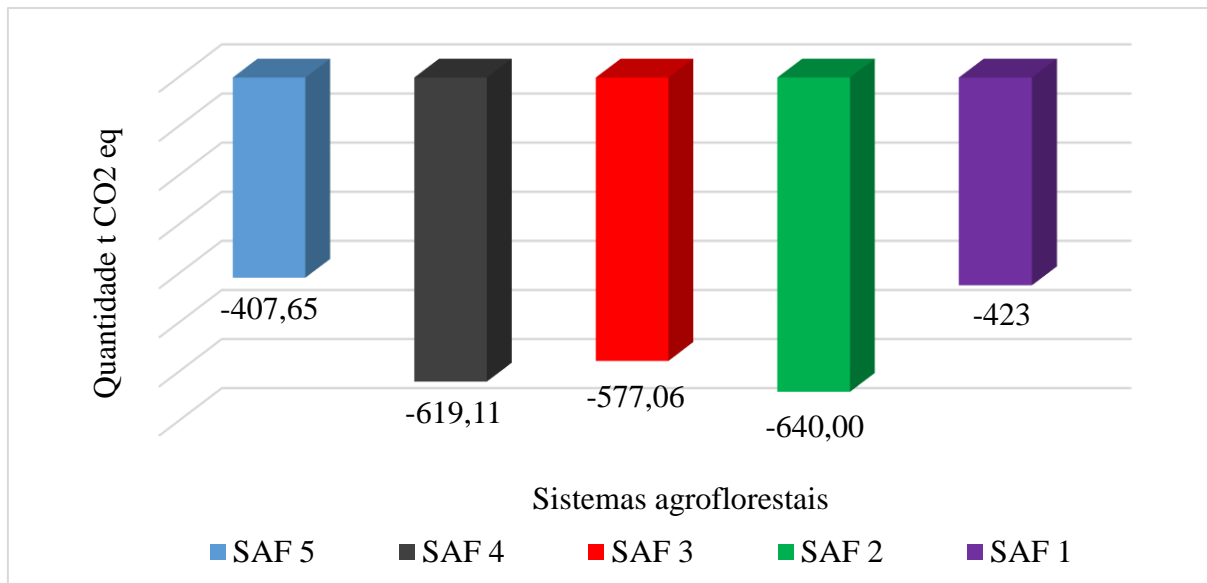


Figura 7. Desempenho ambiental dos sistemas agroflorestais ao longo do ciclo de vida
Fonte: Elaboração própria, com base nos dados da pesquisa.

Dessa forma, é possível verificar a partir dos dados da Figura 7 como o Potencial de Aquecimento Global é relativamente insignificante em relação à fração de carbono sequestrada. Os SAFs I, II, III, IV e V obtiveram as respectivas emissões líquidas de (-423,00); (-640,00); (-577,06); (-619,11) e (-407,65) t CO₂ eq, esses dados demonstram que os valores das emissões ao longo do período analisado é totalmente ínfima, resultando em menos de 1% do total de carbono sequestrado. Isso explica-se pelo fato de serem utilizadas quantidades mínimas de insumos nos cinco sistemas, pois o manejo é predominantemente manual e agroecológico implicando diretamente em menor uso de máquinas, combustíveis fósseis, fertilizantes e defensivos agrícolas. As emissões foram inferiores a 1,5 t CO₂ eq. Assim, na Figura 8 é possível observar quais estágios da produção durante o ciclo de vida representam um impacto superior contributivo para o aumento do aquecimento global.

O preparo do solo foi a fase que mais contribuiu para a geração de emissões, tendo como destaque o calcário utilizado para corrigir a acidez do solo e posteriormente, a queima de combustível fóssil oriundo da utilização de máquinas agrícolas, já os fluxos de transportes, aplicação de esterco bovino e produção de mudas são irrelevantes quando comparados com o calcário e o diesel.

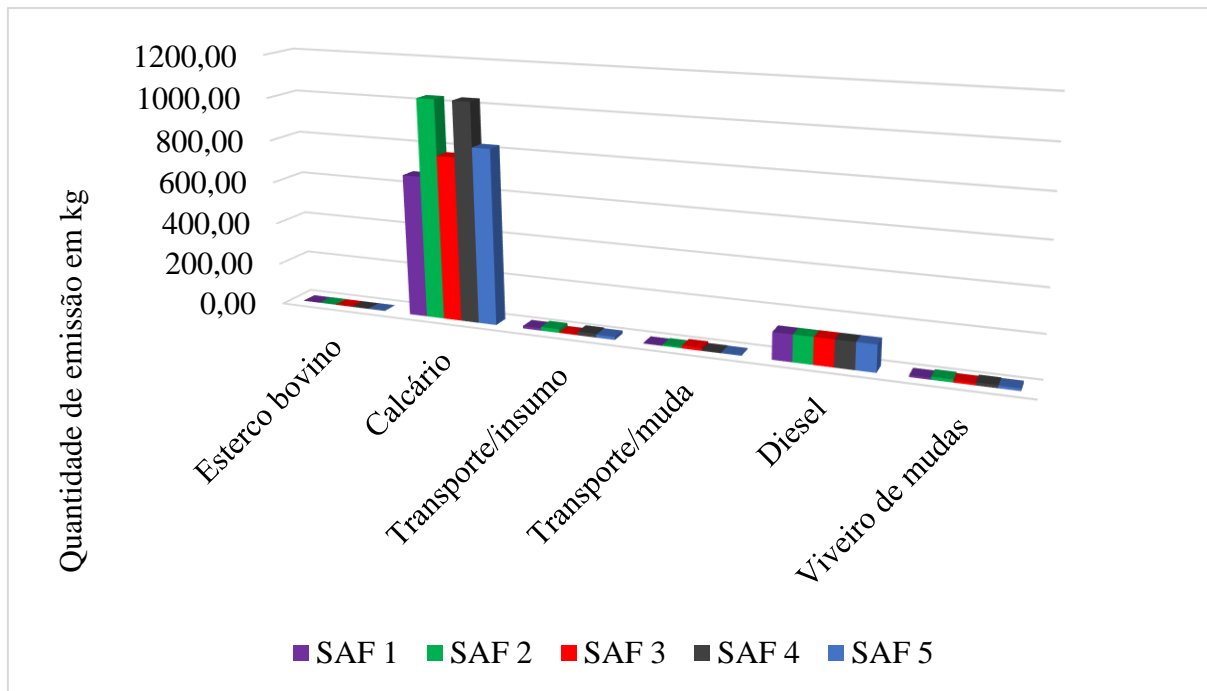


Figura 8. Contribuição de cada estágio da produção e manejo agroflorestal que influencia negativamente na categoria Potencial de Aquecimento Global (kg CO₂ eq).

Fonte: Elaboração própria, com base nos dados da pesquisa.

O ato de comparar diretamente os resultados deste estudo com outros trabalhos seria incoerente, uma vez que, dificilmente os estudos utilizam o mesmo método, categoria de impacto, unidade funcional e a fronteira do sistema. Em especial, este estudo se difere dos outros principalmente por usar a unidade funcional de 1 hectare de terra durante todo o ciclo de vida do sistema, enquanto que os estudos que empregam a avaliação do ciclo de vida para analisar florestas e pomares comumente determinam como unidade funcional 1 m³ de madeira ou 1 kg de fruto produzido, isso faz com que os impactos de cada estudo seja divergente (SONNE, 2006; DIAS; ARROJA, 2012; VINYES *et al.*, 2015; NAKANO *et al.*, 2016; BRUNORI *et al.*, 2017).

Como exemplo, cita-se o estudo de Sonne (2006) que analisou uma floresta composta de pinheiros no Noroeste Pacífico na Região da América do Norte, onde verificou-se que ao longo de 50 anos as emissões diretas de GEE foram de 8,6 t CO₂ eq, sendo que, 84% das emissões são resultantes do manejo. Assim como para Sonne (2006) e Nakano *et al.*, (2016) os processos referentes a produção de muda e transporte foram os que menos influenciaram (1%) na emissão de GEE, resultados esses semelhantes aos dados encontrados no presente estudo.

Já Dias e Arroja (2012) avaliaram os impactos ambientais da produção de eucalipto e pinheiros em Portugal e o estágio de produção que mais contribui para as emissões globais foi a exploração madeireira. Enquanto que em um pomar de pêssigo na Espanha as fases que mais

emitiram poluentes foram a fertirrigação com 70% e a utilização de pesticidas com 21% (VINYES *et al.*, 2015).

Portanto, os resultados obtidos demonstram que os sistemas agroflorestais biodiversos, que são planejados, implantados e conduzidos seguindo-se princípios agroecológicos, são agroecossistemas que podem contribuir para a mitigação dos Gases de Efeito Estufa. Ao mensurar a categoria de impacto “Potencial de Aquecimento Global”, verificou-se que esse tipo de agroecossistema causa pouquíssimo impacto negativo para o meio ambiente, significando que o balanço de carbono nesses sistemas é notavelmente positivo.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os resultados deste estudo comparando cinco sistemas agroflorestais biodiversos demonstram que estes acumulam diferentes quantidades de carbono na biomassa viva, serapilheira e no solo. O SAF que obteve o maior desempenho ambiental foi o II com (-640,00) t CO₂ eq ha⁻¹ e o pior foi o V com (-407,65) t CO₂ eq ha⁻¹.

Nos sistemas avaliados as emissões de Gases de Efeito Estufa foram insignificantes para o meio ambiente. Quando consideradas todas as fases de produção dos sistemas os montantes de emissões foram 0,82, 1,23, 0,93, 1,20 e 0,98 t CO₂ eq ha⁻¹ para os SAFs I, II, III, IV e V, isso não representa 1% do acúmulo de carbono. Dessa forma, esse tipo de sistema seria a melhor opção para otimizar o uso da terra, pois, além de contribuir para a redução dos Gases de Efeito Estufa, ainda gera renda e segurança alimentar para os produtores rurais.

Outro ponto importante a ser observado é que embora o SAF II tenha sido o mais viável ambientalmente, também foi o que mais emitiu gases, principalmente na etapa de preparo de solo, neste caso, isso ocorreu por ser o sistema que possui a maior densidade de espécies, exigindo maiores quantidades de insumos para o manejo.

Assim confirma-se a hipótese central do trabalho, de que os sistemas agroflorestais apresentam diferenças no estoque de carbono e acúmulo de biomassa em decorrência da quantidade, idade e composição das espécies. Após a elaboração deste estudo, pode-se notar que existe a possibilidade de produzir alimentos, sanar a fome da população local emitindo insignificantes poluentes para a atmosfera. Visto que, esses resultados contribuem para demonstrar aos tomadores de decisões que a criação e a intensificação de políticas públicas voltadas a incentivar a adoção de sistemas agroflorestais são viáveis ambientalmente, e que

investir neste tipo de manejo sustentável tende a amenizar a crise ecológica global para as gerações futuras.

Uma das limitações desse trabalho foi a ausência de dados primários para elaborar um inventário detalhado, que possibilitasse avaliar o desempenho de cada SAF anualmente. Ainda, a falta de estudos utilizando o mesmo escopo e objeto de pesquisa dificultou a comparação dos resultados deste trabalho com os de terceiros. Além disso, a análise econômica (alocação econômica) não foi elaborada pela insuficiência de dados.

No entanto, apesar do avanço científico proporcionado por este estudo, principalmente em termos ambientais, é imprescindível a avaliação econômica e a expansão da fronteira do sistema, sendo esses aspectos sugeridos para trabalhos futuros.

REFERÊNCIAS

- ACEVEDO, M. F. Interdisciplinary progress in food production, food security and environment research. **Environmental Conservation**. v. 38, n. 2, p. 151–171, 2011.
- ALAO, J. S.; SHUAIBU, R. B. Agroforestry practices and concepts in sustainable land use systems in Nigeria. **Journal of Horticulture and Forestry**. v. 5, n. 10, p. 156-159, 2013.
- ALBRECHT, A.; KANDJI, S. T. Carbon sequestration in tropical agroforestry systems. **Agriculture Ecosystems and Environment**, v. 99, n. 1–3, p. 15–27, 2003.
- ARCO-VERDE, M. F. Sustentabilidade Biofísica E Socioeconômica De Sistemas Agroflorestais Na Amazônia Brasileira. 2008. 185 p. **Tese** (Doutorado em ciências florestais) - Universidade Federal Do Paraná, Curitiba. 2008.
- ARCO-VERDE, M. F.; AMARO, G. C. **Análise financeira de sistemas produtivos integrados**. Colombo: Embrapa Florestas, 2014. 74 p. (Documentos. Embrapa Florestas, 274).
- ALTIERI, M.; NICHOLLS, C. I. O potencial agroecológico dos sistemas agroflorestais na América Latina. **Revista Agriculturas: experiências em agroecologia**, v. 8, n. 2, 2011.
- AREVALO, L. A.; ALEGRE, J. C.; VILCAHUAMAN, J. M. Metodologia para estimar o estoque de carbono em diferentes sistemas de uso da terra – Colombo : **Embrapa Florestas**, 2002. Disponível em:
http://www.professoremerson.com/biblioteca/meioambiente/metod_embrapa.pdf Acesso em: 03. Abr. 2017.
- ARONSON, J.; CLEWELL, A. F.; BLIGNAUT, J. N.; MILTON, S. J. Ecological restoration: A new frontier for nature conservation and economics. **Journal for Nature Conservation**, v. 14, n. 3–4, p. 135–139, 2006.

- BAAH-ACHEAMFOUR, M.; CHANG, S.; CARLYLE, C.; BORK, E. Carbon pool size and stability are affected by trees and grassland cover types within agroforestry systems of western Canada. **Agriculture, Ecosystems & Environment**, v. 213, p. 105–113, 2015.
- BAITZ, M.; ALBRECHT, S.; BRAUNER, E.; BROADBENT, C.; CASTELLAN, G.; CONRATH, P.; FAVA, J.; FINKBEINER, M.; FISCHER, M.; FULLANA I PALMER, P.; KRINKE, S.; LEROY, C.; LOEBEL, O.; MCKEOWN, P.; MERSIOWSKY, I.; M??GINGER, B.; PFAADT, M.; REBITZER, G.; ROTHER, E.; RUHLAND, K.; SCHANSSEMA, A.; TIKANA, L. LCA's theory and practice: Like ebony and ivory living in perfect harmony? **International Journal of Life Cycle Assessment**, v. 18, n. 1, p. 5–13, 2013.
- BATTILANI, J. L.; SCREMIN-DIAS, E.; SOUZA, A. L. T. Fitossociologia de um trecho da mata ciliar do rio da Prata, Jardim, MS, Brasil. v. 19, n. 3, p. 597–608, 2005. **Acta Botanica Brasílica**. v. 19, n. 3, p.597-608, 2005.
- BECCALI, M.; CELLURA, M.; IUDICELLO, M.; MISTRETTA, M. Resource consumption and environmental impacts of the agrofood sector: life cycle assessment of Italian citrus-based products. **Environ. Manag.** Springer New York. v. 43, n.4, p. 707-724, 2009.
- _____. Life cycle assessment of Italian citrus-based products. Sensitivity analysis and improvement scenarios. **J. Environ. Manag.** v.91, p. 1415-1428, 2010.
- BERNERS-LEE, M.; HOLOHAN, C.; CAMMACK, H.; HEWITT, C. N. The relative greenhouse gas impacts of realistic dietary choices. **Energy Policy**. v.43, p.184-190, 2012.
- BOUWMAN, A.F., 1995. Compilation of a global inventory of emissions of nitrous oxide. Ph.D. thesis, University of Wageningen. Disponível em: <https://core.ac.uk/download/pdf/29338079.pdf>. Acesso em: 04. dez. 2017.
- BRANCHER, T. Estoque e ciclagem de carbono de sistemas agroflorestais em Tomé-Açu, Amazônia Oriental. 2010. 58 p. **Dissertação** (Mestrado em Ciências Ambientais) - Universidade Federal do Pará, Belém.2010.
- BRASIL. **LEI Nº 3.839**, de 28 de dezembro de 2009. Zoneamento ecológico-econômico do estado de Mato Grosso do Sul. Disponível em: <http://193.43.36.109/docs/pdf/bra116233AnnexI.pdf>. Acesso em: 10. Dez. 2017.
- BRASIL. Ministério do Meio Ambiente/Brasil (2017). Recuperação de áreas degradadas. Disponível em: <http://www.mma.gov.br/informma/item/8705-recupera%C3%A7%C3%A3o-de-%C3%A1reas-degradadas>. Acesso em: 10. jan.2017.
- BRASIL. Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE). PRODES estima 7.989 km² de desmatamento por corte raso na Amazônia em 2016. Disponível em: http://www.inpe.br/noticias/noticia.php?Cod_Noticia=4344. Acesso em: 25. Nov. 2017.
- BRIANEZI, D.; JACOVINE, L. A. G.; SOARES, C. P. B.; CASTRO, R. V. O.; BASSO, V. M. Allometric equations for estimating carbon of urban trees in Viçosa-MG. **Revista Árvore, Viçosa, MG**, v. 37, n. 6, p. 1073-1081, 2013.

BROWN, S. Estimating biomass and biomass change of tropical forests: a primer. Rome: FAO, 1997. 55 p.

BRUNORI, A. M. E.; SDRINGOLA, P.; DINI, F.; ILARIONI, L.; NASINI, L.; REGNI, L.; PROIETTI, P.; PROIETTI, S.; VITONE, A.; PELLERI, F. Carbon balance and Life Cycle Assessment in an oak plantation for mined area reclamation. **Journal of Cleaner Production**, v. 144, p. 69–78, 2017.

CADEMUS, R.; ESCOBEDO, F.J.; MCLAUGHLIN, D.; ABD-ELRAHMAN, A. Analyzing trade-offs, synergies, and drivers among timber production, carbon sequestration, and water yield in *Pinus elliotii* forests in southeastern USA. **Forests**, v. 5, n. 6, p. 1409-1431, 2014.

CAMARGO, G. M. Sistemas agroflorestais biodiversos: uma análise da sustentabilidade socioeconômica e ambiental. 2017. 130 p. **Dissertação** (Mestrado em agronegócios) – Universidade Federal da Grande Dourados, Dourados. 2017.

CHAVE, J.; ANDALO, C.; BROWN, S.; CAIRNS, M. A.; CHAMBERS, J. Q.; EAMUS, D.; FÖLSTER, H.; FROMARD, F.; HIGUCHI, N.; KIRA, T.; LESCURE, J. P.; NELSON, B. W.; OGAWA, H.; PUIG, H.; RIÉRA, B.; YAMAKURA, T. Tree allometry and improved estimation of carbon stocks and balance in tropical forests. **Oecologia**, v. 145, n. 1, p. 87–99, 2005.

COLTRO, L.; MOURAD, A. L.; KLETECKE, R. M.; MENDONÇA, T. A.; GERMER, S. P. M. Assessing the environmental profile of orange production in Brazil. **International Journal of Life Cycle Assessment**, v. 14, n. 7, p. 656–664, 2009.

DANIEL, O.; COUTO, L.; GARCIA, R.; PASSOS, C.A.M. Proposta para padronização da terminologia empregada em sistemas agroflorestais no Brasil. **Revista Árvore**, Viçosa, v.23, n.3, p.367-370, 1999.

DANIEL, O.; BITTENCOURT, D.; GELAIN, E. Avaliação de um sistema agroflorestal eucalipto-milho no Mato Grosso do Sul. **Revista Agrossilvicultura**, v. 1, n. 1, p. 15-28, 2004. Disponível em: <http://www.sbag.org.br/02-SBAG-v1-n1-2004-15-28.pdf>. Acesso em: 25. Nov.2017.

DIAS, A. C.; ARROJA, L. Environmental impacts of eucalypt and maritime pine wood production in Portugal. **Journal of Cleaner Production**, v. 37, p. 368-376, 2012.

DON, A.; SCHUMACHER, J.W.; FREIBAUER, A. Impact of tropical land-use change on soil organic carbon stocks – a meta-analysis. **Global Change Biology** v.17, p. 1658–1670, 2011.

FAO. Food and Agriculture Organization of the United Nations. The future Trends of food and and challenges, 2017. Disponível em: <http://www.fao.org/3/a-i6583e.pdf>. Acesso em: 10. dez.2017.

FAO. Mudanças climáticas e sistemas alimentares: avaliações globais e implicações para a segurança alimentar e o comércio. (ed, Elbehri, A.) p. 1 - 337, (FAO, Roma) ISBN 978-92-5-108699-5 (2015).

- FOLEY, J. A. Global Consequences of Land Use. **Science**, v. 309, n. 5734, p. 570–574, 2005.
- FOLEY, J. A. et al. Solutions for a cultivated planet. **Nature** v, 478, p. 337–342, 2011.
- FROUFE, L. C. M.; RACHWAL, M. F. G.; SEOANE, C. E. S. Potencial de sistemas agroflorestais multiestratos para sequestro de carbono em áreas de ocorrência de Floresta Atlântica. **Pesquisa Florestal Brasileira**, Colombo, v. 31, n. 66, p. 143-154, 2011.
- GARNETT, T.; APPLEBY, M. C.; BALMFORD, A.; BATEMAN, I. J.; BENTON, T. G.; BLOOMER, P.; BURLINGAME, B.; DAWKINS, M.; DOLAN, L.; FRASER, D.; HERRERO, M.; HOFFMANN, I.; SMITH, P.; THORNTON, P. K.; TOULMIN, C.; VERMEULEN, S. J.; GODFRAY, H. C. J. Sustainable Intensification in Agriculture : Premises and Policies. **Science**. v. 341, p. 33-34, 2013.
- GRECHI, D. C.; LOBO, H. A. S.; MARTINS, P. C. S.; LUNAS, J. R. S. Autogestão e controle de visitantes: Voucher Unificado em Bonito, MS. In: PHILIPPI JR, A.; RUSCHMANN, D. V. M. (Ed). Gestão Ambiental e Sustentabilidade no Turismo. **Coleção Ambiental**. V.9. Barueri, SP: Editora Manole, 2010.p. 913-931.
- GUINÉE, J. B. Handbook on life cycle assessment operational guide to the ISO standards. **The International Journal of Life Cycle Assessment**, v. 7, n. 5, p. 311-313, 2002.
- HARGITA, Y.; GÜNTER, S.; KÖTHKE, M. Brazil submitted the first REDD+ reference level to the UNFCCC-Implications regarding climate effectiveness and cost-efficiency. **Land Use Policy**, v. 55, p. 340–347, 2016.
- HEID, D. M; DANIEL, O; GLAESER, D.F; VITORIONO, A.C.T; PADOVAN, M.P. Edaphic mesofauna of land use systems in two soils in the State of Mato Grosso do Sul. **Revista Ciências Agrárias.**, v. 55, n. 1, p. 17-25, 2012.
- HEIJUNGS. R.; HUPPES. G.; GUINÉE.J.B. Life cycle assessment and sustainability analysis of products, materials and technologies. Toward a scientific framework for sustainability life cycle analysis. **Polymer Degradation and Stability**, v.95, n.3, p.422-428, 2010.
- HENRY, M.; TITTONELL, P.; MANLAY, R. J.; BERNOUX, M.; ALBRECHT, A.; VANLAUWE, B. Biodiversity, carbon stocks and sequestration potential in aboveground biomass in smallholder farming systems of western Kenya. **Agriculture, Ecosystems and Environment**, v. 129, n. 1–3, p. 238–252, 2009.
- HOLL, K. D. Restoring tropical forests from the bottom up. **Science**, v. 355, n. 6324, 2017.
- HUBER, J. A.; MAY, K.; SIEGL, T.; SCHMID, H.; GERL, G.; HULSBERGEN, K. J. Yield Potential of Tree Species in Organic and Conventional Short-Rotation. Agroforestry Systems in Southern Germany. **Bioenerg. Res.** v. 9, p. 955–968, 2016.
- INSTITUTO BRASILEIRO DE FLORESTAS. Utilização de tubetes na produção de mudas, 2017. Disponível em: <https://www.ibflorestas.org.br/conteudo/blog/1103-utilizacao-de-tubetes-na-producao-de-mudas.html>. Acesso em: 01. nov. 2017.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA ESTATÍSTICA. IBGE, Diretoria de Pesquisas, Coordenação de População residente com data de referência 1º de junho de 2017. IBGE, 2017. Disponível em: <http://cod.ibge.gov.br/2VUFK>. Acesso em: 09. Dez. 2017.

INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE. IPCC, 2000. Climate change 2000: Land use, land use change and forestry special report. Summary for policymakers. Based on Watson R. et al. As Core Writing Team. Montreal, 2000.

INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE. IPCC, 2003. National Greenhouse Gas Inventories 2003: Programme Good Practice Guidance for Land Use, Land-Use Change and Forestry.

INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE. IPCC, 2006. Guidelines for national greenhouse gas inventories 2006: Agriculture, forestry and other land use. v. 4. chapter 4. Forestry land.

ISO. International Standard Organization. 14044:2006 Environmental management - Life cycle assessment - Requirements and guidelines. Environmental management - Life cycle assessment - Principles and framework, p. 46, 2006.

ISO. International Standard Organization. 14040:2006 (E), 2006. Environmental Management e Life Cycle Assessment e Principles and Framework. International Organization of Standardization, Geneva, Switzerland.

JACOBI, J.; ANDRES, C.; SCHNEIDER, M.; PILLCO, M.; CALIZAYA, P.; RIST, S. Carbon stocks, tree diversity, and the role of organic certification in different cacao production systems in Alto Beni, Bolivia. **Agroforestry Systems**. v. 88, n.6, p 1117–1132, 2013.

KETTERINGS, Q. M.; COE, R.; VAN NOORDWIJK, M.; AMBAGAU, Y.; PALM, C. A. Reducing uncertain in the use of allometric biomass equation for predicting above-ground tree biomass in mixed secondary forests. **Forest Ecology and Management**, v. 146, p. 199–209, 2001.

KLOEPFFER, W. Life cycle sustainability assessment of products. **The International Journal of Life Cycle Assessment**, v. 13, n. 2, p. 89–95, 2008.

KLOVERPRIS, J.; WENZEL, H.; NIELSEN, P.H. Life cycle inventory modelling of land use induced by crop consumption - Part 1: Conceptual analysis and methodological proposal. **International Journal of Life Cycle Assessment**, v. 13, n. 1, p. 13-21, 2008.

KNUDSEN, M.T.; ALMEIDA, G.F.; LANGER, V.; ABREU, L.S.; HALBERT, N. Environmental assessment of organic juice imported to Denmark: a case study on oranges (*Citrus sinensis*) from Brazil. **Organic Agriculture**. Springer Netherlands v.1, p.167-185, 2011.

LASCO, R. D.; ESPALDON, M. L. O.; HABITO, C. M. D. Smallholder farmers? perceptions of climate change and the roles of trees and agroforestry in climate risk adaptation: evidence from Bohol, Philippines. **Agroforestry Systems**, v. 90, n. 3, p. 521–540, 2016.

LEITE, L. F. C.; IWATA, B. D.; ARAUJO, S. F.; NUNES, L. P. L.; GEHRING, C.; CAMPOS, L. P. Agroforestry systems and its effects on chemical attributes of an Ultisol in the “Cerrado” of Piauí State, Brazil. **Revista Brasileira De Engenharia Agrícola E Ambiental**, v. 16, n. 7, p. 730–738, 2012.

LYNCH, D.; MACRAE, R.; MARTIN, R. C. Carbon and Global Warming Potential Footprint of Organic Farming. **Development**, n. June, p. 1–55, 2010.

LORENZI, H. Árvores brasileiras: manual de identificação e cultivo de plantas arbóreas do Brasil. 2. ed. Nova Odessa: Instituto Plantarum, 2002. v. 1, 368 p.

_____. Árvores Brasileiras: manual de identificação e cultivo de plantas arbóreas nativas do Brasil. 3. ed. Nova Odessa: Instituto Plantarum. 2009. v. 2.a

_____. Árvores Brasileiras: manual de identificação e cultivo de plantas arbóreas nativas do Brasil. 3. ed. Nova Odessa: Instituto Plantarum. 2009. v. 3.b.

MACEDO, A. C. Produção de mudas em viveiros agroflorestais, espécies nativas. São Paulo: Governo do Estado de São Paulo; Secretaria do Meio Ambiente; Fundação Florestal, 1993. 21 p.

MCLAREN, S.J.; HUME, A.; MITHRARATNE, N. Carbon management for the primary agricultural sector in New Zealand: case studies for the pipfruit and kiwifruit industries. In: Notarnicola, B., Settanni, E., Tassielli, G., Giungato, P. (Eds.), Proceedings of LCA Food 2010, p. 293-298.

MILÀ I CANALS, L.; BURNIP, G. M.; Cowell, S.J. Evaluation of the environmental impacts of apple production using Life Cycle Assessment (LCA): case study in New Zealand. **Agric. Ecosyst. Environ.** v. 114, p. 226-238, 2006.

MORESSI, M.; PADOVAN, M. P.; PEREIRA, Z. V. Banco de sementes como indicador de restauração em sistemas agroflorestais multiestratificados no Sudoeste de Mato Grosso do Sul, Brasil. **Revista Árvore**, v. 38, n. 6, p. 1073–1083, 2014.

MOKANY, K.; RAISON, J. R.; PROKUSHKIN, A.S. Critical analysis of root:shoot ratios in terrestrial biomes. **Global Change Biology** v.12, p.84-96, 2006.

MONTAGNINI, F.; NAIR, P.K.R. Carbon sequestration: an underexploited environmental benefit of agroforestry systems. **Agroforestry Systems** v. 61, p. 281–295, 2004.

NAIR, P.K.R.; NAIR, V. D.; KUMAR, M.B.; SHOWALTER, M.J. Chapter Five - Carbon Sequestration in Agroforestry Systems. **Advances in Agronomy**. v. 108, p. 237-307, 2010.

NAIR, P. K. R. Agroforestry Systems and Environmental Quality: Introduction. **J. Environ. Qual.**, v. 40, n. 3, p. 784–790, 2011.

NAIR, P. K. R. An introduction to agroforestry / P.K. Ramachandran Na1r. p. cm. Includes bibliographical references and index. 1993. ISBN 0-7923-2134-0 (alk. paper) 1. Agroforestry . I. Title. S494.5.A45N3543 1993634.99—dc20.

- NAIR, P.K.R (2014). Grand challenges in agroecology and land use systems. **Frontiers in Environmental Science**. 2:1. Disponível em: <https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/fenvs.2014.00001/full>. Acesso em: 10. fev. 2017.
- NAKANO, K.; SHIBAHARA, N.; NAKAI, T.; SHINTANI, K.; KOMATA, H.; IWAOKA, M.; HATTORI, N. Greenhouse gas emissions from round wood production in Japan. **Journal of Cleaner Production**. v. 170, p. 1654-1664, 2018.
- NASCIMENTO, J. S. Estudos multidisciplinares em arranjos agroflorestais biodiversos na região Sudoeste de Mato Grosso do Sul. 2016. 128 p. **Dissertação** (Mestrado em agronegócios) – Universidade Federal da Grande Dourados, Dourados. 2016.
- NEMECEK, T.; KAGI, T. Life Cycle Inventories of Agricultural Production Systems - **ecoinvent report** (2007) No. 15. 360.
- NOPONEN, M. R. A.; EDWARDS-JONES, G.; HAGGAR, J. P.; SOTO, G.; ATTARZADEH, N.; HEALEY, J. R. Greenhouse gas emissions in coffee grown with differing input levels under conventional and organic management. **Agriculture, Ecosystems and Environment**, v. 151, p. 6–15, 2012.
- NORGROVE, L.; HAUSER, S. Carbon stocks in shaded Theobroma cacao farms and adjacent secondary forests of similar age in Cameroon. **Trop Ecol**. v. 54, n.1, p. 15–22, 2013.
- OLIVEIRA, M. C.; OGATA, R.S.; ANDRADE, G.A.; SANTOS, D.S.; SOUZA, R.M.; GUIMARÃES, T.G.; SILVA-JUNIOR, M.C.; PEREIRA, D.J.S.; RIBEIRO, J.F. Manual de viveiro e produção de mudas: espécies arbóreas nativas do Cerrado. Editora Rede de Sementes do Cerrado, 2016. 124 p.
- ONG, C. K.; WILSON, J.; BLACK, C. R.; NOORDWIJK, M. Van. Chapter 12 Synthesis : Key agroforestry challenges in the future. p. 1–10, 2014.
- PADILHA, D. R. C. Fitossociologia e estimativas da biomassa aérea e de carbono em chaco florestado no Brasil. 2011. 96 p. **Dissertação** (Mestrado em biologia vegetal) - Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, Campo Grande. 2011.
- PADOVAN, M. P; NASCIMENTO, J. S; PEREIRA, Z. V; ALVES, J. C; RAMOS, F. S. Estado da arte de sistemas agroflorestais em bases agroecológicas em Mato Grosso do Sul , região Centro Oeste do Brasil. **Cadernos de Agroecologia**, v. 11, n. 2, 2016.
- PAN, Y.; BIRDSEY, R. A.; FANG, J.; HOUGHTON, R.; KAUPPI, P. E.; KURZ, W. A.; PHILLIPS, O. L.; SHVIDENKO, A.; LEWIS, S. L.; CANADELL, J. G.; CIAIS, P.; JACKSON, R. B.; PACALA, S. W.; MCGUIRE, A. D.; PIAO, S.; RAUTIAINEN, A.; SITCH, S.; HAYES, D. A large and persistent carbon sink in the world's forests. **Science** (New York, N.Y.), v. 333, n. 6045, p. 988–93, 2011.
- PAOLOTTI, L.; BOGGIA, A.; CASTELLINI, C.; ROCCHI, L.; ROSATI, A. Combining livestock and tree crops to improve sustainability in agriculture: a case study using the Life Cycle Assessment (LCA) approach. **Journal of Cleaner Production**. v. 131, p. 1–10, 2016.
- PHILLIPS, O. L.; BRIENEN, R. J. W. Carbon uptake by mature Amazon forests has

mitigated Amazon nations carbon emissions. **Carbon Balance and Management**, p. 1–9, 2017.

RIBEIRO, S. C.; FEHRMANN, L.; SOARES, C. P. B.; JACOVINE, L. A. G.; KLEINN, C.; DE OLIVEIRA GASPAS, R. Above- and belowground biomass in a Brazilian Cerrado. **Forest Ecology and Management**, v. 262, n. 3, p. 491–499, 2011.

RIBEIRO, A. F. N. Desafios e conflitos na produção do espaço no município de Bonito /MS: agricultura, turismo e apropriação da natureza. 2017. 184 p. **Tese** (Doutorado em geografia)- Universidade Federal da Grande Dourados, Dourados. 2017.

ROCHA, G.P.; FERNANDES, L.A.; CABACINHA, C.D.; LOPES, I.D.P.; RIBEIRO, J.M.; FRAZÃO, L.A.; SAMPAIO, R.A. Caracterização e estoques de carbono de sistemas agroflorestais no Cerrado de Minas Gerais. **Ciência Rural, Santa Maria**, v.44, n.7, p.1197-1203, 2014.

ROBERTSON, G. P.; PAUL, E. A.; HARWOOD, R. R. Agriculture : Atmosphere. n. Table 1, 1989.

ROSCOE, R.; BUURMAN, P.; VELTHORST, E.J.; VASCONCELLOS, C.A. Soil organic matter dynamics in density and particle size fractions as revealed by the ¹³Cr¹²C isotopic ratio in a Cerrado's oxisol. **Geoderma**. v.104,p. 185–202, 2001.

RUVIARO, C. F.; GIANEZINI, M.; BRANDÃO, F. S.; WINCK, C. A.; DEWES, H. Life cycle assessment in Brazilian agriculture facing worldwide trends. **Journal of Cleaner Production**, v. 28, p. 9–24, 2012.

SAJ, S.; JAGORET, P.; NGOGUE, H. T. Carbon storage and density dynamics of associated trees in contrasting Theobroma cacaoagroforests of Central Cameroon. **Agrofor Syst**. v. 87, n.6, p. 1309–1320, 2013.

SALA, S.; FARIOLI, F.; ZAMAGNI, A. Life cycle sustainability assessment in the context of sustainability science progress (part 2). **International Journal of Life Cycle Assessment**, v. 18, n. 9, p. 1686–1697, 2013.

SALIS, S. M. D. E. Distribuição Das Espécies Arbóreas E Estimativa Da Biomassa Aérea Em Savanas. 2004. 73 p. **Tese** (Doutorado em ciências biológicas) - Universidade Estadual Paulista, São Paulo, 2004.

SBS – SOCIEDADE BRASILEIRA DE SILVICULTURA. Fatos e números do Brasil Florestal, 2008. Disponível em < <http://www.sbs.org.br/FatoseNumerosdoBrasilFlorestal.pdf>> Acesso em: 04 dez. 2017.

SEEG - Sistema de Estimativas de Emissões de Gases de Efeito Estufa. Emissões totais, 2016. Disponível em:http://plataforma.seeg.eco.br/total_emission. Acesso em: 25. Nov.2017.

SILVA, D. A. L. Avaliação do ciclo de vida da produção do painel de madeira MDP no Brasil. 2012. 207 p. **Dissertação** (Mestrado em Ciência e Engenharia de Materiais) – Universidade de São Paulo, São Carlos, 2012.

- SILVA, S. M. Estoque de carbono em sistemas de restauração ambiental na região sudoeste de Mato Grosso do Sul. 2013. 41 p. **Dissertação** (Mestrado em biologia geral)-Universidade Federal da Grande Dourados, Dourados. 2013.
- SMILEY, G.L.; KROEL, J. Temporal change in carbon stocks of cacao–gliricidia agroforests in Central Sulawesi Indonesia. **Agroforestry Systems**. v. 73, p. 219-231, 2008.
- SONNE, E. Greenhouse gas emissions from forestry operations: a life cycle assessment **Journal Environmental Quality**. v. 35, p. 1439-1450, 2006.
- STAVI, I. Biochar use in forestry and tree-based agro-ecosystems for increasing climate change mitigation and adaptation. **International Journal of Sustainable Development & World Ecology**, v. 20, n. 2, p. 166–181, 2013.
- STERNADT, G.H. 2001. Trabalhabilidade de 108 espécies de madeiras da região Amazônica. Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis, Laboratório de Produtos Florestais, Brasília, DF, 2001, 106p.
- TAKIMOTO, A. Carbon sequestration potential of agroforestry systems. 2007. 184 p. **Tese** (Doutorado em filosofia) - University of Florida , Flórida. 2007.
- THANGATA, P. H.; HILDEBRAND, P. E. Carbon stock and sequestration potential of agroforestry systems in smallholder agroecosystems of sub-Saharan Africa: Mechanisms for “reducing emissions from deforestation and forest degradation” (REDD+). **Agriculture, Ecosystems and Environment**, v. 158, p. 172–183, 2012.
- UTOMO, B.; PRAWOTO, A. A.; BONNET, S.; BANGVIWAT, A.; GHEEWALA, S. H. Environmental performance of cocoa production from monoculture and agroforestry systems in Indonesia. **Journal of Cleaner Production**, v. 134, n. Part B, p. 583–591, 2016.
- VAN DE WERF, G.R.; MORTON, D.C.; DEFRIES, R.S.; OLIVIER, J.G.J.; KASIBHATLA, P.S.; JACKSON, R.B.; COLLATZ, G.J.; RANDERSON, J.T. CO2 emissions from forest loss. **Nature Geoscience**, v. 2, p. 737–738, 2009.
- VAN NOORDWIJK, M. 2014. Climate change: agricultural mitigation. In: Van Alfen, N, ed Encyclopedia of agriculture and food systems. v.2. San Diego: Elsevier. p. 220-231.
- VINYES, E.; GASOL, C.M.; ASIN, S; ALEGRE, S.; MUNÓZ, P. Life Cycle Assessment of multiyear peach production. **Journal of Cleaner Production**. v.104, p. 68-79, 2015.
- WANG, G.; WELHAM, C.; FENG, C.; CHEN, L.; CAO, F. Enhanced soil carbon storage under agroforestry and afforestation in subtropical China. **Forests**, v. 6, n. 7, p. 2307–2323, 2015.
- WALLÉN, A.; BRANDT, N.; WENNERSTEN, R. Does the Swedish consumer’s choice of food influence greenhouse gas emissions? **Environ. Sci. Policy** v.7, p. 525-535, 2004.
- WOLF, R. Estratégias corporativas sobre mudanças climáticas e baixo carbono: um estudo de caso envolvendo sistema agroflorestal na Fazenda Santa Terezinha, Sidrolândia, MS. 2013.94 p. **Dissertação** (Mestrado em agronegócios)-Universidade Federal da Grande Dourados,

Dourados, 2013.

XU, G.; LIU, X.; WANG, Q.; YU, X.; HANG, Y. Integrated rice-duck farming mitigates the global warming potential in rice season. **Science of the Total Environment**, v. 575, p. 58–66, 2017. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1016/j.scitotenv.2016.09.233>>.

YEBOAH, D.; BURTON, A.J.; STORER, A.J.; OPUNI-FRIMPONG. Variation in wood density and carbon content of tropical plantation tree species from Ghana. **New forests**, v. 45, p. 35-52, 2014.

YU, C. M. Sequestro florestal de carbono no Brasil – dimensões políticas, socioeconômicas e ecológicas. 2004. 293 p. **Tese** (Doutorado em meio ambiente e desenvolvimento) Universidade Federal do Paraná, Curitiba. 2004.

ZAMAGNI, A. Life cycle sustainability assessment. **The International Journal of Life Cycle Assessment**, v. 17, n. 4, p. 373–376, 2012.

ZANNE, A. E.; LOPEZ-GONZALEZ, G.; COOMES, D.A.; ILIC, J., JANSEN, S.; LEWIS, S.L.; MILLER, R.B.; SWENSON, N.G.; WIEMANN, M.C.; CHAVE, J. 2009. Global wood density database. Dryad. Identifier: <http://hdl.handle.net/10255/dryad.235>.

ARTIGO II

Diminuindo as incertezas e anulando paradigmas sobre o desempenho econômico de sistemas agroflorestais no Brasil

RESUMO

O retorno do investimento em sistema agroflorestal depende principalmente de variáveis meteorológicas e mercadológicas, ambas incontroláveis. Para isso, faz-se necessário a elaboração de projetos de investimento a fim de verificar a viabilidade antes de executá-lo, minimizando os riscos e as incertezas ao produtor rural. Neste sentido, o estudo objetivou identificar a viabilidade econômico-financeira de um arranjo em sistema agroflorestal biodiverso no sentido de potencializar a geração de renda e recuperação de áreas degradadas. Para isso, optou-se por modelar um arranjo agroflorestal biodiverso com intuito de atender o novo Código Florestal Brasileiro, Lei nº 12.651 de 2012 e promover retorno econômico-financeiro ao agricultor familiar no estado de Mato Grosso do Sul. O método escolhido foram as técnicas de avaliação de investimentos de capital como: Valor Presente Líquido - VPL, Taxa Interna de Retorno - TIR, Valor Anual Uniforme Equivalente, *Playback* atualizado, Índice de Lucratividade - IL, Taxa Interna de Retorno Modificada - TIRM, Relação Benefício/Custo - relação B/C e Modelo de precificação de ativos financeiros. Além disso, foram elaboradas as análises de sensibilidade e de risco utilizando o *Software R (R Development Core Team)*, realizando 10.000 interações entre as variáveis de produtividade, preço e custos variáveis. Os resultados demonstram que o sistema agroflorestal é significativamente viável, independente do produtor possuir ou não propriedade, pois ao longo de 20 anos as receitas líquidas de vendas foram superiores aos custos.

Palavras-chave: Sistemas agroflorestais; Viabilidade econômica; Análise de investimento; Economia florestal.

ABSTRACT

The return on investment in agroforestry depends mainly on meteorological and market variables, both uncontrollable. For this, it is necessary to prepare investment projects to verify the feasibility before executing it, minimizing the risks and uncertainties to the rural producer. In this sense, the study aimed to identify the economic and financial viability of an arrangement in a biodiverse agroforestry system in order to boost income generation and recovery of degraded areas. To that end, it was decided to model a biodiverse agroforestry arrangement with the purpose of meeting the new Brazilian Forest Code, Law No. 12,651 of 2012 and promoting economic-financial return to the family farmer in the state of Mato Grosso do Sul. techniques for evaluating capital investments such as: Net Present Value - NPV, Internal Rate of Return - IRR, Equivalent Uniform Annual Value, Updated Playback, Profitability Index - IL, Internal Rate of Return Modified - TIRM, Benefit / Cost Ratio - Relation B / C and Financial Asset Pricing Model. In addition, sensitivity and risk analyzes were developed using *Software R (R Development Core Team)*, performing 10,000 interactions between variables of productivity, price and variable costs. The results show that the agroforestry system is significantly viable, regardless of whether or not the producer owns it, since over 20 years net sales revenues were higher than costs.

Keywords: Agroforestry systems; Economic viability; Investment analysis; Forest economics.

1. INTRODUÇÃO

Nas últimas décadas os efeitos negativos da intensificação do uso da terra têm-se repercutido mundialmente, pois representam desafios à segurança alimentar da população, já que a degradação ambiental é uma das consequências, uma vez que, além de reduzir a produtividade de culturas agrícolas, ainda ameaça a sustentabilidade dos sistemas alimentares em geral (NELSON *et al.*, 2014). Tanto é, que aproximadamente 815 milhões de pessoas passam fome, o equivalente a 11% da população global (FAO, 2017) e o grande desafio, é modificar essa realidade. Para que isso ocorra, são necessários investimentos público e privado com ações voltadas a redução do desperdício e intensificação do uso da terra em áreas agrícolas já ocupadas (OLIVEIRA *et al.*, 2013; LIM *et al.*, 2017).

Portanto, a solução não é a expansão de novas áreas monoculturáveis, mais sim de sistemas sustentáveis que utilizem os recursos naturais para potencializar a produção de bens e serviços ecossistêmicos ⁴, ao mesmo tempo que preserva a biodiversidade (BATISH *et al.*, 2008; LOUAH *et al.*, 2017). Para tanto, destacam-se como opção os sistemas agroflorestais, que envolvem a interação entre duas ou mais espécies de plantas e/ou animais capaz de produzir alimentos de forma simultânea, sendo possível rotacionar culturas em um mesmo espaço (SOMARRIBA, 1992; NAIR, 1993).

Além disso, colaboram para a restauração e preservação do solo, fixação biológica de nitrogênio, ciclagem de nutrientes, formação de microclima mais estável, aumento do estoque de biomassa e sequestro de carbono pelas árvores, aumento de renda, segurança alimentar e o desenvolvimento local (NAIR, 2014; VOOREN *et al.*, 2016).

O novo Código Florestal Brasileiro, Lei nº 12.651 de 2012, destaca o sistema agroflorestal como uma alternativa de recompor a Reserva Legal ⁵e a Área de Preservação Permanente⁶, uma vez que essa recomposição pode ser feita com espécies nativas e exóticas comercializáveis. Ou seja, além de gerar renda aos produtores rurais, proporciona a preservação e conservação do meio ambiente. Assim, o Brasil teve a iniciativa em firmar o compromisso de recuperar 12 milhões de hectares de florestas até 2030 por meio da Conferência do Clima de

⁴ Serviços ecossistêmicos são os benefícios diretos e indiretos obtidos pelo homem a partir dos ecossistemas. Em outras palavras é a interação que o homem possui com os seres vivos e não vivos entre os ambientes físicos e biológicos (COSTANZA *et al.*, 1997).

⁵ A Lei nº 12.651/2012 define que: A reserva legal é a 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. Além de servir como abrigo e proteção da fauna silvestre e da flora nativa.

⁶ A Lei nº 12.651/2012 define que: A área de preservação permanente é a área protegida, coberta ou não por vegetação nativa, com a função ambiental de preservar os recursos hídricos, a paisagem, a estabilidade geológica e a biodiversidade, afim de proteger o solo e assegurar o bem-estar das populações humanas.

Paris (COP 21), e o surgimento de sistemas agroflorestais pode ser uma alternativa promissora capaz de ajudar o país a atingir essa meta (MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE, 2017).

No Brasil, ainda que moderadamente, a prática agroflorestal vem se disseminando ao longo dos anos. Os dados do IBGE (2016) relatam que em 2016 foram plantados 10.023.076 hectares de florestas secundárias compostas de eucalipto, pinus e outras espécies, um acréscimo de 0,9 % em relação ao ano anterior. Esse crescimento pouco expressivo pode ocorrer pelo fato de não existir um modelo uniforme a ser seguido, que padronize o manejo, a mão de obra e os insumos, já que essa padronização varia conforme a exigência do sistema.

Uma das formas de avaliar a possibilidade de sucesso na implantação de Sistemas Agroflorestais (SAFs), ocorre a partir da aplicação das técnicas de análise de investimentos de capital, cujo objetivo principal é verificar se o retorno obtido pelo produtor rural ao implantá-lo é suficiente para remunerar o custo do capital nele investido, considerando o ambiente externo e a volatilidade do mercado a curto, médio e longo prazo (DOSSA *et al.*, 2000).

Os investimentos na área florestal, como os sistemas agroflorestais, são suscetíveis a mudanças; a existência de flexibilidade é constante, por isso deve-se ter muita cautela no momento da avaliação de um projeto dessa magnitude (RIES; ANTUNES, 2007). O investimento está diretamente relacionado ao risco, ou seja, existe a possibilidade de retorno (lucro que remunere o capital investido na medida do seu risco) ou perda, quando isto não ocorre (REZENDE; OLIVEIRA, 2001). O que determina o sucesso ou o fracasso desse tipo de investimento é a combinação do arranjo de espécies vegetais que varia conforme o clima, o solo, a vegetação e as características peculiares locais (ARCO-VERDE, 2008).

Os trabalhos sobre viabilidade econômica de sistemas agroflorestais utilizam métodos clássicos de análise de investimento como Valor Presente Líquido (VPL), Taxa Interna de Retorno (TIR), relação Benefício Custo (B/C) e *Payback* (ARCO-VERDE, 2008; AMARO, 2010; RIBEIRO *et al.*, 2011; MULLER *et al.*, 2011; SILVA *et al.*, 2012; PARAENSE *et al.*, 2013; ALVES *et al.*, 2015; LUCENA *et al.*, 2016). No entanto, a adesão de novos sistemas agroflorestais depende do avanço desses estudos. O aprimoramento e a utilização de novas técnicas de investimento que mensurem os riscos e as incertezas poderão contribuir nesse aspecto, buscando preencher as lacunas desse tipo de estudo.

No entanto, no estado de Mato Grosso do Sul, as pesquisas sobre sistemas agroflorestais nos últimos anos tem mantido o foco em aspectos biofísicos e técnicos (HEID, 2011; PEZARICO, 2013; MORESSI; PADOVAN; PEREIRA, 2014; GAMA; VOLPE; LEMPP, 2014; NASCIMENTO, 2016; CAMARGO, 2017). Porém, ainda existe a necessidade de avançar em estudos que demonstrem serem estes sistemas, viáveis economicamente.

Desta forma, a ausência de informações econômico-financeiras sobre o desempenho de sistemas agroflorestais inibe a consolidação desses, dado que seu desenvolvimento exige a interação entre seus diferentes componentes que variam de acordo com cada localidade, dificultando, assim, a generalização de conclusões ou recomendações com base em estudos isolados. Isto faz com que os sistemas agroflorestais ao serem implantados, sejam criados com limitações de sucesso, principalmente, devido a carências de práticas desenvolvidas exclusivamente para esse tipo de comportamento (ARCO-VERDE, 2008; OLIVEIRA, 2009).

A análise da viabilidade econômico-financeira de um projeto de investimento se torna essencial para subsidiar os agentes financeiros, os técnicos e os produtores envolvidos neste tipo de aplicação de recursos, no caso, os SAFs, por serem capazes de estimar a produtividade do sistema a longo prazo, servindo de referência para os tomadores de decisão (ALVES *et al.*, 2015; JOAQUIM *et al.*, 2015). Este cenário justifica a relevância da realização deste estudo, que contemplará essa lacuna.

Diante deste contexto, têm-se a seguinte questão de pesquisa: O sistema agroflorestal é potencial para preservar o meio ambiente e possibilitar viabilidade econômico-financeira aos pequenos produtores rurais? Para tanto, o objetivo deste estudo é identificar a viabilidade econômico-financeira de um arranjo em sistema agroflorestal biodiverso no sentido de potencializar a geração de renda e recuperação de áreas degradadas. A partir daí, espera-se que os resultados possam contribuir ao aprimoramento de linhas de crédito bancário existentes, bem como a criação de novas opções, incentivando o investimento nesses sistemas, diminuindo as incertezas e a falta de informações aos agentes creditícios e aos produtores rurais.

O presente estudo está dividido em três seções, além desta parte introdutória. A seção dois apresenta a revisão bibliográfica com destaque para os sistemas agroflorestais e as técnicas de avaliação de investimentos de capital. Nas seções três e quatro são definidos os procedimentos metodológicos, resultados e discussão, respectivamente; e por fim constam as considerações finais e as referências que embasaram este estudo.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

A revisão segue estabelecendo um suporte conceitual para o estudo, destacando-se os sistemas agroflorestais e as técnicas de avaliação de investimentos de capital, como também, apresenta os principais estudos empíricos sobre o tema.

2.1 Sistemas agroflorestais

Os sistemas agroflorestais, também conhecidos como agroflorestas, são consórcios entre culturas anuais, espécies perenes lenhosas, frutíferas, arbustivas e/ou animais agrupados em uma mesma área de maneira simultânea ou em sequência temporal, essa integração fornece serviços ambientais que auxiliam na restauração da fertilidade do solo em terras degradadas, melhorando assim o desempenho produtivo das espécies que compõe o sistema (NAIR, 1993; MONTAGNINI; NAIR, 2004; YADAV *et al.*, 2014).

Além disso, a agrofloresta busca utilizar os recursos naturais de maneira sustentável e por meio da diversificação da produção é possível otimizar o uso da terra, proporcionar o aumento e a distribuição de renda (MOLUA, 2005). No entanto, o desempenho de um sistema agroflorestal depende principalmente da composição do arranjo, porém outras variáveis como a econômica (retorno), a ambiental (produtividade) e a social (consumidor) também interferem. Esses sistemas podem ser caracterizados como simples ou complexos. Os sistemas simples possuem menor variabilidade, quantidade de espécies e o manejo assemelha-se a um monocultivo. Já os considerados complexos são opostos, buscando uma estrutura similar à de florestas naturais (SCHROTH *et al.*, 2004; BATISH *et al.*, 2008).

Arco-verde (2008) analisou dois sistemas complexos intercalando culturas agrícolas de curto prazo, espécies perenes e semi perenes, adubadoras e florestais na Amazônia. Já em Minas Gerais foi avaliado um arranjo simples consorciando apenas duas culturas, o café e a banana (Alves *et al.*, 2015), assim como na Indonésia (Kunio; Lahjie, 2015) e na Índia (Thakur *et al.*, 2016), a composição dos sistemas analisados também foram simples, não ultrapassando a interação entre três culturas. Nos quatro estudos os sistemas se mostraram economicamente viáveis, pois o valor presente líquido foi maior que zero, ou seja, o retorno proporcionado pelo investimento foi suficiente para remunerar o capital investido pelos produtores rurais.

Neste sentido, os sistemas agroflorestais surgem como um estímulo econômico ao produtor rural e o novo código florestal Lei nº 12.651, de 25 de maio de 2012 reforça isso, visto que as reservas legais e áreas de preservação permanente podem ser compostas de espécies nativas e exóticas exploráveis, desde que a exploração não comprometa a biodiversidade do ecossistema. Apesar disso, a área recomposta com espécies exóticas não pode exceder a 50% da área total a ser recuperada (BRASIL, 2012).

Portanto, o novo código florestal possibilita que o produtor rural possa modelar o sistema agroflorestal conforme sua necessidade, combinando culturas de ciclos diferentes e permitindo um retorno financeiro ao longo do ano (ENGEL, 1999; NAIR, 2007). Por esses

motivos, o governo por meio de linhas de crédito bancárias tem investido e incentivado a adoção de sistemas agroflorestais, por exemplo, no Brasil, o Programa Nacional de Fortalecimento da Agricultura Familiar - PRONAF Floresta, ampara o produtor rural que deseja investir neste tipo de prática agrícola, cuja taxa efetiva de juros é de 2,5% ao ano e o limite por beneficiário é de R\$ 38.500,00 (BACEN, 2017). Ainda existe o plano ABC (Agricultura de Baixa Emissão de Carbono) que possui a finalidade de ampliar esse sistema produtivo em 2,76 milhões de hectares em todo o território nacional (MAPA, 2017).

2.2 Técnicas de avaliação de investimentos de capital

O conceito de viabilidade econômica é o caminho a ser seguido em que se prevê um eventual retorno de um projeto de investimento, por isso viabilizar um projeto remete a algo novo que ainda será implantado. Dessa forma, todo projeto antes de ser implantado necessita submeter-se a um estudo de viabilidade para verificar sua possibilidade de sucesso ou insucesso (NORONHA, 1987; BORDEAUX-RÊGO *et al.*, 2013).

Um projeto de investimento é financiado por capital próprio ou de terceiros, prometendo retornos em longos períodos, portanto, é imprescindível estimar seu desempenho. Assim, a avaliação de um projeto de investimento estabelece parâmetros de viabilidade, cuja essência é garantir retorno sobre o capital investido pelos investidores (SOARES, 2006).

Para a elaboração de projetos agroflorestais faz-se necessário considerar alguns aspectos, tais como, (i) a adequação das espécies à região; (ii) sua combinação visando minimizar a competição; (iii) o espaçamento entre as espécies deve ser de acordo com as densidades; (iv) deve-se analisar o que será produzido e a quantidade; bem como, (v) a finalidade e o destino da produção. Além disso, é necessário ainda determinar, a vida útil do projeto com seus elementos de receitas, custos e despesas, a dimensão da área de estudo e a taxa de juros que será utilizada para descontar os fluxos de caixa gerados pelo investimento (ARCO-VERDE, 2008).

Pagiola (2001) e Sharawi (2006) afirmam que a rentabilidade de um investimento influencia diretamente a tomada de decisão no que se refere a investir ou não os recursos necessários para sua efetiva implantação. Para tanto, serão conceituadas algumas técnicas de investimento comumente utilizadas na literatura financeira para avaliar a viabilidade econômica desses projetos e que também serão aplicadas nos sistemas agroflorestais propostos neste estudo.

O Valor Presente Líquido (VPL) ou *Net Present Value* (NPV) é uma técnica tradicional, porém muito eficiente (SCHROEDER *et al*, 2005). Demonstra se um projeto é viável ou não, deduzindo do valor atual de uma série uniforme de capitais futuros, por meio do desconto de uma taxa de juros apropriada, o custo do investimento inicial. Consequentemente, quanto maior o VPL, maior atratividade tem o projeto (MARQUEZAN, 2006; ASSAF NETO, 2010). A equação utilizada para calcular o VPL é dada por:

$$VPL = \sum_{t=1}^n \frac{FC_t}{(1+K)^t} - I_0 + \sum_{t=1}^n \frac{I_t}{(1+K)^t} \quad (1)$$

Em que: FC_t = fluxo (benefício) de caixa de cada período; K = taxa de desconto do projeto, representada pela rentabilidade mínima requerida; I₀ = investimento previsto no momento zero; I_t = valor do investimento previsto em cada período subsequente.

A Taxa Interna de Retorno (TIR) ou *Internal Rate of Return* (IRR) é uma taxa de rentabilidade periódica equivalente de investimento. Geralmente, a TIR é definida para períodos anuais e corresponde a uma taxa de desconto que iguala o valor atual das entradas de caixa ao valor atual do investimento (BALARINE, 2004; ASSAF, 2010). A equação utilizada para calcular a TIR é dada por:

$$TIR = I_0 + \sum_{t=1}^n \frac{I_t}{(1+K)^t} - I_0 + \sum_{t=1}^n \frac{FC_t}{(1+K)^t} \quad (2)$$

Em que: I₀ = montante do investimento no momento zero (início do projeto); I_t = montantes previstos de investimento em cada momento subsequente; K = taxa de rentabilidade anual equivalente periódica (IRR); FC = fluxos previstos de entradas de caixa em cada período de vida do projeto (benefícios de caixa).

O Valor Anual Uniforme Equivalente (VAUE) é aplicado comumente em investimentos renováveis. Esse elemento serve para determinar uma série anual uniforme que representa o fluxo de caixa descontado a uma certa Taxa Mínima de Atratividade (TMA), na qual o cenário com maior desempenho, ou seja, com maior valor do VAUE, se torna o melhor (ROSS; WESTERFIELD; JORDAN, 1998). A equação utilizada para calcular o VAUE é dada por:

$$VAUE = \sum_{t=1}^n \frac{FC_t}{(1+i)^t} \times \frac{i \times (1+i)^t}{(1+i)^t - 1} \quad (3)$$

Em que: FC_t = fluxo de caixa do projeto; i = taxa de desconto do projeto, representada pela rentabilidade mínima requerida; n = tempo de vida do projeto.

O *Payback* Atualizado ou Descontado é um método que define o número de anos necessários para a recuperação do investimento inicial (LAPONI, 2000). Além disso, por meio da taxa de desconto, é possível calcular o valor presente de todos os fluxos de caixa (LONGMORE, 1989; RASOTO *et al.*, 2012). A equação utilizada para calcular o *payback* atualizado é dada por:

$$Payback = \text{mínimo } \{j\} \sum_{k=1}^j \frac{FC_k}{(1 + TMA)^k} \geq FC_0 \quad (4)$$

Em que: FC_k = Fluxo de caixa do projeto no tempo k ; TMA = taxa de desconto do projeto, representada pela rentabilidade mínima requerida; FC_0 = Fluxo de caixa do projeto no tempo 0.

O Índice de Lucratividade (IL) é definido pela divisão do valor presente dos benefícios líquidos de caixa pelo valor presente dos desembolsos de capital; em outras palavras, é o quociente do valor presente dos fluxos de entrada de caixa pelo valor presente dos fluxos de saída (ROSS, 1995; BRIGHAN; HOUSTON, 1999). A equação utilizada para calcular o IL é dada por:

$$IL = \frac{\text{Valor presente dos benefícios}}{\text{Valor presente dos desembolsos de caixa}} \quad (5)$$

A Taxa Interna de Retorno Modificada (TIRM) ou *Modified Internal Rate of Return* (MIRR) é uma adaptação da Taxa Interna de Retorno (TIR) visando reparar, as limitações desta última, quais sejam, o pressuposto de que os fluxos de caixa positivos são reinvestidos a mesma TIR e em determinados projetos de investimento, poderão ser obtidas múltiplas taxas (CASAROTTO FILHO; KOPITKE, 2010). Quando se utiliza essa técnica de investimento é possível prever uma taxa mais realística, ou seja, é a versão melhorada da TIR (LIN, 1976). A equação utilizada para calcular o TIRM é dada por:

$$TIRM = \sum_{j=0}^n [Y_j / (1 + i)^{n-j}] / \sum_{j=0}^n [C_j / (1 + i)^j] = (1 + TIRM)^n \quad (6)$$

Em que: Y_j = Fluxo de caixa positivo no período j ; C_j = Fluxo de caixa negativo no período j ; i = taxa de desconto do projeto, representada pela rentabilidade mínima requerida.

A relação Benefício/Custo (B/C) ou *Benefit-Cost Ratio* (BCR) indica a interação entre o valor presente dos benefícios e dos custos de um investimento ao longo dos anos, indicando

viabilidade quando a relação B/C for maior do que um, e quanto mais distante de um, mais rentável se torna o projeto (REZENDE; OLIVEIRA, 2001; SOARES *et al.*, 2003). A equação utilizada para calcular a relação B/C é dada por:

$$B/C = \frac{VB(i)}{VC(i)} \quad (7)$$

Em que: B/C = relação Benefício/Custo; VB (*i*) valor presente a taxa *i*, taxa de desconto do projeto, representada pela rentabilidade mínima requerida, da sequência de benefícios; VC (*i*) valor presente a taxa *i* dos custos do projeto.

Após apresentar as principais técnicas de investimentos utilizadas em projetos agroflorestais serão mencionados trabalhos nacionais e internacionais que foram elaborados focando alguns desses aspectos ao longo dos anos. Bentes-Gama *et al.*, (2005); Arco-Verde e Amaro (2014) e Lucena *et al.*, (2016) realizaram estudos na Região Norte do Brasil, empregando as técnicas VPL, TIR e relação B/C, obtendo os seguintes resultados: Bentes-Gama *et al.*, (2005) avaliou três SAFs, dentre eles, o que gerou maior retorno econômico-financeiro foi o SAF₁ que continha a castanha do brasil (*Bertholletia excelsa*) em sua composição, sendo a única diferença entre eles, pois essa espécie só fazia parte desse SAF, assim é possível observar que o preço e a produtividade da castanha do brasil tornou o sistema entre os três o mais viável, fazendo com que o VPL, a TIR, e a relação B/C fossem de R\$ 35.883,65 ha⁻¹ ano; 86% ao ano e R\$ 4,08, respectivamente. Enquanto no SAF analisado por Arco-Verde e Amaro (2014) o VPL, a TIR e a relação B/C foram superiores aos apontados por Bentes-Gama *et al.*, (2005), resultando em R\$ 61.046,26 ha⁻¹ ano; 19,46% ao ano e R\$ 2,10, respectivamente. Permanecendo a mesma lógica para o estudo de Lucena *et al.*, (2016), os montantes seguem em R\$ 688.087,23 ha⁻¹ ano; 255% ao ano e R\$ 11,64, respectivamente.

Os três trabalhos citados anteriormente elaborados na Região Norte do Brasil diferem dos estudos executados por Barbosa (2017) e Silva (2014) no estado de Mato Grosso do Sul, pois são sistemas que analisam o retorno econômico da integração entre Lavoura, Pecuária e Floresta (ILPF), contendo neste caso, apenas uma espécie perene lenhosa (Eucalipto); um tipo de pastagem (Brachiária), uma cultura agrícola (soja ou milho) e animais (gado) abstendo-se da diversidade de espécies em sua composição. Apesar da distinção entre eles, o resultado do VPL também foi positivo e o capital investido proporcionou retornos nos períodos entre três e quatro anos.

Os sistemas agroflorestais constituem-se numa prática agrícola ativa não só no Brasil. Na Indonésia, por exemplo, costuma-se plantar várias culturas em um mesmo espaço. Siregar *et al.*, (2007) verificou que integrar espécies madeiráveis com pimenta é um investimento promissor por proporcionar um VPL de Rp.⁷ 147,591,666 ao longo de oito anos e uma relação B/C de Rp. 1.73. Em Bangladesh, na Ásia, a prática agroflorestal mostrou-se mais rentável do que os plantios em faixas⁸ e florestal. Esta conclusão foi obtida por Muhammed *et al.*, (2008), quando comparou três tipos de práticas agrícolas. Os custos do SAF, por serem 15% inferiores em relação as demais práticas, potencializou a viabilidade do investimento.

3 METODOLOGIA

3.1 Técnicas de pesquisa

Para a realização deste estudo foi utilizado o método quali-quantitativo. Para analisar a viabilidade econômico-financeira dos sistemas agroflorestais propostos, utilizaram-se as técnicas VPL, TIR, VAUE, *Playback* atualizado, IL, TIRM, relação B/C e CAPM, com base em dados primários e secundários. Além disso, foram feitas análises de sensibilidade e risco.

3.2 Caracterização da área de estudo

Os dados utilizados para este estudo são provenientes de 5 propriedades rurais localizadas no município de Bonito, ao sudoeste do Estado de Mato Grosso do Sul (Figura 1). As propriedades localizam-se entre as seguintes coordenadas geográficas de latitude e longitude 21°21'29,2"S e 56°35'11,9"W; 21°21'40,7"S e 56°35'48,1"W; 21°22'42,6"S e 56°35'52,7"W; 21°20'23,7"S e 56°35'05,3"W; 21°21'40,3"S e 56°35'49,8"W, respectivamente. Essas propriedades fazem parte do Assentamento Santa Lúcia na cidade de Bonito-MS. O assentamento possui 1.026,74 hectares divididos em 36 lotes, e cada lote possui uma área total de 16 hectares.

⁷ Rp (Rupia) é a moeda oficial da Indonésia, em que se divide em 100 sens. Já um real brasileiro é composto de 100 centavos.

⁸ O plantio em faixas (*plantation strip*) é uma das técnicas utilizadas para proteger o solo, para isso são plantadas espécies vegetais com culturas agrícolas, afim de proporcionar cobertura ao solo (WADT et al., 2003).

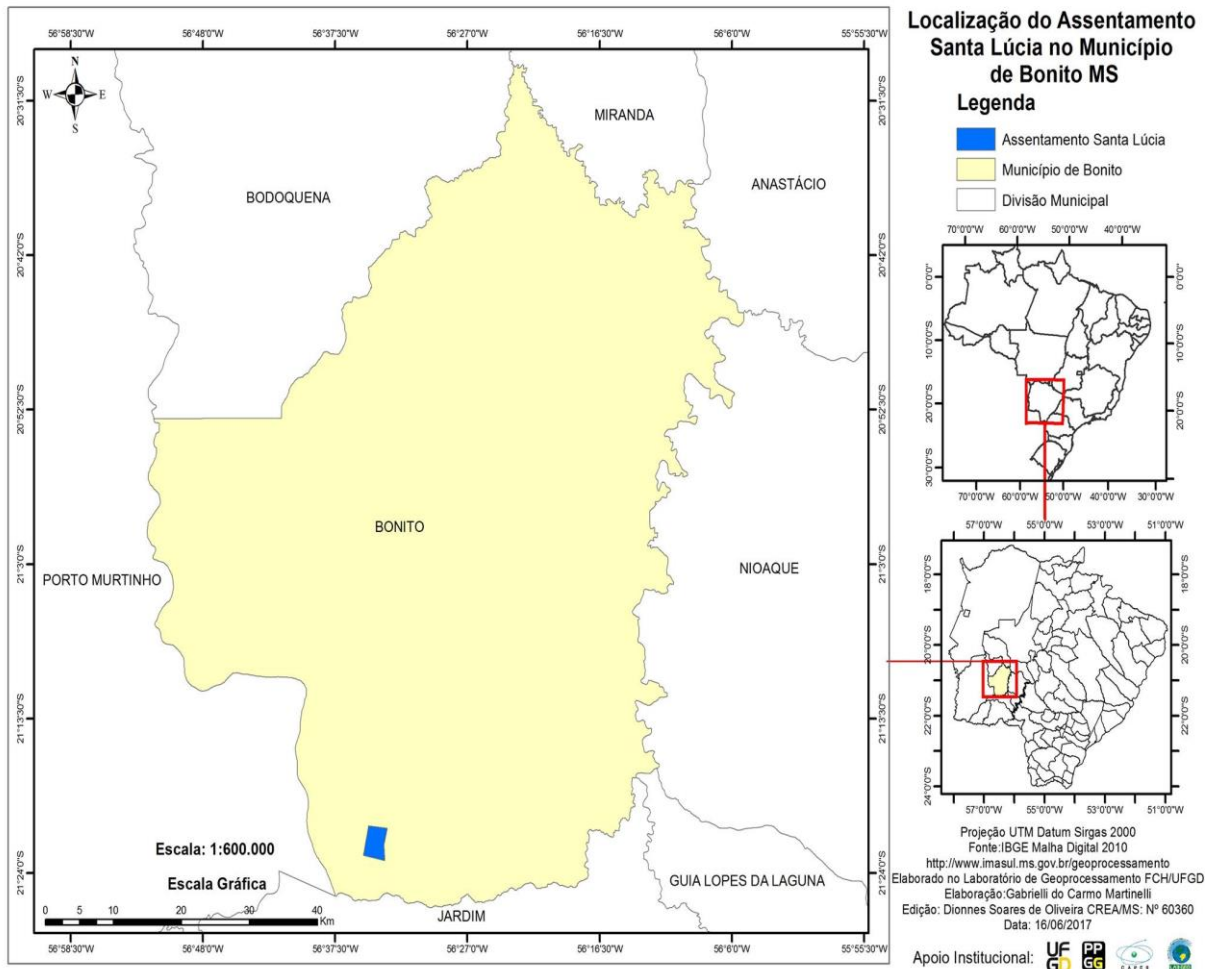


Figura 1. Localização geográfica do município de Bonito-MS
Fonte: IBGE malha digital, 2010.

O município de Bonito localiza-se no entorno do Parque Nacional da Serra da Bodoquena, limitando-se com os municípios de Bodoquena e Miranda ao Norte; Aquidauana e Nioaque à Leste; Guia Lopes da Laguna e Jardim ao Sul e Porto Murtinho ao Oeste. Possui população de 21.267 pessoas, unidade territorial de 4.934.414 km² e densidade demográfica de 3,97 hab/km² (IBGE, 2016).

O clima dessa microrregião é classificado como tropical úmido, com temperatura média anual de 20°C à 22°C; já a precipitação anual varia em torno de 1.500 milímetros. O período das chuvas mais frequentes e intensas ocorre de novembro a abril. A cobertura vegetal predominante é característica do bioma Cerrado, composta de florestas estacionais decíduas e semidecíduas (GRECHI *et al.*, 2010). De acordo com o Zoneamento Ecológico-Econômico do Estado de Mato Grosso do Sul (ZEE/MS, 2009), cerca de 3,81% da área ocupada no estado corresponde ao solo classificado como Argissolo Vermelho-Amarelo e este é característico da área de estudo.

3.3 Coleta de dados

Em março de 2017 foi realizado um levantamento de dados primários, por meio de entrevistas semiestruturadas com agricultores responsáveis por cinco sistemas agroflorestais. Neste levantamento fez-se ainda uma avaliação histórica de implantação, composição de espécies, arranjos e aspectos produtivos das culturas selecionadas buscando evidenciar as espécies mais rentáveis e que subsidiará na modelagem do Arranjo Agroflorestal (AA).

Para a mensuração dos componentes de custos e receita bruta de vendas foram utilizados dados primários e secundários. O custo relativo à mão de obra utilizada no SAF foi estabelecido como um valor médio praticado no município de Bonito-MS, correspondendo a R\$ 60,00 homem/dia para as atividades de coveamento, capinas, roçagem, plantio, podas, adubação, entre outras. Esse valor foi convencionado a partir das entrevistas *in loco* com os agricultores e técnicos experientes, que atuam na região.

Para o levantamento de preços dos custos variáveis e investimentos, tais como sementes, mudas, corretivos de solo, adubos, ferramentas e utensílios, roçadeira e valor da terra, foram feitas cotações no período de 09 a 11 de agosto de 2017 para identificar os preços praticados no mercado local e regional. Em relação a receita bruta de vendas, utilizou-se as séries históricas de preços disponibilizados pela Central de Abastecimento de Alimentos (CEASA) e a Companhia Nacional de Abastecimento (CONAB) para o estado de Mato Grosso do Sul, abrangendo os ciclos produtivos de janeiro/2012 a dezembro/2016. Cabe salientar que primeiramente deu-se preferência as séries históricas disponibilizadas pela CEASA por disponibilizar um banco de dados mais completo, e na ausência de dados concernentes a determinado produto, buscou-se o banco de dados da CONAB como segunda opção.

As estimativas de preços foram realizadas mediante a projeção destes, em que aplicou-se a tendência geométrica por meio da regressão a média a fim de corrigir a sazonalidade na série de preços coletada junto ao CEASA, utilizando as seguintes funções:

$$P_{t+1} = P_0 * (1+r)^t \quad (1)$$

Em que: P_{t+1} = preço no tempo; P_0 = preço inicial; r = taxa geométrica de crescimento dos preços das espécies vegetais; t = período.

$$r = e^\beta - 1 \quad (2)$$

Em que: r = taxa geométrica de crescimento dos preços das espécies vegetais; e = exponencial; β = regressão a média.

No entanto, para o feijão caupi, não foi encontrada série histórica de preços para o estado de Mato Grosso do Sul, sendo assim, tomou-se como base o preço praticado pelo Programa de Aquisição de Alimentos (PAA) ofertado pelo banco de dados da CONAB.

As estimativas de produtividades esperadas das culturas que compõem o sistema agroflorestal proposto neste estudo, foram estimadas em duas etapas: primeiro, consultou-se os dados disponibilizados no Anuário da Agricultura Brasileira (AGRIANUAL, 2017) e posteriormente, com o intuito de reduzir a incerteza quanto aos dados coletados, nos dias 24, 30 e 31 de outubro de 2017 foram entrevistados, um produtor rural, um gestor sociorganizacional da AGRAER, localizada na cidade de Itaporã, um coordenador municipal da AGRAER localizada na cidade de Dourados e um técnico da EMBRAPA Agropecuária Oeste para fazerem uma análise crítica dos dados de produtividade obtidas no anuário da AGRIANUAL. Feitas as observações dos entrevistados, especialmente no que se refere aos dados obtidos do anuário da AGRIANUAL corresponderem a sistemas de monocultivos e portanto, com utilização intensiva de insumos, acatou-se as sugestões para reduzir-se em 20% a produtividade das culturas de mandioca, laranja pera, coco anão, limão taiti e tangerina poncã, ajustados para a realidade regional e de sistemas biodiversos.

Para as demais espécies vegetais, as produtividades condizem com a realidade local/regional e dos sistemas em foco. Como premissa deste estudo, evidencia-se que a comercialização do feijão caupi será por meio de grão verde e por isso foi acrescentado 60% de umidade no grão, conseqüentemente, aumentando seu peso (FERREIRA; SILVA, 1987). Para o milho (verde), o peso médio da espiga considerado foi de 240 gramas (FAVARATO *et al.*, 2016), e no caso do abacaxi, 800 gramas por unidade (AGRIANUAL, 2017).

3.4 Descrição do arranjo agroflorestal

A ausência de registros referentes a custos, mudanças das suas composições ao longo do tempo e receitas brutas de vendas envolvendo os SAFs supramencionados impossibilita a realização de análise econômica real dos sistemas. Assim, a exemplo de trabalhos realizados por Mendes (2003), Amaro (2010) e Arco-Verde e Amaro (2014), optou-se por propor um Arranjo Agroflorestal (AA) a partir da realidade dos sistemas agroflorestais visitados, com a finalidade de identificar padrões economicamente viáveis a serem seguidos, agregando-se os conhecimentos existentes.

Para tanto, foi modelado um AA que serviu de base para simular duas situações: na primeira, o agricultor familiar não tem a propriedade, portanto considerou-se o valor da terra e

os tributos incidentes sobre a renda gerada, conforme o enquadramento de sua categoria; na segunda, o agricultor familiar já possui a terra. Como critério de seleção da composição do arranjo foi verificado a similaridade das espécies vegetais (exóticas e nativas) para a geração de renda entre os cinco SAFs estudados, assim como considerou-se as espécies arbóreas nativas que os compõem. Para o arranjo proposto foi destinada uma área de 1 hectare (100 m x 100 m), estimando-se a vida útil do projeto em 20 anos.

As espécies foram distribuídas entre exóticas e nativas. Foram calculadas apenas as receitas brutas de vendas provenientes das espécies exóticas (anuais, bianuais e perenes). Já as espécies nativas são inseridas no arranjo para proporcionar serviços ambientais, melhorar o equilíbrio climático, solo e a conservação da biodiversidade do sistema.

O sistema proposto é composto por 20 linhas de espécies arbóreas, espaçadas em 5 metros, sendo que 10 são nativas e 10 exóticas (tangerina poncã, laranja pera, limão taiti e coco-anão). As espécies nativas serão espaçadas em 2,5 m entre plantas, totalizando 400 plantas ha⁻¹, enquanto as arbóreas frutíferas (tangerina poncã, laranja pera, limão taiti e coco-anão) distam-se em 5 m entre as plantas. Intercaladas entre as arbóreas nativas e exóticas, prevê-se o cultivo de banana nanica desde a implantação do sistema até o 20º ano e mamão (durante os três primeiros anos), sendo 10 linhas de cada frutífera, as quais serão espaçadas em 2,5 m entre as plantas, totalizando 400 plantas ha⁻¹ de cada espécie, conforme apresentado no Quadro 1.

Quadro 1. Especificações das espécies, quantidades, tempo no sistema e função dos sistemas agroflorestais (Continua)

Culturas anuais e permanentes					
Espécie vegetal	Espaçamento		Quantidade (plantas)	Tempo no sistema	Função no sistema
	entre as linhas	entre plantas			
Feijão Guandu (<i>Cajanus cajan</i>)	40 cm	10 pl. m linear ⁻¹	40000	4 meses	Adubação verde e cobertura do solo
Milho/verde (<i>Zea mays</i>)	80 cm	5 pl. m linear ⁻¹	4000	8 meses	Comercialização
Mandioca (<i>Manihot esculenta</i>)	70 cm	70 cm	4570	2 anos	Comercialização
Abacaxi (<i>Ananas comosus</i>)	60 cm	40 cm	4000	3 anos	Comercialização
Feijão comum (<i>Phaseolus vulgaris</i>)	40 cm	10 pl. m linear ⁻¹	40000	4 meses	Comercialização
Feijão caupi (<i>Vigna unguiculata</i>)	40 cm	10 pl. m linear ⁻¹	20000	1 ano	Comercialização
Banana nanica (<i>Musa paradisiaca</i>)	10 m	2,5 m	400	20 anos	Comercialização
Mamão Formosa (<i>Carica papaya</i>)	10 m	2,5 m	400	3 anos	Comercialização
Limão taiti (<i>Citrus aurantifolia</i>)	10 m	20 m	50	12 anos	Comercialização

Laranja pera (<i>Citrus sinensis</i>)	10 m	20 m	50	20 anos	Comercialização
Coco anão (<i>Cocos nucifera</i>)	10 m	20 m	50	20 anos	Comercialização
Tangerina poncã (<i>Citrus reticulata</i>)	10 m	20 m	50	20 anos	Comercialização
Nativas do bioma Cerrado	10 m	2,5 m	400	20 anos	Serviços ambientais

Fonte: Elaboração própria, com base nos dados da pesquisa.

Ainda nos três primeiros anos, o sistema também é composto por cultivos temporários, nas entrelinhas das espécies arbóreas e arbustivas, conforme apresentado no Quadro 1 e detalhado a seguir:

- **1º ano:** nas entrelinhas das arbóreas nativas e frutíferas: 4000 m² de feijão-guandu no período de outubro a janeiro, para fins de adubação verde, bem como o milho no período de fevereiro a abril, para colheita das espigas verdes; 4000 m² de mandioca, a qual permanecerá no campo até 12 meses, para consumo *in natura*; 2000 m² de abacaxi, permanecendo no sistema até a metade do 2º ano (18 meses).
- **2º ano:** nas entrelinhas das arbóreas nativas e frutíferas: 4000 m² de mandioca (até 12 meses); 4000 m² de milho no período de outubro a janeiro e de feijão comum de fevereiro a abril, além de 2000 m² de abacaxi durante os seis primeiros meses.
- **3º ano:** nas entrelinhas das arbóreas nativas e frutíferas: 8000 m² de abacaxi (18 meses) permanecendo no sistema até a metade do 4º ano e 2000 m² de feijão-caupi.
- **4º ao 12º ano:** nas entrelinhas das arbóreas nativas: banana nanica, limão taiti, tangerina poncã, coco anão e laranja pera.
- **12º ao 20º ano:** nas entrelinhas das arbóreas nativas: banana nanica, tangerina poncã, coco anão e laranja pera.

Com o intuito de proporcionar clareza na descrição do Arranjo Agroflorestal, elaborou-se um croqui contendo de maneira ilustrativa sua estrutura (Apêndice A), destacando-se os três primeiros anos, quando ocorre a rotação de culturas no sistema proposto.

3.5 Método de mensuração

Para o planejamento do fluxo de caixa operacional foi elaborada uma planilha utilizando o *software* excel, que permite a entrada de dados referente a todos os custos, receita bruta de vendas, despesas e tributos, conforme a composição do AA. Especificamente, para este estudo, foi elaborado o fluxo de caixa do projeto e posteriormente foi feita uma análise quantitativa

aplicando as técnicas de avaliação de investimentos descritas no item 3.1. Portanto serão retratados os procedimentos executados para se chegar ao resultado final.

Primeiramente, para obter a receita bruta de vendas do projeto em questão, utilizou-se a seguinte equação:

$$R(x) = p(x) \times q(x)$$

Em que: $R(x)$ = receita bruta de vendas; $p(x)$ = preço comercializado dos produtos e $q(x)$ = quantidade produzida.

Posteriormente, considerou o tributo de 2,3% sobre a receita bruta de vendas referente ao Fundo de Assistência ao Trabalhador Rural – FUNRURAL, sendo 2,0% para o INSS, 0,1% para os Riscos Ambientais do Trabalho - RAT e 0,2% para o Serviço Nacional de Aprendizagem Rural – SENAR, tendo como base de incidência desse tributo, a comercialização da produção rural. Além disso, considerou-se também os tributos incidentes sobre a atividade rural, como o Imposto Territorial Rural - ITR, a Contribuição Sindical Rural - CSR e o Certificado de Cadastro do Imóvel Rural – CCIR, cujas alíquotas correspondem à 0,03% ao ano; 0,2% ao ano acrescido de R\$ 52,50 e R\$ 3,60 ao ano, todos esses valores correspondem ao ano-calendário de 2017. Já a depreciação foi calculada de acordo com a metodologia da CONAB para custos de produção, utilizando-se os seguintes dados: valor residual, 5% ao ano, vida útil do bem, 2000 horas e o total de horas trabalhadas por hectare, 250 horas (CONAB, 2010).

Para calcular a alíquota do Imposto de Renda Pessoa Física (IRPF) considerou-se a tabela disponibilizada pela Receita Federal (ano-calendário de 2016 e exercício de 2017), cuja alíquota de 7,5% incide sobre o rendimento anual obtido pelo produtor em sistema equivalente ao proposto neste estudo. Outro valor incorporado ao fluxo de caixa refere-se aos investimentos fixos (valor da terra e de máquinas/equipamentos). Cabe salientar que para todos os itens que compõem o fluxo de caixa, os cálculos foram feitos para cada ano da vida útil do projeto. Partindo-se da hipótese de que o produtor rural não possui o montante inicial de recursos para fazer o desembolso inicial, optou-se por simular a utilização de recursos captados junto a instituição de crédito oficial (Banco do Brasil S.A), do programa denominado PRONAF Floresta ⁹a uma taxa de juros de 2,5% ao ano.

⁹ O PRONAF Floresta é destinado a produtores familiares que possuem a Declaração de Aptidão ao Pronaf (DAP). O Limite financiável depende de qual categoria o produtor se enquadra, podendo variar de R\$ 15.000,00 a R\$ 38.500,00. Além disso, o prazo de carência é de 12 anos para projetos que tiverem a vida útil de até 20 anos, ou 8 anos de carência para projetos até 12 anos (BACEN, 2017).

3.5.1 Taxa Mínima de Atratividade

O Modelo de Precificação de Ativos Financeiros também conhecido como *Capital Asset Price Model* (CAPM) será utilizado para estimar a Taxa Mínima de Atratividade (TMA) ou o Custo de Oportunidade (CO) ou ainda, o Custo do Capital Próprio (CCP) ou como denominado na literatura internacional, o *Cost of Equity* (K_e) do produtor rural. Este método possibilita por meio de uma relação linear entre o risco e o retorno dos projetos de investimento apurar-se, para cada nível de risco assumido, a taxa de retorno que premia este risco (ROSS *et al.*, 2002; PÓVOA, 2007).

Esse modelo foi desenvolvido a partir de diversos estudos, e a seguir serão apresentados em sequência temporal: Markowitz (1959), Sharpe (1964), Lintner (1965) e Mossin (1966), sendo este o mais utilizado nos países desenvolvidos, assim como em mercados emergentes, como o Brasil para a determinação do custo do capital próprio (GARRÁN; MARTELANC, 2007; MACHADO, 2007; CUNHA, 2011; TEIXEIRA; CUNHA; MACEDO, 2013). A formulação básica do modelo é dada pela seguinte equação:

$$K_e = R_f + \beta(R_m - R_f)$$

Em que:

K_e – Custo do capital próprio ou taxa mínima de atratividade;

R_f – Taxa livre de risco;

β – Índice de risco não diversificável (risco sistêmico);

R_m – Taxa de retorno de uma carteira representativa do mercado.

De acordo com Teixeira e Cunha (2017) existem limitações para a aplicação do Modelo CAPM em mercados emergentes, dada a impossibilidade de os preços dos ativos não refletirem as informações disponíveis sobre os mesmos, premissa postulada por Fama (1970). Dentre os fatores que limitam a eficiência nos mercados emergentes, Teixeira e Cunha (2017), com base nos argumentos mencionados por Pereiro (2002, p. 12), elenca os seguintes:

a) as bolsas de valores nos mercados emergentes tendem a ser pequenas em comparação ao PIB dos países emergentes, além de possuir um pequeno número de empresas abertas;

b) as bolsas de valores são altamente concentradas, o que diminui a liquidez dos papéis negociados e a capacidade de diversificação dos investidores e ainda cria a possibilidade de manipulação de preços;

c) por mais, a aplicação direta do CAPM em mercados emergentes proporcionam outros problemas, como a identificação de melhor tecnologia para a estimação dos parâmetros do modelo.

Para minimizar os efeitos das limitações da aplicação do Modelo CAPM em mercados emergentes, diversos modelos foram ajustados, dentre os quais, destacam-se: Modelo de Godfrey-Espinosa (1996); Modelo de Lessard (1996); Modelo Goldman-Sachs, Mariscal e Hargis (1999); Modelo de Damodaran (2002); Modelo Assaf Neto (2008); Modelo CAPM Local (L-CAPM); Modelo de CAPM Local Ajustado (AL-CAPM) e o Modelo CAPM Ajustado Híbrido (AH-CAPM), sendo os últimos três, desenvolvidos por Pereio (2001).

Especificamente para este estudo, optou-se pela utilização do Modelo CAPM Ajustado Híbrido (AH-CAPM) de Pereio (2001) para a estimativa do custo do capital próprio. Escolheu-se o modelo descrito acima porque "ajusta o prêmio de mercado global para o mercado interno através da utilização de um beta país que, matematicamente, é representado pela inclinação da regressão entre o índice de mercado local e o índice de mercado global" (TEIXEIRA; CUNHA, 2017, p.5), atenuando os efeitos da volatilidade dos mercados emergentes, o que dificulta a mensuração dos betas e prêmios de mercado, componentes na formulação do Modelo CAPM, na sua versão original.

O Modelo CAPM Ajustado Híbrido (AH-CAPM), apresenta-se pela seguinte equação:

$$Ke = Rf_g + R_c + \beta_{CLG}[\beta_{GG}(R_{MG} - Rf_g)](1 - R^2)$$

Em que:

Ke – Custo do capital próprio;

Rf_g – Taxa livre de risco global;

R_c – Risco país;

β_{CLG} – Beta do país;

β_{GG} – Beta desalavancado médio de empresas comparáveis no mercado global;

R_{MG} – Retorno do mercado global;

R^2 – Coeficiente de determinação.

Para a aplicação do modelo AH-CAPM foram utilizadas as seguintes premissas e fontes de dados:

a) Taxa livre de risco global (Rf_g): esta taxa representa o retorno sobre um investimento livre de risco, neste caso, optou pela taxa de juros paga pelos títulos emitidos do Tesouro do

Governo dos Estados Unidos com prazo de resgate em 30 anos (T-Bonds). O valor utilizado para taxa de rendimento dos T - Bonds de 30 anos é de 2,88% ao ano, obtido em 30/10/2017 (<http://br.investing.com>);

b) Risco país (R_c): para estimar o risco país, utilizou-se o EMBI + Brasil. Mensurado pelo banco norte-americano JP Morgan, este indicador avalia os títulos da dívida externa brasileira. Segundo Teixeira e Cunha (2017, p. 6), "a cada 100 pontos expressos pelo EMBI + Brasil é pago uma sobretaxa, que funciona como um prêmio pelo risco, de 1% sobre os papéis dos Estados Unidos". Neste estudo, o valor utilizado para a taxa EMBI + Brasil é de 2,58% ao ano, sendo obtida em 30/10/2017 (<http://ipeadata.gov.br>);

c) Beta do país ($\beta_{C_{LG}}$): o beta do país foi obtido pela regressão entre o índice de mercado de ações locais e o índice de mercado global. Como índice de mercado de ações locais, utilizou-se a variação mensal do IBOVESPA, índice que representa a volatilidade do mercado acionário brasileiro, no período de setembro de 2012 a setembro de 2017 (<http://br.investing.com>). O MSCI ACWI (*All Country World Index*) foi escolhido para estimar o índice de retorno global. Este índice é divulgado pelo *Morgan Stanley Capital International* (<http://msci.com>) e mensura o desempenho do mercado acionário de 46 países (23 desenvolvidos e 23 emergentes). A variação mensal do MSCI ACWI, obviamente, pelo uso da regressão, foi coletada no mesmo período do índice IBOVESPA. O resultado do coeficiente angular (inclinação) desta regressão é de 1,1172;

d) Beta desalavancado de empresas comparáveis no mercado global (β_{GG}): para desalavancar o beta médio de um grupo de empresas comparáveis (DAMODARAN, 2002), utiliza-se a seguinte equação: $\beta_{NA} = \left\{ \beta_A / \left[1 + (1 - t) \times \left(\frac{D}{E} \right) \right] \right\}$, sendo: β_A – beta alavancado; t – alíquota de imposto de renda; D – valor do capital de terceiros ou passivo oneroso; E – capital próprio. Após a obtenção do beta desalavancado (β_{NA}), alavanca-se o beta para a nova estrutura de capital $\left(\frac{D}{E} \right)$, a partir da aplicação da equação: $\beta_A = \left\{ \beta_{NA} \times \left[1 + (1 - t) \times \left(\frac{D}{E} \right) \right] \right\}$, onde β_A é o beta alavancado. Nesse estudo foi utilizado o beta desalavancado do setor *Farming/Agriculture* ($\beta_A = 0,59$), calculado por Aswath Damodaran (<http://pages.stern.nyu.edu>) e obtido em 30/10/2017.

e) Retorno do mercado global (R_{MG}): como *proxy* do retorno do mercado global utilizou-se o MSCI ACWI - *All Country World Index* (<http://msci.com>), para tanto, apurou-se o retorno médio anual do período 2012 a 2016, cujo valor é de 10,3180% ao ano;

f) Coeficiente de determinação (R^2): é calculado a partir da regressão entre a volatilidade das ações do mercado local, neste estudo identificada pela variação mensal do

índice IBOVESPA (<http://br.investing.com>), contra a variação do risco país, dado pela variação mensal do índice EMBI + Brasil (<http://ipeadata.gov.br>), no período de setembro de 2012 a setembro de 2017. O valor apurado para o coeficiente de determinação a partir da regressão proposta no Modelo AH-CAPM é de 0,2747.

A partir das premissas do Modelo AH-CAPM e dos dados e informações obtidas e apresentadas nos parágrafos anteriores, obtêm-se o valor do custo do capital próprio (Ke) com a seguinte aplicação:

$$Ke = 2,88\% + 2,58\% + 1,1172[0,59(10,3180\% - 2,88\%)](1 - 0,2747) =$$

$$Ke = 9,0160\% \text{ ao ano.}$$

3.5.2 Análise de sensibilidade

A análise de sensibilidade permite verificar qual o efeito da alteração de uma ou mais variáveis de entrada (*inputs*) sobre o valor das variáveis de saída (*outputs*), ou seja, o quanto a variação de um dado pode influenciar nos resultados. Desta maneira, busca-se minimizar as incertezas e os riscos de um projeto de investimento, pois desta forma, é possível identificar, se determinado projeto é sensível ou não à certas variáveis endógenas e exógenas (NORONHA, 1987; BUARQUE, 1994; CASAROTTO; KOPITTKKE, 2000; COELHO JUNIOR *et al.*, 2008). As variáveis de entrada consideradas foram: preço e produtividade das espécies vegetais do sistema agroflorestal e os custos variáveis. O indicador financeiro VPL do fluxo de caixa do produtor foi tomado como variável de saída (*output*), sendo calculado de acordo com as seguintes variações: -20%; -15%; -10% e -5% e para +5%; +10%; +15% e +20% em cada uma das variáveis de entrada, separadamente.

3.5.3 Simulação de Monte Carlo

A análise de risco do projeto de investimento foi realizada para o sistema agroflorestal proposto. Para isso, os dados de custos e receita bruta de vendas foram analisados com o auxílio do ambiente estatístico R (*R Development Core Team*), versão 3.3.1, aplicando-se o método de Monte Carlo, para simular valores para as variáveis aleatórias: preço, produtividade e custos variáveis e, em decorrência dos valores aleatórios gerados, obter valores para a variável VPL do fluxo de caixa do produtor. Para tanto, foram definidas 10.000 iterações e consideradas como variáveis de entrada: preço e produtividade das espécies vegetais do sistema agroflorestal e os custos variáveis. Mensuraram-se ainda variações entre -20% e +20% para estas variáveis, com

base na distribuição de probabilidade triangular. O indicador financeiro VPL do fluxo de caixa do produtor foi tomado como variável de saída. Todas as análises foram realizadas com o auxílio do ambiente estatístico R (*R Development Core Team*), versão 3.3.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Nesta seção apresentam-se os resultados obtidos da aplicação das técnicas de avaliação econômico-financeira do Arranjo Agroflorestal proposto, cuja análise poderá servir de base para os agricultores familiares do estado de Mato Grosso do Sul com e sem aquisição da terra, a tomarem sua decisão quanto a aderirem ou não a esse tipo de manejo.

Na Tabela 1 está demonstrado o fluxo de caixa contendo todas as receitas brutas de vendas, custos e despesas fixas e variáveis, tributos, investimentos fixos ou circulantes, depreciação, entre outros elementos necessários para se avaliar ao longo de 20 anos, a viabilidade ou não do projeto em questão.

No ano zero foram considerados todos os investimentos e custos, tais como aluguel de máquinas, mão de obra, insumos, ferramentas e utensílios necessários para a implantação do sistema agroflorestal. Ressalta-se que esse desembolso de capital é indispensável para qualquer produtor que deseja investir em um sistema agroflorestal com características afins ao proposto, por serem premissas básicas para iniciar a atividade, visando a viabilidade econômica, além da recuperação de áreas degradadas.

Na fase de preparo de solo os gastos referentes a análise de solo e aluguel de maquinário totalizaram R\$ 588,46, ainda salienta-se que são previstos a utilização desses maquinários apenas no ano zero para implantação do SAF, pois ao longo dos 20 anos o manejo foi totalmente manual.

Já os gastos inerentes a mão de obra foram de R\$ 1.320,00, pois a sua utilização no ano zero foi menor quando comparado com os anos posteriores, em compensação utiliza-se uma gama expressiva de insumos tais como mudas, adubos, corretivos de solo, ferramentas e utensílios, demandando um investimento de R\$ 10.794,00, sendo esse valor, oito vezes maior do que o montante gasto com mão de obra neste período. Os demais custos serão apresentados no Apêndice B.

Tabela 1. Fluxo de caixa para todos os anos do projeto de investimento

ANO	(+)RBV	(-)TSRC	(-)CT/DV	(=)MC	(-)CTDF	(=)LAJIR	(-)IR	(=)LOL	(+)DP	(=)FCO	(-)IF	IC	(=)FCL	(-)AJ	(=)FCP
0			12.702,46								15.000,00	13.106,41	-28.106,41		-28.106,41
1	8.266,40	190,13	15.812,25	-7.735,98	90,60	-7.826,58	0,00	-7.826,58		-7.826,58			-7.826,58	692,56	-8.519,14
2	45.989,47	1.057,76	19.130,00	25.801,71	123,38	25.483,72	197,70	25.286,02	194,61	25.480,63	1.638,86		23.841,77	692,56	23.149,21
3	45.571,00	1.048,13	19.603,50	24.919,37	123,38	24.601,38	131,52	24.469,85	194,61	24.664,46			24.664,46	692,56	23.971,90
4	43.516,68	1.000,88	10.617,00	31.898,80	123,38	31.580,81	654,98	30.925,83	194,61	31.120,44			31.120,44	692,56	30.427,87
5	26.988,07	620,73	11.017,00	15.350,34	123,38	15.032,35	0,00	15.032,35	194,61	15.226,96			15.226,96	692,56	14.534,40
6	32.717,91	752,51	10.867,00	21.098,39	123,38	20.780,40	0,00	20.780,40	194,61	20.975,01			20.975,01	692,56	20.282,45
7	37.881,27	871,27	10.987,00	26.023,00	123,38	25.705,01	214,30	25.490,71	194,61	25.685,32			25.685,32	692,56	24.992,76
8	41.479,57	954,03	11.107,00	29.418,54	123,38	29.100,55	468,96	28.631,58	194,61	28.826,19	81,94		28.908,13	692,56	28.215,57
9	38.757,87	891,43	11.107,00	26.759,43	123,38	26.441,44	269,53	26.171,92	194,61	26.366,53	1.638,86		24.727,67	692,56	24.035,10
10	38.757,87	891,43	11.107,00	26.759,43	123,38	26.441,44	269,53	26.171,92	194,61	26.366,53			26.366,53	692,56	25.673,96
11	41.397,87	952,15	11.107,00	29.338,71	123,38	29.020,72	462,97	28.557,75	194,61	28.752,36			28.752,36	692,56	28.059,80
12	41.397,87	952,15	11.107,00	29.338,71	123,38	29.020,72	462,97	28.557,75	194,61	28.752,36			28.752,36	692,56	28.059,80
13	35.852,47	824,61	11.423,25	23.604,61	123,38	23.286,62	32,92	23.253,70	194,61	23.448,31			23.448,31	4.155,37	19.292,94
14	38.192,47	878,43	11.553,25	25.760,79	123,38	25.442,80	194,63	25.248,17	194,61	25.442,78			25.442,78	4.068,80	21.373,98
15	38.582,47	887,40	11.003,25	26.691,82	123,38	26.373,83	264,46	26.109,37	194,61	26.303,98			26.303,98	3.982,23	22.321,75
16	38.972,47	896,37	11.003,25	27.072,85	123,38	26.754,86	293,03	26.461,82	194,61	26.656,43	81,94		26.738,37	3.895,66	22.842,72
17	38.972,47	896,37	11.003,25	27.072,85	123,38	26.754,86	293,03	26.461,82	194,61	26.656,43			26.656,43	3.809,09	22.847,35
18	38.972,47	896,37	11.003,25	27.072,85	123,38	26.754,86	293,03	26.461,82	194,61	26.656,43			26.656,43	3.722,52	22.933,92
19	36.229,48	833,28	11.003,25	24.392,95	123,38	24.074,96	92,04	23.982,92	194,61	24.177,53			24.177,53	3.635,95	20.541,58
20	36.229,48	833,28	11.003,25	24.392,95	123,38	24.074,96	92,04	23.982,92	194,61	24.177,53	15.000,00	13.106,41	52.283,94	3.549,38	48.734,56

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: Elaboração própria, com base nos dados da pesquisa.

A Tabela 1 corresponde ao fluxo de caixa que exemplifica a Situação I proposta neste estudo, que considera a aquisição da terra pelo produtor no valor de R\$ 15.000,00. Nesta situação, mesmo simulando-se a aquisição da terra pelo produtor, o fluxo de caixa apresenta-se negativo apenas até o final do primeiro ano, permanecendo positivo a partir do segundo ano, até o término da vida útil do projeto. Assim como nos trabalhos de Bentes-Gama *et al.*, (2005) e Lucena *et al.*, (2016) os arranjos agroflorestais também proporcionaram retornos positivos já no primeiro ano, em compensação no estudo de Guleria *et al.*, (2017), isso só aconteceu no quarto ano. Na Situação II, sem aquisição da terra pelo produtor, reduz-se o desembolso inicial em R\$ 15.000,00, permitindo ao produtor rural, se ele assim o desejar, realocar estes recursos na aquisição de insumos de melhor qualidade e/ou intensificar ou mecanizar o manejo, cujo resultado provável seria o aumento substancial da produção.

Contata-se que durante a vida útil do projeto, a maior e menor receita bruta de venda ocorrerá no segundo e no primeiro ano, resultando em: R\$ 45.989,47 e R\$ 8.266,40 nesta ordem. Por exemplo, as produtividades ao longo dos anos variam, à medida que o sistema se desenvolve, podendo aumentar ou diminuir de acordo com seu ciclo produtivo, impactando diretamente nos resultados das receitas brutas de vendas, e por isso o fluxo de caixa do produtor em uma escala temporal sofre oscilação. Além disso, cabe destacar que ao longo dos dois primeiros anos, os fluxos de caixa são negativos, ocasionando dificuldades ao produtor pela falta de capital de giro necessário a cobertura dos gastos referentes a manutenção do sistema produtivo.

Um dos fatores que interferem no resultado do Fluxo de Caixa do Produtor (FCP), são os encargos incidentes de forma geral sobre o projeto de investimento, como o Imposto de Renda, Imposto Territorial Rural, Contribuição Sindical Rural, Certificado de Cadastro do Imóvel Rural e a depreciação, que geralmente não são considerados nos trabalhos que analisam a viabilidade econômico-financeira de sistemas agroflorestais, no entanto na prática contábil essa premissa é indispensável, pois contradiz os princípios contábeis.

Na Tabela 2 é possível observar individualmente a performance de cada espécie vegetal quanto as receitas brutas de vendas, custos referentes a mão de obra e aos insumos e as gerações de caixa.

Tabela 2. Comparação entre as receitas brutas de vendas, custos com mão de obra e insumos e as gerações de caixa de diferentes espécies vegetais.

Espécies vegetais	Receitas bruta (Em R\$)	Custos com insumos (Em R\$)	Custos com mão de obra (Em R\$)	Geração de caixa (Em R\$)
Banana nanica	253.110,00	57.586,00	38.820,00	156.704,00
Mamão formosa	37.382,40	8.205,00	3.420,00	25.757,40
Limão taiti	44.203,40	8.202,50	10.470,00	25.530,90
Laranja pera	64.122,82	14.102,50	13.020,00	37.000,32
Tangerina poncã	119.465,46	14.502,50	13.200,00	91.762,96
Coco anão	162.360,00	15.542,50	17.160,00	129.657,50
Milho	2.611,20	909,50	1.320,00	381,70
Feijão comum	828,67	508,75	600,00	-280,08
Feijão caupi	1.152,00	245,00	480,00	427,00
Feijão guandu	0,00	2.167,50	120,00	-2.287,50
Mandioca	13.921,60	8.603,00	1.620,00	3.698,60
Abacaxi Havaí	45.568,00	150,00	3.030,00	42.388,00
Espécies nativas			8.580,00	-8.580,00

Fonte: Elaboração própria, com base nos dados da pesquisa.

Observa-se que em apenas três espécies vegetais (limão, coco e abacaxi) os custos com mão de obra são maiores que os custos com insumos, isso significa que no geral o dispêndio com insumos representa a maior parcela dos custos. No entanto, os resultados obtidos neste trabalho divergem de Francez e Rosa (2011) e Sanguino *et al.* (2007), os quais identificaram que os custos com mão de obra representam cerca de 70% e 57% dos custos totais, respectivamente. Ressalta-se que essas divergências de resultados representam as peculiaridades inerentes a cada sistema avaliado, uma vez que múltiplos fatores como a diversidade e a quantidade de espécies vegetais, a opção por cultivos mais ou menos intensivos, a busca por maiores ou menores produtividades, entre outros, influenciam diretamente nos resultados. Dado que, as espécies necessitam de tratamentos diferenciados, exigindo diferentes métodos de cultivo (USTAOGLU *et al.*, 2016) sendo justificável as variações de geração de caixa de cada espécie vegetal (Tabela 2).

Tanto é que Padovan e Cardoso (2013) realizaram um estudo prospectivo em áreas de agricultores nas cinco regiões do Brasil, e constataram que há predominância de implantação de SAFs biodiversos para fins de subsistência, nos quais geralmente utilizam-se baixas quantidades de insumos. Cabe destacar, neste sentido, a dificuldade em comparar os resultados produzidos por arranjos agroflorestais diferentes, haja vista a multiplicidade de variáveis que determinam sua implantação e desenvolvimento.

Quanto a estimativa da receita bruta de venda, seu maior valor será gerado pela banana nanica, proporcionando um montante de R\$ 253.110,00, posteriormente, seguem o coco anão e a tangerina poncã, com R\$ 162.360,00 e R\$ 119.465,46, respectivamente. Essas três espécies frutíferas se destacam em virtude do potencial produtivo que elas possuem, além de serem

espécies adaptáveis ao ambiente assumido para o sistema agroflorestal desenhado para este projeto.

Ao aplicar as técnicas de avaliação econômico-financeira ao investimento proposto neste estudo, verificam-se os resultados apresentados na Tabela 3.

Tabela 3. Resultados da aplicação das técnicas de avaliação do investimento no sistema agroflorestal proposto no estudo em questão.

Técnicas de investimento	Sistema Agroflorestal		
	Situação I Produtor sem propriedade	Situação II Produtor com propriedade	Unidade
Valor Presente Líquido (VPL)	162.911,66	175.567,98	R\$ ha ⁻¹ ano ⁻¹
Taxa Interna de Retorno (TIR)	47,43	75,54	% a.a
Índice de Lucratividade (IL)	6,8	14,43	R\$
Payback atualizado	2,94	1,39	Anos
relação Benefício/Custo (B/C)	2,76	2,77	R\$
Valor Anual Uniforme Equivalente (VAUE)	17.866,75	19.254,79	R\$ ha ⁻¹ ano ⁻¹
Taxa Interna de Retorno Modificada (MIR)	18,67	21,81	% a.a

Fonte: Elaboração própria, com base nos dados da pesquisa.

O SAF proposto apresentou VPL positivo em ambas as situações (I e II), portanto a viabilidade econômico-financeira é constatada, independente do produtor já possuir ou não a terra. Como já sendo proprietário, o desembolso inicial é menor, identifica-se uma diferença de R\$ 12.656,32 a maior no valor do VPL para a Situação II.

Os resultados para a relação B/C, relativamente nas duas situações (I e II), foram de 2,76 e 2,77, respectivamente. Esses valores indicam que para cada real investido nesse sistema, ao final de 20 anos, obtêm-se um retorno líquido de R\$ 1,76 e R\$ 1,77, respectivamente, corroborando a já enunciada viabilidade do investimento. A relação B/C mantém-se positiva nos estudos elaborados na África por Nunoo e Owusu, (2015) e na Indonésia por Rahman *et al.*, (2017), indicando que os benefícios tem sido superiores aos custos totais do projeto de investimento.

Para a TIR os resultados identificam 47,43% ao ano e 75,54% ao ano para as situações (I e II), respectivamente; essa taxa posicionou-se superior a taxa de juros do capital de terceiros PRONAF Floresta de 2,5% ao ano e também ao custo do capital próprio de 9,01% ao ano determinado para este estudo. Esses valores são inferiores aos encontrados nos trabalhos de Mendes, (2003) de 87% ao ano; Sanguino *et al.*, (2007) de 597,7% ao ano; Lucena *et al.*, (2016) de 255% ao ano e superiores ao estudo de Garcia *et al.*, (2017) de 22,3% ao ano. Mesmo havendo variações entre as taxas aqui mencionadas, seu resultado indica que os projetos apresentaram em todos os casos viabilidade econômica, haja vista o valor da TIR ser superior a taxa de desconto (TMA – Taxa Mínima de Atratividade ou custo de oportunidade) do produtor

rural. Tanto é, que na Austrália um estudo elaborado por Baral *et al.*, (2014) constatou-se que a taxa de juros interferiu diretamente no resultado do VPL, ora, quanto maior a taxa menor o VPL referente aos produtos e serviços ecossistêmicos provindos dos sistemas.

No entanto, observou-se de maneira geral, que em projetos agroflorestais a taxa livre de risco comumente utilizada é a Taxa do Sistema Especial de Liquidação e Custódia (Taxa Selic), que por sua vez tem recebido muitas críticas na prática contábil brasileira, por compreender que a série histórica dessas taxas ao longo dos anos sofrem variações constantes, inibindo a credibilidade de sua utilização como títulos soberanos livres de riscos pelos mercados (ASSAF NETO; LIMA; ARAÚJO, 2008). A partir dessas premissas optou-se por não utilizar essa taxa como referência neste estudo, pois além da sua instabilidade, ao ser utilizada para o desconto do fluxo de caixa, assume-se como premissa que o risco do investimento ora proposto é o mesmo de uma aplicação em títulos públicos, o que de fato não é verdadeiro.

Quanto ao prazo de recuperação do investimento, a Situação II se mostrou mais favorável do que a I, pois os retornos ocorrem em 1,39 e 2,94 anos, respectivamente. Este resultado se explica pela diferença no valor do investimento inicial das Situações (I e II), obviamente, dado que a geração de caixa é mesma para as duas situações, a que desembolsa menos capital o recupera em tempo menor. Um estudo feito na Ásia corrobora com os dados apresentados na Situação II deste estudo, por ser uma agrofloresta em que o produtor recupera o capital investido em um ano, e coincidentemente com as espécies frutíferas como limão, banana e mamão também fazem parte do sistema proposto neste estudo, acrescido de berinjela, açafrão, gengibre e lichia (RAHMAN *et al.*, 2007).

Salienta-se que o prazo dos ciclos produtivos de cada espécie favorecem a antecipação das receitas, portanto na medida do possível, deve-se intercalar nos primeiros anos do projeto, culturas agrícolas de curto prazo, que contribuem para esta antecipação. Além disso, também calculou-se o IL do projeto de investimento, cujos valores foram de R\$ 6,80 e R\$ 14,43, para as Situações (I e II), respectivamente; isto significa que para cada R\$ 1,00 real investido, o projeto gera R\$ 6,80 e R\$ 14,43 de fluxo de caixa, respectivamente, destacando-se a superioridade da Situação II, também neste indicador.

E por fim, os valores encontrados no VAUE e MIR para as Situações (I e II) foram de R\$ 17.866,75; R\$ 19.254,79 e 18,67% ao ano; 21,81% ao ano, respectivamente, apontando a viabilidade do projeto nas duas situações analisadas, novamente, tendo a II, um desempenho superior.

4.1 Análise de sensibilidade

Sabe-se que projetos de investimentos à longo prazo são suscetíveis à riscos, principalmente quando seu desempenho depende de fatores climáticos, meteorológicos e mercadológicos, e a produtividade e o preço são variáveis influenciadas diretamente por esses três fatores, por isso a dificuldade em prever o comportamento das receitas durante a vida útil do projeto (ALVAREZ; KOSKELA, 2003). Assim o presente estudo buscou considerar essas eventuais incertezas que um projeto agroflorestal pode apresentar por meio da análise estatística como a de sensibilidade.

Para tanto, são apresentados a seguir os resultados obtidos pela análise de sensibilidade para o sistema agroflorestal proposto considerando: preço total de cada espécie vegetal do sistema agroflorestal, taxas de desconto do projeto, representada pela rentabilidade mínima requerida pelo produtor e os custos variáveis como variáveis de entrada e o VPL como variável de saída. Esses resultados correspondem apenas a Situação I, pois como na Situação II, deduziu-se apenas o valor equivalente a aquisição de um hectare de terra, os preços, os custos variáveis e a produtividade não foram alteradas, portanto é desnecessário simular os valores para as duas situações (Tabela 4).

Tabela 4. Resultados da análise de sensibilidade dos preços por espécie vegetal com a variável de saída (VPL) para o sistema agroflorestal proposto.

Variação	Abacaxi havaí (Em R\$)	Mandioca de mesa (Em R\$)	Milho verde (Em R\$)	Feijão caupi (Em R\$)	Feijão comum (Em R\$)	Laranja pêra (Em R\$)
-20%	156.674,20	160.605,37	162.479,08	162.750,95	162.785,63	158.628,43
-15%	158.233,56	161.181,94	162.587,22	162.791,12	162.817,14	159.699,23
-10%	159.792,93	161.758,52	162.695,37	162.831,30	162.848,64	160.770,04
-5%	161.352,29	162.335,09	162.803,51	162.871,48	162.880,15	161.840,85
0%	162.911,66	162.911,66	162.911,66	162.911,66	162.911,66	162.911,66
5%	164.471,02	163.488,23	163.019,80	162.951,84	162.943,16	163.982,46
10%	166.030,39	164.064,80	163.127,95	162.992,01	162.974,67	165.053,27
15%	167.589,75	164.641,37	163.236,09	163.032,19	163.006,18	166.124,08
20%	169.149,12	165.217,94	163.344,23	163.072,37	163.037,69	167.194,89

Variação	Coco anão (Em R\$)	Limão taiti (Em R\$)	Banana nanica (Em R\$)	Tangerina poncã (Em R\$)	Banana nanica (Em R\$)	Mamão formosa (Em R\$)
-20%	152.672,58	158.928,62	162.049,57	154.732,94	144.877,41	157.493,52
-15%	155.232,35	159.924,38	162.265,09	156.777,62	149.385,98	158.848,05
-10%	157.792,12	160.920,14	162.480,61	158.822,30	153.894,54	160.202,59
-5%	160.351,89	161.915,90	162.696,13	160.866,98	158.403,10	161.557,12
0%	162.911,66	162.911,66	162.911,66	162.911,66	162.911,66	162.911,66
5%	165.471,43	163.907,42	163.127,18	164.956,34	167.420,22	164.266,19
10%	168.031,20	164.903,17	163.342,70	167.001,01	171.928,78	165.620,73
15%	170.590,97	165.898,93	163.558,22	169.045,69	176.437,34	166.975,26
20%	173.150,74	166.894,69	163.773,75	171.090,37	180.945,90	168.329,80

Fonte: Elaboração própria, com base nos dados da pesquisa.

Pelos resultados da análise de sensibilidade apresentados na Tabela 4, vê-se que a espécie vegetal que apresenta um maior impacto no valor do VPL é a banana nanica, ou seja, uma variação de 20% em seu preço de venda, implica em um aumento no valor do VPL de R\$ 18.034,00, seguida pelo coco anão e pela tangerina poncã, com aumentos de R\$ 10.239,08 e R\$ 8.178,81, respectivamente. Já o feijão caupi e o comum caracterizam-se como culturas de menor impacto no valor do VPL, ou seja, uma variação de 20% em seus preços de venda produzem um aumento de apenas R\$ 160,71 e R\$ 126,03 no VPL, respectivamente.

Em projetos agroflorestais o ato de simular variações para mais e para menos contribuem para promover uma maior margem de segurança ao produtor rural, minimizando o risco de investir em um projeto dessa magnitude. Contudo, não existem muitas análises formais sobre os riscos que envolvem os fluxos de caixa de um projeto, a mais comum é a análise de sensibilidade, porém mesmo assim são poucos trabalhos como os de Dube *et al.*, (2002), Bentes-Gama *et al.*, (2005) e Varela e Santana, (2009) que priorizam essa elaboração. Enquanto que os estudos de Rodrigues *et al.*, (2007), Sanguino *et al.*, (2007), Müller *et al.*, (2011), Paraense *et al.*, (2013), Lucena *et al.*, (2016) e Mendonça e Nogueira (2017) não consideram o risco do projeto.

A seguir são apresentados resultados da análise de sensibilidade das variáveis de entrada gerais com a variável de saída (VPL) para o sistema agroflorestal proposto (Tabela 5).

Tabela 5. Resultados da análise de sensibilidade das variáveis de entrada gerais com a variável de saída (VPL) para o sistema agroflorestal proposto.

Variação	Receita (Em R\$)	TMA (Em R\$)	Custos variáveis (Em R\$)
-20%	102.650,06	194.864,56	185.234,61
-15%	117.715,46	186.201,93	179.653,87
-10%	132.780,86	178.009,12	174.073,13
-5%	147.846,26	170.255,22	168.492,40
0%	162.911,66	162.911,66	162.911,66
5%	177.977,06	155.951,94	157.330,92
10%	193.042,45	149.351,52	151.750,18
15%	208.107,85	143.087,67	146.169,44
20%	223.173,25	137.139,26	140.588,70

Fonte: Elaboração própria, com base nos dados da pesquisa.

Observa-se na Tabela 5 que uma variação de 20% no preço de venda de todos os produtos que compõe o SAF proposto, implica em uma variação de R\$ 60.261,60 no valor do VPL. Essas variações simuladas servem de parâmetros aos produtores, caso fatores de produção ou biológicos ocorram inesperadamente.

Quanta a variação na TMA, observa-se que uma redução da taxa em 20%, o que corresponderia a uma taxa de desconto de 7,2128% ao ano, produziria um aumento no valor do VPL de R\$ 31.952,90. No caso de um aumento da taxa em 20%, o que corresponderia a uma taxa de 10,8192% ao ano, produziria uma redução no valor do VPL de R\$ 25.772,40.

Em relação aos custos variáveis, nota-se que uma variação de 20%, produziria um impacto no valor do VPL de R\$ 22.322,95. A seguir, na figura 3, são apresentados resultados da análise de sensibilidade dos preços por espécie vegetal com a variável de saída (VPL) para o sistema agroflorestal proposto.

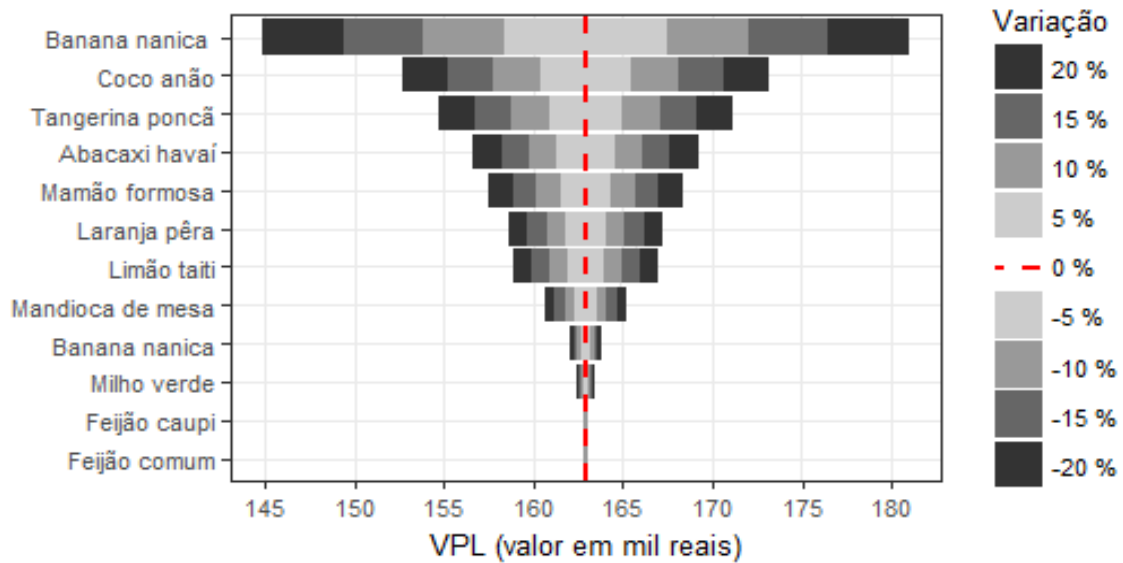


Figura 2. Gráfico de tornado da análise de sensibilidade dos preços por espécie vegetal com a variável de saída (VPL) para o sistema agroflorestal proposto.

Fonte: Elaboração própria, com base nos dados da pesquisa.

A Figura 2 expõe graficamente os resultados discutidos na Tabela 4, na qual se observa que variações no preço de venda da banana nanica apresenta um maior impacto no valor do VPL, consideradas as mesmas variações de preços nas demais espécies vegetais do sistema agroflorestal proposto.

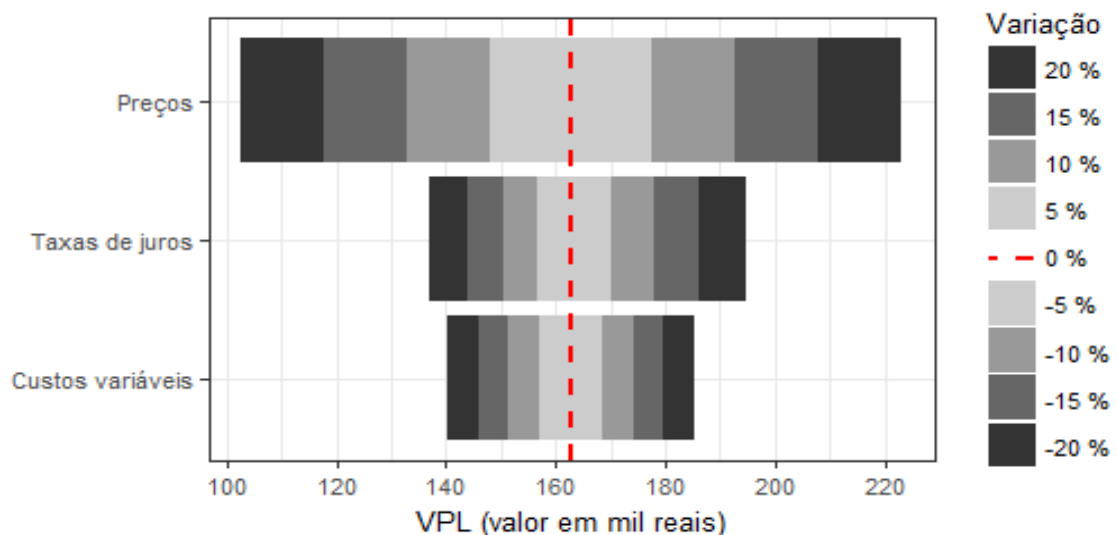


Figura 3. Gráfico de tornado da análise de sensibilidade das variáveis de entrada gerais com a variável de saída (VPL) para o sistema agroflorestal proposto.

Fonte: Elaboração própria, com base nos dados da pesquisa.

Do mesmo modo, a Figura 3, ilustra os resultados discutidos na Tabela 5, na qual se observa que variações nos preços das espécies vegetais do sistema agroflorestal resultam em

um maior impacto no valor do VPL, em relação as mesmas variações na taxa de desconto e custos variáveis.

4.2 Método de Monte Carlo

Projetos de investimentos de longo prazo podem sofrer variações ao longo do tempo, caso ocorra um evento ou uma condição incerta, consequentemente ocasionará um efeito positivo ou negativo, sendo possível afetar direta ou indiretamente o retorno sobre o investimento. Assim, a simulação de Monte Carlo contribui para prever por meio de estimativas as incertezas e riscos que um projeto agroflorestal pode se submeter. Com a utilização desse método estatístico o produtor rural ao implantar um sistema agroflorestal terá maior precisão caso ocorra variações crescentes ou decrescentes sobre o retorno, minimizando a probabilidade de surpresas inesperadas.

Mediante as simulações de Monte Carlo realizadas para o sistema agroflorestal proposto, elaborou-se a distribuição de frequências do valor do VPL, conforme apresentado na Figura 4.

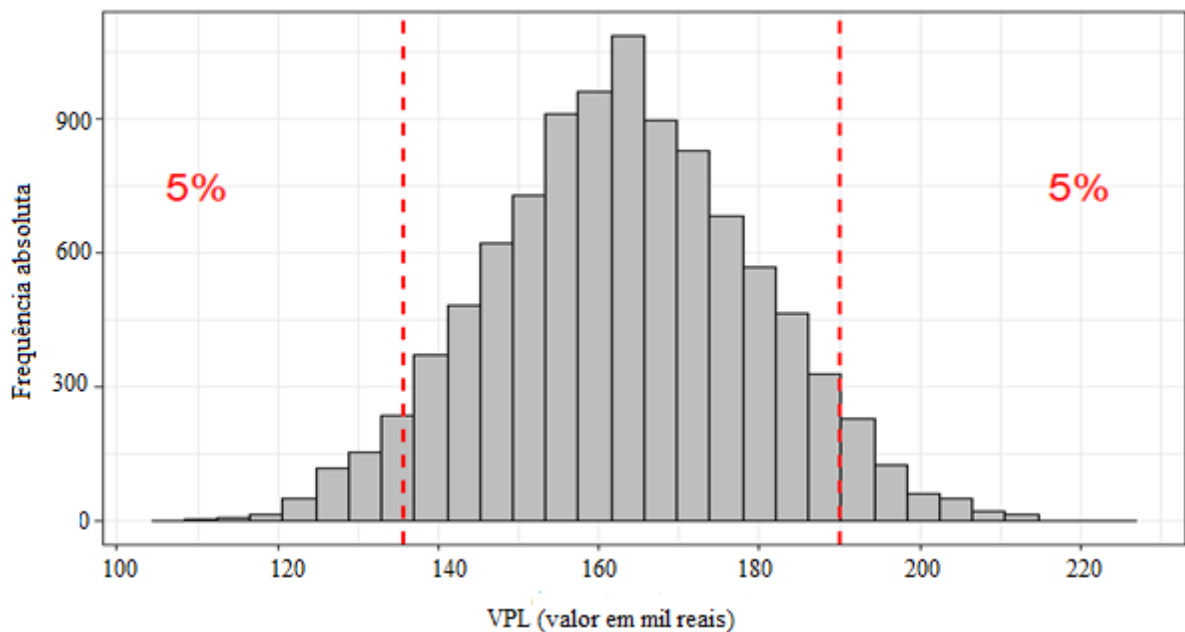


Figura 4. Distribuição de frequências dos valores simulados do VPL do fluxo de caixa do produtor do sistema agroflorestal proposto.

Fonte: Elaboração própria, com base nos dados da pesquisa.

Observa-se na Figura 4, que a distribuição de frequências dos valores simulados para o VPL, não apresentou valores inferiores a zero, sendo que o mínimo foi de R\$ 107.419,14, sinalizando a viabilidade econômico-financeira do projeto. Ainda, nota-se que os valores

simulados concentram-se entre R\$ 140.000,00 e R\$ 180.000,00, sendo que a média e o desvio padrão são de R\$ 162.964,54 e de R\$ 16.454,30, respectivamente. O coeficiente de variação é de 10,10%, indicando uma baixa variação dos valores simulados em torno da média.

Tabela 6. Medidas resumo dos valores simulados do VPL do fluxo de caixa do produtor do sistema agroflorestal proposto.

Medida	VPL (Em R\$)
Mínimo	107.419,14
Quantil 5%	135.784,17
1º Quartil	151.871,45
Mediana	162.895,87
Média	162.964,54
3º Quartil	174.025,66
Quantil 95%	190.230,53
Máximo	226.032,04

Fonte: Elaboração própria, com base nos dados da pesquisa.

Vê-se na Tabela 6, que 5% dos valores obtidos para o VPL por meio das interações realizadas pelo método de Monte Carlo, estão acima de R\$ 190.230,53, com valor máximo igual a R\$ 226.032,04, enquanto outros 5% dos valores estão abaixo de R\$ 135.784,17, com valor mínimo igual a R\$ 107.419,14. Ainda, nota-se que a mediana foi de R\$ 162.895,87 e que o primeiro e terceiro quartil foram de R\$ 151.871,45 e R\$ 174.025,66, o que indica que 25% e 75% das simulações estão, respectivamente, abaixo de tais valores.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Para as condições em que se desenvolveu este estudo, pode-se concluir com base na análise de viabilidade econômico-financeira, de sensibilidade e de risco, que o sistema agroflorestal modelado é uma alternativa promissora na busca do aumento de renda para o produtor rural ao longo da vida útil do projeto, além de contribuir para a recuperação e recomposição de áreas degradadas, tendo em vista a diversidade de espécies arbóreas nativas que compõe o sistema e o potencial destas na produção de serviços ambientais.

Dentre as situações testadas neste trabalho ambas apresentaram viabilidade econômica para o investimento proposto, uma vez que as técnicas de investimento empregadas se posicionaram positivamente em todas as situações. O VPL apresentou-se com valor maior do

que zero, a TIR e a MIR superiores a taxa de desconto, a relação B/C maior do que um, o IL superior ao desembolso inicial, o VAUE com valor positivo, e por fim, o tempo de retorno do capital investido no prazo entre 15 e 33 meses.

A Situação II apresentou o melhor desempenho econômico, em relação a Situação I. A razão para tal destaque deve-se a não consideração do valor investido na terra, que, por sua vez, reduz a demanda do produtor rural da necessidade de capital de terceiros, proporcionando ao mesmo, um retorno mais rápido e com menores riscos. Além disso, no ano zero os custos para implantação do sistema são predominantemente para adquirir insumos, sendo nove vezes maior do que a necessidade de mão de obra.

Tendo em vista que as espécies vegetais destinadas à geração de renda possuem ciclos produtivos distintos ao longo dos anos, as receitas brutas de vendas variaram entre R\$ 8.266,40 no primeiro ano e R\$ 45.989,47 no segundo ano, mínima e máxima, respectivamente. Já os maiores custos e despesas fixas/variáveis ocorreram nos três primeiros anos, reflexo da permanência de culturas anuais a trienais nesse período, necessitando-se de mais mão de obra e insumos que nos anos seguintes. Tanto é, que essas variáveis influenciam no resultado do Fluxo de Caixa do Produtor, permanecendo entre R\$ 20.000 a R\$ 30.000 na maioria dos anos.

Apesar da utilização de ferramentas econômicas e financeiras apropriadas para calcular a viabilidade deste investimento, ainda existe limitações a serem consideradas, uma vez que essa viabilidade pode ser alterada, pois os projetos estão sujeitos a riscos climáticos, pragas, doenças e outros riscos naturais que podem reduzir a produtividade e afetar de maneira substancial os valores encontrados.

Sugere-se a realização de estudos futuros utilizando novos arranjos incluindo-se espécies lenhosas, afim de agregar valor a longo prazo ao investimento, além de inserir culturas agrícolas diferentes das propostas neste estudo, com o intuito de antecipar e aumentar o retorno a curto prazo. Ainda, seria interessante elaboração projetos de investimento considerando a mesma escala temporal com produções convencionais como soja, milho etc.

Por fim, tem-se que o resultado deste estudo poderá auxiliar os produtores no processo de tomada de decisão para a escolha de arranjo de espécies vegetais com maior potencial de rentabilidade, bem como aos agentes creditícios para operacionalizarem linhas de crédito já existentes como o Pronaf-Floresta, por exemplo, além de subsidiar governos (federal, estadual e municipais) para conceberem políticas públicas e ações estruturadas que apoiem aos agricultores na adoção desses agroecossistemas.

REFERÊNCIAS

AGRIANUAL. Anuário da agricultura brasileira. São Paulo: IFNP, 2017.

ALVAREZ, L.H.R.; KOSKELA, E. On forest rotation under interest rate variability. **International Tax and Public Finance**. v. 10, n. 4, p. 489-503.

ALVES, E. P.; SILVA, M. L. da; OLIVEIRA NETO, S. N. de; BARRELLA, T. P.; SANTOS, R. H. S. Economic Analysis of a Coffee-Banana System of a Family-Based Agriculture At the Atlantic Forest Zone, Brazil. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 39, n. 3, p. 232–239, 2015.

AMARO, G. C. Modelagem e simulação econômica de sistemas agroflorestais na Amazônia brasileira. 2010. 119 p. **Dissertação** (Mestrado em economia) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre. 2010.

ARCO-VERDE, M. F. Sustentabilidade Biofísica E Socioeconômica De Sistemas Agroflorestais Na Amazônia Brasileira. 2008. 185 p. **Tese** (Doutorado em ciências florestais) - Universidade Federal Do Paraná, Curitiba. 2008.

ARCO-VERDE, M. F.; AMARO, G. C. Análise financeira de sistemas produtivos integrados. Colombo: **Embrapa Florestas**, 2014. 74 p. (Documentos. Embrapa Florestas, 274).

ASSAF NETO, A.; LIMA, F.G.; ARAÚJO, A.M.P de. Uma proposta metodológica para o cálculo do custo de capital no Brasil. **Revista de Administração**. v.43, n.1, p.72-83, 2008.

ASSAF NETO, A. Finanças corporativas e valor. 5. ed. São Paulo: Atlas, 2010.

BALARINE, O. F. O. O uso da análise de investimentos em incorporações imobiliárias. **Revista Produção**, v. 14, n. 2, p. 47-57, 2004.

BANCO CENTRAL DO BRASIL. BACEN. FAQ - Programa Nacional de Fortalecimento da Agricultura Familiar – Pronaf. 2017. Disponível em: http://www.bcb.gov.br/pre/bc_atende/port/PRONAF.asp#14. Acesso em: 13. Dez. 2017.

BARAL, H.; KEENANB, R.J.; SHARMAC, S.K.; STORK, N.E.; KASEL, S. Economic evaluation of ecosystem goods and services under different landscape management scenarios. **Land Use Policy**, v. 39, p. 54–64, 2014.

BARBOSA, K. K.; PAIVA, L. M.; ALMEIDA, R. G. Avaliação econômica de sistemas integrados Lavoura-Pecuária-Floresta. 1. ed. Saarbrücken: Novas Edições Acadêmicas (OmniScriptum Publishing Group), v. 1, p. 52, 2017.

BATISH, D. R.; KOHLI, R. K.; JOSE, S.; SINGH, H. P. Ecological basis of agroforestry. Boca Raton: CRC Press, 2008. 382 p.

BENTES-GAMA, D. M.; SILVA, L.; VILCAHUAMÁN, M.; LOCATELLI, M. Análise econômica de sistemas agroflorestais na amazônia ocidental, Machadinho D’ Oeste – RO. **R. Árvore**, Viçosa-MG, v.29, n.3, p.401-411, 2005.

- BORDEAUX-RÊGO, R.; PAULO, G. P.; SPRITZER, I. M. P. A.; ZOTES, L. P. Viabilidade econômica-financeira de projetos. 4 edição. Rio de Janeiro: Editora FGV, 2013.
- BRASIL. Lei nº 12.651, de maio de 2012. Dispõe sobre a proteção da vegetação nativa. Diário Oficial da República Federativa do Brasil. Brasília, DF. 2012.
- BRASIL. Lei nº 3.839, de 28 de dezembro de 2009. Zoneamento Ecológico-Econômico do Estado do Mato Grosso do Sul. Disponível em: <http://193.43.36.109/docs/pdf/bra116233AnnexI.pdf>. Acesso em: 27 dez. 2017.
- BRIGHAM, E. F.; HOUSTON, J. F. Fundamentos da moderna administração financeira. Rio de Janeiro: Campus, 1999. 713 p.
- BUARQUE, C. Avaliação econômica de projetos: uma apresentação didática. Rio de Janeiro: Elsevier: Campus, 1994. 266 p.
- CAMARGO, G. M. Sistemas agroflorestais biodiversos: uma análise da sustentabilidade socioeconômica e ambiental. 2017. 130 p. **Dissertação** (Mestrado em agronegócios) – Universidade Federal da Grande Dourados, Dourados. 2017.
- CASAROTTO FILHO, N.; KOPITTKE, B. H. Análise de investimentos: matemática financeira, engenharia econômica, tomada de decisões, estratégia empresarial. 11. ed. São Paulo, SP: Atlas, 2010. 408 p.
- CASAROTTO FILHO, N.; KOPITTKE, B. H., Análise de Investimentos. São Paulo: Atlas, 2000.
- CENTRAIS DE ABASTECIMENTO DE MATO GROSSO DO SUL. CEASA. Relatório de Preços Mínimo/Média/Máximo por Região. Disponível em: <http://www3.ceasa.gov.br/prohortweb/>. Acesso em: 20 jun 2017.
- COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO. CONAB. Preços. Disponível em: <http://www.conab.gov.br/conteudos.php?a=1610&t=2>. Acesso em: 20 jun 2017.
- COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO – CONAB. Custos de produção agrícola: a metodologia da Conab. -- Brasília : Conab, 2010. p, 60.
- COELHO-JUNIOR, L. M.; REZENDE, J. L. P.; OLIVEIRA, A. D.; COIMBRA, L. A. B.; SOUZA, Á. N. Análise de investimento de um sistema agroflorestal sob situação de risco. **Cerne**, Lavras, v. 14, n. 4, p. 368-378, 2008.
- COSTANZA, R.; D'ARGE, R.; DE GROOT, R.S.; FARBER, S.; GRASSO, M.; HANNON, B.; LIMBURG, K.; NAEEM, S.; O'NEILL, R.V.; PARUELO, J.; RASKIN, R.G.; SUTTON, P.; VAN DEN BELT, M. The value of the world's ecosystem services and natural capital. **Nature**, v. 387, p. 253-260, 1997.
- CUNHA, M.F da. Avaliação de Empresas no Brasil pelo Fluxo de Caixa Descontado: Evidências Empíricas Sob o Ponto de Vista do Desempenho Econômico-Financeiro. 2011. 170 p. **Tese** (Doutorado em Ciências Contábeis) - Universidade de São Paulo: Faculdade de Economia, Administração e Contabilidade, São Paulo. 2011.

- DOSSA, D.; CONTO, A. J. de; RODIGHERI, H.; HOEFLICH, V.A. Aplicativo com análise de rentabilidade para sistemas de produção de florestas cultivadas e de grãos. Colombo: Embrapa Florestas, 2000 56p. (Embrapa Florestas. Documentos, 39).
- DAMODARAN, A. (2009) Avaliação de investimentos: ferramentas e técnicas para a determinação do valor de qualquer ativo. 2. ed. Rio de Janeiro: Qualitymark, 1036 p.
- _____. (2002). Investment Valuation. New York: John Wiley & Sons.
- _____. Betas by sector. Atualizado outubro 2017.
- DA SILVA, S. C.; DE OLIVEIRA, A. D.; JUNIOR, L. M. C.; DE REZENDE, J. L. P. Economic viability of cerrado vegetation management under conditions of risk . **Cerne**, v. 17, n. 2, p. 141–149, 2011.
- DUBE, F.; COUTO, L.; SILVA, M. L.; LEITE, H.G.; GARCIA, R.; ARAÚJO, G.A.A. A simulation model for evaluating technical and economic aspects of an industrial eucalyptus-based agroforestry system in Minas Gerais, Brazil. **Agroforestry Systems** v.55, p.73-80, 2002.
- ENGEL, V. L. Introdução aos Sistemas Agroflorestais. Botucatu: FEPAF, 1999.
- FAO (Food and Agriculture Organization of the United Nations). The future Trends of food and and challenges, 2017.
- FAO - Organização das Nações Unidas para a Agricultura e Alimentação (2017). The state of food security and nutrition in the world. Disponível em: <http://www.fao.org/state-of-food-security-nutrition/es/>. Acesso em: 20. Dez. 2017.
- FAVARATO, L.F.; SOUZA, J.L.; GALVÃO, J.C.C.; SOUZA, C.M.; GUARCONI, R.C.; BALBINO, J.M.S. Crescimento e produtividade do milho-verde sobre diferentes coberturas de solo no sistema plantio direto orgânico. **Bragantia**, Campinas, v. 75, n. 4, p.497-506, 2016.
- FERREIRA, J.M.; SILVA, P.S.L. Produtividade de “feijão verde” e outras características de cultivares de caupi. **Revista Pesq. agropec. bras.**, Brasília, v.22, n.1, p.55-58, 1987.
- FRANCEZ, D. C.; ROSA, L. S. Viabilidade econômica de sistemas agroflorestais em áreas de agricultores familiares no Pará, Brasil. **Revista Ciência Agrárias**, v. 54, n. 2, p.178-187, 2011.
- GAMA, T. C. M.; VOLPE, E.; LEMPP, B. Biomass accumulation and chemical composition of Massai grass intercropped with forage legumes on an integrated crop-livestock-forest system. **Revista Brasileira de Zootecnia** v. 43, n. 6, p. 279–288, 2014.
- GARCIA, E.; RAMOS-FILHO, F. S.V.; MALLMANN, G. M.; FONSECA, F.; Costs, Benefits and Challenges of Sustainable Livestock Intensification in a Major Deforestation Frontier in the Brazilian Amazon. **Journal Sustainability**, v. 9, n.1, 2017. Disponível em: <http://www.mdpi.com/2071-1050/9/1/158/htm>. Acesso em: 03. Jan. 2017.
- GARRÁN, F. T.; MARTELANC, R. (2007). Metodologias em uso no Brasil para

determinação do custo de capital próprio. In: Encontro Anual da Associação Nacional dos Programas de Pós-Graduação em Administração – EnANPAD, 31. Rio de Janeiro. Anais.

GODFREY, S.; ESPINOSA, R. A practical approach to calculating costs of equity for investments in emerging markets. **Journal of Applied Corporate Finance Fall**, v. 9, n.3, p. 80-90, 1996.

GULERIA, A.; TIWARI, P.; SHARMA, R. Cost of Cultivation and Economic Feasibility of Grafted Harar (*Terminalia chebula*) In Himachal Pradesh. **International Journal of Pure & Applied Bioscience (IJPAB)**, v.5, n. 2, p. 1005-1011, 2017.

GRECHI, D. C. et al. Autogestão e controle de visitantes: Voucher Unificado em Bonito, MS. In: PHILIPPI JR, A.; RUSCHMANN, D. V. M. (Ed). *Gestão Ambiental e Sustentabilidade no Turismo. Coleção Ambiental*. V.9. Barueri, SP: Editora Manole, 2010.p. 913-931.

HEID, D. M. Sustentabilidade de sistemas de uso da terra em Mato Grosso do Sul. 2011. 107 p. **Dissertação** (em agronomia) – Universidade Federal da Grande Dourados, Dourados. 2011.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE), 2016. Disponível em: http://www.ibge.gov.br/home/geociencias/cartografia/default_territ_area.shtm. Acesso em: 04 abr. 2017.

_____. Produção da extração vegetal e da silvicultura 2016. Disponível em: https://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/periodicos/74/pevs_2016_v31.pdf

_____. Produção da extração vegetal e da silvicultura 2015. <https://biblioteca.ibge.gov.br/index.php/biblioteca-catalogo?view=detalhes&id=774>

INVESTING.COM. T-Bond 30 Anos. URL: <http://br.investing.com/rates-bonds/us-30-yr-t-bond>. Acesso em 30/10/2017.

_____. MSCI ACWI. URL: <http://pt.investing.com/etfs/ishares-msci-acwi-index-fund-historical-data>. Acesso em 30/10/2017.

_____. MSCI. *MSCI All Country World Index*. URL: http://www.msci.com/resources/factsheets/index_fact_sheet/msci-acwi.pdf. Acesso em: 30/10/2017. IPEADATA. Dados macroeconômicos e regionais. 2006. Disponível em: <www.ipeadata.gov.br>. Acesso em 30/10/2017.

JOAQUIM, M. S.; DE SOUZA, Á. N.; DE SOUZA, S. N.; PEREIRA, R. S.; ANGELO, H. Aplicação da teoria das opções reais na análise de investimentos em sistemas Agroflorestais. **Cerne**, v. 21, n. 3, p. 439–447, 2015.

KUNIO, K.; LAHJIE, A.M. Agroforestry Management with Vanilla and Agarwood in East Kalimantan. **Journal of Economics and Sustainable Development**. v.6, n.4, p. 12-17, 2015.

LAPPONI, Juan Carlos. *Projetos de Investimento: Construção e Avaliação do Fluxo de Caixa*. São Paulo: Lapponi, 2000.

LESSARD, D. R. Incorporating country risk in the valuation of offshore projects. **Journal of**

Applied Corporate Finance. v.9, n.3, p.52–63, 1996.

LINTNER, J. The valuation of Risk Assets and the Selection of Risky Investments in Stock Portfolios and Capital Budgets. **Review of Economics and Statistics**, v.47, n.1, p.13-37, 1965.

LIM, V.; FUNK, M.; MARCENARO, L.; REGAZZONI, C.; RAUTERBERG, M. Designing for action: An evaluation of Social Recipes in reducing food waste. **International Journal of Human-Computer Studies**. v, 100. p. 18-32, 2017.

LIN, S. A. The Modified Internal Rate of Return and Investment Criterion. *The Engineering Economist: A Journal Devoted to the Problems of Capital Investment*, v.21, n. 4, p. 237-247, 1976.

LONGMORE, D. The persistence of the Payback Method: a time-adjusted decision rule perspective. **The Engineering Economist**, v. 34, n. 3, p. 185-194, 1989.

LOUAH, L.; VISSER, M.; BLAIMONT, A.; CANNIÈRE, C. Barriers to the development of temperate agroforestry as an example of agroecological innovation: Mainly a matter of cognitive lock-in? **Land Use Policy**, v. 67, p. 86-97, 2017.

LUCENA, H.D.; PARAENSE, V.C.; MANCEBO, C.H.A. Viabilidade econômica de um sistema agroflorestral com cacau e essências florestais de alto valor comercial em Altamira-PA. **Revista de Administração e Negócios da Amazônia**, v.8, n.1, p. 73-84, 2016.

MARQUEZAN, L. H. F. Análise de Investimentos. **Revista Eletrônica de Contabilidade**, Santa Maria, v.3, n.1, 2006.

MACHADO, M. R. R. Fluxo de Caixa Descontado: metodologias e critérios adotados na determinação da taxa de desconto. In: Seminário de Administração – SEMEAD, 10, 2007, São Paulo. Anais.

MARISCAL, J.; HARGIS, K. A long-term perspective on short-term risk. **Goldman Sachs Portfolio Strategy**, v.26, p.1-23, 1999.

MARKOWITZ, H.M. Portfolio Selection: Efficient diversification of investments. Copyright by Cowles Foundation for Research in Economics at Yale University. 1959.

MAPA – Ministério da Agricultura, Pecuária e abastecimento. Objetivos, Metas e Diretrizes. Disponível em: <http://www.agricultura.gov.br/assuntos/sustentabilidade/plano-abc/objetivos-e-diretrizes>. Acesso em: 14. Fev. 2017.

MENDES, F.A.T. Avaliação de modelos simulados de sistemas agroflorestrais em pequenas propriedades cacauceiras selecionadas no Município de Tomé Açu, no Estado do Pará. **Informe GEPEC**, v.7, n.1, 2003.

MENDONÇA, L.L.; NOGUEIRA, J.I. Viabilidade econômica de sistemas agroflorestrais estabelecidos na Gleba Assurini, Altamira-pa. **Revista Observatorio de la Economía Latinoamericana**, Brasil, 2017. Disponível em:

<http://www.eumed.net/cursecon/ecolat/br/17/sistemas-agroflorestais.html>. Acesso em: 26. Jan. 2018.

MMA - Ministério do Meio Ambiente/Brasil (2017). Recuperação de áreas degradadas. Disponível em: <http://www.mma.gov.br/informma/item/8705-recupera%C3%A7%C3%A3o-de-%C3%A1reas-degradadas>. Acesso em: 10. jan.2017

MMA - Ministério do Meio Ambiente. Acordo de Paris. Disponível em: <http://www.mma.gov.br/clima/convencao-das-nacoes-unidas/acordo-de-paris>. Acesso em: 04. Marc. 2017.

MOLUA, E. L. The economics of tropical agroforestry systems: the case of agroforestry farms in Cameroon. **Forest Policy and Economics**. v. 7, n. 2, p. 199-211. 2005.

MORESSI, M.; PADOVAN, M. P.; PEREIRA, Z. V. Banco de sementes como indicador de restauração em sistemas agroflorestais multiestratificados no Sudoeste de Mato Grosso do Sul, Brasil. **Revista Árvore**, v. 38, n. 6, p. 1073–1083, 2014.

MOSSIN, J. Equilibrium in a Capital Asset Market. *Econometrica*, v. 34, p.768-783, 1966.

MONTAGNINI, F.; NAIR, P.K.R. Carbon sequestration: an underexploited environmental benefit of agroforestry systems. **Agroforestry Systems** v. 61, p. 281–295, 2004.

MUHAMMED, N.; KOIKE, M.; HAQUE, F.; MIAH, D. Quantitative assessment of people-oriented forestry in Bangladesh: A case study in the Tangail forest division. **Journal of Environmental Management** v. 88, p. 83–92. 2008.

MULLER, M. D.; NOGUEIRA, G. S.; CASTRO, C. R. T.; PACIULLO, D. S. C.; ALVES, F. F.; CASTRO, R. V. O.; FERNANDES, E. N. Economic analysis of an agrosilvipastoral system for a mountainous area in Zona da Mata Mineira, Brazil. **Revista pesquisa agropecuária brasileira**, v. 46, n. 10, 2011.

NAIR, P. K. R. An introduction to agroforestry / P.K. Ramachandran Na1r. p. cm. Includes bibliographical references and index. 1993. ISBN 0-7923-2134-0 (alk. paper) 1. Agroforestry . I. Title. S494.5.A45N3543 1993634.9'9—dc20.

NAIR, P. K. R. The coming of age of agroforestry. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, v. 87, p. 1613-1619, 2007.

NAIR, P. K. R. Grand challenges in agroecology and land-use. **Frontiers in Environmental Science**. v.2, n.1, 2014.

NASCIMENTO, J. S. Estudos multidisciplinares em arranjos agroflorestais biodiversos na região Sudoeste de Mato Grosso do Sul. 2016. 128 p. **Dissertação** (Mestrado em agronegócios) – Universidade Federal da Grande Dourados, Dourados. 2016.

NELSON, G.C.; VALIN, H.; SANDS, R. D.; HAVLÍK, P.; AHAMMADD, H.; DERYNGE, D.; ELLIOTT, J.; FUJIMORI, S.; HASEGAWAH, T.; HEYHOED, E.; KYLEI,P.; LAMPEJ, M.V.; LOTZE-CAMPENK.; D’CROZA, D.M.; MEIJLL, H.V.; MENSBRUGGHEM, D. V.D.; MULLER, C.; POPP, A.; ROBERTSON, R.; ROBINSON, S.; SCHMID, E.;

- SCHMITZK, C.; TABEAUL, A.; WILLENBOCKEL, D. Climate change effects on agriculture: Economic responses to biophysical shocks, **Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America**, v. 111, n. 9, p. 3274–3279, 2014.
- NORONHA, J.F. Projetos agropecuários: administração financeira, orçamento e viabilidade econômica. 2 ed. São Paulo, Atlas, 1987. 269p.
- NUNOO, I.; OWUSU, V. Comparative analysis on financial viability of cocoa agroforestry systems in Ghana. **Environment, Development and Sustainability**. v.19, n.1, p. 83–98, 2015.
- OLIVEIRA, P. De; FREITAS, R. J.; KLUTHCOUSKI, J.; RIBEIRO, A. A.; ADRIANO, L.; CORDEIRO, M.; TEIXEIRA, L. P.; AUGUSTO, R.; CASTRO, D.; VILELA, L.; BALBINO, L. C. Evolução de Sistemas de Integração Lavoura-Pecuária-Floresta (iLPF): estudo de caso da Fazenda Santa Brígida, Ipameri, GO. p. 1–51, 2013.
- OLIVEIRA, T. C. de. Caracterização, Índices Técnicos e Indicadores de Viabilidade Financeira de Consórcios Agroflorestais. 2009. 83 p. **Dissertação** (em Produção Vegetal) - Universidade Federal do Acre, Rio Branco. 2009.
- PADOVAN, M. P.; CARDOSO, I. M. Panorama da Situação dos Sistemas Agroflorestais no Brasil. In: CBSAF, 9. Ilhéus, Ba, 2013. Anais/Palestra. Ilhéus, Ba: Instituto Cabruca, 2013.
- PADOVAN, M. P; NASCIMENTO, J. S; PEREIRA, Z. V; ALVES, J. C; RAMOS, F. S. Estado da arte de sistemas agroflorestais em bases agroecológicas em Mato Grosso do Sul , região Centro Oeste do Brasil. **Cadernos de Agroecologia**, v. 11, n. 2, 2016.
- PAGIOLA, S., 2001. Economic analysis of incentives for soil conservation. In: Incentives in soil conservation: From theory to practice sanders, D.W., Huszar, P.C., Sombatpanit, S. and Enters, T., (Eds.), World Association of Soil and Water Conservation, Oxford and IBM Publishing Co. Pvt. Ltd., New Delhi, India.
- PARAENSE, V. C.; MENDES, F. A. T.; FREITAS, A. D. D. Avaliação econômica de sistemas agroflorestais de cacau e mogno na transamazônica: um estudo de caso. **Enciclopédia biosfera**, v.9, n.16; p. 2754-2764, 2013.
- PEZARICO, C. R.; VITORINO, A. C. T.; MERCANTE, F. M.; DANIEL, O. Indicadores de qualidade do solo em sistemas agroflorestais. **Revista de Ciências Agrárias - Amazon Journal of Agricultural and Environmental Sciences**, v. 56, n. 1, p. 40–47, 2013.
- PEREIRO, L.E. The valuation of closely-held companies in Latin America. **Emerging Markets Review**, v.2, n.4, p. 330-370, 2001.
- _____. (2002). Valuation of companies in emerging markets: A practical approach. Editor: John Wiley & Sons. PONCIANO, N. J.; SOUZA, P. M. de; MATA, H. T. da C.; VIEIRA, J. R.; MORGADO, I. F. Análise de viabilidade econômica e de risco da fruticultura na região norte Fluminense . **Revista de Economia e Sociologia Rural** , v. 42, p. 615–635, 2004.
- PÓVOA, A. (2007). Valuation: Como precificar ações. 2 ed. São Paulo: Globo, 373 p.

RAHMAN, S.A.; FARHANA, K.M.; RAHMAN, A.H.M.M.; IMTIAJ, A. An economic evaluation of the multistrata agroforestry sytem in northern Bangladesh. *American-Eurasian Journal of Agricultural and Environmental Sciences*, v. 2, n.6, p. 655-661, 2007.

RAHMAN, S.A.; JACOBSEN, J.B.; HEALY, J.R.; ROSHETKO, J.M.; SUNDERLAND, T. Finding alternatives to swidden agriculture: does agroforestry improve livelihood options and reduce pressure on existing forest?. *Agroforestry Systems*, v. 91, n.1, p. 185–199, 2017.

RASOTO, A.; GNOATTO, A.A.; OLIVEIRA, A.G. de; ROSA, C.F. da; ISHIKAWA, G.; CARVALHO, H.A. de; LIMA, I.A. de; LIMA, J.D. de; TRENTIN; M.G.; RASOTO, V.I. *Gestão Financeira: enfoque em inovação*. 1. ed. Curitiba: Aymar, 2012. v. 6. 140p. (série UTFinova).

REZENDE, J. L. P.; OLIVEIRA, A. D. *Análise Econômica e Social de Projetos Florestais*. Viçosa: Universidade Federal Viçosa, 389 p. 2001.

RIBEIRO, S. C.; JACOVINE, L. A. G.; SOARES, C. P. B.; DA SILVA, M. L.; NARDELLI, . M. B.; DE SOUZA, A. L.; MARTINS, S. V. Análise econômica da implementação de projetos florestais para a geração de créditos de carbono em propriedades rurais na Mata Atlântica. *Scientia Forestalis/Forest Sciences*, n. 89, p. 9–19, 2011.

RIES, L. R.; ANTUNES, L. M. *Comercialização Agropecuária: Mercado Futuro e de Opções*. Livraria e Editora Agropecuária, Guaíba – RS, 142p. ISBN 85-85437-60-0, 2007.

RODRIGUES, E.R.; CULLEN, L.; BELTRAME, T.P.; MOSCOGLIOTO, A.V.; SILVA, I. C. Avaliação econômica de sistemas agroflorestais implantados para recuperação de reserva legal no Pontal do Paranapanema, São Paulo. *Revista rvore*, Viçosa-MG, v.31, n.5, p.941-948, 2007.

ROSS, S. A.; WESTERFIELD, R.W.; JORDAN, B. D. *Princípios de administração financeira*. p. 433, 1998.

ROSS, S. A. *Administração financeira: corporate finance*. São Paulo: Atlas, 1995. 698p.

ROSS, S. A.; WESTERFIELD, R. W.; JAFFE, J. F. *Administração Financeira: Corporate Finance*. 2 Edo. São Paulo: Atlas, 2002.

SANGUINO, A. C.; SANTANA, A. C.; HOMMA, A. K. O.; BARROS, P. L. C.; KATO, O. K.; AMIN, M. M. G. H. Avaliação econômica de sistemas agroflorestais no estado do Pará. *Rev. ciênc. agrr.*, Belém, n. 47, p. 71-88, 2007.

SCHROEDER, J. T.; SCHROEDER, I.; COSTA, R. P.; SHINODA, C. O custo de capital como taxa mínima de atratividade na avaliação de projetos de investimento. *Revista Gestão Industrial*. v.1, n.2, 2005.

SCHROTH, G.; FONSECA, G.A.B.; HARVEY, C.A.; VASCONCELOS, H.L.; GASCON, C.; ANNE-MARIE,N.I. (2004). Introduction: The Role of Agroforestry in Biodiversity Conservation in Tropical Landscapes. In: *Agroforestry and Biodiversity Conservation in Tropical Landscapes* p. 1-12.

SHARAWI, H.A. Optimal land-use allocation in central Sudan. **Forest Policy and Economics**. v. 8, n. 1, p. 10-21, 2006.

SHARPE, W. F. Capital Asset Prices: A Theory of Market Equilibrium Under Conditions of Risk. **Journal of Finance**, v.19, n.3, p.425-442, 1964.

SILVA, C. P. C.; COELHO JUNIOR, L.M.; OLIVEIRA, A.D.; SCOLFORO, J.R.S.; REZENDE, J.L.P.; LIMA, I.C.G. Análise econômica de sistemas agroflorestais com candeia. **Revista CERNE** v.18 n.4, 2012. Disponível em: http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0104-77602012000400008. Acesso em: 27 dez. 2017.

SILVA, I. M. A. Contribuição de sistemas de integração lavoura pecuária –floresta para a sustentabilidade da produção agropecuária no estado de Mato Grosso do Sul. 2014. 57 p. **Dissertação** (em agronegócios) – Universidade Federal da Grande Dourados, Dourados. 2014.

SIREGAR, U.F.; RACHMI, A.; MASSIJAYA, M.Y.; ISHIBASHI, N.; ANDO, K. Economic analysis of sengon (*Paraserianthes falcataria*) community forest plantation, a fast growing species in East Java, Indonesia. **Forest Policy and Economics**. v. 9, p. 822–829. 2007.

SOMARRIBA, E. Revisiting the past: an essay on agroforestry definition. **Agroforestry Systems**. v.19, n. 3, p. 233–240. 1992.

SOARES, J. A. R. A análise de risco, segundo o método de Monte Carlo, aplicada à modelagem financeira das empresas. 2006. 95 p. **Dissertação** (em ciências econômicas) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre. 2006.

SOARES, T.S.; CARVALHO, R.M.M.A.VALE, A.B. Avaliação econômica de um povoamento de *Eucalyptus grandis* destinado a multiprodutos. **Revista Árvore**, Viçosa-MG, v.27, n.5, p.689-694, 2003.

TEIXEIRA, V. P. M.; CUNHA, M. F. da; MACHADO, C. A. (2013). Avaliação de empresas no Brasil: análise da premissa Risco Brasil. **10º Congresso de Contabilidade e Controladoria da USP**, São Paulo: 2013. Anais. Disponível em: <http://www.congressosp.fipecafi.org/anais/artigos132013/379.pdf>. Acesso em: 30 out. 2017.

_____. Aplicabilidade dos modelos CAPM Local, CAPM Local Ajustado e CAPM Ajustado Híbrido ao mercado brasileiro. (2017). **14º Congresso de Contabilidade e Controladoria da USP**, São Paulo: 2017. Anais. Disponível em: <http://www.congressosp.fipecafi.org/anais/AnaisCongresso2017/ArtigosDownload/134.pdf>. Acesso em: 30 out. 2017.

THAKUR, N.S.; KUMAR, M.; SINGH, N. Economics of Cultivation and Value Addition of *Ocimum* spp. Cultivated with Teak-based Silvi-medicinal and Sole Cropping Systems in Gujarat. **Agricultural Economics Research Review** v. 29, n.2, p. 273-277, 2016.

USTAOGU, E.; CASTILLO, P.; JACOBIS-CRISIONI, C.; LAVALLE, C. Economic evaluation of agricultural land to assess land use changes. **Land Use Policy**, v. 56, p. 125-146, 2016.

VARELA, L.B.; SANTANA, A.C. Aspectos econômicos da produção e do risco nos sistemas agroflorestais e nos sistemas tradicionais de produção agrícola em Tomé-Açu, Pará – 2001 a 2003. **Revista Árvore**, Viçosa-MG, v.33, n.1, p.151-160, 2009.

VOOREN, L. V.; REUBENS, B.; BROEKX, S.; PARDON, P.; REHEUL, D.; VANWINSEN, F.; WAUTERS, E.; LAUWERS, L. Greening and producing: An economic assessment framework for integrating trees in cropping systems. **Agricultural Systems**. v.148, p.44–57, 2016.

WADT, P.G.S.; PEREIRA, J.E.S.; GONÇALVES, R.C.; DE SOUZA, C.B.C.; ALVES, L.S. Práticas de conservação do solo e recuperação de áreas degradadas. Rio Branco, AC: Embrapa Acre, 2003. 29 p. (Documento/Embrapa Rio Branco) Disponível em: <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/bitstream/doc/498802/1/doc90.pdf>. Acesso em: 20. Jan. 2018.

YADAV, R. P.; SHARMA, P.; ARYA, S.L.; PANWAR, P. Acacia nilotica-based silvipastoral systems for resource conservation and improved productivity from degraded lands of the Lower Himalayas. **Agroforestry Systems**. v. 88, p. 851– 863. 2014.

CONSIDERAÇÕES GERAIS

O uso da terra com sistema agroflorestal é uma prática agrícola que nas últimas décadas vem repercutindo cientificamente, tanto nas esferas nacional e internacional, isso deve-se ao potencial ambiental e econômico que este pode proporcionar ao meio ambiente e ao produtor rural. A diversificação da atividade é uma particularidade desse tipo de manejo, por possibilitar integração em uma única área culturas agrícolas, florestais e animais com vistas a recuperar florestas e áreas degradadas, maximizar o lucro e o desenvolvimento local, principalmente para o estado de Mato Grosso do Sul, área de estudo deste trabalho.

Apesar das potencialidades do sistema agroflorestal, ainda existe a necessidade em demonstrar quantitativamente o quão ambientalmente é a sua capacidade em impactar positivamente na mitigação de Gases de Efeito Estufa (GEE) e o quanto promissor este investimento se torna a curto, médio e longo prazo, uma vez que, um dos fatores determinantes para que o produtor rural implante o sistema agroflorestal é o retorno proporcionado por este.

Nota-se que os artigos que compõem esta dissertação, embora possuam estruturas metodológicas diferentes, pois uma utiliza a avaliação do ciclo de vida sob o aspecto ambiental e a outra utiliza técnicas de avaliação de investimentos de capital, fazem com que a análise conjunta de duas áreas distintas do conhecimento se mostrem convergentes e essenciais para atender o objetivo geral proposto neste estudo, que foi analisar o desempenho ambiental e

econômico de sistemas agroflorestais. Que por sinal, contempla o propósito interdisciplinar a que esse Programa de Pós-Graduação e o trabalho se propõe.

Os resultados mostraram de forma geral, que por meio das análises realizadas neste estudo os SAFs são ambientalmente sustentáveis e economicamente viáveis capazes de reduzir os impactos ambientais causados pela produção de alimentos, além de garantir subsistência, segurança alimentar e nutricional aos produtores rurais envolvidos. No entanto, a diversidade de espécies vegetais em um mesmo espaço exige mão de obra técnica e especializada, planejamento e controle do produtor, com isso recomenda-se sistemas agroflorestais à pequenos produtores rurais, pois o crescimento das espécies impedem o uso de máquinas agrícolas, exigindo dedicação manual e intensiva no manejo.

Observa-se que umas das maiores dificuldades enfrentadas pelos produtores rurais é a criação dos arranjos agroflorestais, pois exigem um conhecimento técnico para que as espécies não concorram entre si, mantendo a produtividade. Já que o excesso ou a falta de sombreamento e espaçamentos entre as plantas interferem diretamente no desempenho econômico, sem contar no desafio de escoar a produção em tempo hábil para evitar perdas quantitativas ou qualitativas entre a colheita, pós colheita e distribuição final.

Sendo assim, a hipótese central deste trabalho foi aceita, de que os sistemas agroflorestais são capazes de fixar carbono no solo e na biomassa vegetal, contribuindo para a mitigação dos Gases de Efeito Estufa. Assim como podem gerar renda e garantir a segurança alimentar aos produtores rurais.

Dentre as principais limitações deste trabalho, sobre a ótica ambiental está a indisponibilidade de dados, limitando a expansão da fronteira do sistema até a disposição final dos produtos oriundos aos consumidores. Já na parte econômica a falta de controle e planejamento impossibilitou a análise econômica real dos sistemas localizados no município de Bonito-MS, sendo analisado somente o impacto ambiental, outro fator é a ausência padronizada de produtividades e preços para as espécies vegetais.

Contudo, sugere-se para trabalhos futuros, analisar outras categorias de impacto ambiental como eutrofização, acidificação e toxicidade humana, a fim de fazer uma análise comparativa. Outra sugestão é elaborar dois ou mais arranjos e verificar dentre eles o mais viável. Além disso, buscar incluir as espécies nativas no projeto de investimento, calculando seus custos e receitas. Agora, a longo prazo um trabalho interessante seria tornar esse projeto em um arranjo real, para confrontar os resultados finais do projeto de investimento com a prática.

ANEXO

Anexo A: Equações utilizadas para calcular emissões e suas respectivas referências.

Fonte	Equação	Referencia	Tier
Equação 11.12 - emissão anual de CO ₂ para a aplicação de calcário	$CO_2-C = (M_{\text{limestone}} \cdot EF_{\text{limestone}}) + (M_{\text{dolomite}} \cdot EF_{\text{dolomite}})$	IPCC 2006	1
Equação 2.1 - emissões de gases de efeito estufa de combustível	$GHG_{\text{fuel}} = \text{fuel consumption}_{\text{fuel}} \cdot EF$	IPCC 2006	1
Emissões provenientes da aplicação de fertilizante químico	$N_2O \text{ emission (kg N}_2\text{O-N} \times \text{ha)} = 0.0125 \times N \text{ application (kg N} \times \text{ha)}$	Bouwman, 1995	
Equação 10.25 - emissões diretas para a gestão do esterco	$N_2O_D = [N_{(T)} \cdot N_{ex(T)} \cdot MS_{(T,S)}] \cdot EF_{3(s)} \cdot 44/28$	IPCC 2006	1

Fonte: Dados da pesquisa.

Anexo B: Emissões consideradas, fator de emissão e referências utilizadas para o cálculo.

Emissões	Destino	Elementos	Fator de emissão	Referência
Emissões de gases decorrentes da combustão	Ar	Carbon dioxide	3.17E+00	HENRIKSSON <i>et al.</i> , (2014)
		Methane	1.78E-04	
		Dinitrogen monoxide	1.22E-03	
		NMVOC	5.18E-03	
		Ammonia	2.00E-05	
		Nitrogen oxides	4.41E-02	
		Particulates, < 2.5 um	4.04E-03	
		Particulates, > 10 um	2.69E-04	
		Particulates, >2.5um, and < 10um	1.79E-04	
		Carbon monoxide	1.14E-02	
		Sulfur dioxide	1.01E-03	
		Cadmium	1.00E-08	
		Chromium	5.01E-08	
		Copper	1.70E-06	
		Nickel	7.02E-08	
		Zinc	1.00E-06	
		Benzo(a)pyrene	3.00E-08	
		PAH, polycyclic aromatic hydrocarbons	3.36E-06	
		Selenium	1.00E-08	
		Dioxins, measured as 2,3,7,8-tetrachlorodibenzo-p-dioxin	5.99E-14	
Benzene	7.30E-06			

Emissão proveniente do calcário	Ar	CO ₂	0,13	IPCC 2006
Emissão proveniente do esterco bovino aplicado	Ar	N ₂ O	0,02	IPCC 2006
Emissão proveniente da utilização de fertilizante químico	Ar	N ₂ O	0,0125	(Bouwman, 1995)

Fonte: Dados da pesquisa.

Anexo C: Origem dos processos para avaliação do impacto ambiental (Potencial de Aquecimento global).

	Origem das emissões	Fonte
Entrada na natureza		
Occupation, forest, unspecified	10000 m ²	
Carbon dioxide, in ar	calculado	Primária
Water, river, BR	Cadeia produtiva retirada de ecoinvent v. 3.2	
Energy, gross caloric value, in biomass	calculado	SBS (2008)
Entrada da tecnosfera		
Manure, from, cows, at a farm/RER mass	calculado	IPCC (2006)
Lime {GLO} market for	calculado	IPCC (2006)
Diesel {RoW} market for	calculado	IPCC (2006)
Muda	calculado	secundária
Extrusion, plastic pipes {GLO} market for	Cadeia produtiva retirada de ecoinvent v. 3.2	
Nitrogen fertiliser, as N {GLO} market for	calculado	Bouwman,1995
Potassium fertiliser, as K ₂ O {GLO} market for		
Phosphate fertiliser, as P ₂ O ₅ {GLO} market for		
Transport, freight, lorry 3.5-7.5 metric ton EURO3 {GLO}	Cadeia produtiva retirada de ecoinvent v. 3.2	
Transport, freight, lorry >32 metric ton EURO3 {GLO}	Cadeia produtiva retirada de ecoinvent v. 3.2	
Saídas		
Emissão para o ar	Calculado	

Fonte: Dados da pesquisa.

APÊNDICE A

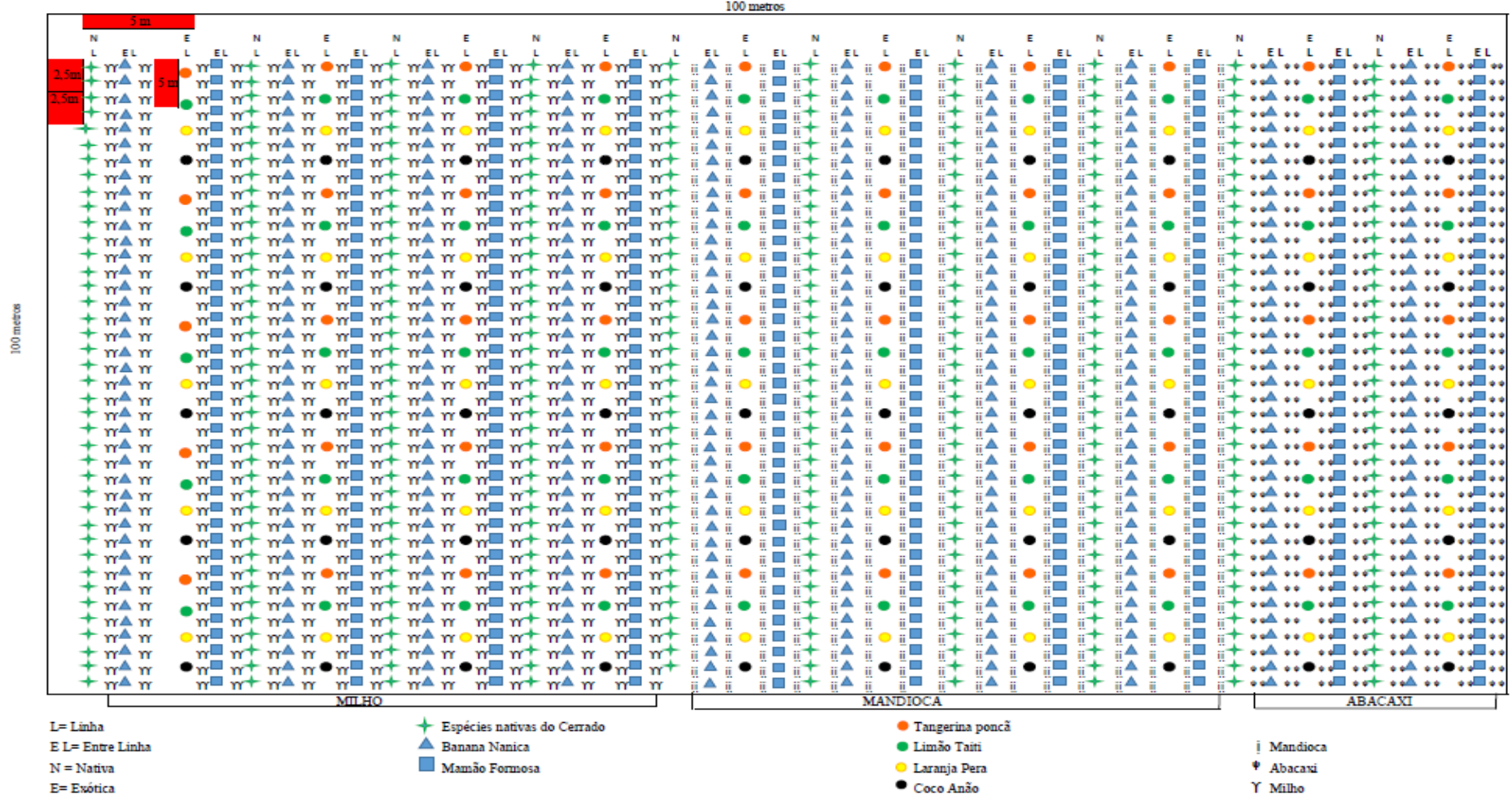


Figura 6. Desenho gráfico da estrutura do Arranjo Agroflorestal de acordo com o primeiro ano
 Fonte: Elaboração própria, com base nos dados da pesquisa.

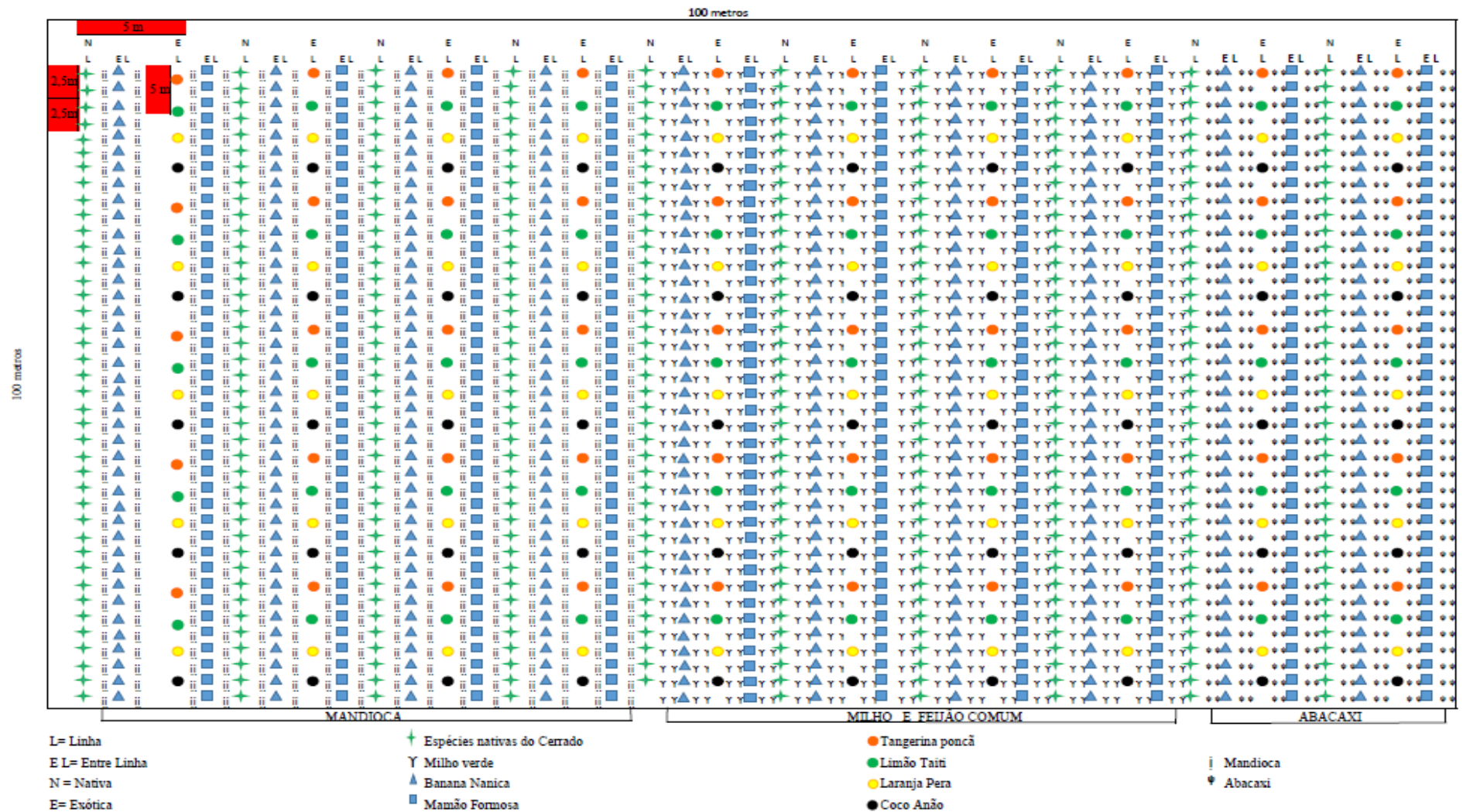


Figura 7. Desenho gráfico da estrutura do Arranjo Agroflorestal de acordo com o segundo ano
Fonte: Elaboração própria, com base nos dados da pesquisa.

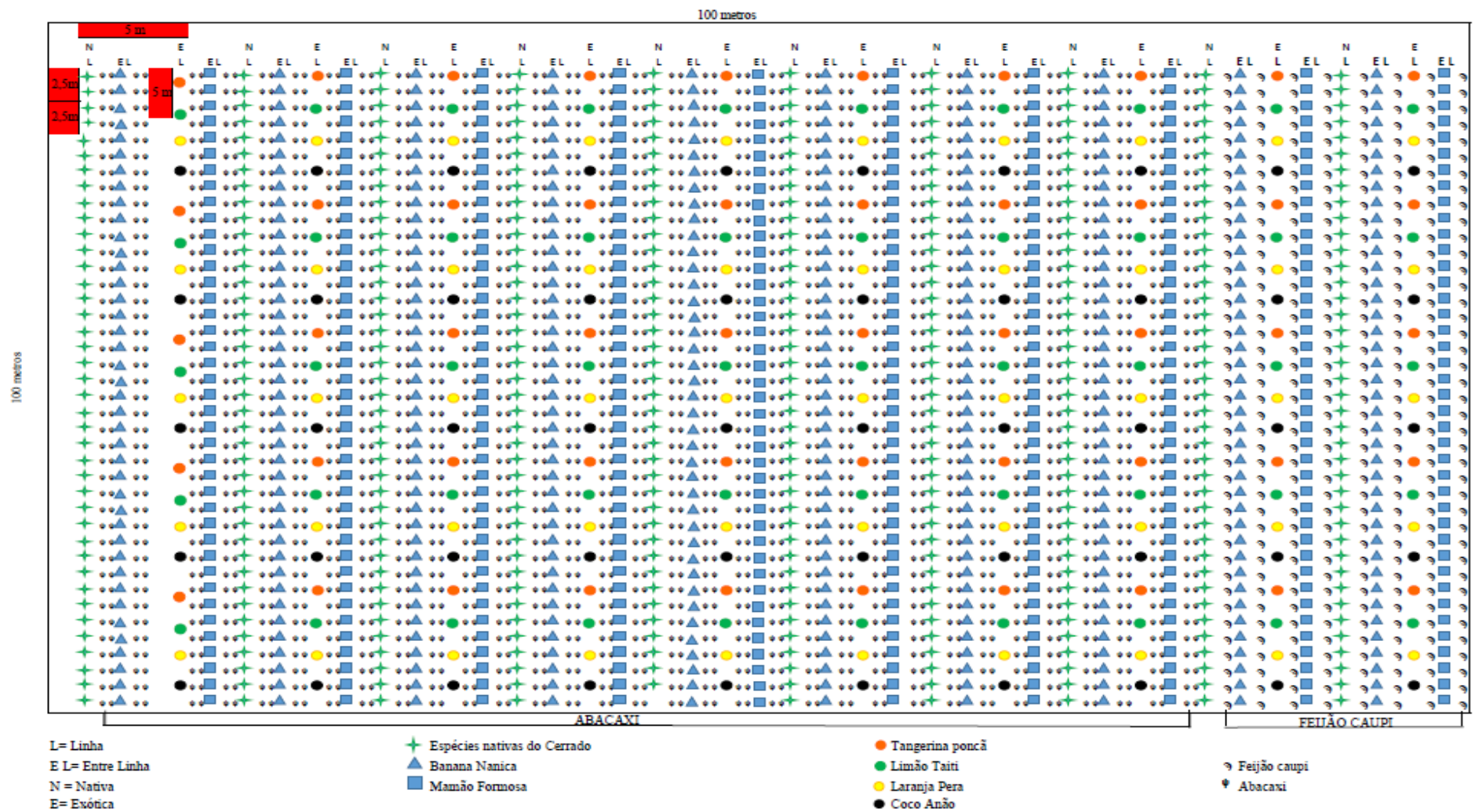


Figura 8. Desenho gráfico da estrutura do Arranjo Agroflorestal de acordo com o terceiro ano
Fonte: Elaboração própria, com base nos dados da pesquisa

APÊNDICE B

Preparo do solo				
Item	Unidade	V.U (Reais)	Quant.	Valor (Total em reais)
INVESTIMENTO	Hectare	15.000	1	15.000,00
MAQUINARIO/ ALUGADO				
<i>Preparo do solo</i>				
Análise do solo completa	Unidade	48,46	1	48,46
Subsolagem	HM	90,00	2	180,00
Calagem	HM	90,00	1	90,00
Gradagem (incorporação de calcário) 1x	HM	90,00	1	90,00
Gradagem de Nivelamento 1x	HM	90,00	1	90,00
Sulcamento (linha de arbóreas nativas)	HM	90,00	1	90,00
Subtotal				588,46
MÃO DE OBRA				
Marcação da área	HD	60,00	1	60,00
Coveamento	HD	60,00	12	720,00
Transporte das mudas	HD	60,00	2	120,00
Plantio de espécies nativas	HD	60,00	1	60,00
Adubação, plantio e replantio das mudas exóticas	HD	60,00	5	300,00
Aplicação de isca natural formicida	HD	60,00	1	60,00
Subtotal				1.320,00
INSUMOS				
Corretivos - Calcário dolomítico	t	63,00	2	126,00
Adubo - Composto orgânico	t	375,00	5	1.875,00
Adubo - Termofosfato magnésiano	t	3.500,00	0,5	1.750,00
<i>Mudas + 10 % de perda</i>				
Laranja	Unidade	15	50	825,00
Coco	Unidade	15	50	825,00
Limão	Unidade	15	50	825,00
Poncã	Unidade	15	50	825,00
Banana	Unidade	2,5	400	1.100,00
Mamão	Unidade	1,2	400	528,00
Espécies nativas	Unidade	2,5	400	1.100,00
Isca natural formicida	kg	37,5	2	75,00
<i>Ferramentas e utensílios</i>				
Enxada encabada	Unidade	5	30	150,00
Cavadeira articulada	Unidade	3	30	90,00
Pá encabada	Unidade	5	30	150,00
Picareta encabada	Unidade	5	30	150,00
Pulverizador costal	Unidade	2	150	300,00
Trena métrica	Unidade	5	10	50,00
Linha	Unidade	5	10	50,00
Subtotal				10.794,00
CUSTO TOTAL				12.702,46

Tabela 6. Planilha com todos os itens para implantação do sistema
Fonte: Elaboração própria, com base nos dados da pesquisa.

APÊNDICE C

	Ano 0	Ano 1	Ano 2	Ano 3	Ano 4	Ano 5	Ano 6	Ano 7	Ano 8	Ano 9	Ano 10	
1. RECEITAS	R\$	8.266,40	R\$ 45.989,47	R\$ 45.571,00	R\$ 43.516,68	R\$ 26.988,07	R\$ 32.717,91	R\$ 37.881,27	R\$ 41.479,57	R\$ 38.757,87	R\$ 38.757,87	
1.1 Tributos sobre a receita	R\$	190,13	R\$ 1.057,76	R\$ 1.048,13	R\$ 1.000,88	R\$ 620,73	R\$ 752,51	R\$ 871,27	R\$ 954,03	R\$ 891,43	R\$ 891,43	
2. CUSTOS E DESPESAS VARIÁVEIS	R\$	15.812,25	R\$ 19.130,00	R\$ 19.603,50	R\$ 10.617,00	R\$ 11.017,00	R\$ 10.867,00	R\$ 10.987,00	R\$ 11.107,00	R\$ 11.107,00	R\$ 11.107,00	
2.1 Maquinário-preparo do solo	R\$ 588,46	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	
2.2 Mão de obra	R\$ 1.320,00	R\$ 5.370,00	R\$ 7.680,00	R\$ 8.100,00	R\$ 5.040,00	R\$ 5.370,00	R\$ 5.220,00	R\$ 5.340,00	R\$ 5.460,00	R\$ 5.460,00	R\$ 5.460,00	
2.3 Insumos	R\$ 10.794,00	R\$ 10.442,25	R\$ 11.450,00	R\$ 11.503,50	R\$ 5.577,00	R\$ 5.647,00	R\$ 5.647,00	R\$ 5.647,00	R\$ 5.647,00	R\$ 5.647,00	R\$ 5.647,00	
3. MARGEM DE CONTRIBUIÇÃO	-R\$	7.735,98	R\$ 25.801,71	R\$ 24.919,37	R\$ 31.898,80	R\$ 15.350,34	R\$ 21.098,39	R\$ 26.023,00	R\$ 29.418,54	R\$ 26.759,43	R\$ 26.759,43	
5. CUSTOS E DESPESAS FIXAS (exceto depreciação)	R\$	90,60	R\$ 123,38	R\$ 123,38	R\$ 123,38	R\$ 123,38	R\$ 123,38	R\$ 123,38	R\$ 123,38	R\$ 123,38	R\$ 123,38	
5.1 Imposto Territorial Rural - ITR	R\$	4,50	R\$ 4,50	R\$ 4,50	R\$ 4,50	R\$ 4,50	R\$ 4,50	R\$ 4,50	R\$ 4,50	R\$ 4,50	R\$ 4,50	
5.2 Contribuição Sindical Rural - CSR	R\$	82,50	R\$ 82,50	R\$ 82,50	R\$ 82,50	R\$ 82,50	R\$ 82,50	R\$ 82,50	R\$ 82,50	R\$ 82,50	R\$ 82,50	
5.3 Certificado de Cadastro do Imóvel Rural - CCIR	R\$	3,60	R\$ 3,60	R\$ 3,60	R\$ 3,60	R\$ 3,60	R\$ 3,60	R\$ 3,60	R\$ 3,60	R\$ 3,60	R\$ 3,60	
5.4 Manutenção e reposição			R\$ 32,78	R\$ 32,78	R\$ 32,78	R\$ 32,78	R\$ 32,78	R\$ 32,78	R\$ 32,78	R\$ 32,78	R\$ 32,78	
5.5 Depreciação			R\$ 194,61	R\$ 194,61	R\$ 194,61	R\$ 194,61	R\$ 194,61	R\$ 194,61	R\$ 194,61	R\$ 194,61	R\$ 194,61	
6. LUCRO ANTES DOS JUROS E IR	-R\$	7.826,58	R\$ 25.483,72	R\$ 24.601,38	R\$ 31.580,81	R\$ 15.032,35	R\$ 20.780,40	R\$ 25.705,01	R\$ 29.100,55	R\$ 26.441,44	R\$ 26.441,44	
6.1 IR (%)	R\$	-	R\$ 197,70	R\$ 131,52	R\$ 654,98	R\$ -	R\$ -	R\$ 214,30	R\$ 468,96	R\$ 269,53	R\$ 269,53	
7. LUCRO OPERACIONAL LÍQUIDO	-R\$	7.826,58	R\$ 25.286,02	R\$ 24.469,85	R\$ 30.925,83	R\$ 15.032,35	R\$ 20.780,40	R\$ 25.490,71	R\$ 28.631,58	R\$ 26.171,92	R\$ 26.171,92	
7.1 Depreciação			R\$ 194,61	R\$ 194,61	R\$ 194,61	R\$ 194,61	R\$ 194,61	R\$ 194,61	R\$ 194,61	R\$ 194,61	R\$ 194,61	
8. (FCO) FLUXO DE CAIXA OPERACIONAL	-R\$	7.826,58	R\$ 25.480,63	R\$ 24.664,46	R\$ 31.120,44	R\$ 15.226,96	R\$ 20.975,01	R\$ 25.685,32	R\$ 28.826,19	R\$ 26.366,53	R\$ 26.366,53	
9. INVESTIMENTOS FIXOS	R\$	15.000,00	R\$ 1.638,86						R\$ 81,94	R\$ 1.638,86		
9.1 Terra	R\$	15.000,00										
9.2 Maquina e equipamento			R\$ 1.638,86						R\$ 81,94	R\$ 1.638,86		
10. INVESTIMENTOS CIRCULANTES	R\$	13.106,41										
11. (FCL) FLUXO DE CAIXA LIVRE	-R\$	28.106,41	-R\$ 7.826,58	R\$ 23.841,77	R\$ 24.664,46	R\$ 31.120,44	R\$ 15.226,96	R\$ 20.975,01	R\$ 25.685,32	R\$ 28.908,13	R\$ 24.727,67	R\$ 26.366,53
12. Amortização de juros do financiamento bancário (PRONAF)	R\$	692,56	R\$ 692,56	R\$ 692,56	R\$ 692,56	R\$ 692,56	R\$ 692,56	R\$ 692,56	R\$ 692,56	R\$ 692,56	R\$ 692,56	
13. FLUXO DE CAIXA DO PRODUTOR	-R\$	28.106,41	-R\$ 8.519,14	R\$ 23.149,21	R\$ 23.971,90	R\$ 30.427,87	R\$ 14.534,40	R\$ 20.282,45	R\$ 24.992,76	R\$ 28.215,57	R\$ 24.035,10	R\$ 25.673,96

	Ano 11	Ano 12	Ano 13	Ano 14	Ano 15	Ano 16	Ano 17	Ano 18	Ano 19	Ano 20
1. RECEITAS	R\$ 41.397,87	R\$ 41.397,87	R\$ 35.852,47	R\$ 38.192,47	R\$ 38.582,47	R\$ 38.972,47	R\$ 38.972,47	R\$ 38.972,47	R\$ 36.229,48	R\$ 36.229,48
1.1 Tributos sobre a receita	R\$ 952,15	R\$ 952,15	R\$ 824,61	R\$ 878,43	R\$ 887,40	R\$ 896,37	R\$ 896,37	R\$ 896,37	R\$ 833,28	R\$ 833,28
2. CUSTOS E DESPESAS VARIÁVEIS	R\$ 11.107,00	R\$ 11.107,00	R\$ 11.423,25	R\$ 11.553,25	R\$ 11.003,25	R\$ 11.003,25	R\$ 11.003,25	R\$ 11.003,25	R\$ 11.003,25	R\$ 11.003,25
2.1 Maquinário-preparo do solo	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -
2.2 Mão de obra	R\$ 5.460,00	R\$ 5.460,00	R\$ 5.670,00	R\$ 5.250,00	R\$ 5.250,00	R\$ 5.250,00	R\$ 5.250,00	R\$ 5.250,00	R\$ 5.250,00	R\$ 5.250,00
2.3 Insumos	R\$ 5.647,00	R\$ 5.647,00	R\$ 5.753,25	R\$ 6.303,25	R\$ 5.753,25	R\$ 5.753,25	R\$ 5.753,25	R\$ 5.753,25	R\$ 5.753,25	R\$ 5.753,25
3. MARGEM DE CONTRIBUIÇÃO	R\$ 29.338,71	R\$ 29.338,71	R\$ 23.604,61	R\$ 25.760,79	R\$ 26.691,82	R\$ 27.072,85	R\$ 27.072,85	R\$ 27.072,85	R\$ 24.392,95	R\$ 24.392,95
5. CUSTOS E DESPESAS FIXAS (exceto depreciação)	R\$ 123,38	R\$ 123,38	R\$ 123,38	R\$ 123,38	R\$ 123,38	R\$ 123,38	R\$ 123,38	R\$ 123,38	R\$ 123,38	R\$ 123,38
5.1 Imposto Territorial Rural - ITR	R\$ 4,50	R\$ 4,50	R\$ 4,50	R\$ 4,50	R\$ 4,50	R\$ 4,50	R\$ 4,50	R\$ 4,50	R\$ 4,50	R\$ 4,50
5.2 Contribuição Sindical Rural - CSR	R\$ 82,50	R\$ 82,50	R\$ 82,50	R\$ 82,50	R\$ 82,50	R\$ 82,50	R\$ 82,50	R\$ 82,50	R\$ 82,50	R\$ 82,50
5.3 Certificado de Cadastro do Imóvel Rural - CCIR	R\$ 3,60	R\$ 3,60	R\$ 3,60	R\$ 3,60	R\$ 3,60	R\$ 3,60	R\$ 3,60	R\$ 3,60	R\$ 3,60	R\$ 3,60
5.4 Manutenção e reposição	R\$ 32,78	R\$ 32,78	R\$ 32,78	R\$ 32,78	R\$ 32,78	R\$ 32,78	R\$ 32,78	R\$ 32,78	R\$ 32,78	R\$ 32,78
5.5 Depreciação	R\$ 194,61	R\$ 194,61	R\$ 194,61	R\$ 194,61	R\$ 194,61	R\$ 194,61	R\$ 194,61	R\$ 194,61	R\$ 194,61	R\$ 194,61
6. LUCRO ANTES DOS JUROS E IR	R\$ 29.020,72	R\$ 29.020,72	R\$ 23.286,62	R\$ 25.442,80	R\$ 26.373,83	R\$ 26.754,86	R\$ 26.754,86	R\$ 26.754,86	R\$ 24.074,96	R\$ 24.074,96
6.1 IR (%)	R\$ 462,97	R\$ 462,97	R\$ 32,92	R\$ 194,63	R\$ 264,46	R\$ 293,03	R\$ 293,03	R\$ 293,03	R\$ 92,04	R\$ 92,04
7. LUCRO OPERACIONAL LÍQUIDO	R\$ 28.557,75	R\$ 28.557,75	R\$ 23.253,70	R\$ 25.248,17	R\$ 26.109,37	R\$ 26.461,82	R\$ 26.461,82	R\$ 26.461,82	R\$ 23.982,92	R\$ 23.982,92
7.1 Depreciação	R\$ 194,61	R\$ 194,61	R\$ 194,61	R\$ 194,61	R\$ 194,61	R\$ 194,61	R\$ 194,61	R\$ 194,61	R\$ 194,61	R\$ 194,61
8. (FCO) FLUXO DE CAIXA OPERACIONAL	R\$ 28.752,36	R\$ 28.752,36	R\$ 23.448,31	R\$ 25.442,78	R\$ 26.303,98	R\$ 26.656,43	R\$ 26.656,43	R\$ 26.656,43	R\$ 24.177,53	R\$ 24.177,53
9. INVESTIMENTOS FIXOS						R\$ 81,94				R\$ 15.000,00
9.1 Terra										
9.2 Máquina e equipamento						R\$ 81,94				
10. INVESTIMENTOS CIRCULANTES										R\$ 13.106,41
11. (FCL) FLUXO DE CAIXA LIVRE	R\$ 28.752,36	R\$ 28.752,36	R\$ 23.448,31	R\$ 25.442,78	R\$ 26.303,98	R\$ 26.738,37	R\$ 26.656,43	R\$ 26.656,43	R\$ 24.177,53	R\$ 52.283,94
12. Amortização de juros do financiamento bancário (PRONAF)	R\$ 692,56	R\$ 692,56	R\$ 4.155,37	R\$ 4.068,80	R\$ 3.982,23	R\$ 3.895,66	R\$ 3.809,09	R\$ 3.722,52	R\$ 3.635,95	R\$ 3.549,38
13. FLUXO DE CAIXA DO PRODUTOR	R\$ 28.059,80	R\$ 28.059,80	R\$ 19.292,94	R\$ 21.373,98	R\$ 22.321,75	R\$ 22.842,72	R\$ 22.847,35	R\$ 22.933,92	R\$ 20.541,58	R\$ 48.734,56

Figura 9. Fluxo de caixa livre do produtor.

APÊNDICE D

Roteiro da entrevista

1. Em que ano o SAF foi criado?
2. O que foi plantado em cada ano?
3. Como foi feito o preparo da área:
 - () limpeza da área
 - () roçagem
 - () aração
 - () gradagem
 Qual maquinário utilizou?
4. Utilizou corretivos no solo?
 - () calcário Quantidade:
 - () gesso Quantidade:
 - () outros Quantidade:
5. Como foi feito a marcação das covas?
 - () máquinas Qual? Quantas horas foram gastas?
 - () manual Quantas pessoas? Quantos dias?
6. Quem realizou o plantio das mudas?
 - () proprietário do lote
 - () terceiros
7. Aplicou fertilizantes?
 - () sim Quantidade? Fórmula?
 - () não
8. Utilizou adubo?
 - Qual? Quantidade? Durante quanto tempo?
9. Aplicou herbicida?
 - Qual? Quantidade? Durante quanto tempo?
10. Aplicou inseticida?
 - Qual? Quantidade? Durante quanto tempo?
11. Faz podas de manutenção? Quantas vezes ao ano? Em quais anos fez as podas? Manual ou mecanizada?
12. As mudas foram compradas? Qual transporte foi utilizado? Onde foram compradas?
13. Fez irrigação?
 - () sim Quantidade?
 - () não

14. O SAF é consorciado com culturas temporárias? Quais? Em que ano?
15. Possui a criação de animais? Quais?
16. Faz retirada de madeira? Em que ano? Transporte?
17. Faz colheita de frutos? Quais frutos? Períodos?
18. Colheita de grãos? Quantos hectares?
19. Onde os produtos são comercializados? Distância da propriedade? Quantas vezes na semana?

APÊNDICE E

Tabela 7. Espécies arbóreas nativas indicadas para compor sistemas agroflorestais biodiversos na região Sudoeste de Mato Grosso do Sul, Brasil, em fitofisionomias de Floresta Estacional Decidual, para Áreas de Reserva Legal. (Continua)

Família	Espécie	Nome popular	CS	SD	Dec
	<i>Astronium graveolens</i> Jacq.	guarita	ST	An	D
ANACARDIACEAE	<i>Myracrodruon urundeuva</i> Allemão	aroeira	ST	An	D
	<i>Tapirira guianensis</i> Aubl.	peito-de-pombo	PI	Zo	D
APOCYNACEAE	<i>Aspidosperma cylindrocarpon</i> Müll. Arg.	peroba	ST	An	NC
ARALIACEAE	<i>Dendropanax cuneatus</i> (DC.) Decne. & Planch.	maria-mole	SI	Zo	P
ARECAEAE	<i>Attalea phalerata</i> Mart. ex Spreng.	bacuri	SI	Zo	P
	<i>Syagrus romanzoffiana</i> (Cham.) Glassman	pindó	SI	Zo	P
	<i>Handroanthus impetiginosus</i> (Mart. ex DC.) Mattos	ipê roxo	ST	An	D
BIGNONIACEAE	<i>Handroanthus ochraceus</i> (Cham.) Mattos	ipê amarelo	SI	An	D
	<i>Tabebuia roseoalba</i> (Ridl.) Sandwith	ipê branco	SI	An	D
BORAGINACEAE	<i>Cordia americana</i> (L.) Gottschling & J.S.Mill.	guajuvira	ST	An	D
	<i>Cordia trichotoma</i> (Vell.) Arráb. ex Steud.	louro-pardo	SI	An/Zo	D
COMBRETACEAE	<i>Terminalia argentea</i> Mart.	capitão	SI	An	NC
	<i>Croton urucurana</i>	sangra-d'água	PI	Au	P
EUPHORBIACEAE	<i>Pleradenophora membranifolia</i> (Müll. Arg.) Esser & A.L. Melo	sarandi	PI	Au	NC
	<i>Anadenanthera colubrina</i> (Vell.) Brenan	angico	SI	An/Au	D
	<i>Copaifera langsdorffii</i> Desf.	copaíba	ST	Zo	D
	<i>Dipteryx alata</i> Vogel	baru, cumbaru	SI	Au/Zo	P
FABACEAE	<i>Guibourtia hymenaeifolia</i> (Moric.) J. Léonard	jatobá-mirim	ST	Zo	S
	<i>Holocalyx balansae</i> Micheli	alecrim	ST	Zo	D
	<i>Hymenaea courbaril</i> L.	jatobá	ST	Au/Zo	P
	<i>Inga vera</i> Willd.	ingá	SI	Zo	P
	<i>Peltophorum dubium</i> (Spreng.) Taub.	canafístula	SI	Au/Zo	D
LECYTHIDACEAE	<i>Cariniana legalis</i> (Mart.) Kuntze	jequitibá-rosa	ST	An	P
LYTHRACEAE	<i>Lafoensia pacari</i> A. St.-Hil.	pacari	ST	An/Au	NC
MALPIGHIACEAE	<i>Byrsonima coccolobifolia</i> Kunth	murici-rosa	PI	Zo	S
MALVACEAE	<i>Guazuma ulmifolia</i> Lam.	cabeça-de-negro	PI	Au/Zo	D
	<i>Luehea paniculata</i> Mart. & Zucc.	açoita-cavalo	SI	An/Au	D
MELIACEAE	<i>Cedrela fissilis</i> Vell.	cedro-rosa	SI	An/Au	D

	<i>Trichilia pallida</i> Sw.	catiguá	ST	Zo	S
	<i>Trichilia sylvatica</i> C.DC.	catiguá-branco	ST	Zo	D
MORACEAE	<i>Ficus guaranitica</i> Chodat	figueira-branca	SI	Zo	NC
	<i>Maclura tinctoria</i> (L.) D.Donex Steud.	amora-branca	SI	Zo	D
	<i>Eugenia florida</i> DC.	guamirim	ST	Zo	P
	<i>Eugenia myrcianthes</i> Nied.	uvaia	ST	Zo	NC
	<i>Psidium sartorianum</i> (O.Berg) Nied.	cambuí	SI	Zo	NC
NYCTAGINACEAE	<i>Guapira areolata</i> (Heimerl) Lundell	maria-mole	SI	Zo	S
PRIMULACEAE	<i>Myrsine umbellata</i> Mart.	capororoca	SI	Zo	P
RAMNACEAE	<i>Rhamnidium elaeocarpum</i> Reissek	cabriteiro	PI	Zo	D
	<i>Calycophyllum multiflorum</i> Griseb.	castelo	SI	An/Au	P
RUBIACEAE	<i>Cordia sessilis</i> (Vell.) Kuntze	marmelo	SI	Zo	P
	<i>Genipa americana</i> L.	jenipapo	SI	Zo	SD
RUTACEAE	<i>Balfourodendron riedelianum</i> (Engl.) Engl.	pau-marfim	ST	An/Zo	NC
SALICACEAE	<i>Casearia sylvestris</i> Sw.	guaçatonga	PI	Zo	P
	<i>Averrhoidium paraguayense</i> Radlk.	maria-preta	SI	Zo	NC
SAPINDACEAE	<i>Magonia pubescens</i> A.St.-Hil.	timbó	SI	An	D
	<i>Talisia esculenta</i> (Cambess.) Radlk.	pitomba	ST	Zo	P
SAPOTACEAE	<i>Chrysophyllum gonocarpum</i> (Mart. & Eichler ex Miq.) Engl.	aguaí	ST	Zo	P
URTICACEAE	<i>Cecropia pachystachya</i> Trécul	embaúba	PI	Zo	P
VOLCHISACEAE	<i>Qualea grandiflora</i> Mart.	pau-terra-grande	SI	An	S

Legenda: Classes sucessionais: PI = pioneira; SI = secundária inicial; ST = secundária tardia; Síndromes de dispersão: An = anemocórica; Au = autocórica; Zo = zoocórica; Deciduidade: D = decídua; S = semidecídua; P = perene. NC = não classificada.