



**UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO CARLOS
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM
AGROECOLOGIA E DESENVOLVIMENTO RURAL**

**AVALIAÇÃO DE SISTEMAS AGROFLORESTAIS UTILIZANDO
INDICADORES AGROECOLÓGICOS DE SUSTENTABILIDADE**

MAELI OLIVEIRA DA TRINDADE

Araras

2022



**UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO CARLOS
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM
AGROECOLOGIA E DESENVOLVIMENTO RURAL**

**AVALIAÇÃO DE SISTEMAS AGROFLORESTAIS UTILIZANDO
INDICADORES AGROECOLÓGICOS DE SUSTENTABILIDADE**

MAELI OLIVEIRA DA TRINDADE

ORIENTADOR: PROF. DR. FERNANDO SILVEIRA FRANCO

COORIENTADOR: PROF. DR. VICTOR AUGUSTO FORTI

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Agroecologia e Desenvolvimento Rural como requisito parcial à obtenção do título de **MESTRE EM AGROECOLOGIA E DESENVOLVIMENTO RURAL**

Araras

2022

Oliveira da Trindade, Maeli

Avaliação de sistemas agroflorestais, utilizando indicadores agroecológicos de sustentabilidade / Maeli Oliveira da Trindade -- 2022.
65f.

Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal de São Carlos, campus Araras, Araras

Orientador (a): Fernando Silveira Franco

Banca Examinadora: Renata Evangelista de Oliveira,
Clovis José Fernandes de Oliveira Junior

Bibliografia

1. Sistemas agroflorestais. 2. Indicadores. 3. Agroecologia. I. Oliveira da Trindade, Maeli. II. Título.

Ficha catalográfica desenvolvida pela Secretaria Geral de Informática
(SIn)

DADOS FORNECIDOS PELO AUTOR

Bibliotecário responsável: Maria Helena Sachi do Amaral - CRB/8
7083



UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO CARLOS

Centro de Ciências Agrárias
Programa de Pós-Graduação em Agroecologia e Desenvolvimento Rural

Folha de Aprovação

Defesa de Dissertação de Mestrado da candidata Maeli Oliveira da Trindade, realizada em 29/08/2022.

Comissão Julgadora:

Prof. Dr. Fernando Silveira Franco (UFSCar)

Prof. Dr. Clovis José Fernandes de Oliveira Junior (IPA)

Profa. Dra. Renata Evangelista de Oliveira (UFSCar)

O Relatório de Defesa assinado pelos membros da Comissão Julgadora encontra-se arquivado junto ao Programa de Pós-Graduação em Agroecologia e Desenvolvimento Rural.

AGRADECIMENTOS

Ao meu querido pai Saturnino (*in memoriam*), por toda força e amor que me proporcionou, por todo o seu trabalho e dedicação incansável à família durante a sua vida.

A minha mãe Maria, que sempre foi a maior apoiadora para que nunca deixássemos de estudar e que agora mesmo distante sempre me dá os melhores conselhos.

A minha irmã Gesiane, por ser esse exemplo de força e amor, sempre um ótimo ouvido e o principal apoio financeiro no início dessa jornada, mesmo distante sempre na torcida para o meu sucesso.

A minha irmã Giseli pela amizade, conselhos e força que sempre me deu.

Ao amor da minha vida, meu esposo Lucas Pedro, companheiro de todas as desventuras e conquistas nesse caminhar, meu melhor amigo, que não me deixa fraquejar nem por um minuto, que segurou minha mão e secou minhas tantas lágrimas quando achei que não fosse conseguir.

Aos meus queridos sogros Sandra e Márcio, que nunca pestanejaram quando precisei de qualquer tipo de ajuda, sou grata por todo esse imenso amor. Ao meu querido amigo do coração, Marcos, por todo apoio e carinho de sempre.

Ao meu orientador, Fernando, pela paciência, conselhos e motivação, a qual viabilizou a conclusão deste trabalho.

Ao seu Carlão por me ceder o seu sítio para estudo, sempre com muita simpatia e boa vontade.

Ao meu Co-Orientador, Victor, por sempre me encaminhar para o verdadeiro caminho da pesquisa. A Josi, que me auxiliou com uma estatística impecável, enriquecendo este estudo.

A todas as amizades que o programa me deu Cande, Jessica, Natalia, Maicon, Marcelo, obrigada pelas boas conversas e apoio de sempre. A minha querida amiga Manu, que esteve ao meu lado quando mais precisei com palavras que aqueceram meu coração em todo tempo.

A todos os professores e professoras do PPGADR por todos os conhecimentos À Universidade Federal de São Carlos – UFSCar, por todo o apoio acadêmico dado pela coordenadora Anastácia e a técnica Cristina, sempre dispostas a nos atender e ajudar quando necessário.

À CAPES, pelo apoio financeiro ao PPGADR.

Dedico este trabalho
A meu pai (in memorian), que foi
Na maior parte da vida, um agricultor
Meu grande exemplo de conexão
Com a terra, animais e as árvores
Mesmo vivendo na cidade,
Sempre teve o campo em seu coração.

SUMÁRIO

	Página
ÍNDICE DE TABELAS	i
ÍNDICE DE FIGURAS	ii
RESUMO.....	iii
ABSTRACT.....	iv
1 INTRODUÇÃO	01
2 OBJETIVOS	05
3 REVISÃO DA LITERATURA.....	06
3.1 - Agroecologia, um caminho para a sustentabilidade.....	06
3.2 - Sistemas Agroflorestais e Agricultura familiar.....	09
3.3 - Os Sistemas Agroflorestais e Serviços Ecosistêmicos (SEs).....	12
3.4 - A função dos indicadores na avaliação da sustentabilidade.....	15
3 MATERIAIS E MÉTODOS	16
3.1 - Caracterização da área de estudo.....	16
3.2 - Histórico da área.....	16
3.3 - Amostragem.....	17
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO	25
5 CONCLUSÕES	40
6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	41

ÍNDICE DE TABELAS

	Pag.
Tabela 1. Protocolo composto por indicadores relacionadas a funcionalidade ecológica.....	20
Tabela 2. Resultado das pontuações dos indicadores	15
Tabela 3. Teste de médias para os 19 indicadores.....	32
Tabela 4. Composições florísticas das áreas de estudo.....	28
Tabela 5 – Análise do Componentes Principais.....	36

ÍNDICE DE FIGURAS

	Pag.
Figura 1. Diferenças estruturais e funcionais importante entre ecossistemas naturais e agroecossistemas.....	10
Figura 2. Localização do estudo, sítio São João no município de Sorocaba.....	16
Figura 3. Area de implementação do sistema agroflorestal já coberto por adubação verde no ano de 2016.....	18
Figura 4. Distribuição das parcelas nas áreas de estudo.....	19
Figura 5. Medições do CAP sendo realizadas com fita métrica e a H com o auxílio do aplicativo clinômetro florestal.....	24
Figura 6. Quadro usado para os indicadores de serapilheira, herbáceas e gramíneas.....	25
Figura 7. Atividade de microrganismos e o teor de matéria orgânica.....	25
Figura 8. Infiltração da água no solo.....	27
Figura 9. Incidência de herbivoria.....	27
Figura 10. Pontuações da Diversidade de Espécies (DE).....	28
Figura 11. Pontuações da Diversidade Funcional (DF).....	30
Figura 12. Funções ecológicas por área de estudo.....	30
Figura 13. Pontuações do Desenvolvimento.....	31
Figura 14. Pontuações do Controle e Manejo (CM).....	32
Figura 15. Pontuações da Proteção do solo e ciclagem de nutrientes.....	34

AVALIAÇÃO DE SISTEMAS AGROFLORESTAIS UTILIZANDO INDICADORES AGROECOLÓGICOS DE SUSTENTABILIDADE.

Autor: MAELI OLIVEIRA DA TRINDADE

Orientador: PROF. DR. FERNANDO SILVEIRA FRANCO

Coorientador: PROF. DR. VICTOR AUGUSTO FORTI

RESUMO

Os Sistemas Agroflorestais (SAFs) são recomendados por contribuírem para que uma área se aproxime da sua paisagem inicial, haja visto que eles contribuem para a conservação da biodiversidade e devolvem a provisão de serviços ecossistêmicos. O objetivo deste estudo foi avaliar, através da aplicação de um conjunto de indicadores ecológicos de sustentabilidade, se os sistemas agroflorestais implantados para restauração e produção agroecológica nas áreas do Sítio São João, promoveram o retorno das funções ecológicas do ecossistema local. Para isso, foi adaptado e aplicado um protocolo com indicadores ecológicos, em dois Sistemas Agroflorestais e uma mata ciliar adjacente, afim de relacionar à funcionalidade ecológica destes que por sua vez está associada ao retorno e manutenção de processos ecológicos proporcionados pela: diversidade de espécies, diversidade funcional, desenvolvimento dos indivíduos, controle e manejo do sistema e proteção do solo e ciclagem de nutrientes, agrobiodiversidade, aspecto socioeconômicos e satisfação. Os dois SAFs se destacaram positivamente em pelo menos um descritor da funcionalidade ecológica. Os SAFs somaram em média de 37 pontos, ou seja, recuperaram em média o correspondente a 64,95% da funcionalidade ecológica em relação aos cenários positivos e referenciais, variando entre 66,7% e 63,2%, para os SAFs 1 e 2. O SAF1 apresentou um melhor funcionamento e uma das explicações é a caracterização de cada área, onde o SAF1 se mostrou mais biodiverso comparado ao SAF2. Isso pode ser explicado pelo tipo de manejo realizado em cada área, bem como a escolha das espécies e as funções por elas geradas.

Palavras-chave: agroecologia, serviços ecossistêmicos, fitossociologia, SAF.

ASSESSMENT OF AGROFORESTRY SYSTEMS USING AGROECOLOGICAL SUSTAINABILITY INDICATORS.

Author: MAELI OLIVEIRA DA TRINDADE

Adviser: PROF. DR. FERNANDO SILVEIRA FRANCO

Co-adviser: PROF. DR. VICTOR AUGUSTO FORTI

ABSTRACT

Agroforestry Systems (SAFs) are recommended because they contribute to an area returning to its initial landscape, given that they contribute to the conservation of biodiversity and restore the provision of ecosystem services. The objective of this study was to evaluate, through the application of a set of ecological indicators of sustainability, if the agroforestry systems implemented for restoration and agroecological production in the areas of Sítio São João, promoted the return of the ecological functions of the local ecosystem. For this, a protocol with ecological indicators was adapted and applied in two Agroforestry Systems and an adjacent riparian forest, in order to relate to their ecological functionality, which in turn is associated with the return and maintenance of ecological processes provided by: species diversity, functional diversity, development of individuals, system control and management and soil protection and nutrient cycling, agrobiodiversity, socioeconomic aspects and satisfaction. The two SAFs stood out positively in at least one ecological functionality descriptor. The SAFs added an average of 37 points, that is, they recovered on average the corresponding to 64.95% of the ecological functionality in relation to the positive and referential scenarios, ranging between 66.7% and 63.2%, for the SAFs 1 and 2. SAF1 showed better functioning and one of the explanations is the characterization of each area, where SAF1 was more biodiverse compared to SAF2. This can be explained by the type of management I carry out in each area, as well as the choice of species and the functions generated by them.

Keywords: agroecology, ecosystem services, phytosociology, SAF.

1 INTRODUÇÃO

O domínio da agricultura passou a ser um dos principais motivos para o surgimento das sociedades históricas, tornando-se decisivo na mudança do comportamento humano (MAZOYER e ROUDART, 2010). No contexto dos modos de produção da sociedade brasileira, é possível identificar as várias transformações que houve na produção agrícola, chegando ao processo de modernização e Revolução Verde com a intensificação da agricultura convencional (CONTI et al., 2021).

Segundo a EMBRAPA (2018), à medida que esses processos foram se consolidando, o Brasil foi se tornando um grande *player*, gerando por um lado o crescimento econômico e, por outro, riscos potenciais ao meio ambiente.

Em suma o desenvolvimento da agricultura no Brasil vem sendo baseados em grandes monocultivos e no uso intensivo de agroquímicos, as monoculturas têm aumentado dramaticamente em todo o mundo, principalmente através da expansão geográfica de terra dedicada a esse tipo de cultura e da produção do ano-a-ano das mesmas espécies de culturas na mesma terra (NEDER e COSTA, 2014).

Para Santos (2014), diversos são os problemas atribuídos ao modelo de produção convencional e este modelo afetou os atores da produção de formas distintas. Para agricultores familiares observou-se maior risco econômico, substituição da mão de obra empregada pela mecanização, elevação do êxodo rural, com os novos custos na produção inviabilizando a manutenção do pequeno produtor em sua área (SANTOS, 2014).

No que se refere as consequências ambientais, os sistemas agroindustriais mostram-se sempre com baixa ou nenhuma sustentabilidade (ALTIERI, 2012). Pois como consequência tem-se as transformações das paisagens, a destruição de florestas, erosão, decorrente assoreamento de cursos d'água, a perda da fertilidade dos solos e da agrobiodiversidade e biodiversidade da flora bem como também da fauna.

Inclusive, Silva (2022) cita que o impacto na biodiversidade representa um dos principais efeitos da má prática agrícola, com consequências, inclusive, para o surgimento e a difusão de patologias humanas. A 'causa última' da sequência de pandemias globais de origem zoonótica, como a Covid-19, pode ser atribuída a este fator, como o fez o autor Worster (2020).

Com a crescente observância na ineficiência do modelo de produção convencional, há a necessidade de outros estilos de vida de consumo e de produção, capazes de assegurar a preservação da base de recursos naturais da qual dependemos e da qual dependerão as futuras gerações (CAPORAL, 2004). Atualmente, as crises social e ambiental, que se entende como indissociáveis, motivam grupos de pessoas a organizarem-se em torno de alternativas de vida e de trabalho sob bases ecológicas (TRES et al, 2022),

Haja vista a necessidade de realizar uma reflexão de que os recursos naturais são limitados e finitos e se seu uso não for racional, causará graves impactos a natureza e inviabilizará o desenvolvimento rural sustentável (MARCHIORI et al., 2017).

Nesse contexto, a agroecologia se manifesta como uma ciência, que tem por objetivo o desenvolvimento de sistemas de agricultura viáveis do ponto de

vista ambiental, social, econômico e produtivo, em que se utiliza tanto dos conhecimentos tradicionais, muito deles milenares, quanto daqueles oriundos da ciência moderna (GOMES et al., 2016) que também pode ser definida como:

o manejo ecológico dos recursos naturais através de formas de ação social coletiva, que representem alternativas ao atual modelo de manejo industrial dos recursos naturais, mediante propostas surgidas de seu potencial endógeno. Tais propostas pretendem um desenvolvimento participativo desde a produção até a circulação alternativa de seus produtos agrícolas, estabelecendo formas de produção e consumo que contribuam para encarar a atual crise ecológica e social, (GUZMÁN, 2001, p.11)

E dentro dessa conjuntura o Sistema Agroflorestal (SAF) se apresenta como uma ferramenta fundamental no processo de transição para agroecologia, pois tende a ter um padrão de desenvolvimento sustentável, não apenas em relação ao meio ambiente, mas também sob os pontos de vista econômico e social (PALUDO e COSTABEBER, 2012).

Dentre alguns dos conceitos mais aceitos aos SAFs, é que este é um sistema baseado no consórcio simultâneo ou em sequência de culturas agrícolas e/ou de animais com elementos florestais, nos quais explora-se as vantagens do aumento da diversidade e do processo de sucessão, obtendo benefícios das interações entre os diferentes componentes do sistema (GLIESSMAN, 2009; ALTIERI, 2009).

A diversidade dos ecossistemas que os SAFs proporcionam, acabam por acelerar a recuperação pela função que cada espécie exerce no sistema (KAGEYAMA et al., 2003), logo, os SAFs têm um potencial muito grande para recuperação de áreas degradadas.

A restauração ecológica é definida como uma atividade intencional que inicia ou acelera a recuperação de um ecossistema em relação a sua saúde, integridade e sustentabilidade (SER, 2004). A Saúde Ecológica está relacionada a resiliência ao estresse e habilidade para manter sua organização e autonomia ao longo do tempo (SARDO, 2021). Contudo, o processo de restauração ecológica de ecossistemas degradados tem exigido, cada vez mais, o planejamento prévio, utilizando conceitos e informações que aliem baixo custo e alto retorno social e ambiental (EMBRAPA, 2015).

Franco (2017) ressalta que o sucesso da recuperação dos processos ecológicos em agroflorestas vai variar dos diversos fatores relacionados à saúde ambiental, como: o manejo realizado, o estado de conservação do solo e a condução do agroecossistema, as condições socioeconômicas existentes. A função do manejo agroflorestal é acelerar o processo regenerativo, visando permitir que os indivíduos animais e vegetais ocupem o ambiente e contribuam para a restauração ecológica, ao mesmo tempo em que o ecossistema possa produzir alimentos e outros produtos (AMADOR, 2003).

Para que haja um planejamento e estabelecimento de sistemas de manejo com produção sustentável, é necessário que haja o conhecimento da composição florística e da estrutura do sistema (SOUZA et. al, 2006). Pois é a partir da seleção das espécies por exemplo, e que se deve dar preferência a espécies que gerem atributos que restabeleçam a funcionalidade ao ecossistema que está sendo restaurado, assegurando o retorno da estabilidade

da comunidade, considerado um dos objetivos centrais da restauração ecológica (ENGEL e PARROTA, 2003; SER, 2004).

É importante salientar que o grau com que os SAFs podem contribuir aos esforços da restauração bem como a conservação da biodiversidade, depende de fatores como: a diversidade florística e a estrutura, intensidade do manejo; sua permanência na paisagem e localização estratégica na paisagem (JOSE, 2012). Sendo os SAFs um conjunto de tipos de estruturas de produção capazes de comportar maior biodiversidade que os agroecossistemas convencionais e oferecer serviços ecossistêmicos, precisam ser otimizados a partir do correto manejo (VASCONCELLOS e BELTRÃO (2018).

Compreendendo que a dinâmica de um ecossistema está relacionada ao restabelecimento dos processos e funções ecológicas, os SAFs proporcionam a recriação das condições presentes nos ambientes naturais, promovendo a oferta dos principais Serviços Ecossistêmicos (SEs) presentes em sistemas não antropizados (VASCONCELLOS, 2017).

As funções ecológicas geram estes SEs, ou seja, uma função se transforma em SEs quando ela representa um potencial de ser utilizado para fins humanos (HUETING et al., 1998). Os SEs podem ser considerados como àqueles benefícios diretos e indiretos que os ecossistemas oferecem à humanidade, como por exemplo, a provisão de alimentos e outros recursos naturais, a regulação climática, a formação de solo e a geração de renda (VASCONCELLOS, 2017).

Segundo a Avaliação do Milênio (MEA, 2003), os SEs podem ser classificados em Serviços de Provisão (Abastecimento); Regulação; Culturais e de Suporte. Devido à complexidade das inter-relações dos fatores bióticos em um ambiente, a prestação de SEs em um SAF pode ser afetada pelo modelo e manejo implementado. Avaliar a produção de SEs em SAFs, principalmente os relacionados a como diferentes tipos de manejo interferem nesses processos, é fundamental para tornar essa forma de produção mais atrativa (SILVA, 2021).

Um dos questionamentos é se o SAF é capaz de atender e ofertar a parâmetros ecológicos similares aos proporcionados pelo plantio de espécies exclusivamente nativas e o quanto o manejo influencia nessa devolutiva ecológica ao meio. O funcionamento de um ecossistema pode ser mensurado por indicadores capazes de avaliar como os processos ecológicos estão se estabelecendo (RODRIGUES et al., 2009).

Indicadores de sustentabilidade são ferramentas que permitem realizar uma análise do desempenho de um agroecossistema, demonstrando, a partir de medida do comportamento de atributos expressivos e perceptíveis (HOLLING, 1978), sua eficiência e os problemas em sua condução com informações que possam apoiar o monitoramento e as tomadas de decisão de ações nas unidades produtivas (GLIESSMAN, 2001).

A utilização de indicadores é de extrema importância para o processo de tomadas de decisão e para a condução de políticas públicas, pois bem como diz Van Bellen (2004) e Frainer et al. (2017) pois eles geram a significância própria na representação de um atributo real de um sistema e por facilitar os processos de decisão, podendo corroborar na performance de ações voltadas para a sustentabilidade e/ou o desenvolvimento sustentável.

Como definição de indicadores, tem-se então os atributos sugeridos por Maser et al., (2008) estabilidade (capacidade do sistema de manter o equilíbrio dinâmico estável ao longo do tempo); resiliência (capacidade para regressar ao estado de equilíbrio ou manter seu potencial produtivo, mesmo após distúrbio) e de confiabilidade dos sistemas (capacidade de manter a produtividade em níveis próximos ao seu equilíbrio de longo prazo, relacionado com seu manejo e funcionamento).

Muitas pesquisas estão sendo realizadas na busca pela aplicação de indicadores que melhor cabem dentro das complexidades e diversidade existentes dos agroecossistemas, abordando diversos temas bem como; serapilheira como indicador da recuperação de áreas de preservação permanente (SOUZA et al., 2016); construção participativa de indicadores de sustentabilidade (FOESCH et al., 2020); uso de indicadores para avaliar a qualidade do ambiente edáfico e SEs em diferentes SAFs (SILVA, 2021); indicadores de sustentabilidade como mecanismo de incentivo para atuação de assistência técnica e extensão rural (ATER) (ARAUJO, 2022).

Contudo, o processo de definição e uso dos indicadores de sustentabilidade, sem a presença dos agricultores e agricultoras, impossibilita reconhecer seus objetivos, ideais, grau de satisfação e percepções com relação aos SAFs (FRANCO, 2017), logo, a participação destes se faz imprescindível. Portanto, entende-se então, que os estudos desses indicadores da sustentabilidade em diferentes agroecossistemas, são de grande importância, pois podem ser tidos como um “termômetro”, uma vez que a partir dele pode-se confirmar ou não o reestabelecimento e funcionalidade dos processos ecológicos.

A utilização dos indicadores propostos neste estudo, deve ser uma etapa intermediária no processo de planejamento da sustentabilidade dos SAFs, como forma também de tática de restauração ecológica o qual podem vir a oferecer possibilidades para os agricultores, principalmente no que se refere a compreensão atual do seu agroecossistema. A partir disso, o agricultor terá possibilidades que poderão levá-lo ao caminho da sustentabilidade e quiçá melhorar o cenário ambiental, social e econômico da agricultura familiar.

A necessidade dessa pesquisa surge frente à crescente complexidade dos sistemas manejados e a emergência do conceito de sustentabilidade que lançou novos desafios no rural, especialmente sobre a questão socioambiental.

A fim de contribuir para elucidar esses desafios o objetivo deste estudo foi avaliar, através da aplicação de um conjunto de indicadores de sustentabilidade, se os sistemas agroflorestais implantados para restauração e produção agroecológica em áreas de agricultor familiar, promoveram o retorno das funções ecológicas do ecossistema local. Partindo da hipótese de que uma maior homogeneidade ambiental e o manejo do SAF influencia no progresso do retorno de funções ecológicas e a provisão de serviços ecossistêmicos em áreas antropizadas pela agricultura convencional.

2 OBJETIVOS

Objetivo Geral

Avaliar, através da aplicação de um conjunto de indicadores de sustentabilidade, se os sistemas agroflorestais implantados para restauração e produção agroecológica nas áreas do Sítio São João, promoveram o retorno das funções ecológicas do ecossistema local.

Objetivo específico

- Analisar o desempenho de dois diferentes desenhos agroflorestais em relação às funções ecológicas usando indicadores, em comparação a uma área de mata ciliar adjacente.

3 REVISÃO DA LITERATURA

3.1 - Sustentabilidade, o caminho é a Agroecologia.

Substituindo os sistemas de produção e de relações socioculturais camponesas mais resilientes, a agricultura convencional vem avançando floresta adentro, pela frágil adoção de monocultivos, promovendo assim, a degradação dos recursos naturais (NOBRE, 2017).

E esse padrão de produção utiliza intensamente a mecanização, agrotóxicos, fertilizantes sintéticos e sementes geneticamente modificadas, entretanto, não considera a realidade dos agricultores familiares, o que os deixam vulneráveis diante ao comércio e a aquisição de tecnologias, bem como o desencadear de questões como a insegurança alimentar e o êxodo rural (EL BILALI et al., 2019).

Então o questionamento é; qual seria a ferramenta basilar ideal que ofereça subsídios para fortalecer o meio rural e fortalecer bases de cunho de fato sustentável? Buscando exatidão para o termo sustentável, Götsh (1995) define que a sustentabilidade só será alcançada quando tivermos sistemas parecidos na sua forma, estrutura e dinâmica ao ecossistema natural e original do lugar da intervenção e quando se fizer agricultura sem o uso de máquinas pesadas, sem adubos trazidos de fora do sistema e sem agrotóxicos.

A origem da sustentabilidade está intrinsecamente ligada a demanda por recursos naturais e seu reflexo nos impactos ambientais relatados ao longo da história humana (FEIL et al., 2016), e ela ganhou cada vez mais espaço para discursão com o Relatório de Brundtland, divulgado em 1987 que ajudou a disseminar o ideal de desenvolvimento sustentável para várias partes do planeta (EHLERS, 2008).

O Relatório de Brundtland qualifica o desenvolvimento sustentável como aquele que buscar o bem-estar social e econômico das gerações presentes e futuras em conjunto com a conservação da natureza, que tem por objetivos principais; a) manter os processos ecológicos essenciais e os sistemas naturais vitais necessários à sobrevivência e ao desenvolvimento humano b) preservar a diversidade genética e c) assegurar o aproveitamento sustentável das espécies e dos ecossistemas que constituem a base da vida humana (BARBIERI, 2020).

Para atender as demandas de uso sustentável dos recursos naturais, diversos autores e estudiosos da área contribuem para as discussões acerca de uma determinada forma de produção, a agroecologia. Abordando diferentes áreas, como as aplicações dos conceitos de Ecologia nos Agroecossistemas (ALTIEIRI, 1989; GLEISSMAN, 2009), o Manejo do Solo e Práticas Agrícolas (PRIMAVESI, 1984; PRIMAVESI, 1988), assim como abordagens Sociológicas (SEVILLA GUZMÁN, 2002) e voltadas para às Políticas Públicas e Assistência Técnica e Extensão Rural (CAPORAL e COSTABEBER, 2001).

A partir disso então, a agroecologia tem se mostrado como uma grande matriz integradora desses requisitos sustentáveis. Paludo e Costabeber (2012), pontuam que na perspectiva do Desenvolvimento Rural Sustentável verifica-se a necessidade dessa agricultura que atenda às necessidades socioeconômicas e ambientais a partir da incorporação de princípios agroecológicos.

Quando a agroecologia surgiu no início da década de 1980, foi vista mais frequentemente como uma forma de resistência e uma alternativa às mudanças que o sistema alimentar sofreu como resultado da revolução verde (GLEISSMAN, 2018). Ainda para Gleissman, o foco principal da agroecologia em seus primeiros anos, estava a nível agrícola, os agricultores começaram a trazer diversidade de volta em seus sistemas agrícolas quando se tornou evidente que a pura substituição de insumos não foi suficiente para superar os problemas comuns aos sistemas de monocultura.

A agroecologia tem sido historicamente definida como uma forma de agricultura aplicada a ecologia, preocupado principalmente em lidar com as externalidades ambientais de agricultura moderna através do redesenho e gestão de sistemas agrícolas usando o conhecimento tradicional e ecológico (ALTIERI, 1995; GLIESSMAN, GARCIA e AMADOR 1981). A agroecologia tornou-se uma forma de construir sistemas de mercado baseados em relacionamentos que são equitativo, justo e acessível a todos (GLIESSMAN, 2007). Mais recentemente, a definição de agroecologia é dita por por Gliessman (2018) como:

A integração de pesquisa, educação, ação e mudança que traz sustentabilidade para todas as partes do sistema alimentar: ecológica, econômica e social. É transdisciplinar na medida em que valoriza todas as formas de conhecimento e experiência em sistema alimentar. É participativo na medida em que requer o envolvimento de todas as partes interessadas do meio. E é orientado para a ação, para a prática porque confronta as estruturas de poder econômico e político do atual sistema alimentar industrial com estruturas sociais alternativas e com ação política. p. 599.

A discussão acerca da agroecologia é debatida por diversos autores, contudo, Altieri (1995), referência na temática, já destacava a Agroecologia como a aplicação de conceitos e princípios ecológicos no desenho e manejo de agroecossistemas sustentáveis, sendo este, o agroecossistema a unidade de desenvolvimento das práticas agroecológicas, ou seja, a unidade fundamental de análise.

Para definir a Agroecologia como o estudo holístico dos agroecossistemas, incluindo todos os elementos humanos e ambientais, faz-se necessário compreender o conceito dos agroecossistemas, dando enfoque a dinâmica e às funções de suas inter-relações e os processos envolvidos (ALTIERI, 2002). Para Gliessman (2005), a visão do agroecossistema deve englobar todos os organismos, sejam eles de interesse agropecuário ou não, e considerar as interações nos níveis de população, comunidade e ecossistema, tendo como prioridade a sustentabilidade. O autor define o agroecossistema como:

Um agroecossistema é um local de produção agrícola – uma propriedade agrícola por exemplo – compreendido como micrômetro ecossistema. O conceito de agroecossistema proporciona uma estrutura com o qual podemos analisar os sistemas de produção de alimentos como um todo incluindo seus conjuntos complexos de insumos e produção e as interconexões que os compõe (GLIESSMAN, 2005, p.61).

Em suma, os agroecossistemas são descritos e comparados, estrutural e funcionalmente, aos ecossistemas naturais, em sua delimitação e análises são consideradas as conexões entre a sociedade humana e os ecossistemas naturais (ALTIERI, 2009; GLIESSMAN, 2009). Sendo assim, a conservação da qualidade dos agroecossistemas tornam-se fundamental, através dos princípios de manutenção da biodiversidade natural do sistema, de forma a incentivar o equilíbrio ecológico entre as espécies e a sustentabilidade da produção agrícola (VARGAS, 2013).

De acordo com Altieri e Nicholls (2000), são as interações entre os diversos componentes bióticos do agroecossistema que vão contribuir de forma positiva para o controle biológico de pragas, reciclagem de nutrientes, conservação da água, conservação e/ou regeneração do solo, além do aumento da produtividade agrícola de forma sustentável. A prática agrícola com base ecológica contribui para o restabelecimento do balanço energético de determinado sistema, através do manejo sustentável dos sistemas de produção e da preservação da biodiversidade natural (VARGAS, 2013).

Entende-se então, que dentre os elementos básicos para que se construa um agroecossistema que se sustente a longo prazo, estão a conservação dos recursos renováveis, a adaptação dos cultivos ao meio ambiente e a diversificação de espécies animais e vegetais, porque é através dela que se realizam as interações necessárias para manter um solo produtivo (VARGAS et al. 2012)

Dentro desse contexto, tem-se como ferramenta primordial para uma transição gradual dos processos de produção, os Sistemas Agroflorestais, que traz características essenciais nesse processo, pois tem a premissa de cultivar diversas espécies de forma integrada, fazendo uso de culturas anuais e permanentes, da rotação de culturas, incorporando num mesmo sistema árvores frutíferas e florestais, ou seja, plantas com diversidade genética, se possível arranjar com a produção de animais no mesmo sistema, contribuirá para a sustentabilidade daquele agroecossistema (ALTIERI e NICHOLLS, 2000).

A mudança dos paradigmas convencionais de produção e suas implicações negativas, a fim de alcançar e incorporar princípios e tecnologias de base ecológica é reconhecida como Transição Agroecológica (FRANCO, 2017). A transição agroecológica de um agroecossistema inclui, de maneira genérica, diversas etapas, didaticamente apresentadas por Gliessman (2000) como: redução e racionalização do uso de insumos químicos; substituição desses insumos; e, na terceira etapa, o manejo da biodiversidade e o redesenho dos sistemas produtivos. À parte disso, um quarto nível diz respeito à necessidade de modificações sociopolíticas mais amplas na sociedade (GLIESSMAN, 2000).

Contudo, bem como diz Moreira e Carmo (2004), está cada vez mais evidente, para a agroecologia, que a transformação da agricultura rumo à sustentabilidade está intimamente relacionada aos processos de transformação da sociedade como um todo. Caporal (2013) também corrobora com esse pensamento quando diz que o processo de transição é gradual e multilinear e requer mudanças não apenas nas formas de manejo de agroecossistemas mas necessita primordialmente de uma transformação nas atitudes e valores dos

atores, em suas relações sociais e em suas ações na busca da conservação dos recursos naturais.

Em suma, o processo de construção de uma agricultura realmente sustentável, embora implique a substituição inicial de insumos, não se resume apenas a isso, devendo passar, necessariamente, pelo fortalecimento da agricultura de base familiar, por profundas modificações na estrutura fundiária do país (MOREIRA e CARMO, 2004).

O ponto de partida para qualquer projeto de transição agroecológico, reconhece e nutre conhecimento e experiências dos agricultores e agricultoras, dos povos indígenas, dos povos da floresta, dos pescadores e pescadoras, das comunidades quilombolas, bem como dos demais atores sociais envolvidos em processos de desenvolvimento rural (CAPORAL, 2006).

A agroecologia oferece o melhor sistema agrícola capaz de lidar com os desafios futuros, exibindo altos níveis de diversidade e resiliência, ao mesmo tempo em que oferece rendimentos e fornecimento de serviços ecossistêmicos, (NICHOLLS, ALTIERI e VAZQUEZ, 2015). Transformar a agricultura, colocando-a em um caminho de fato sustentável é desafiador, contudo, a agroecologia mostra um caminho a seguir, fornecendo os princípios sobre como projetar e gerenciar sistemas agrícolas mais capazes de resistir a crises futuras, sejam surtos de pragas, pandemias, interrupções climáticas ou colapsos financeiros (NICHOLLS e ALTIERI, 2020).

3.2 - Sistemas Agroflorestais e a Agricultura Familiar

O conceito dos Sistemas Agroflorestais (SAFs), é debatido e discutido por diversos pesquisadores na contemporaneidade, o que por muito tempo na história foi apenas a forma “normal” de se fazer agricultura, pois bem como ressalta Bolfe (2010), a história dos sistemas agroflorestais já vem de longa data, visto que foram e continuam sendo desenvolvidos por populações tradicionais em todo o mundo. Na Ásia e na América Latina a agrossilvicultura é uma prática milenar, porém, como ciência, desenvolveu-se a partir da década de 1970, quando as principais hipóteses do papel das árvores sobre os solos tropicais foram desenvolvidas (RAMOS, 2020).

O termo “agrofloresta” surgiu a partir das recomendações de pesquisas feitas em 1977 pelo Centro Internacional de Pesquisa Agroflorestal – international Center for Research in Agroforestry (ICRAF) de acordo com (YOUNG, 2003). O estabelecimento desse termo ocorre em um momento em que diversas investigações científicas no campo da agricultura, silvicultura e pecuária, voltam sua atenção para uma melhor compreensão dos benefícios do consórcio de culturas e como enfatiza Nair (1993), também foi um momento marcado crescente preocupação por questões como as altas taxas de degradação ambiental e fome em países em desenvolvimento.

Uma das primeiras conceituações de SAFs aceita foi apresentada por Nair (1993), em que estes são descritos como sistemas de uso da terra em que ocorrem o uso de plantas lenhosas perenes junto com agricultura e/ou pecuária, em uma interação econômico-ecológica de seus componentes através de um arranjo espacial ou temporal. Uma outra definição para o SAF e o do World Agroforestry Centre (ICRAF), que sugere a seguinte definição:

Sistemas baseados na dinâmica, na ecologia e na gestão dos recursos naturais que, por meio da integração de árvores na propriedade e na paisagem agrícola, diversificam e sustentam a produção com maiores benefícios sociais, econômicos e ambientais para todos aqueles que usam o solo em diversas escalas (MICCOLIS et al., 2016, p. 22).

Conforme os aspectos estruturais e funcionais os SAFs podem ser caracterizados da seguinte forma como orienta Paludo e Costabeber (2012) divididos em três categorias básicas: (a) os sistemas silviagrícolas, em que há a combinação de uma ou mais espécies florestais com culturas agrícolas perenes ou anuais; (b) os sistemas silvipastoris, mediante a combinação de pastagens e animais com uma ou mais espécies arbóreas; e (c) os sistemas agrossilvipastoris, que são realizados por meio da associação de espécies animais, usualmente de pequeno porte, com cultivos agrícolas e arbustos ou árvores em uma mesma área.

De acordo com Magalhães et al. (2014), os SAFs também podem ser classificados conforme o tipo de componentes incluídos e da associação entre eles, sendo os sistemas divididos em sequenciais, simultâneos ou complementares. Sendo os sequenciais definidos como aqueles que as plantações de árvores e os cultivos agrícolas anuais ocorrem de modo sucessório, que pode ser representados sistemas silviagrícolas rotativos ou mesmo os sistemas Taungya (cultivos anuais consorciados apenas temporariamente; os SAFs simultâneos são compostos por associações de árvores com cultivos anuais ou perenes; os SAFs complementares, podem estar associados a sistemas sequenciais ou simultâneos, e são representados por cercas vivas e cortinas quebra-vento (SOUZA, 2022).

Os Sistemas Agroflorestais são considerados opções agroecológicas do uso da terra e incluem, na maioria dos casos, vantagens que, em geral, superam suas desvantagens, no que se refere aos principais componentes da sustentabilidade, ou seja, o econômico, o social e o ambiental (DANIEL et al., 1999a). Paludo e Costabeber (2012) complementam esse raciocínio dizendo que os SAFs constituem como um instrumento importante para a conservação e para a melhoria ambiental, na luta contra a pobreza rural e na busca da garantia da segurança alimentar.

Esmiuçando um pouco mais dessas vantagens, no que se refere ao contexto ambiental para a FAO (2017), são recomendados como uma prática ecologicamente correta e estratégia efetiva de manejo do solo para restauração de paisagens florestais. É um dos modelos de produção que mais se aproximam ecologicamente de uma floresta natural e para Götsch (1995) obedecem à dinâmica de sucessão natural da floresta, cultivando e manejando de modo a aumentar a vida, podendo trazer consigo inúmeros serviços ecossistêmicos.

Bem como serviços relacionados à ciclagem de nutrientes, à conservação da água e do solo, e ao aumento da biodiversidade, além de benefícios econômicos, dentre os quais a exploração de recursos madeireiros e não madeireiros e a produção de medicamentos e combustíveis, gerando vantagens para pequenas propriedades rurais, e servindo como importante

alternativa de uso sustentável em ecossistemas tropicais (VASCONCELOS & BELTRÃO, 2018; SILVA et al., 2019).

Os SAFs podem manter elevada diversidade de fauna e flora em comparação com outros sistemas agrícolas a depender da composição e manejo neles inseridos. Na visão de Gliessman (2003), a introdução de várias espécies num sistema de produção, a rotação de cultivos, e o fato de permitir a biodiversidade vão deixar que o sistema resista aos problemas, porque serão delineados agroecossistemas com flexibilidade, resistência e capacidade de manter-se através do tempo.

Para Kato et al 2011, a associação de SAFs com técnicas conservacionistas de preparo de área pode representar uma combinação promissora de manejo sustentável de pequenas propriedades agrícolas. Quando implantados e conduzidos sob os princípios da agroecologia, atuam na recuperação de áreas degradadas com melhorias das condições do solo e pelo manejo de seus componentes na restauração ecológica (MENDONÇA et al., 2001; CÂNDIDO et al., 2016).

Uns dos principais beneficiados por esse tipo de sistemas são os agricultores familiares que o adotam. Segundo a FAO - Organização para a Alimentação e Agricultura (2022), a agricultura familiar tem uma dinâmica e características distintas em comparação à agricultura não familiar.

O agricultor familiar tem uma relação particular com a terra, seu local de trabalho e moradia. A diversidade produtiva também é uma característica marcante desse setor. A Lei 11.326 de julho de 2006 (BRASIL, 2006) define as diretrizes para formulação da Política Nacional da Agricultura Familiar e os critérios para identificação desse público (FAO, 2022).

Para efeito da Lei 11.326 define-se agricultor e agricultura familiar e empreendedor/a familiar rural aquele/aquela e que pratica atividade agrária e que; use, no mínimo, metade da força de trabalho familiar no processo produtivo e de geração de renda; obtenha, no mínimo, metade da renda originada de atividades econômicas de seu estabelecimento ou empreendimento; a gestão do estabelecimento ou do empreendimento seja estritamente familiar.

Alguns estudos se atentam em esclarecer os principais critérios usados pelos agricultores familiares em adotar ou não os SAFs e sobre suas percepções acerca do sistema, como suas principais vantagens e limitações (VIEIRA, 2007; CALVI, 2009; POMPEU, 2017; MATOS, 2019). Para Camargo et al. (2019), dentre as vantagens trazidas pelo SAFs eles também se constituem como alternativa de sustento para as famílias, como auxílio no acréscimo à renda, melhorando o bem-estar dos agricultores e evitando, com isso, que abandonem o ambiente rural.

Além do que como pontua Castro et. al. (2012), o grupo da agricultura familiar ao trabalhar com este tipo de sistema tem como ponto positivo a autossuficiência em mudas, plantas frutíferas, medicinais e alimentícias que contribuem diretamente para consolidação de um sistema mais sustentável e saudável para a propriedade.

Assim, para a agricultura familiar o SAF mostra-se uma alternativa viável e de cunho agroecológico sustentável para a recomposição do seu sítio e como também na produção de alimentos (CÂNDIDO et al., 2016; CORDEIRO et al.,

2018). Diversas experiências têm tido êxito na resolução de problemas sócio ambientais em assentamentos rurais por exemplo, através da implantação de SAFs, principalmente aqueles destinados à recuperação de áreas degradadas (GONÇALVES e RESENDE, 2012).

Contudo, existem alguns fatores que limitam também a adoção dos agricultores familiares a esse sistema, entre os gargalos para o sucesso dos SAFs, segundo o ICRAF (2016) destaca-se o acesso a conhecimento e assistência técnica sobre boas práticas de manejo necessárias para viabilizar e equilibrar as diversas funções dos SAFs, como também a falta de planejamento agroflorestral e econômico adequado. Que nesse contexto depende em muito das políticas e mecanismos de governança socioambiental.

2.3 - Os Sistemas Agroflorestais e Serviços Ecossistêmicos

Os Sistemas Agroflorestais (SAFs), consistem nas melhores alternativas para o futuro da agricultura sustentável. Caracterizam-se pela inclusão deliberada de árvores em sistemas de cultivo com arranjo espacial, que contribuem tanto para uma produção sustentável quanto para a conservação e valorização dos serviços ecossistêmicos fornecidos (BLASER et al., 2018).

Além de promoverem diversos serviços ambientais, também possibilitam a geração de renda e eles são sistemas de produção que vêm sendo desenvolvidos em todo o mundo, há milênios, principalmente pelas populações tradicionais, proporcionando sustento de pelo menos 1,2 bilhão de pessoas (ICRAF, 2016).

Os tipos de SAFs são diversos, a depender das necessidades de quem aderi-lo, segundo Miccolis et al. (2016), desde sistemas simplificados, com poucas espécies e baixa intensidade de manejo, até sistemas altamente complexos, com alta biodiversidade e alta intensidade de manejo, e entre esses, vários tipos intermediários.

Com o arranjo adequado e escolha correta das espécies os SAFs produzem maior quantidade de biomassa que os sistemas agrícolas de monocultura, em virtude da complexidade na estrutura e composição florística, o que favorece a cobertura do solo, acúmulo de carbono orgânico, manutenção da fertilidade e a redução da emissão de gases de efeito estufa. (GAMA-RODRIGUES et al., 2008; PARRON et al., 2015).

A inclusão de espécies arbóreas é de fato uma vantagem, ao passo que há possibilidade de exploração madeireira e de uma forma controlada, produção de alimentos e produtos não madeireiros, aumento da viabilidade da produção, aumento da biodiversidade, tanto florística como faunística, produção de combustíveis e medicamentos e ciclagem de nutrientes e matéria orgânica no solo (WODA (2009), ARCO-VERDE e AMARO (2015).

O ICRAF (2016) traz uma lista dos benefícios ambientais e serviços ecossistêmicos gerados a partir dos SAFs, que são: a) combate à desertificação; b) conservação do solo; c) restauração da fertilidade e estrutura do solo; d) sombra e criação de microclimas; e) aumento de produtividade animal por bem-estar (sombra) e qualidade nutricional das pastagens; f) corredores ecológicos; g) favorece a biodiversidade de forma geral, incluindo a disponibilidade de agentes polinizadores; h) regulação de águas pluviais e

melhoria da qualidade da água; i) mitigação e adaptação a mudanças climáticas.

São diversos os benefícios e serviços os quais os SAFs disponibilizam para o meio. Antes de abordarmos os serviços ecossistêmicos, carece de se mencionar o conceito e significado da palavra ecossistema. Odum (2007) sintetizou da seguinte forma o conceito de ecossistema:

Os organismos vivos e o seu ambiente inerte (abiótico) estão inseparavelmente ligados e interagem entre si. Qualquer unidade que inclua a totalidade dos organismos (isto é, a "comunidade") de uma área determinada interagindo com o ambiente físico por forma a que uma corrente de energia conduza a uma estrutura trófica, a uma diversidade biótica e a ciclos de materiais (isto é, troca de materiais entre as partes vivas e não vivas) claramente definidos dentro do sistema é um sistema ecológico ou ecossistema.

Nesse conceito descrito é importante destacar, quando o autor faz uma clara alusão sobre a interação entre os organismos bióticos e abióticos (o que o autor denomina de sistema inerte), pois, é a partir da interação que a ação antrópica perturba os sistemas, diminuindo a sua biodiversidade e, como consequência, fazendo com que a sua sustentabilidade não progrida ou mesmo decresça (REINIGER, 2017).

Ainda para o autor Reiniger (2017) enquanto nos ecossistemas as interações são naturais, fruto do funcionamento deles, nos agroecossistemas os processos são artificializados pela ação do homem, são processos induzidos a um objetivo, que no caso é a produção agrícola. E na inserção do fator homem no meio, pode vir a gerar instabilidade ou mesmo um alcance próximo do ecossistema natural se gerido de forma correta. Gliessman (2000) elaborou uma tabela que pode ser visualizado na figura 1, na qual, o autor faz uma comparação entre os ecossistemas naturais e os agroecossistemas.

Figura 1 – Diferenças estruturais e funcionais importante entre ecossistemas naturais e agroecossistemas.

DIFERENÇAS ESTRUTURAIS E FUNCIONAIS IMPORTANTES ENTRE ECOSISTEMAS NATURAIS E AGROECOASSISTEMAS		
	Ecossistemas naturais	Agroecossistemas
Produtividade líquida	Média	Alta
Interações tróficas	Complexas	Simples, lineares
Diversidade de espécies	Alta	Baixa
Diversidade genética	Alta	Baixa
Ciclos de nutrientes	Fechados	Abertos
Estabilidade (resiliência)	Alta	Baixa
Controle humano	Independente	Dependente
Permanência temporal	Longa	Curta
Heterogeneidade do habitat	Complexa	Simples

Ecossistemas de Odum (1969).

Fonte: NTE, 2017, adaptado de Gliessman (2000).

É possível verificar nessa tabela que a tendência dos agroecossistemas, é uma simplificação e diminuição bem aparente da diversidade genética e de espécie, e isso é muito mais evidenciado nas produções de monocultivos, onde os serviços ecossistêmicos são ainda mais escassos. Em acordo a isso Vasconcelos (2017) alerta que para que os agroecossistemas produzam serviços ecossistêmicos em quantidades adequadas para sua própria sustentação, é necessário o devido planejamento quanto às escolhas de espécies a serem utilizadas, que sejam apropriadas ao clima local e com alta densidade e diversidade de plantas, para gerarem o máximo de funções ecológicas possíveis.

As funções ecológicas podem ser definidas a partir de Daily e Farley (2004), como processos interativos entre os elementos estruturais, bióticos e abióticos, de um dado ecossistema, capazes de gerar serviços explicitamente definidos, elas se resumem como explicita Prado (2014) em fluxos de matéria e energia que regulam e fazem funcionar os ecossistemas naturais quando combinados com fatores financeiros, geram bem e serviços para o bem-estar social. Um único serviço ecossistêmico pode ser o produto de duas ou mais funções, e, reciprocamente, uma única função pode gerar mais do que um serviço ecossistêmico (ANDRADE, 2009).

Diversos autores vêm propondo conceitos próprios a respeito dos conceitos de Serviços ecossistêmicos (SEs) ou serviços ambientais (SAs), os caracterizando de diversas formas, como um subconjunto específico de serviços ecossistêmicos, caracterizados como externalidades positivas ou que são produtos de funções ecológicas ou processos que direta ou indireta ente contribuem para o bem-estar humano, ou têm potencial para fazê-lo no futuro. DAILY e FARLEY (2004), FAO (2007).

A classificação dos SEs mais utilizada foi proposta por MEA (2003) separa os SEs em quatro grupos funcionais: (a) serviços de provisão o quais reportam ao abastecimento de alimentos, fibras, madeira e água; (b) serviços de regulação são aqueles que afetam o clima e as enchentes, degradam resíduos, controlam doenças e mantém ou aumentam a qualidade da água; (c) serviços culturais que geram benefícios não-materiais que incluem benefícios de recreação, estéticos, espirituais e psicológicos e (d) os serviços de suporte estão relacionados com a formação do solo, e com os processos de fotossíntese e de ciclagem de nutrientes .

Além do sistema de classificação proposto pela MEA, cabe mencionar que há esforços em se estabelecer um sistema de classificação de SEs que fosse internacionalmente padronizado. Desde 2009, vem sendo elaborado um sistema de classificação internacional para os SE, chamado Classificação Internacional Comum de Serviços Ecossistêmicos (CICES), que está atualmente em sua versão 5.1 (HAINES-YOUNG; POTSCHIN, 2018).

A ideia de se estabelecer uma classificação internacional se deve à necessidade de se padronizar a descrição dos SEs de modo a possibilitar o mapeamento e de avaliação de SEs que possam ser reproduzíveis e comparáveis, o que possibilita resultados mais acertado (EMBRAPA, 2019). Os SEs podem ser potencializados pelo uso e manejo adequado dos recursos naturais, constituindo-se em capital natural para a sustentabilidade das atividades antrópicas.

Os SEs tem sido colocado em destaque na esfera dos debates sobre o meio ambiente, economia e sustentabilidade, na medida em que evidencia as relações entre o funcionamento dos ecossistemas e as demandas de subsistência e bem-estar da espécie humana (EMBRAPA, 2019). Nesse sentido compreender as relações entre as funções dos ecossistemas e as demandas para a manutenção da sociedade humana tornou-se fundamental, no tocante aos processos de tomada de decisão, planejamento e proposição de políticas públicas visando ao desenvolvimento sustentável (FISHER et al, 2007).

2.4 – A função dos indicadores na avaliação da sustentabilidade.

A questão da sustentabilidade encontra-se em destaque por causa da urgência de procurar novas maneiras de ordenação do processo produtivo que privilegiem a continuidade da capacidade de estruturas ambientais e, deste modo, o bem-estar e qualidade de vida das atuais e futuras gerações (MACEDO et al.,2016). A sustentabilidade é algo que não pode ser obtido instantaneamente, ela é um processo de mudança, de aperfeiçoamento constante e de transformação estrutural que deve ter a participação da população como um todo, e a consideração de suas diferentes dimensões (BENETTI, 2006).

É importante que a sustentabilidade de um agroecossistema seja avaliada através da aplicação de indicadores, visto que, todas as complexidades e as multidimensões da sustentabilidade sejam sintetizadas em valores claros, objetivos e gerais (VERONA (2010), SARADÓN (2005). Na segunda metade da última década, principalmente por parte de organismos governamentais, não-governamentais, institutos de pesquisa e universidades em todo o mundo a busca por indicadores de sustentabilidade ambiental cresceu bastante (MARZALL; ALMEIDA, 2000).

O termo indicador é definido como um parâmetro ou valor que está vinculado a informação ou descrição de uma área, fenômenos e afins, tendo função direta na síntese de informações vinculada ao objeto observado (OECD, 1993). Sua função é orientar a compreensão, o planejamento, a manutenção, transformação ou extinção de um fenômeno (PAULISTA et. al., 2008).

Pode-se dizer que uma das grandes aplicações dos indicadores se encontra na necessidade de monitoramento do progresso nas distintas dimensões, pois eles funcionam como ferramentas de apoio àqueles responsáveis pela elaboração de políticas em todos os níveis, além de serem norteadores para que se mantenha o foco em direção ao desenvolvimento sustentável (GARCIA; GUERRERO, 2006).

Indicadores eficazes mostram relações de causa e efeito, permitindo a imediata tomada de decisão para a intervenção por manejo (NAEEM e WRIGHT, 2003). Para isto devem ser também: (a) mensuráveis: de fácil medição e/ou quantificação; (b) interpretáveis e (c) de fácil compreensão (SCHULTZ et al., 2012). A escolha dos indicadores deve identificar a capacidade do sistema de se perpetuar no tempo (RODRIGUES et al., 2009).

Considerando-se isto, existem diversas ferramentas de análise para medir a presença e evolução de sustentabilidade nos agroecossistemas. Dessa

maneira, o “Marco de Evolución de Sistemas de Manejo de Sustentabilidad” (MESMIS), criado no México, em 1999, por Masera, avalia o agroecossistema a partir do tripé social, econômico e ambiental, tornando-se um mecanismo de avaliação muito utilizado na literatura.

Para Verona (2008) esse método procura compreender cada propriedade de forma integral e participativa, sendo constituído por um trabalho de avaliação qualitativa e quantitativa multidisciplinar, definindo também quais são os fatores limitantes e quais as possibilidades de evolução que os agroecossistemas podem ter acesso. Astier (2004) ressalta que na estrutura MESMIS, a avaliação não é concebida como um processo linear, mas como uma espiral de sucessivas avaliações. As conclusões e recomendações obtidas formam o ponto de partida de um novo ciclo, mostrando-se útil para sistematizar experiências, discutir sobre fortalezas e debilidades dos sistemas.

Destacam-se alguns indicadores que podem ser utilizados como ferramentas na restauração para avaliar, principalmente, projetos de pesquisa. A EMBRAPA (2015) elencou alguns deles: a) Riqueza e (ou) diversidade de espécies b) Avaliação de parâmetros quanto à altura e ao diâmetro dos indivíduos plantados c) Retorno da fauna nativa; d) Densidade de indivíduos; e) Altura da vegetação para a avaliação da estrutura da vegetação; f) Número efetivo de espécies vegetais

dentre os indicadores, o conhecimento da produção de serapilheira se faz importante uma vez que desempenha diversos papéis no ecossistema, como por exemplo, por contribuir para melhorar as características químicas e físicas do solo, criar condições microclimáticas que influenciam a germinação de sementes, no recrutamento de plântulas, cria nichos e fornece energia para as comunidades edáficas (OLIVEIRA & LACERDA, 1993; BURNHAM, 1997; SANCHES et al., 2009). Merece destaque seu papel hidrológico, auxiliando no impedimento do escoamento superficial em áreas florestadas, distribuindo, regulando a infiltração de água no solo e, portanto, reduzindo a erosão superficial do mesmo (OLIVEIRA & NETO, 2000).

O movimento da água com o solo é de grande importância para definir procedimentos de manejo e conservação do solo e da água, apresentar sistemas de irrigação e drenagem, bem como avaliar a quantidade de água que efetivamente infiltra no solo e o escoamento superficial que possa acontecer para não ocorrer problemas de inundações (JOSÉ et al., 2013).

A velocidade de infiltração é a principal característica hídrica para a descrição da água no solo (PINHEIRO et al., 2009). E ela é influenciada por diversos fatores, como o tipo de solo, a água já existente no solo, matéria orgânica e a variabilidade espacial do terreno, topografia, cobertura vegetal, sistema radicular, atividade biológica, agregação do solo e porosidade (SILVA et al., 2014).

Em suma, os indicadores ambientais devem avaliar a capacidade produtiva e o impacto ambiental da propriedade, além de compreender características dos agroecossistemas como sua composição (espécies indicadoras, espécies chaves, espécies invasoras), estrutura (tamanho dos remanescentes de habitat, distância, conectividade) e função (predação, herbivoria, competição, decomposição e sucessão) (MORAES, 2005).

3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 – Caracterização da área de estudo.

O estudo foi realizado no Sistema Agroflorestal situado no Sítio São João (figura 2), no município de Sorocaba a 104 km da cidade de São Paulo (coordenadas 23°35'18,59" S de latitude e 47°31'41,10" O de longitude), com uma área total de 9,19 ha. Os solos predominantes na região são os Argissolos e Latossolos (OLIVEIRA et al., 1999 e o clima, segundo a classificação de Koppën, é uma transição entre o tipo Cfa (subtropical quente, sempre úmido e com inverno menos seco) e Cwa (subtropical quente, com invernos mais secos) (MELLO, 2012).

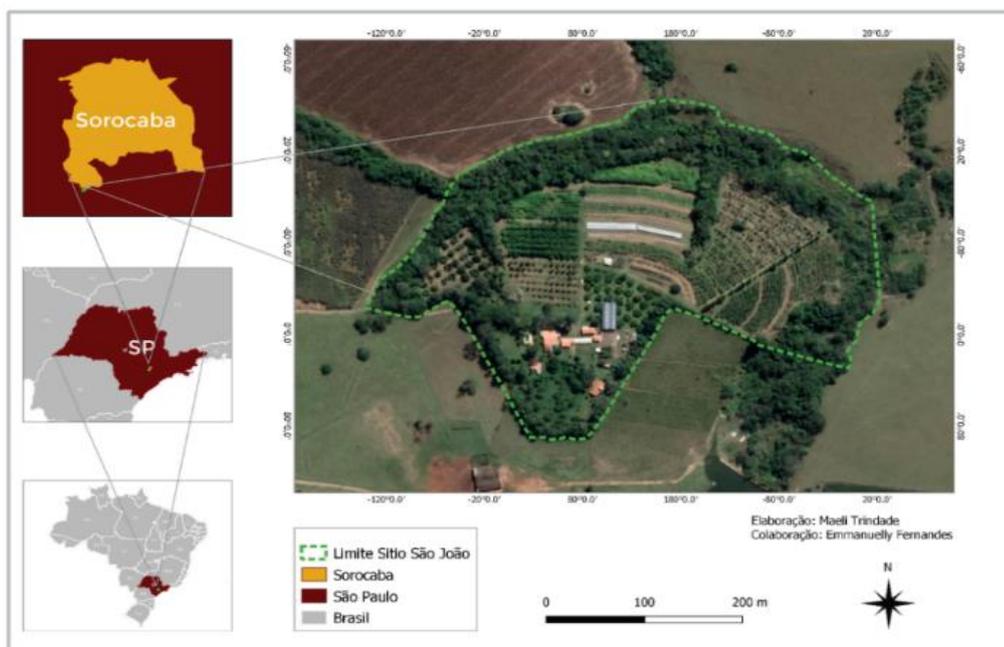


Figura 2 – Localização do estudo, sítio São João no município de Sorocaba.
Fonte: Autora, 2020.

A vegetação do município é caracterizada como ecótono entre Cerrado e Mata Atlântica, com predominância de vegetação de Floresta Estacional Semidecidual (TAUHYL & GUIMARÃES, 2012). A média anual de temperatura e pluviosidade são, respectivamente, 19,4°C e 1224 mm. Nos invernos a temperatura média é inferior a 18°C e pluviosidade mensal média de 30 mm, contrastando com os verões úmidos e chuvosos, com temperatura média ultrapassando os 22 °C e pluviosidade mensal média de 200 mm (PINHEIRO et al., 2011).

3.2 - Breve histórico da área.

O Sítio São João, pertence à família do agrônomo Carlos Medeiros, que se formou no auge da Revolução Verde, época que apoiavam a nutrição de

plantas com adubo químico e a utilização de agrotóxicos. Há mais de 60 anos e, até a década de 1990, a propriedade foi composta principalmente por pastos, sendo a pecuária em pequena escala a principal atividade. Também existia algum plantio para subsistência, com hortas e pomares.

Em meados de 1990 teve o início do primeiro cultivo em sistema de monocultura, o cultivo de Lichia que passa a ser a principal atividade rentável do local, é importante ressaltar que esse cultivo seguia os métodos convencionais da agricultura, e que a Lichia foi escolhida por exigir menos cuidados, já que o proprietário não residia no local.

A partir do contato com a Universidade Federal de São Carlos, após trabalhar com o Movimento Sem Terra (MST), a preocupação ambiental e social cresceu e o agricultor passou a investir mais na proposta agroflorestal. Com o intuito de obter, alimentação de subsistência e como principal produto, madeiras para usos nobres, além das frutas certificadas e culturas anuais, que são comercializados na região. Surge então em 2016 o Sistema Agroflorestal do Sítio São João, já com boas práticas de adubação verde (figura 3), a princípio para a produção de madeira de lei, com mogno, jequitibá, guanandi e louro-pardo, mas logo houve a implementação de outras espécies frutíferas como as bananeiras e citrus, além de diversas espécies nativas da mata atlântica.

Figura 3 - Area de implementação do sistema agroflorestal já coberto por adubação verde no ano de 2016.



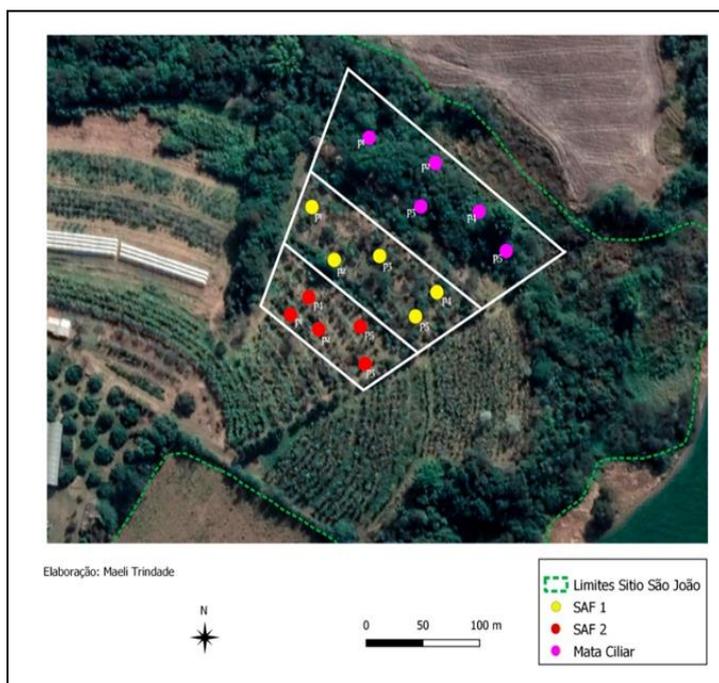
Fonte: Alunos da graduação de Engenharia Florestal, Ufscar-Sorocaba no ano de 2016.

3.3 – Amostragem

O sistema agroflorestal tem 6 anos de idade e aproximadamente 1 ha, são divididos em dois tratamentos em função de uma presença maior (SAF1) e a menor presença de espécies arbóreas, sendo formada mais com espécies

frutíferas (SAF2), sendo assim divididos em dois sistemas agroflorestais distintos, que serão comparados entre si e com uma área de mata ciliar adjacente, o qual serviu de área de referência. Foram instaladas 5 parcelas aleatórias (Figura 4) permanentes circulares, tanto nos dois tratamentos quanto na área de referência, com área de 100 m² cada.

Figura 4 – Distribuição das parcelas nas áreas de estudo.



Fonte: Autora, 2021.

Na avaliação das áreas foi utilizado um conjunto de indicadores baseado no método MESMIS – Marco de Avaliação de Sistemas de Manejo de Recursos Naturais Incorporando Indicadores (MASERA et al., 1999), que será o protocolo composto por indicadores relacionadas a funcionalidade ecológica para avaliação de Sistemas Agroflorestais, adaptação feita a partir de Sardo (2021), Franco (2017), Piña-Rodrigues et al. (2015) (tabela 1). Segundo este método, os sistemas de manejo sustentáveis devem ter a capacidade de serem produtivos, autorregularem-se e de transformarem-se, sem perder a sua funcionalidade. O método foi adaptado por Piña-Rodrigues et al. (2015), sendo avaliados os seguintes atributos ecológicos:

1. Estabilidade: que representa a capacidade do sistema em manter um nível de equilíbrio dinâmico estável, sendo possível manter os benefícios proporcionados pelo sistema em um nível não decrescente, sob condições médias ou normais;
2. Resiliência (ou elasticidade): definida como a capacidade do sistema para regressar ao estado de equilíbrio dinâmico ou manter seu potencial produtivo, após severo choque; e

3. Confiabilidade: capacidade do sistema de manter a produtividade em níveis próximos ao seu equilíbrio dinâmico quando em face de alterações de longo prazo no ambiente.

Os processos ecológicos são avaliados como geradores de estabilidade, resiliência e confiabilidade, onde foram definidos para os indicadores, cenários positivos referenciais e seus respectivos parâmetros. Para cada indicador foram atribuídas notas variando de 0 a 1 (grau crítico - ruim, inexistente ou distinto do cenário positivo), 2 (grau aceitável) e 3 (grau desejado de sustentabilidade, similar ao cenário positivo). Os indicadores de estabilidade e resiliência foram divididos em 3 descritores da funcionalidade ecológica “*Diversidade de Espécies*” (DE), “*Diversidade Funcional*” (DF), “*Desenvolvimento*” (DES), enquanto o indicador de confiabilidade foi dividido em 2 descritores “*Controle e Manejo*” (CM), “*Proteção do solo e Ciclagem de Nutrientes*” (PC), totalizando 5 descritores.

Tabela 1 - Protocolo composto por indicadores relacionadas a funcionalidade ecológica para avaliação de Sistemas Agroflorestais, adaptação feita a partir de Sardo (2021), Franco (2017), Piña-Rodrigues et al. (2015).

Descritores	Indicadores	Descrição	Cenários positivos e referenciais	Parâmetros	
ESTABILIDADE E RESILIÊNCIA	Diversidade de espécies (DE)	Número efetivo de espécies (e^h)	Número efetivo de espécies (exponencial do índice de Shannon H'), espécies presentes no sistema (plantadas ou não).	Diversidade próxima à encontrada em fragmentos de referência de floresta nativa, por Coelho (2016), para a região de Sorocaba. $e^h = 30$ ($H' = 3,4$) <i>Alta diversidade</i>	$H' \geq 3,4 = \text{alto} = 3$ $3,4 \leq H' < 1,0 = \text{médio} = 2$ $H' < 1,0 = \text{baixo} = 1$
		Riqueza de espécies (S)	Número total de espécies presentes no sistema (plantadas ou não).	Considera-se a presença de 30 espécies como cenário ideal.	$S \geq 30 = 3$ $30 > S \geq 18 = 2$ $S < 18 = 1$
		Equabilidade (J')	Índice de Pielou Demonstra o quão uniformemente estão distribuídos os indivíduos nas espécies componentes do sistema (Pielou, 1966).	Resultado encontrada em fragmentos de referência de floresta nativa, por Coelho (2016), para a região de Sorocaba. Índice de equabilidade (J') = 0,78.	$J' \geq 0,7 = 3$ $0,7 < J' \leq 3,0 = 2$ $J' < 3,0 = 1$
	Diversidade funcional (DF)	Número de indivíduos por grupo sucessional	Porcentagem de distribuição dos indivíduos em cada grupo sucessional (pioneiras – P; não pioneiras – NP), apenas para as nativas.	O total dos indivíduos pertencentes a um mesmo grupo ecológico (pioneiro e não pioneiro) não pode exceder 60% do total dos indivíduos do plantio.	$P < 40\% \text{ ou } > 60\% = 3$ $P > 40\% \text{ ou } < 60\% = 1$
		Diversidade de grupos sucessionais	Relação espécies pioneiras (P) e não pioneiras (NP) no sistema.	Maior número de espécies não pioneiras presentes no sistema.	$P \leq 40\% = 3$ $40\% < P < 60\% = 2$ $P \geq 60\% = 1$
		Diversidade de funções ecológicas (Fe)	Quantidade de funções ecológicas atuando no sistema.	Atração de fauna, Atrativa de polinizadores, Biomassa, Aduadoras (Fixadoras de nitrogênio), Provisão, Madeireira.	Dois grupos funcionais presentes = 1 Quatro grupos funcionais presentes = 2 Mais de cinco grupos funcionais presentes = 3

ESTABILIDADE E RESILIÊNCIA	Diversidade Funcional (DF)	% de espécies que atraem fauna (AF)	A presença de espécies atrativas de fauna é crucial para a saúde do agroecossistema. O indicador visa compreender como o SAF contribui para a presença de espécies zoocóricas.	Quantifica-se as espécies com a função de atração de fauna em detrimento das demais espécies presentes.	$AF < 30\% = 1$ $30\% \leq AF \leq 50\% = 2$ $AF > 50\% = 3$
		Presença de espécies exóticas (Ex)	Porcentagem de indivíduos de espécies exóticas.	Lei Federal nº 12.651/2012. A recomposição de áreas de Reserva Legal e Áreas de Preservação Permanente, esta última apenas para agricultura familiar, pode se dar com o plantio intercalado de espécies nativas e exóticas, em sistema agroflorestral, observados os seguintes parâmetros: (I) o plantio de espécies exóticas combinado com as espécies nativas de ocorrência regional; e (II) a área recomposta com espécies exóticas não poderá exceder a cinquenta por cento da área total a ser recuperada.	$0 < Ex < 10\% = 3$ $11 < Ex < 30\% = 2$ $31 < Ex < 50\% = 1$ $Ex > 50\% = 0$
	Desenvolvimento (DES)	Densidade de indivíduos	Número de indivíduos vivos por hectare do sistema ($n^\circ \cdot ha^{-1}$)	O cenário considerado ideal foi aquele que atendeu às exigências da SMA 08/08.	$N^\circ \text{ indivíduos} > 1200 = 3$ $800 < N^\circ \text{ indivíduos} \leq 1200 = 2$ $400 < N^\circ \text{ indivíduos} \leq 800 = 1$ $N^\circ \text{ indivíduos} \leq 400 = 0$
		DAP médio (DAPm)	Medição do Diâmetro a altura do peito (cm).	Resolução CONAMA 06/1994 Estágio inicial: DAPm < 10cm; Estágio médio: DAPm = 10 a 20 cm, Estágio avançado: DAPm > 20 cm	DAPm < 10 cm = 1 DAPm < 20cm = 2 DAPm ≥ 20 cm = 3
		Altura média dos indivíduos (h)	Estimativa da altura total dos indivíduos (m).	Resolução CONAMA 06/1994 Estágio inicial: h < 5cm; Intermediário: h = 5 a 12 cm, Avançado: h > 12 cm	$h > 12m = 3$ $5 \leq h \leq 12m = 2$ $h < 5 m = 1$
		Presença de gramíneas invasoras (gr)	Porcentagem de cobertura do solo com gramíneas/invasoras.	Desejável: baixa densidade de invasoras é favorável ao desenvolvimento das nativas.	$Gr = 0\% = 3$ $0\% < Gr \leq 25\% = 2$ $25\% < Gr \leq 50\% = 1$ $Gr > 50\% = 0$

CONFIABILIDADE	Controle e Manejo (CM)	Incidência de luz (L)	Quantidade de luz incidente na área.	O fechamento das copas gera uma menor incidência de luz no solo, dificultando o estabelecimento de gramíneas invasoras (MELO et al, 2010) e interceptando água da chuva, o que diminui processos de erosão (TONELLO et al., 2014).	$0\% \leq L \leq 25\% = 3$ $25\% < L \leq 50\% = 2$ $50\% < L \leq 75\% = 1$ $75\% < L \leq 100\% = 0$
		Manejo agroflorestal	Periodicidade do manejo.	Manejo por meio de podas e capinas seletivas baseado em conhecimentos sobre cada espécie.	Manejo mensal = 3 Manejo mais duas vezes por ano = 2 Manejo uma ou duas vezes por ano = 1 Ausência de técnicas de manejo = 0
		Fitossanidade	Herbivoria e presença de insetos praga	O Ataque de insetos pragas e a consequente herbivoria pode comprometer a produção desejada. Espera-se que as plantas nos Sistemas Agroflorestais tenham baixa taxa de herbivoria	Até 20 % das plantas danificadas = 3 20 % - 45 % das plantas com algum dano = 2 Mais de 50% das plantas com folhas e/ou frutos danificados = 1
	Proteção do solo e ciclagem de nutrientes (PC)	Cobertura do solo com regenerantes herbáceas (Hb)	Presença de indivíduos regenerantes na área amostrada	Cobertura do solo por vegetação, excluindo-se a cobertura morta com valores superiores à 50%.	$75\% < Hb \leq 100\% = 3$ $50\% < Hb \leq 75\% = 2$ $25\% < Hb \leq 50\% = 1$ $0\% \leq Hb \leq 25\% = 0$
		Cobertura do solo com serrapilheira (%)	Porcentagem de cobertura do solo com serrapilheira.	Espera-se que a área restaurada apresente valores similares de % serrapilheira aos encontrados em área de referência.	$75\% < Sp \leq 100\% = 3$ $50\% < Sp \leq 75\% = 2$ $25\% < Sp \leq 50\% = 1$ $0\% \leq Sp \leq 25\% = 0$
		Estruturação do Solo	Infiltração de água no solo	A infiltração de água no solo é importante na saúde do agroecossistema. Quando há baixa taxa de infiltração de água no solo, ocorrem problemas tais como escoamento superficial e consequente erosão, além do mal desenvolvimento das plantas.	Tempo de Infiltração menor que em áreas vizinhas = 3 Tempo de infiltração semelhante à áreas vizinhas = 2 Tempo de infiltração maior que em área vizinhas = 1
		Matéria Orgânica e atividade microbiológica	Estimativa da atividade de microorganismos e matéria orgânica.	Para estimar a atividade de microorganismos e o teor de matéria orgânica utiliza-se Água Oxigenada aplicando-a em uma pequena amostra de solo. Quanto maior a efervescência nesse teste, espera-se que haja maior teor de matéria orgânica e atividade microbiológica.	Efervescência abundante e contínua = 3 Efervescência leve ou média = 2 Pouca efervescência após aplicação = 1 Efervescência ausente = 0

3.4 - Coleta de dados

Inicialmente foi realizado um levantamento florístico e uma caracterização das espécies que compõe a mata ciliar e o sistema agroflorestal, onde foi analisado sua distribuição espacial e vertical, e o arranjo temporal utilizado. Os indivíduos foram coletados e posteriormente feito exsicata para identificação. Foram obtidas as medições da altura total (Ht) e da circunferência a altura do peito (CAP) (figuras 5a), com o auxílio do aplicativo Clinômetro Florestal (aplicativo para Android, disponível na *playstore*) a partir das medidas da base e topo e obteve-se a H e o CAP acima de quinze centímetros com auxílio de fita métrica dentro de cada parcela.

Figura 5 - Medições do CAP sendo realizadas com fita métrica e a H com o auxílio do aplicativo clinômetro florestal.



Fonte: Autora, 2021.

A incidência luminosa (lux) foi aferida em cada parcela a 1,30 m do solo, com o uso do luxímetro (aplicativo Lux meter para Android, disponível na *playstore*). Onde foi utilizado o valor médio após 30 segundos de tomada de dados, todas as medições foram realizadas no mês de julho entre os dias 15 e 30, em dias ensolarados das 8:30 às 9 horas. Em cada parcela e no mesmo horário foi medida também a luminosidade a pleno sol em relação as medidas feitas no interior do SAF e mata ciliar, para que pudesse ser feita a caracterização da luminosidade incidente nas áreas de estudo. (MANJABOSCO, 2013).

Para os indicadores de cobertura do solo com serapilheira, herbáceas e gramíneas (figura 6) utilizou-se de um quadro de 0,50 x 0,50 m, subdividido em quatro quadrículas de 0,25 x 0,25, a partir de cada um dos quatro pontos do transecto o quadro foi lançado aleatoriamente dentro do qual a porcentagem de plantas herbáceas regenerantes, foi estimada visualmente.

Figura 6 – Quadro usado para os indicadores de serapilheira, herbáceas e gramíneas



Fonte: Autora, 2021.

Para estimar a atividade de microrganismos e o teor de matéria orgânica (MO) (figura 7) foi realizado testes em três amostras de solo em cada parcela. Foram feitos torrões de solo e cada amostra conteve 50 g e posteriormente submergido à 50 ml de água oxigenada no volume 10 (Adaptado de MACHADO e VIDAL, 2006) onde foi verificada a partir da efervescência dessa mistura, quanto maior ela foi indicava então uma maior atividade de microrganismos e MO.

Figura 7 – Atividade de microrganismos e o teor de matéria orgânica.



Fonte: Autora, 2021.

Para verificar a infiltração de água no solo (figura 5f), foi realizado com uma lata de 200 ml em contato com a superfície do solo, adicionou-se água e por fim cronometrou-se o tempo de infiltração da água no solo. Foram feitos quatro testes por parcela nos SAFs e mata ciliar (FRANCO, 2017).

E quanto a herbivoria (figura 5g), foram escolhidos 5 indivíduos aleatórios de cada parcela e retirado 10 folhas de cada espécie e contabilizado a incidência de herbivoria para cada planta, com base de porcentagem área foliar consumida por pragas ou doenças. Posteriormente foi feita uma média contabilizando todas as plantas amostradas, indicando o grau de incidência nas culturas. (Adaptado de MACHADO e VIDAL, 2006).

Figura 8 – Infiltração da água no solo



Figura 9 - Incidência de herbivoria.



Para realização dos testes estatísticos foram feitos testes de comparação de média dos 19 indicadores utilizando teste não paramétrico de Nemenyi, em todos os testes foram assumidos o nível de 5% de significância. Foi realizado também a análise multivariada Análise de Componentes Principais (ACP) com o auxílio do software R (R DEVELOPMENT CORE TEAM, 2012), para determinar o grau de correlação entre os indicadores e as áreas avaliadas para reduzir a dimensionalidade do conjunto de dados. A partir do software R foi realizado também os índices de diversidade de Shannon-Weaver (H') (1949) e equitabilidade de Pielou (J') (1977) e para os gráficos tipo radar foi utilizado o programa Microsoft Excel.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 – Análise indicadores da sustentabilidade.

Os resultados encontrados na aferição dos indicadores utilizados encontram-se sintetizados na Tabela 2 de acordo com os parâmetros escolhidos (Tabela 1). Resultados expressos de 0, 1, 2 e 3, o que permitiu confeccionar os gráficos 10, 11, 12, 13, 14 e 15, do tipo “radar”, em que se pode visualizar os resultados de todos os indicadores para cada área estudada.

Tabela 2 – Resultado das pontuações dos indicadores.

	INDICADORES	SAF 1		SAF 2		MATA CILIAR	
		Valor do indicador	Pontuação	Valor do indicador	Pontuação	Valor do indicador	Pontuação
ESTABILIDADE E RESILIÊNCIA	DE						
	Número efetivo de espécies (eh)	2,85	2	1,55	1	2,68	2
	Riqueza de espécies (S)	22	2	8	1	18	2
	Equabilidade (J')	0,93	3	0,74	3	0,92	3
ESTABILIDADE E RESILIÊNCIA	DF						
	Número de indivíduos por grupo sucess.	74%	1	77%	1	62%	3
	Diversidade de grupos sucess.	74%	1	79%	1	68%	1
	Diversidade de funções ecológicas (Fe)	6	3	4	3	6	3
	% de espécies que atraem fauna	47%	2	53%	3	30%	2
Presença de espécies exóticas (Ex)	10,6%	2	14,8%	2	0%	3	
ESTABILIDADE E RESILIÊNCIA	DES						
	Densidade de indivíduos	1280	3	1400	3	916,67	2
	DAP médio (DAPm)	11,38	2	11,04	2	13,42	2
	Altura média dos indivíduos (h)	4,36	1	3,19	1	5,75	2
CONFIABILIDADE	CM						
	Presença de gramíneas invasoras (gr)	15,00	2	23,75	2	25	2
	Incidência de luz (L)	15%	3	24%	3	4%	3
	Manejo agroflorestal	1	1	1	1	0	0
	Fitossanidade	7%	3	11%	3	12%	3
CONFIABILIDADE	PC						
	Cobertura do solo com reg. Herb. (Hb)	28,75	1	41,25	1	20	0
	Cobertura do solo com serrapilheira	83,75	3	58,75	2	76,25	3
	Estruturação do Solo	24,44	1	37,72	1	17,37	3

	MO e atividade microbiológica	2,3	2	1,65	2	2,65	3
	Pontuação total		38		36		42
	Pontuação máxima	57					
	Média dos SAFs	37					
	Funcionalidade ecológica (%)		66,7%		63,2%		73,7%

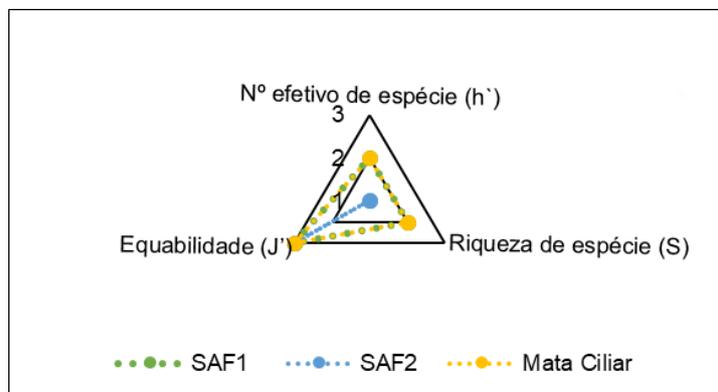
Legenda: DE (Diversidade de espécies), DF (Diversidade Funcional), DES (Desenvolvimento), CM (Controle e Manejo do solo), PC (Proteção e Ciclagem de nutrientes).

Podendo alcançar a somatória máxima de 57 pontos, a área de mata ciliar apresentou 42 pontos resultando em 73,7% de funcionalidade ecológica enquanto os dois SAFs se destacaram positivamente em pelo menos um descritor, somando 38 pontos para SAF 1, 36 para o SAF 2, totalizando uma média de 37 pontos. Variando entre 66,7% e 63,2%, para os SAFs 1 e 2, respectivamente, da funcionalidade ecológica em relação aos cenários positivos e referenciais. Pode-se verificar que não houve grande diferença de pontuação entre os dois SAFs, contudo, houveram valores de indicadores que se sobressairão de uma área para outra, e que o SAF1 demonstrou comportamento mais próximo a área de referência, a mata ciliar, é o que vamos conferir nos próximos tópicos.

Diversidade de Espécies (DE)

A partir dos parâmetros analisados pelo uso dos indicadores foi possível observar que no descritor DE (figura 10) para o *Número efetivo de espécies* (h') que o SAF1 e MC receberam pontuação 2, enquanto o SAF2 recebeu pontuação 1.

Figura 10 – Pontuações da Diversidade de Espécies (DE).



Fonte: Autora, 2022.

Para este indicador os testes de médias mostraram haver diferença estatística do SAF1 em relação ao SAF2 para o *Número efetivo de espécies* (tabela 3). Isso pode ser explicado pelo fato de o SAF1 ter apresentado uma maior *riqueza de espécies* (S) no SAF 1, com índice de Shannon Weaver (h') de 2,85, e com 22 espécies, valores similares foram encontrados na área de referência do estudo a mata ciliar com $h'=2,68$ e 18 espécies, onde ambos receberam pontuação 2.

Tabela 3 – Teste de médias para os 19 indicadores.

Descritores	Indicadores	MC	SAF1	SAF2
DE	Nº efetivo de espécies (e^h)	2,68 ab	2,85 a	1,55 b
	Riqueza de espécies (S)	18,00 ab	22,00 a	8,00 b

	Equabilidade (J')	0,92 ab	0,93 a	0,74 b
DF	Nº de indivíduos por grupo sucessional	60,00 a	73,80 a	77,00 a
	Diversidade de grupos sucessionais	60,00 a	73,80 a	77,00 a
	Diversidade de funções ecológicas	6,00 a	6,00 a	4,00 b
	Espécies que atraem fauna	30,40 a	47,00 a	54,40 a
	Presença de espécies exóticas	14,60 a	10,60 ab	0,00 b
DES	Densidade de indivíduos	1400,00 a	1280,00 ab	916,67 b
	DAP médio	13,42 a	11,38 a	11,03 a
	Altura média dos indivíduos (h)	5,75 a	4,36 ab	3,20 b
CM	Presença de gramíneas invasoras (gr)	25,00 a	15,00 a	23,75 a
	Incidência de luz (L)	792,30 b	2840,00 ab	5184,15 a
	Manejo agroflorestal	0,00 b	1,00 a	1,00 a
	Fitossanidade	1,30 a	0,90 a	1,70 a
PC	Cobertura do solo com serrapilheira	76,25 ab	83,75 a	58,75 b
	Cobertura do solo com regenerantes herb.	20,00 b	41,25 a	28,75 ab
	Estruturação do Solo	17,37 b	28,94 ab	46,36 a
	Matéria Orgânica e atividade microbiológica	2,65 a	2,30 ab	1,65 b

Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si estatisticamente pelo teste de Nemenyi, a 5% de significância. Legenda: DE (Diversidade de espécies), DF (Diversidade Funcional), DES (Desenvolvimento), CM (Controle e Manejo do solo), PC (Proteção e Ciclagem de nutrientes).

O valor do índice de Shannon aumenta na medida em que se aumenta a riqueza de espécies em um ambiente, quando existe uma distribuição uniforme dos indivíduos amostrados entre as espécies (SOMARRIBA, 1999), mas diminui quando uma espécie concentra muitos indivíduos. Pode-se perceber isto através da comparação do menor valor deste índice encontrado no SAF2, com $h' = 1,55$ e 8 espécies, porém com uma espécie que é a banana com 31 indivíduos, como mostra a tabela 3.

O indicador equitabilidade medido pelo *índice de Pielou (J')* reforçou o exposto anteriormente, conforme Arruda & Daniel (2007), este índice varia de 0 a 1, quanto mais próximo de 1, melhor a distribuição entre o número de indivíduos por espécies. Ou seja, ele é o reflexo da concentração de muitos indivíduos em uma mesma espécie, desse modo, quanto mais proporcional o número de indivíduos entre as espécies, maior o valor de equabilidade, o que foi encontrado para Mata ciliar e SAF1 com valores que variaram entre $J' = 0,92$, e $0,93$, respectivamente, e o menor valor para SAF2 com $J' = 0,74$ valor este mais baixo do que o parâmetro referencial de $J' = 0,78$ que foi encontrado no estudo realizado por Coelho (2016) na região de Sorocaba.

A composição de espécies dos SAFs (Tabela 4), juntamente com a densidade de indivíduos de plantas, são os fatores críticos e determinantes da saúde, das taxas de crescimento e da produtividade do sistema (GÖTSGH, 1995; PENEIREIRO et al., 2008). Logo, o devido planejamento quanto a composição de cada área é primordial para retirar todas as funções ecológicas que as espécies podem oferecer aquele SAF. Contudo, na tabela 3 é possível verificar que há uma disparidade quanto a composição de componentes entre os SAFs.

Foram registrados 177 indivíduos pertencentes a 38 espécies e 20 famílias botânicas (tabela 4), é possível identificar que o SAF2 teve como família de maior representatividade a Musacea com 31 indivíduos de 1 espécie. O ICRAF (2016) salienta que as bananeiras são muito eficientes em armazenar e disponibilizar água para o sistema. Quando cortadas, seu pseudocaule (tronco), se partido ao meio e disposto sobre o solo, mantém a umidade, aporta nutrientes importantes como potássio e melhora a vida do solo.

Já o SAF1 é mais diverso no que se refere a famílias e espécies quando comparado com o SAF2. A família com maior representatividade é a Fabacea com 6 espécies e 19 indivíduos. A mata ciliar apresentou quantidades semelhantes, com 5 espécies e 18 indivíduos. E essa família exerce importantes funções ecológicas dentro de um sistema, como o acúmulo de biomassa (CARIM et al., 2006) e recuperação do solo por meio da adubação verde, por conterem altas taxas de fósforo, potássio, cálcio e principalmente de nitrogênio (JUNIOR et. al, 2015).

Além dos serviços ecológicos prestados, a ampla diversidade e abundância das espécies desta família possibilitam diferentes usos para o produtor rural. Pois são tidas como ideal para revegetação de áreas degradadas, pela boa adaptabilidade, crescimento rápido, de forma geral oferecem boa sombra, pouca exigência das características do solo e resistência à falta de água e uma ótima alternativa para produção de serrapilheira (SANTOS, 2010).

Tabela 4 – Composições florísticas das áreas de estudo.

SAF 1				
Família	Nº esp.	Nome científico	Nome popular	Nº ind.
Anacardiaceae	1	<i>Galianthe lanceifolia</i> E.L.Cabral	Aroeirinha	2
Apocynaceae	2	<i>Hoya erythrina</i> Rintz	Eritrina	5
Boraginaceae	3	<i>Cordia trichotoma</i> (Vellozo) Arrabida ex. Steudel	Louro Pardo	4
Boraginaceae	4	<i>Heliotropium elongatum</i> (Lehm.) I.M.Johnst	Fedegosinho	4
Cactaceae	5	<i>Pereskia aculeata</i> Mill	Ora-pro-nobis	1
Calophyllaceae	6	<i>Calophyllum brasiliense</i> Cambess	Guanandi	1
Dilleniaceae	7	<i>Curatella americana</i> L	Pau-lixá	4
Euphorbiaceae	8	<i>Croton</i> L.	Canelinha	1
Fabacea	9	<i>Pterogyne nitens</i> Tul	Amendoim	1
Fabacea	10	<i>Peltophorum dubium</i>	Angico amarelo	2
Fabacea	11	<i>Enterolobium contortisiliquum</i> (Vell.) Morong	Orelha-de-macaco	8
Fabacea	12	<i>Rhamnidium elaeocarpum</i> Reissek	Saguaraji-amarelo	4
Fabacea	13	<i>Schizolobium parahyba</i>	Guapuruvú	1
Fabacea	14	<i>Inga marginata</i> Willd	Ingá	3
Lecythidaceae	15	<i>Cariniana domestica</i> (Mart.) Miers	Jequitibá	3
Lythraceae	16	<i>Lafoensia pacari</i>	Dedaleiro	3
Malvaceae	17	<i>Luehea</i> Willd.	Açoita-cavalo	3
Meliaceae	18	<i>Khaya ivorensis</i> A. Chev	Mogno-africano	7
Meliaceae	19	<i>Swietenia macrophylla</i> King	Mogno-brasileiro	2
Myrtaceae	20	<i>Eugenia involucrata</i>	Cereja do rio grande	1
Rubiaceae	21	<i>Genipa americana</i> L.	Jenipapo	1
Rutáceas	22	<i>Citrus reticulata</i> Blanco	Mexerica	3
Total				64
SAF2				
Família	Nº esp.	Nome científico	Nome popular	Nº ind
Boraginaceae	1	<i>Cordia trichotoma</i> (Vellozo) Arrabida ex. Steudel	Louro pardo	7
Caricaceae	2	<i>Carica papaya</i> L.	Mamão	2
Calophyllaceae	3	<i>Calophyllum brasiliense</i> Cambess.	Guanandi	1
Lecythidaceae	4	<i>Cariniana domestica</i> (Mart.) Miers	Jequitibá	1
Meliaceae	5	<i>Khaya ivorensis</i> A. Chev	Mogno Africano	10
Musaceae	6	<i>Musa paradisiaca</i> L.	Banana	31
Rutaceae	7	<i>Citrus</i> L.	Laranja	11
Rutaceae	8	<i>Citrus reticulata</i> Blanco	Mexerica	3
Total				66
MATA CILIAR				
Família	Nº esp.	Nome científico	Nome popular	Nº ind
Anacardiaceae	5	<i>Astronium urundeuva</i> (M.Allemão) Engl	Aroeira preta	3
Asteraceae	11	<i>Trixis praestans</i> (Vell.) Cabrera	Fumo bravo	1
Bignoniaceae	13	<i>Handroanthus avellaneda</i>	Ipê roxo	2
Euphorbiaceae	18	<i>Croton</i> L.	Sangra d'água	4
Fabacea	3	<i>Peltophorum dubium</i>	Angico amarelo	1
Fabacea	4	<i>Inga marginata</i> Willd	Ingá	4
Fabacea	6	<i>Sedum dendroideum</i> DC.	Balsamo	1
Fabacea	14	<i>Hymenaea courbaril</i> L.	Jatobá	8

Fabaceae	16	<i>Enterolobium contortisiliquum</i> (Vell.) Morong	Orelha de macaco	4
Meliaceae	8	<i>Cedrela odorata</i> L.	Cedro	3
Myrtaceae	10	<i>Eugenia</i> sp.	Eugenia	1
Myrtaceae	12	<i>Psidium guajava</i> L.	Goiaba	1
Rutaceae	2	<i>Balfourodendron riedelianum</i> (Engl.) Engl.	Guatabum	1
Rutáceas	15	<i>Zanthoxylum rhoifolium</i> Lam	Mamica porca	3
Salicaceae	1	<i>Casearia decandra</i> Jacq.	Cafezeiro do mato	4
Salicaceae	17	<i>Salix alba</i> L.	Salgueirão	2
Salicaceae	9	<i>Casearia sylvestris</i> Sw.	Erva de lagarto	1
Symplocaceae	7	<i>Symplocos tenuifolia</i> Brand.	Capororoca	3
			Total	47

Fonte: FLORA E FUNGA DO BRASIL, 2022.

A escolha pelo uso de espécies nativas é o mais adequado e desejável nos SAFs, principalmente quando o objetivo é a conservação da biodiversidade e restauração ecológica. As ações de restauração que focaram na melhoria da biodiversidade, aumentaram o fornecimento de serviços ecossistêmicos, especialmente em biomas terrestres tropicais (REY-BENAYAS et al, 2009). As espécies nativas mantêm os processos que caracterizam a eficiência de conservação ambiental dos sistemas florestais naturais (MELOTTO et. al., 2009). E também por terem uma história coevolutiva de interação, apresentam maior complementaridade do que combinações de espécies exóticas, com períodos mais curtos de interação (TILMAN et al, 2014).

Diversidade Funcional (DF)

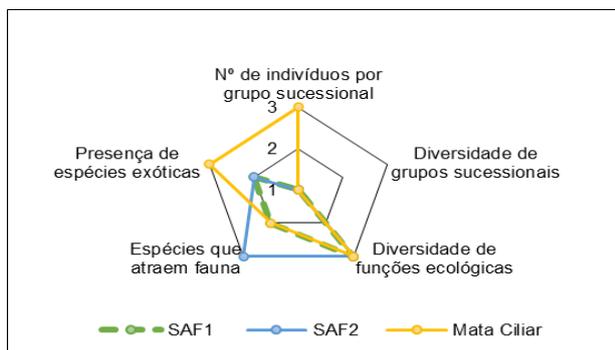
No descritor DF pode-se observar na figura 11, o *Número de indivíduos por grupo sucessional*, recebeu nota 1 para todas as áreas, não havendo diferença estatística entre as áreas de mata ciliar (60,00a) SAF1 (73,80a) e SAF2 (77,00a). Esse indicador buscou verificar a distribuição dos indivíduos em cada grupo sucessional pioneiras e não pioneiras. O protocolo (tabela 2) indica que o total dos indivíduos pertencentes a um mesmo grupo ecológico (pioneiro e não pioneiro) não pode exceder 60% do total dos indivíduos do plantio, a fim de gerar um equilíbrio no sistema.

Contudo, pode-se verificar que houve predomínio de espécies pioneiras em relação às não-pioneiras para os SAFs 1 e 2, com 74% e 77%, respectivamente. Logo, o indicador *Diversidade de grupos successionais* todas as áreas receberam nota 1, onde indicaram menor número de espécies não pioneiras presentes no sistema, não havendo diferença estatística. Na área de SAF isso pode ser explicado pela presença de cultivares, espécies de adubação verde e o fato de o sistema ter ainda pouca idade.

Esse predomínio de espécies pioneiras nos SAFs, um dos fatores que caracteriza uma floresta em fase inicial da sucessão ecológica ou ambientes perturbados, como verificaram Carvalho et al., (2008) e Prieto et al (2013), e que pode interferir no avanço da sucessão (BRANCALION et al, 2015). A diversidade funcional e de espécies nos SAFs requer um manejo intenso, o que implica disponibilidade de mão de obra e conhecimento sobre cada uma das espécies e a dinâmica do sistema (MICCOLIS et al, 2019).

A diversidade funcional considera que diferenças ecológicas, fisiológicas e morfológicas entre as espécies resultam em diferenças de funções das mesmas dentro de um ecossistema (PETCHEY e GASTON, 2006).

Figura 11 - Pontuações da Diversidade Funcional (DF).

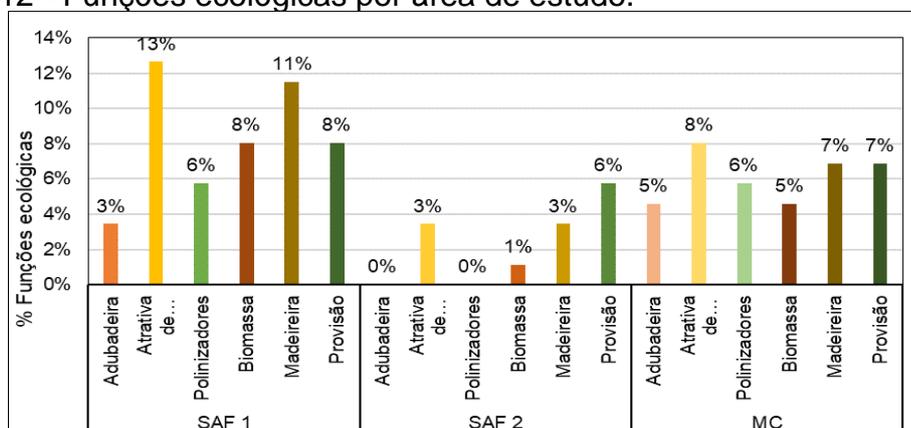


Fonte: Autora, 2022.

A proporção da *Presença de espécies exóticas* nos SAFs, a partir dos testes de média mostrou haver diferença significativa para a Mata ciliar (00,00a) e SAF2 (14,60a) já que não foi encontrado nenhuma espécie exótica na mata ciliar, ao contrário dos SAFs que teve valores variando entre 10,6% e 14,8%, para SAF1 e 2, respectivamente, para as duas áreas a única espécie exótica encontrada foi a *Khaya ivorensis* A. Chev. A proporção de indivíduos de espécies exóticas nos SAFs não excedeu a 50%, em acordo com a Lei nº 12.651/2012 a fim de não descaracterizar a cobertura vegetal, as áreas de estudo mostram-se na verdade com baixa incidência dessas espécies. Uma espécie exótica com potencial de causar danos e perdas econômicas é considerada como “praga quarentenária”, de acordo com a Norma Internacional de Medida Fitossanitária (NIMF) (EMBRAPA, 2018).

Para o indicador *Diversidade de funções ecológicas*, os dois SAFs diferiram entre si estatisticamente com SAF1 (6,00a) e SAF2 (4,00b), enquanto Mata ciliar não diferiu do SAF1(6,00a). Dentre os SAFs o 2, foi que apresentou a maior quantidade de espécies que atendem aos seis SE estabelecidos. Já o SAF 2 apresentou ausência de duas funções que são as adubadeiras e polinizadoras (figura 12). As espécies escolhidas pelo agricultor refletem a variabilidade ou não das funcionalidades ecológicas encontradas em cada área, que dentre os dois SAFs e área de referência apresentaram entre 4 a 6 das funções ecológicas.

Figura 12 - Funções ecológicas por área de estudo.



Fonte: Autora, 2022.

É percebido pela diversidade de espécies encontradas que o SE *Atrativo de fauna* é o serviço com maior representatividade entre o grupo no SAF 2, para os autores Reis et al. (2006) quanto maior o número de espécies atrativas de fauna maior a chance de rapidez no processo de restauração. Gerhardt et al. (2011) frisam a importância de estimular o plantio de espécies frutíferas nativas como forma de atrair e valorizar a fauna local.

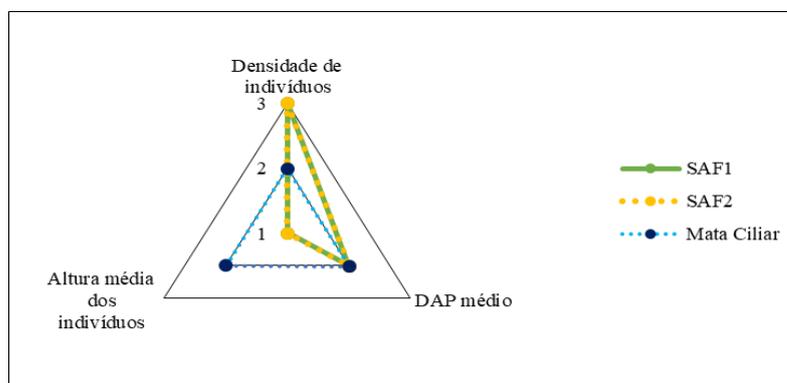
As espécies madeireiras também ampliam a recuperação desse SE nos SAFs monitorados, além de agregar valor econômico a partir da inserção de árvores na propriedade rural é também uma forma de aliar a questão ambiental à socioeconômica (CANOSA, 2016), incentivando, por exemplo, agricultores familiares a fazer a recomposição de áreas de reserva legal, com a possibilidade de aproveitamento econômico dessas áreas conferida pela Lei 12.651/2012, que, regulamentou a possibilidade do uso de SAFs para a restauração em áreas de agricultura familiar.

Desenvolvimento (DES)

No DES (figura 12), para o indicador *Densidade de indivíduos* os SAFs apresentaram valor de densidade superior a 1.000 indivíduos/ha, com uma estimativa de 1.280 ind./ha e 1400, para SAFs 1 e 2, respectivamente os classificando com nota 3 para esse parâmetro. Enquanto a mata ciliar apresenta em média 916,67 ind/ha, classificado como nota 2. A mata ciliar e SAF2 difeririam estatisticamente entre si com valores de 1400,00a e 916,67b, respectivamente. Enquanto que o SAF1 apresentou valor médio de 1280,00ab não mostrou ser diferente estatisticamente da mata ciliar.

Esse fator pode ser explicado pelo tamanho e espacialização do SAF e pelo consórcio de outras culturas em meio aos indivíduos arbóreos, pois a densidade é entendida como o status competitivo o qual a árvore está submetida (CHASSOT, 2013), ou seja, a capacidade de aproveitamento das potencialidades do sítio depende diretamente da distribuição das árvores.

Figura 13 - Pontuações do Desenvolvimento.



Fonte: Autora, 2022.

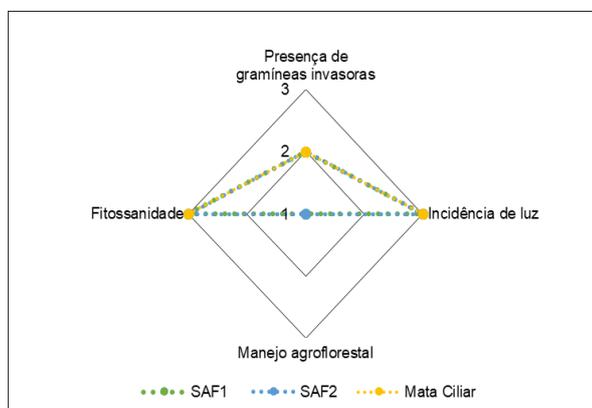
Em relação aos indicadores de estrutura horizontal e vertical das populações *DAP médio* e *Altura média dos indivíduos (h)*, não houve diferença significativa foram encontrados valores para Mata ciliar (13,42a), SAF1

(11,38a) e SAF2 (11,03a) o DAP das espécies, os SAFs apresentaram valores próximos dos limites inferiores que definem o estágio médio, determinado pela resolução do Conama 06/1994, que considera em estágio médio DAPm = 10 a 20 cm. É estágio inicial em altura: $h < 5\text{cm}$, valores similares foram encontrados nas áreas de estudo com altura média de 4,36 e 3,19 para SAF 1 e SAF 2, respectivamente.

Controle e Manejo (CM)

Observa-se no indicador CM, que a *Presença de gramíneas invasoras*, as gramíneas ficaram em média 15,00% para o SAF 1, consideradas baixa, enquanto no SAF 2, foi encontrado a maior incidência dessas espécies invasoras com 23,75%, valor semelhante foi encontrado a mata ciliar com 25%, todas as áreas receberam nota 2 (figura 14), contudo, não houve diferença estatística entre as médias para este indicador. O SAF2 possui maior colonização de espécies espontâneas, o que de certa forma, pode retardar o estabelecimento das herbáceas e da regeneração natural no sistema. Sousa et al. (2003) alerta que a infestação crescente de plantas invasoras nos sistemas agrícolas causa prejuízos às lavouras, com decréscimos acentuados da produtividade, quer pela competição direta pelos fatores de produção ou pelas substâncias por elas liberadas. Mas de acordo com Götsch (1997), no início do processo de sucessão natural, inclusive plantas consideradas espontâneas, colaboram como pioneiras para a recuperação inicial do processo de sucessão.

Figura 14 - Pontuações do Controle e Manejo (CM).



Fonte: Autora, 2022.

A incidência de uma maior porcentagem de gramíneas no SAF2 pode ser explicada pelo fato de o solo receber mais iluminação, já que a *Incidência de luz* encontrada nas áreas foi de 15%, 24% e 4%, para os SAFs 1 e 2 e mata ciliar, respectivamente, recebendo pontuação 3, houve diferença significativa entre as áreas Mata ciliar (792,30b) SAF1 (2840,00ab) e para SAF2 elevada média de luminosidade (5184,15a). A menor incidência de luminosidade no SAF 1, pode ser explicado pela maior quantidade de espécies arbóreas em sua composição, tendo copas mais densas dentro do sistema. O fechamento das copas gera uma menor incidência de luz no solo, dificultando o

estabelecimento de gramíneas invasoras (MELO et al, 2010) e interceptando água da chuva, o que diminui processos de erosão (TONELLO et al., 2014).

Dentre as tantas funções que as espécies arbóreas têm dentro de um sistema, ela tem sua importância evidenciada por apresentarem funções produtivas e protetoras, melhoram os solos por numerosos processos, principalmente como ressalta a EMBRAPA (2018) quando são usadas em SAFs, onde são cultivadas na mesma área, gera sombreamento alterando o microclima contribui para a elevação da umidade disponível para as plantas sob a copa das árvores, influenciam na quantidade e na disponibilidade de nutrientes.

Esse fator é a influência direta do tipo de manejo feito na área, nas escolhas de espécies e caracterização dada pelo proprietário, nas áreas de estudo o manejo foi indicador que recebeu avaliação 1 nos SAFs, que caracteriza segundo o protocolo manejo uma ou duas vezes por ano. Sendo o manejo um dos fatores determinantes para a capacidade do sistema manter sua produtividade a longo prazo. Para Rosa (2015), essas práticas culminam em melhorias para o sistema, aumento da produtividade, maior quantidade de matéria orgânica no solo, contribuindo para o aumento de energia dentro do sistema e o rebrotamento intenso das espécies, refletindo em sua saúde.

Contudo, obteve uma avaliação na direção desejada do grau de sustentabilidade quanto ao indicador *Fitossanidade*, com relação a herbivoria e presença de insetos para ambas as áreas as notas foram 3, não apresentando diferenças estatísticas entre si com 1,30a para mata ciliar e para os SAFs 1 e 2 uma média de 0,90a e 1,70a, respectivamente. Onde obteve-se o cenário ideal de até 20 % das plantas danificadas, notou que as áreas são bastante controladas com resultados em média de 7% para SAF 1 e 11% para SAF 2, seguido de 12% na mata ciliar.

Percebe-se que o SAF1 tem uma menor porcentagem para esse indicador. Um fator determinante para se obter um resultado positivo com relação a herbivoria e pragas é a presença de uma maior diversidade vegetal nos cultivos, pois estabelecimento de agentes naturais de controle biológico (DALBEM, 2009). Existem diversos recursos fitossanitários capazes de elevar a produtividade, medidas de controle que previnem os prejuízos causados pela presença de pragas ou patógenos, que vão desde a utilização de cultivares resistentes até o uso de agrotóxicos (EMBRAPA, 2018).

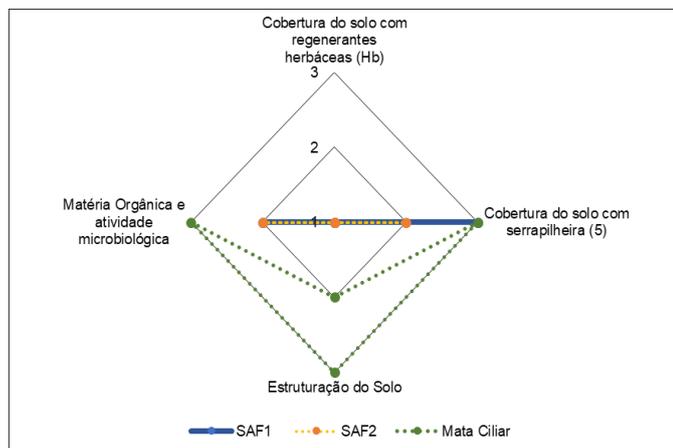
Proteção do solo e ciclagem de nutrientes (PC)

O descritor PC teve a maior variação entre os SAFs, sendo que o SAF 1 apresentou a maior porcentagem no indicador das *Herbáceas regenerantes* (figura 15) com 41,25a enquanto o SAF 2 apresentou com médias de 28,75ab, de herbáceas, ambas as áreas receberam pontuação 1, não havendo diferença estatística entre as áreas, com diferença estatística apenas para mata ciliar com média de 20,00b quando comparados aos SAFs.

Uma das principais características dessas espécies é a utilização ótima de fracas quantidades de luz, que pode ser inferior a 1% da energia incidente no dossel (DELLA, 2018) essa característica tem uma ocorrência maior no SAF1 devido a sua densidade de espécies fato que faz com o subosque receba

menos luz. As plantas de cobertura facilitam o controle de pragas, pois fornecem habitat para os predadores naturais das pragas e reduzem a competição entre a cultura principal e a vegetação espontânea (ALTIERI, 2012).

Figura 15 - Pontuações da Proteção do solo e ciclagem de nutrientes



Fonte: Autora, 2022.

A serrapilheira também cumpre um papel essencial de proteção e ciclagem de nutrientes, o SAF 1 e mata ciliar apresentaram valores de médias de 83,75% e 76,25%, respectivamente, contudo o SAF 1 apresentou um menor índice, com 58,75%. SAF1 e 2, apresentaram diferenças estatísticas consideráveis. O sucesso na cobertura do solo do SAF 1, possivelmente se deve a composição das espécies, e a serrapilheira gerada e depositada sobre o solo, isso faz com que o SAF adquira importância na melhoria e manutenção da fertilidade, na atividade biológica e no estabelecimento de um microclima favorável, o que influencia diretamente a biomassa microbiana e a comunidade da macrofauna (CUNHA NETO et al., 2013). No estudo realizado por pinã (2016) o aporte de serrapilheira foi considerado um eficiente indicador para monitorar a funcionalidade ecológica de sistemas agroflorestais, que indicou que a maior produção de serrapilheira, na estação seca, pode estar relacionada com resposta ao estresse hídrico pelo descarte das folhas ou mesmo às práticas de manejo adotadas na área.

Para *estruturação do solo* no que se refere a infiltração de água no solo, após os testes feitos foi possível identificar tempo médio de 24,44' e 37,72', para SAF 1 e 2, respectivamente. O SAF1 obteve o menor tempo de infiltração em relação ao SAF2, podemos explicar a partir de uma maior presença de árvores na área, que aumenta o aporte de matéria orgânica dos solos, conservando a umidade, aumentando a capacidade de absorção e infiltração de água (BARBERA-CASTILLO, 2001), a serrapilheira encontrada na área, na qual desempenha o papel de cobertura do solo, evita maior erosão pela chuva (gotas), fazendo que o solo seja mais permeável.

O SAF2 apresentou maior tempo de infiltração, e pode-se dizer que isso é em decorrência da falta de plantas herbáceas na área, já que, a matéria

orgânica é um constituinte cimentante que mantém os solos agregados, preservando a porosidade e a capacidade de infiltração (CALOURO, 2005).

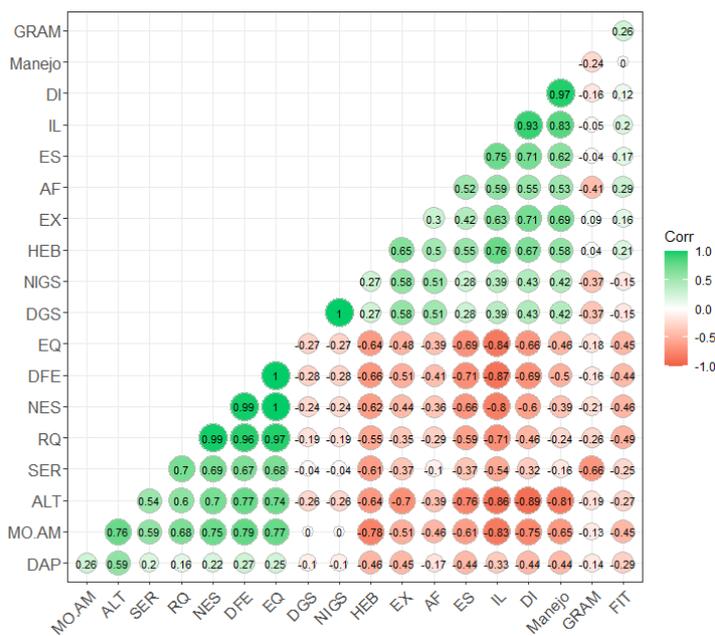
A verificação da *MO* e *atividade microbiana* mostraram-se superior no teste de médias, contudo não diferem entre si, com média de 2,30ab e 2,65a, para SAF1 e mata ciliar. Enquanto que o Saf 2 se apresenta diferente estatisticamente com 1,65b. Isso pode ser explicado pelo fato de que essa área não apresentou espécies adubadeiras, o que reduz a produção de matéria orgânica e conseqüentemente a atividade de microrganismos, como cita Moreira (2009) os fungos, bactérias, além da macro e da mesofauna que atuam principalmente nos estágios iniciais e formam um consórcio complexo e diverso, que decompõe desde compostos orgânicos mais simples até os mais complexos e reciclam nutrientes para o solo, o tornando mais produtivo.

4. 2 - Análise dos Componentes Principais (ACP)

A ACP é uma técnica da estatística multivariada que consiste em transformar um conjunto de variáveis originais em outro conjunto de variáveis de mesma dimensão denominadas de componentes principais (HONGYU, 2015). Para a aplicação da ACP é necessário que a partir de um correlograma seja identificadas variáveis que sejam correlacionadas entre si, tanto positivamente quanto negativamente.

O correlograma (figura 15) evidencia que existem correlações entre as variáveis para esse experimento o que justifica a aplicação da ACP. Com os 19 indicadores nas linhas e colunas pode-se verificar a correlação entre eles, pois quanto mais verde é a cor e mais próximo de 1 está a variável, nesse caso a correlação é dita positiva, contudo, quanto mais vermelha a variável e próxima de -1 estiver, dizemos que a correlação é negativa. E quando branco correlação nula.

Figura 15 – Correlograma dos 19 indicadores.



Fonte: Josiane, 2022.

Legenda: MO.AM (Matéria orgânica e Atividade dos Microrganismos); ALT (altura); SER (serrapilheira); RQ (riqueza das espécies); NES (Nº efetivo de espécies); DFE (diversidade de funções ecológicas) EQ (equabilidade); (DGS) Diversidade de grupos sucessionais; (Nº de indivíduos por grupos sucessionais); HEB (herbáceas); EX (presença de espécies exóticas); AF (espécies atrativas de fauna); ES (estrutura do solo); IL (iluminação); DI (densidade de indivíduos); Manejo; GRAM (gramíneas); FIT (fitossanidade).

Com base nos resultados obtidos pela técnica dos componentes principais (CP), os dois primeiros foram responsáveis por 68.13% da variação total, sobre os 19 indicadores, em que o CP1 foi responsável por 52,67% e o segundo, CP2, por 16,46% das variações dos dados. De acordo com Rencher (2002), pelo menos 70% da variância total devem ser explicadas pelos primeiros e o segundo componentes principais. Com uma proporção acumulada de 69,13% assumimos então dois componentes principais a quem chamamos de Grupo Ecológico (CP1) e Grupo Sucessional (CP2) (tabela 5), pois eles foram responsáveis por captar aproximadamente 70% de proporção acumulada da variação original dos dados (REGAZZI, 2000).

Tabela 5 – Análise do Componentes Principais.

	Grupo Ecológico	Grupo Sucessional
MO/AM	- 0,85	0,24
SER	- 0,63	0,53
HEB	0,40	0,68
GRAM	0,08	- 0,75
ES	0,79	0,07
FIT	0,37	- 0,45
IL	0,96	0,11
DI	0,87	0,31
DAP	- 0,45	0,04
ALT	- 0,90	0,01
EX	0,71	0,29
AF	0,57	0,43
DFE	- 0,92	0,24
DGS	0,41	0,72
NIGS	0,41	0,72
EQ	0,91	0,27
RQ	- 0,80	0,41
NES	- 0,88	0,32
MANEJO	0,74	0,45

Fonte: Josiane, 2022.

Legenda: MO.AM (Matéria orgânica e Atividade dos Microrganismos); ALT (altura); SER (serrapilheira); RQ (riqueza das espécies); NES (Nº efetivo de espécies); DFE (diversidade de funções ecológicas) EQ (equabilidade); (DGS) Diversidade de grupos sucessionais; (Nº de indivíduos por grupos sucessionais); HEB (herbáceas); EX (presença de espécies exóticas); AF (espécies atrativas de fauna); ES (estrutura do solo); IL (iluminação); DI (densidade de indivíduos); Manejo; GRAM (gramíneas); FIT (fitossanidade).

Considerando a influência positiva e negativa das variáveis para cada grupo, dos 19 indicadores analisados 6 apresentaram maior influência positiva

na análise dos componentes principais a quem chamamos de Grupo ecológico, foram eles *ES*, *IL*, *EX*, *EQ*, *DI* e *MANEJO*, enquanto que 5 variáveis se apresentaram negativamente sendo *MO/AM*, *ALT*, *DFE*, *RQ*, *NES* que se destacaram neste componente. Enquanto que *DGS*, *NIGS* foram os 2 indicadores positivos e *GRAM* a única variável negativa, formando o grupo sucessional.

A variável *IL* foi a que apareceu com score positivo de 0,97 o mais alto para o Grupo Ecológico, é um indicador que apesar de vital à sobrevivência da maioria das plantas, pode ser um agente estressante às plantas presentes nos estratos inferiores quando em intensidades elevadas (KURSAR et al., 1999). E a área encontrada com maior intensidade de iluminação foi o SAF2, o que pode ser pressuposto pela pouca densidade de indivíduos arbóreos.

A *IL* também se relaciona muito bem com a próxima variável, a *DI* (0,87) isso pode ser atribuído principalmente ao fato de que, quanto maior a densidade de indivíduos isso pode vir a proporcionar uma menor incidência de luz, pela composição de indivíduos com copas mais densas. Como é no caso da área do SAF1 já que possuem uma quantidade maior de espécies arbóreas. Como ressalta Liebman (2012). A maior cobertura proporcionada pelos policultivos pode reduzir a quantidade de luz solar que chega até a superfície do solo, reduzindo a perda por evaporação e essa maior cobertura também aumenta a penetração de água de chuva no solo e diminui a erosão pelo impacto das gotas de chuva no solo.

A variável *ES* (0,79) de acordo com Muller et al. (2009), a estrutura do solo é a chave para os processos biológicos, físicos e químicos e está relacionada às funções ecossistêmicas exercidas por este recurso natural.

A fim de se aproximar de um ecossistema natural que é o objetivo dos SAFs a variável *Manejo* (0,74) que aparece neste grupo deve ser feito pensando na composição de espécies, em quais funções ela irá 'entregar' aquela área. Em suma, o manejo influencia a relação com todos os SEs que servem o SAF. Para Tilman et al, (2002) as práticas de manejo podem reduzir ou aumentar a capacidade dos ecossistemas de prover bens e serviços.

A escolha das espécies para cada área uma vez que a depender da introdução de espécies que não se relacionam bem com outras espécies ou com características do ambiente podem acarretar em perdas para o ambiente. A variável *EX* (0,71) aparece com influência na formação deste grupo, é importante ressaltar que como alerta o IBAMA (2019) espécies Exóticas são organismos que, introduzidos fora da sua área de distribuição natural, ameaçam a diversidade biológica e os serviços ecossistêmicos. A ausência de predadores naturais, abundância de presas sem defesas naturais eficientes contra as espécies introduzidas e distúrbios em áreas naturais frequentemente criam vantagens para espécies exóticas invasoras sobre espécies nativas.

O manejo também tem influência direta nos índices de diversidade como o da variável *EQ* (0,91) que é o índice de Equabilidade de Pielou que é derivado do índice de diversidade de Shannon e permite representar a uniformidade da distribuição dos indivíduos entre as espécies existentes.

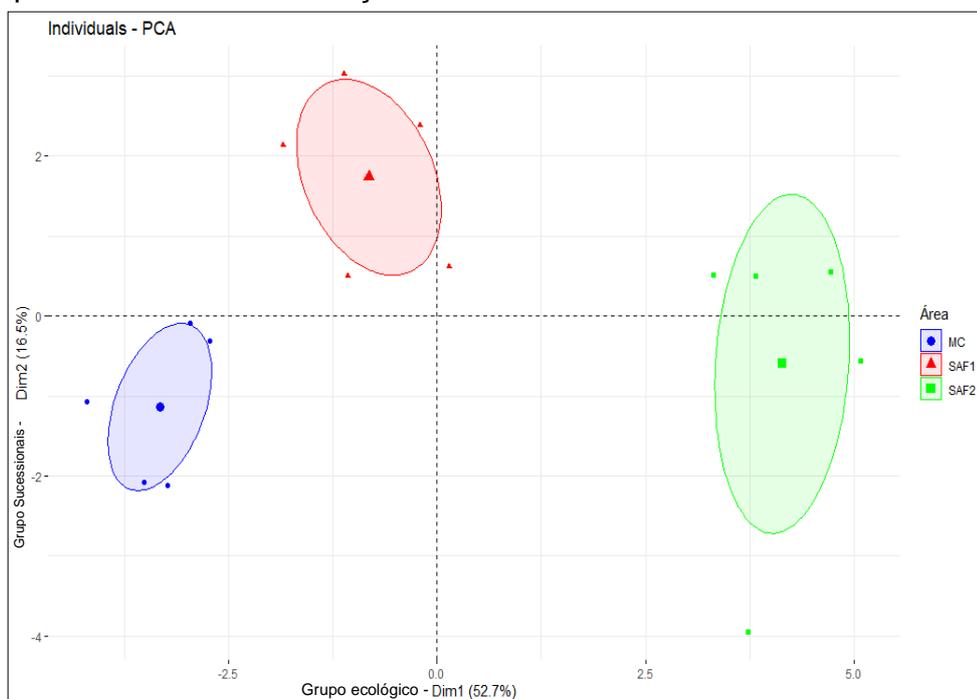
Para a formação do Grupo Sucessional, houveram duas variáveis com scores positivos que foram *DGS* (0,72) e *NIGS* (0,72). A caracterização dos grupos sucessionais, segundo a leitura de Ernst Götsch baseia-se

fundamentalmente na exigência das espécies pelas condições edafoclimáticas, e no seu ciclo de vida, e, para que os consórcios estejam completos, condição essa fundamental para a sustentabilidade do sistema, é importante considerar, além das características ecofisiológicas das espécies, o estrato que cada uma ocupa no consórcio, para que o espaço vertical seja ocupado da melhor maneira possível (identificando espécies de estratos baixo, médio, alto e emergente em cada consórcio) (PENEIREIRO, 2014).

A variável *GRAM* (-0,75) se apresenta de forma negativa nesse grupo. A densidade de indivíduos e presença de espécies arbóreas pode ter afetado a quantidade de entrada de luz, criando condições para o não surgimento de gramíneas invasoras e esse acontecimento como diz Fernandes (2017), mostra a importância da escolha de espécies componentes arbóreas bem como outras espécies de desenvolvimento rápido, a fim de vencer essa etapa inicial da restauração quando a competição com as espécies invasoras, principalmente as gramíneas, for alta.

A partir da figura 16, é possível identificar quais grupos ecológico ou sucessional as áreas tem mais relação. E foi possível observar que os dois primeiros eixos explicaram 52,7% e 16,5% da variação total dos Grupos ecológicos e Grupo Succionais, respectivamente. Pode-se observar a partir dos scores médios das cinco parcelas de cada área, a maioria das parcelas alocadas no SAF2 agregaram-se nos quadrantes positivos enquanto no SAF1 e Mata Ciliar essas parcelas apareceram dispostas nos quadrantes negativos para este eixo.

Figura 16 – Gráfico biplot com score médio das cinco parcelas de cada área com elipses de 95% de confiança.



Fonte: Josiane, 2022.

O SAF2 se apresenta com uma relação maior ao Grupo ecológico, dentre as variáveis que formam este grupo a variável DFE merece destaque

pois teve o score negativo mais alto com (-0,92), é a partir dessa variável em que se resumem em fluxos de matéria e energia que regulam e fazem funcionar os ecossistemas naturais ROMEIRO (2009). Essa relação pode ser explicada pelo fato de o SAF2 ter apresentado um menor número de funções ecológicas em relação ao SAF1.

A *ALT* (-0,90) para este grupo se apresenta negativa. O desenvolvimento de um indivíduo depende de alguns fatores, como o resultado das interações da capacidade genética inerente do crescimento de cada espécie e do ambiente no qual está habitando, ou seja, se o sistema lhes confere condições para um crescimento adequado, outro fator está também na idade do indivíduo (JOSÉ, 2005).

RQ (-0,80) está negativa para este grupo, várias pesquisas têm evidenciado uma relação positiva entre a riqueza de espécies e o funcionamento dos ecossistemas como resultado do maior número de grupos funcionais em comunidades com maior número de espécies (TILMAN et al. 1996, LOREAU et al. 2001, LAMB 2018). No entanto, para explicar e prever padrões ecológicos, a diversidade taxonômica não pode ser analisada de forma isolada, pois a composição pode ser tão importante quanto a riqueza, visto que as espécies não são equivalentes em suas funções. Outra variável negativa foi o *NES* (-88) também se relacionaram negativamente neste grupo, já que o índice de Shannon foi mais baixo para área, indicando, portanto, quanto menor o valor do índice de Shannon demonstra que a diversidade do grupo é baixa.

Para esse grupo a variável *MO/AM* (-0,85), se apresenta negativa, demonstrando que este grupo pode estar com a estrutura do solo comprometida. Um dos fatores responsáveis pela deposição de MO e consequente atividade de microorganismos são as árvores do ambiente. As árvores podem contribuir para o processo de restabelecimento da fauna do solo fator importante para a decomposição de resíduos de plantas (TIAN et al., 1992). Em suma a melhoria do ambiente do solo sob a copa das árvores possibilita uma atividade microbiana mais efetiva na decomposição da matéria orgânica.

O SAF1 e Mata ciliar, em média, se apresentaram com valores mais alto para o Grupo sucessional, estando associadas de forma positiva para estas áreas, enquanto que para o Grupo ecológico estando próximo a 0 não demonstra grande destaque. Um dos fatores que relacionam o SAF1 do Grupo sucessional é que foi possível identificar que na área ainda predominam 75% de espécies pioneiras ou iniciais em relação ao seu grupo sucessional, a quantidade de pioneiras não pode exceder 60% do total dos indivíduos do plantio, a fim de gerar um equilíbrio no sistema.

Um dos fatores do ecossistema que se apresente restaurado com seus serviços ecossistêmicos em oferta abundante deve apresentar grupos funcionais necessários para seu desenvolvimento e estabilidade (SER, 2004). Nos sistemas agroflorestais sucessionais (COELHO, 2012) espera-se uma alta densidade de indivíduos arbóreos, uma vez que é preciso plantar muitas espécies pioneiras, fornecendo condições para o desenvolvimento das espécies não pioneiras.

Os grupos sucessionais são diferenciados conforme suas exigências edafoclimáticas e o tempo que necessita para se desenvolver, portanto, para

haver um consórcio de sucesso, há de se considerar a particularidade de cada espécie, como também o estrato a que permanece, para exercer melhor ocupação possível na sessão vertical (GÖTSCH, 1995). E para o SAF 1, verifica-se então uma variabilidade de espécies maiores que oferecem a essa área um número maior de benefícios.

Em suma, o SAF1 teve como indicadores chave no grupo sucessionais com maior relação a *Diversidade de grupos sucessionais e Nº de indivíduos por grupos sucessionais*, enquanto que o SAF2 apresentou a *Iluminação* como o mais influente na formação do grupo ecológico.

5 CONCLUSÕES

De modo geral os SAFs 1 e 2, reestabeleceram as funções ecológicas da área em média 64,95%. Com tudo, com relação aos atributos de resiliência e estabilidade, com base na diversidade da comunidade, conclui-se que o SAF 1, em ambos os momentos, se encontra em uma situação muito mais próxima da mata ciliar.

Ou seja, a área de SAF 1 avaliada apresentou índices satisfatórios quando comparado com a área de referência, e notadamente a escolha das espécies arbóreas e adubadeiras para o SAF 1, foi o fator chave para atender a maioria dos indicadores aqui analisados. Já o SAF 2 obteve a menor classificação, sendo influenciada, pela baixa diversidade de funções ecológicas.

A maior diferença encontrada entre os SAFs estudados foi em relação ao SAF1, que apresentou a menor funcionalidade ecológica. Este resultado pode ser atribuído principalmente considerando que esse desenho priorizou a produção de frutas e madeiras, tendo menor densidade de indivíduos, que proporcionou maior incidência de luz, favorecendo as gramíneas invasoras, conseqüentemente apresentando também menor cobertura por herbáceas e serapilheira.

Os métodos utilizados nesse estudo contribuíram de forma complementar para a avaliação dos SAFs como uma estratégia de restauração ecológica. Esse conjunto de indicadores tem o potencial de permitir que os agricultores, envolvidos avaliem as condições e contextos em que estão inseridos e deem suporte para as mudanças de conduta e reorientação de manejo necessárias na direção da sustentabilidade desses agroecossistemas.

6 LITERATURA CITADA

ARAÚJO. A, S; ANDRADE. L, P, A.; MOLICA. R, J, R. ANDRADE, M, L, S. **Indicadores de sustentabilidade para sistemas agroflorestais: levantamento de metodologias e indicadores utilizados.** 2022.

ASTIER. M. **La evaluación de la sustentabilidad em los sistemas de manejo: el Proyecto MESMIS.** In: Congresso Brasileiro de Agroecologia, 1. Seminário Internacional sobre Agroecologia e V Seminário Estadual de Agroecologia, 4. 2003. Porto Alegre, RS. Anais..Emater/RS-Ascar, Porto Alegre; Embrapa Clima T emperado, Pelotas, p. 234-240. 2004.

ALTIERI, M. **Agroecologia: as bases científicas da agricultura alternativa.** Rio de Janeiro: PTA: Fase, 1989.

ALTIERI. M. **Agroecologia: a dinâmica produtiva da agricultura sustentável.** Porto Alegre: Editora da UFRGS, 1995.

ALTIERI, M. A. **Agroecologia: bases científicas para uma agricultura sustentável.** Guaíba: Agropecuária; AS-PTA, 2002. 592 p.

ALTIERI. M. **Agroecologia: A dinâmica produtiva da Agricultura Sustentável.** 5ª Edição. Porto Alegre: Editora da UFRGS, 2009.

ALTIERI, Miguel. **Agroecologia: Bases científicas para uma agricultura sustentável.**3. ed. São Paulo: Expressão Popular, 2012. 379 p.

ALTIERI. M, A e NICHOLLS. C, I. **Agroecologia e a reconstrução de uma agricultura pós-COVID-19.** The Journal of Peasant Studies. 2020.

AMADOR. D, B. **Restauração de ecossistemas com sistemas agroflorestais.** Restauração de ecossistemas naturais. Fundação de Estudos e Pesquisas Agrícolas e Florestais–FEPAF. São Paulo. Botucatu, 2003.

ANDRADE, D. C.; ROMEIRO, A. R. **Serviços ecossistêmicos e sua importância para o sistema econômico e o bem-estar humano.** Texto para Discussão, n. 155, fev. 2009.

ARCO-VERDE, M. F.; AMARO, G. C. **Metodologia para análise da viabilidade financeira e valoração de serviços ambientais em sistemas agroflorestais.** In: PARRON, L. M.; GARCIA, J. R.; OLIVEIRA, E. B.; BROWN, G. G.; PRADO, R. B. Serviços ambientais em sistemas agrícolas e florestais do bioma Mata Atlântica. Brasília, DF: Embrapa, Capítulo 30, 2015.

ARRUDA, L.; DANIEL, O. **Florística e diversidade em um fragmento de Floresta Estacional Semidecidual Aluvial em Dourados, MS.** Revista Floresta, Curitiba, v. 37, n. 2, p. 189-199. 2007.

BARBIERI, J. C. **Desenvolvimento sustentável: das origens à agenda 2030**. Petrópolis: Editora Vozes, coleção educação ambiental. p. 264, 2020.

BARBERA-CASTILLO, N.M. **Diversidad de especies de hormigas en sistemas agroforestales contrastantes de café, em Turrialba, Costa Rica**. 99 f. Dissertação (Mestrado) - Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza, Turrialba, Costa Rica. 2001.

BENETTI, L. B. **Avaliação do índice de desenvolvimento sustentável do município de Lages (SC) através do método do Painel de Sustentabilidade**. 2006. 215f. Tese (Doutorado em Engenharia Ambiental) – Curso de Pós-Graduação em Engenharia Ambiental, Universidade Federal de Santa Catarina, 2006.

EL BILALI, H.; CALLENIUS, C.; STRASSNER, C.; PROBST, L. **Food and nutrition security and sustainability transitions in food systems**. 2018.

BOLFE, E. L. **Desenvolvimento de uma metodologia para a estimativa de biomassa e de carbono em sistemas agroflorestais por meio de imagens orbitais**. 2010. 233 f. Tese (Doutorado) – Universidade Estadual de Campinas, Instituto de Geociências, Campinas. 2010.

BLASER, W. J.; OPPONG, J.; HART, S. P.; LANDOLT, J.; YEBOAH, E.; SIX, J. **Climate smart sustainable agriculture in low-to-intermediate shade agroforests**. Nature Ecology & Evolution, v. 2, p. 1075–1079, 2018.

BRANCALION, P.H.S.; GANDOLFI, S., RODRIGUES R.R. **Restauração Florestal**. São Paulo: Oficina de Textos, 431p. 2015.

BRASIL. Lei Nº 11.326, de 24 de julho de 2006. **Estabelece as diretrizes para a formulação da Política Nacional da Agricultura Familiar e Empreendimentos Familiares Rurais**. 2006.

CAPORAL, F. R.; COSTABEBER, J. A. **Agroecologia e sustentabilidade. Base conceptual para uma nova Extensão Rural**. In: WORLD CONGRESS OF RURAL SOCIOLOGY, 10., Rio de Janeiro. Anais... Rio de Janeiro: IRSA, 2001b.

CAPORAL, F. R.; COSTABEBER, J. A. **Agroecologia e extensão rural: contribuições para a promoção do desenvolvimento rural sustentável**. Brasília: MDA; SAF; DATER-IICA, 2004.

CAMARGO, G, M; SCHLINDWEIN, M, M; PADOVAN, M, P; SILVA, L.F. **Sistemas Agroflorestais Biodiversos: Uma alternativa para pequenas propriedades Rurais**. v. 15, n. 1, p. 34-46, jan-abr/2019.

CÂNDIDO, V. A.; PINTO, L. V. A.; BOGARIM P. C.; ROSA, S. D.; SILVA, R. M.; BARBOSA, J. M. N. **Sistema agroflorestal para recomposição de reserva**

legal em propriedades de agricultores familiares. Revista agrogeoambiental, v. 8, n. 2, 2016.

CANOSA, G. A. **Atributos funcionais de espécies da Mata Atlântica : ferramentas para o planejamento ambiental e econômico.** / Gabriela Arruda Canosa; Luiz Fernando Duarte de Moraes. — Seropédica : Embrapa Agrobiologia, pg 18, 2016.

CALOIRO, F. **Atividades agrícolas e ambiente.** 1 ed. Porto. SPI (Sociedade Portuguesa de Inovação), 2005.

CARIM, S.; SCHWARTZ, G.; SILVA, M. F. F. **Riqueza de espécies, estrutura e composição florística de uma floresta secundária de 40 anos no leste da Amazônia.** Acta bot. Bras. 21 (2): 293-308. 2007.

CARVALHO, F. A. et al. **Composição, riqueza e heterogeneidade da flora arbórea da bacia do rio São João, RJ, Brasil.** Acta Botanica Brasilica, 22 (4): 929-940, 2008.

CASTRO, D.; MELLO, R. S. P.; POESTER, G. C. (ORGS). **Práticas para restauração da mata ciliar.** porto alegre: catarse – coletivo de comunicação, 60 p. 2012.

CORDEIRO, S. A.; SILVA, M. L.; OLIVEIRA NETO, S.; OLIVEIRA, t. M. **Simulação da variação do espaçamento na viabilidade econômica de um sistema agroflorestral.** Revista floresta ambiental, V. 25, N. 1, 2018.

COELHO, G. C. **Categorias de sistemas agroflorestrais.** In: Sistemas agroflorestrais. São Carlos, Rima Editora, 206 p. 2012.

CONTI, V; FOLMER, I; FLORES, C, R. **A Transformação do Território a partir da Transição da Agricultura Convencional para a Agricultura Agroecológica: O Caso de Agudo/RS.** DOI: 10.48017/Diversitas_Journal-v 6i3-1963. 2021.

CHASSOT. T. **Densidade e incremento diamétrico de árvores individuais da floresta ombrófila mista.** Tese de doutorado. 2013.

CITADINI-ZANETTE, V., PEREIRA, J.L., JARENKOW, J.A., KLEIN, A.S. & SANTOS, R.S. **Estrutura da sinúsia herbácea em Floresta Ombrófila Mista no Parque Nacional de Aparados da Serra, sul do Brasil.** Revista Brasileira de Biociências 9: 56-63. 2011.

DALBEM, R. V. et, al. **Diversidade de Insetos Predadores em Pomares Cítricos Orgânicos e Agroflorestrais na Região do Vale do Caí – RS.** 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, 1999a.

DELLA. A, P, et al. **VIII Botânica no Inverno**. São Paulo: Instituto de Biociências da Universidade de São Paulo, Departamento de Botânica, p.96/275, 2018.

EMBRAPA. **Indicadores Ecológicos: ferramentas para o monitoramento do processo de restauração ecológica**. Pedro Augusto Fonseca Lima... [et al.]. – Planaltina, DF : Embrapa Cerrados, 2015.

EMBRAPA. **Visão 2030: o futuro da agricultura brasileira**. – Brasília, DF: Embrapa, 2018.

EMBRAPA. **Marco referencial em serviços ecossistêmicos** / Rodrigo Peçanha Demonte Ferraz ... [et al.], editores técnicos. – Brasília, DF: Embrapa, p.29/160, 2019.

EL BILALI, H; CALLENIUS, C; STRASSNER, C; PROBST, L. **Food and nutrition security and sustainability transitions in food systems**. Food and Energy Security, v. 8, n. 2, p. e00154, 2019.

EHLERS, E. O que é agricultura sustentável. São Paulo: Brasiliense, 2008. 92p.

ENGEL, V. L.; PARROTA, J. A. **Definindo a restauração ecológica: ntendências e perspectivas mundiais**. In: KAGEYAMA, P. Y.; OLIVEIRA, R. E. de; MORAES, L. F. D. de; ENGEL, V. L.; GANDARA, F. B. (Org.). Restauração ecológica de ecossistemas naturais. Botucatu: FEPAF, p. 1-26. 2003.

FAO. **The state of food and agriculture: paying farmers for environmental services**. (FAO agriculture series, n. 38). 222 p. Rome, 2007.

FAO. FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS. **Agroforestry for landscape restoration. Exploring the potential of agroforestry to enhance the sustainability and resilience of degraded landscapes**. Roma, 2017.

FAO - FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS. **Sustainability Assessment of Food and Agriculture systems (SAFA) Indicators**. 2022.

FERNANDES. G, E, et., al. **Cobertura florestal ou função ecológica: a eficácia da restauração na bacia do rio sorocaba e médio tietê**. RBCIAMB | n.44, 127-145, 2017.

FEIL, A. A. et al. **Análise dos eventos históricos para a concepção dos termos Sustentabilidade e Desenvolvimento Sustentável**. Rede – Revista Eletrônica do PRODEMA, v. 10, n. 1, p. 7-21, 2016.

FISHER, B.; COSTANZA, R.; TURNER, R. K.; MORLING, P. **Defining and classifying ecosystem services for decision making**. Norwich: University of East Anglia, The Centre for Social and Economic Research on the Global Environment, 2007.

FOESCH. M, D, S; GOMES. M, C, G; GUARINO. E, S, G. **Construção participativa de indicadores de sustentabilidade para o monitoramento de sistemas agroflorestais no noroeste do estado do rio grande do sul. XXI Encontro de pós-graduação. 6º semana integrada. UFPEL. 2020.**

FRANCO, F. S; OLIVEIRA, J. E.; ÁLVARES. S. M. R. **Construção participativa do conhecimento agroflorestral e monitoramento de indicadores de sustentabilidade em assentamentos rurais na região de Iperó, SP. Cap 1, p15. 2017. CANUTO, J. C.; Sistemas Agroflorestais: experiências e reflexões / João Carlos Canuto, editor técnico. Brasília, DF: Embrapa, 2017.**

FRAINER, A. PRIMICERIO, R. KORTSCH, S. M. ASCHAN. **Climate-driven changes in functional biogeography of Arctic marine fish communities. 2017.**

GAMA-RODRIGUES, E. F.; BARROS, N. F.; VIANA, A. P.; SANTOS, G. A. **Alterações na biomassa e na atividade microbiana da serapilheira e do solo, em decorrência da substituição de cobertura florestal nativa por plantações de eucalipto, em diferentes sítios da região sudeste do Brasil. Revista Brasileira de Ciência do Solo, Viçosa, v. 32, n. 4, p. 14891499, 2008.**

GARCIA, S; & GUERRERO, M. **Indicadores de sustentabilidad ambiental en La gestión de espacios verdes: Parque urbano Monte Calvário, Tandil, Argentina. Rev. geogr. Norte Gd., jul., no.35, p.45-57. 2006.**

GERHARDT, M. C. et al. **Diagnóstico da arborização da área central da cidade de Santo Cristo-RS. Rev Sbau, v. 6, n. 1, p. 69-84, 2011.**

GOMES, H. B.; CULLEN JUNIOR, L.; SOUZA, A. dos S.; CAMPOS. N. R.; MARIN, W. S, L.; SILVA, L. C. de S. da. **Sistemas agroflorestais como sistema de produção viável para agricultura familiar em assentamentos rurais no Pontal do Paranapanema – SP. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE SISTEMAS AGROFLORESTAIS, 10., 2016, Cuiabá. SAF: aprendizados, desafios e perspectivas: anais. Cuiabá: CBSAF, 2016.**

GÖTSCH, E. **Break-through in agriculture**. Rio de Janeiro: AS-PTA, 1995.

GLIESSMAN, S. R., E. R. GARCIA, and A. M. AMADOR. **The ecological basis for the application of traditional agricultural technology in the management of tropical agro-ecosystems.** *Agroecosystems* 7: 173-185, 1981.

GLIESSMAN, S. R. **Agroecologia: processos ecológicos em agricultura sustentável.** (2a Edição, 653 p.). Porto Alegre: UFRGS. 2001.

GLIESSMAN, S. R. **Agroecologia – Processos Ecológicos em Agricultura Sustentável.** Porto Alegre: UFRGS, 653p. 2005.

GLIESSMAN, S. R. **Agroecologia: Processos ecológicos em Agricultura Sustentável.** 4a Edição. Porto Alegre: Editora da UFRGS, 2009.

GLIESSMAN, S. **Defining Agroecology, Agroecology, Agroecology and Sustainable.** *Food Systems*, 42:6, p. 599-600, 2018.

GUZMÁN, S. G. E., Eduardo. **As bases sociológicas da agroecologia.** In: Encontro Internacional sobre Agroecologia e Desenvolvimento Rural Sustentável, Primeiro, julho de 2001, Botucatu. Anais em CD, v.1, 2001.

GUZMÁN, S. **A perspectiva sociológica em Agroecologia: uma sistematização de seus métodos e técnicas.** Porto Alegre, 2002.

JOSE, Shibu. **Agroforestry for conserving and enhancing biodiversity.** *Agroforestry Systems*, v. 85, n. 1, p. 1–8, 26 abr. 2012.

JOSÉ, J. V.; REZENDE, R.; MARQUES, P. A. A.; FREITAS, P. S. L.; ALVES, D. S. **Determinação da velocidade de infiltração básica de água em dois solos do Noroeste do Estado do Paraná.** *Revista em Agronegócios e Meio Ambiente*, v.6, n.1, p.155-170, 2013.

JUNIOR, J. B. T.; SANTOS, T. M. M. S.; SOUZA, E. G. A.; MENESES, C. H. S. G. M.; SOARES, C. S. **Produção de fabáceas para adubação verde no agreste Paraibano.** ISSN 1983- 4209- volume 11- Número 01, 2015.

HAINES-YOUNG, R.; POTSCHIN, M. B. **Revision of the Common International Classification for Ecosystem Services.** (CICES V5.1): a policy brief. *One Ecosystem* 3, article e27108, 2018.

HOLLING, C. S. **Adaptive environmental assessment and management.** New York: John Wiley. 1978.

IBAMA. **Ministério do Meio Ambiente.** Disponível em < <http://www.ibama.gov.br/especies-exoticas-invasoras/sobre-as-especies-exoticas-invasoras>. 2019.

ICRAF. **Restauração Ecológica com Sistemas Agroflorestais: como conciliar conservação com produção. Opções para Cerrado e Caatinga / Andrew Miccolis...[et al.].** Brasília: Instituto Sociedade, População e Natureza – ISPN/Centro Internacional de Pesquisa Agroflorestal – ICRAF, 2016.

KAGEYAMA, P. Y.; OLIVEIRA, R. E.; MORAES, L. F. D.; ENGEL, V. L.; GANDARA, F. B. **Restauração ecológica de ecossistemas naturais. Fundação de Estudos e Pesquisas Agrícolas e Florestais - FEPAF,** Botucatu- SP, 1º ed., p. 340, 2003.

KATO, O. R.; VASCONCELOS, S. S.; CAPELA, C. J.; MIRANDA, I. DE S.; LEMOS, W. DE P.; MAUÉS, M. M.; AZEVEDO R. DE; CASTELLANI, D.C.; THOM. **Projeto Dendê Em Sistemas Agroflorestais Na Agricultura Familiar.** 2011.

KURSAR, T.A.; COLEY, P.D. **Contrasting modes of light acclimation in two species of the rainforest understory.** *Oecologia.* 121: 489-498. 1999.

HONGYU, et al. **Análise de Componentes Principais: resumo teórico, aplicação e interpretação E&S - Engineering and Science.** 2015.

HUETING, R., REIJNDERS, L., DE BOER, B., LAMBOOY, J., JANSEN, H. The concept of environmental function and its valuation. *Ecological Economics.* n. 25, p. 525 31-35, 1998.

LAMB D. **Undertaking large-scale forest restoration to generate ecosystem services.** *Restoration Ecology* 26:657–666. 2018.

LIEBMAN, M. **Sistemas de policultivos. In: ALTIERI M. Agroecologia: bases científicas para uma agricultura sustentável.** 3o Ed. Expressão Popular, AS-PTA. São Paulo, Rio de Janeiro, 400p. 2012.

LOREAU M, NAEEM S, INCHAUSTI P, BENGTSSON J, GRIME JP, HECTOR A, HOOPER DU, HUSTON MA, RAFFAELLI D, SCHMID B, TILMAN D, WARDLE DA **Biodiversity and Ecosystem Functioning: Current Knowledge and Future Challenges.** *Science's compass* 294:804-808. 2001.

MARCHIORI, A.; MARCHIORI, B.; MOREIRA, S.; VIEGAS, I.; SILVA; S. **Ecoagriculturas e sistemas agroflorestais ecoeficientes: sete passos, aprendendo com a natureza. In: João Carlos Canuto (Org.).** Sistemas Agroflorestais: experiências e reflexões. 1º ed. Brasília, DF: Embrapa, v.1, p. 122-137. 2017.

MAGALHÃES, J. G. S.; SILVA, M. L., SALLES, T. T.; REGO, L. J. S. **Análise econômica de Sistemas Agroflorestais via uso de equações diferenciais.** *Revista Árvore,* Viçosa-MG, v.38, n.1, p.73-79, 2014.

MARZAL, K; ALMEIDA, J. **Indicadores de sustentabilidade para agroecossistemas: Estado da arte, limites e potencialidades de uma nova**

ferramenta para avaliar o desenvolvimento sustentável. Cadernos de Ciência & Tecnologia, Brasília, v.17, n.1, p.41-59, jan./abr. 2000.

MASERA et al. **El proyecto de evaluacion de sustentabilidad MESMIS.** In. Astier, et al. Evaluación de sustentabilidad. Un enfoque dinámico y multidimensional. SEAE / CIGA / ECOSUR / CIEco / UNAM / GIRA / Mundiprensa / Fundacion Instituto de Agricultura Ecologica y Sustentable, Espana, p.13-22. 2008.

MAZOYER, Marcel; ROUDART, Laurence. **História das agriculturas no mundo: do neolítico à crise contemporânea.** São Paulo: Editora UNESP; Brasília, DF: NEAD, 2010.

MEA - MILLENNIUM ECOSYSTEM ASSESSMENT. **Ecosystems and human well-being: a framework for assessment.** Washington, DC: Island Press, 2003.

MELOTTO, A.; NICODEMO, M. L.; BOCCHESI, R. A.; LAURA, V. A.; GONTIJO NETO, M. M.; SCHLEDER, D. D.; POTT, A.; SILVA, V. P. **Sobrevivência e crescimento inicial em campo de espécies Florestais nativas do brasil central indicadas para sistemas Silvopastoris.** Revista Árvore, ViçosaMG, v.33, n.3, p.425-432, 2009.

MELO, A. C. G; REIS, C. M.; RESENDE, R. U. **Guia para monitoramento de reflorestamentos para restauração** – Circular Técnica 1. São Paulo: SMA-SP, Jan. 2010.

MENDONÇA, E. S.; LEITE, L. F. C.; FERREIRA NETO, P. S. F. **Cultivo do café em sistema agroflorestal: uma opção para recuperação de solos degradados.** Revista Árvore, v. 25, n. 3, p. 375-383, 2001.

MICCOLIS, A.; PENEIREIRO, F. M.; MARQUES, H. R.; VIEIRA, D. L. M.; ARCOVERDE, M. F.; HOFFMANN, M. R.; PEREIRA, A. V. B. **Restauração ecológica com Sistemas Agroflorestais: como conciliar conservação com produção: opções para Cerrado e Caatinga.** Brasília, DF: Centro Internacional de Pesquisa Agroflorestal - ICRAF. 266 p. 2016.

MORAES, L. F. D. **Indicadores de restauração de áreas degradadas na reserva biológica Poço das Antas, RJ. 2005.** 111f. Tese (Doutorado) – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica, 2005.

MOREIRA, R. M; CARMO. M, S, do. **Agroecologia na construção do Desenvolvimento rural sustentável.** Agric. São Paulo, São Paulo, v. 51, n. 2, p. 38, 2004.

NAIR, P. K. R. **An introduction on to agroforestry.** Dordrecht, Holanda: Kluwer Academic Publishers, 1993.

NAEEM, S.; WRIGHT, J. P. **Disentangling biodiversity effects on ecosystem functioning: deriving solutions to a seemingly insurmountable problem.** Ecology Letters. v. 6, p. 567-579. Abr. 2003.

NEDER, R, T. E COSTA. F, M, P. **Ciência, tecnologia, sociedade para a construção da agroecologia.** Brasília, DF, p. 123, 2014.

NICHOLLS, C. I.; ALTIERI, M. A.; VÁZQUEZ, L. L. **Agroecología: principios para la conversión y el rediseño de sistemas agrícolas.** Agroecología, v. 10, n. 1, p. 61-72, 2015.

NOBRE. H, G, SILVA.; F, S, N, S. DAIANE.; S, O.; BENEVIDES. P, R,;; ARAÚJO. E, R. **Agroecologia, sistemas agroflorestais e sua contribuição para a sustentabilidade no nordeste paraense.** 2017

ODUM, E. P. Introdução: **O domínio da Ecologia.** In: ODUM, E. P. Fundamentos de Ecologia. Fundação Calouste Gulbenkian: Editora Roca, 2007.

OECD – **The Organisation for conomic Co-operation and Development OECD core set of indicators for environmental performance reviews.** Paris, 1993.

PALUDO, R. & COSTABEBER, J. A. **Sistemas agroflorestais como estratégia de desenvolvimento rural em diferentes biomas brasileiros.** Revista Brasileira de Agroecologia, 2012.

PARRON, L. M.; RACHWAL, M. F. G.; MAIA, C. M. B. de F. **Estoques de carbono no solo como indicador de serviços ambientais.** In: PARRON, L. M.; GARCIA, J. R.; OLIVEIRA, E. B. de; BROWN, G. G; PRADO, R. B. (Ed.). Serviços ambientais em sistemas agrícola e florestais do Bioma Mata Atlântica. Brasília: Embrapa, p. 92-100, 2015.

PAULISTA G.; VARVAKIS, G.; MONTIBELLER-FILHO, G. **Espaço emocional e 566 indicadores de sustentabilidade.** Revista Ambiente e Sociedade, v. 6, n.1, p.185-200. 567 2008.

PENEIREIRO, F. M; AMADOR, D. B.; MARÇAL, M. F. M; PINHO, R. Z. **Liberdade e vida com agrofloresta.** São Paulo: Superintendência Regional do INCRA em São Paulo, 2008.

PETCHEY, O. L.; GASTON, K. J. **Functional diversity: back to basics and looking forward.** Ecological Letters. v. 9, n. 6, p. 741-758. Jun. 2006.

PIÑA-RODRIGUES, F. C. M.; SILVA, J. M. S.; PIOTROWSKI, I.; LOPES, G. G. G. R.; FRANCO, F.; ALVARES, S. **Protocolo de Monitoramento da Funcionalidade Ecológica de Áreas de Restauração.** Sorocaba, 2015.

PINHEIRO, A.; TEIXEIRA, L. P.; KAUFMANN, V. **Capacidade de infiltração de água em solos sob diferentes usos e práticas de manejo agrícola.** Revista Ambiente e Água, v.4, n.2, p.188-199, 2009.

PRIETO, P. V., SANSEVERO, J. B. B., GARBIN, M. L., BRAGA, J. M. A., RODRIGUES P. J. F.P. **Edge effects of linear canopy openings on understory communities in a lowland Atlantic tropical forest.** Applied Vegetation Science, 17 (1): 121-128. 2013.

PRADO R. B. **Serviços ecossistêmicos e ambientais na agricultura.** In: PALHARES, J. C. P.; GEBLER, L. (Ed.). Gestão ambiental na agricultura. Brasília, DF: Embrapa, 2014. v. 2, cap. 11, p. 413-456.

PRIMAVESI, A. **Manejo ecológico do solo: a agricultura em regiões tropicais.** 7a ed. São Paulo (SP): Nobel, 541 p., 1984.

PRIMAVESI, A. **Manejo ecológico de pragas e doenças: Técnicas alternativas para a produção agropecuária e defesa do meio ambiente.** São Paulo: Nobel, 1988.

REGAZZI, A.J. **Análise multivariada.** notas de aula INF 766, Departamento de Informática da Universidade Federal de Viçosa, v.2, 2000.

REINIGER. L, R, S; WIZNIEWSKY. J, G; KAUFMANN. M, P. **Princípios de agroecologia.** NTE - Núcleo de Tecnologia Educacional. 1. ed. – Santa Maria, RS: UFSM, NTE, UAB, p.61/372, 2017.

REIS, V. M.; TEIXEIRA, K. R. S. **Fixação Biológica de Nitrogênio** - Estado da Arte. In: AQUINO, A. M.; ASSIS, R. L. (Eds.) Agroecologia: princípios e técnicas para uma agricultura orgânica sustentável. Brasília/ DF: EMBRAPA (Informação Tecnológica). Cap. 6, p. 151-180. 2005.

REIS, A.M.S., ARAÚJO, E.L., FERRAZ, E.B.M. & MOURA, A.N. **Inter-annual variations in the floristic and population structure of herbaceous community of “Caatinga” vegetation in Pernambuco, Brazil.** Revista Brasileira de Botânica 29: 497-508. 2006.

RENCHER, A.C. **Methods of Multivariate Analysis.** A JOHN WILEY & SONS, INC. PUBLICATION.p.727. 2ed. 2002.

ROMEIRO, A. R. ANDRADE, D. C. **Serviços ecossistêmicos e sua importância para o sistema econômico e o bem-estar humano.** Texto para Discussão, n. 155, fev. 2009.

RODRIGUES et al. **Pacto pela restauração da Mata Atlântica: referencial dos conceitos e ações de restauração florestal.** Organização por Rodrigues et al. São Paulo: LERF/ESALQ: Instituto Bioatlântica, 256 p. 2009.

SARADÓN, S. J. **Agroecología: El camino hacia una agricultura sustentable.** ECA. 605 2ª edição. 2005.

SARDO, P. M. L. **Restauração ecológica em sistemas agroflorestais na APA do rio São João/ Mico-leão-dourado**. Tese. p. 97/216. 2021.

SANTOS, H. M.; SANTOS, G. A. **Superação de dormência em sementes de *Enterolobium contortisiliquum* (Vell.) Morong**. Enciclopédia Biosfera, Goiânia, v.6, n.10, p.1-11, 2010.

SANTOS, C. F. DOS.; IRIANE, E. S.; ARAÚJO, I. T. DE; MAIA, Z.; MATIAS G. **A agroecologia como perspectiva de sustentabilidade na agricultura familiar**. Ambiente&Sociedade. vol.17 nº.2. São Paulo. 2014.

SER (Sociedade Internacional para Restauração Ecológica). **Fundamentos de Restauração Ecológica**. (Trad.) Rodrigues E, Washington D.C. 2004.

SILVA, N. F., CUNHA, F. N., CUNHA, R. C., CABRAL FILHO, F. R., TEIXEIRA, M. B., CARVALHO, J.J. **Características físico-hídricas de um latossolo sob diferentes sistemas de manejo**. Revista Brasileira de Agricultura Irrigada, v.8, nº. 5, p.375 - 390, 2014.

SILVA, E. B. R.; SILVA, W. C.; SOUSA, E. D. V.; GATO, A. P. C.; ARAÚJO, L. J. S. **Sistemas agroflorestais como alternativa agroecológica: Revisão**. Pubvet. v.13, n.2, a265, p.1-6, fev., 2019.

SILVA, A, F, C. **Pragas, patógenos e plantas na história dos sistemas agroecológicos**. Bol. Mus. Para. Emílio Goeldi. Cienc. Hum., Belém, v. 17, n. 1, e20210023, 2022.

SILVA, J, H, C, S; BARBOSA, A, S; ARAÚJO, M, B; GOMES, D, S, G. MIRANDA, A, A, C; AQUINO, I, S. **Indicadores qualitativos do ambiente edáfico e serviços ecossistêmicos em diferentes sistemas de ocupação da terra**. Nativa, Sinop, v. 9, n. 5, p. 519-527, 2021.

SIZENANDO-FILHO, F.A., MARACAJÁ, P.B., DINIZ-FILHO, E.T. & FREITAS, R.A.C. 2007. **Estudo florístico e fitossociológico da flora herbácea do município de Messias Targino, RN/PB**. Revista de Biologia e Ciências da Terra 7: 1-8.

SOUZA, D.R. et al. **Análise estrutural em floresta ombrófila densa de terra firme não explorada, Amazônia Oriental**. R. Árvore, Viçosa-MG, v.30, n.1, p.75-87, 2006.

SOUZA, M, C, S; PIÑA, F, C, M; CASAGRANDE, R, J, C; SILVA, S, F; SCORIZA, R, N. **Funcionalidade ecológica de sistemas agroflorestais biodiversos: uso da serapilheira como indicador da recuperação de áreas de preservação permanente**. Floresta, Curitiba, PR, v. 46, n. 1, p. 75 -82, jan. / mar. 2016.

SOUZA, F. P.; CASTILHO, T. P. R. **Uso de sistemas agroflorestais para o controle biológico natural nas propriedades rurais.** Sci. Elec. Arch. Vol. 15 (7)July, 2022.

SOUZA, R.T.M; MARTINS, S.R; E VERONA, L.A.F. **Gestão ambiental de agroecossistemas familiares mediante a utilização do método MESMIS.** In: IX Congresso da Sociedade Brasileira de Sistemas de Produção – Ciência, tecnologia e inovação para o desenvolvimento rural sustentável. 2010.

SOMARRIBA, E. **Diversidade Shannon.** Agroforestería em las Américas, v. 6, n.23, 1999.

SCHULTZ, E. T. et al. **Integrating ecology and economics for restoration: using ecological indicators in valuation of ecosystem services.** Restoration Ecology. v. 20, n. 3, p. 304-310. Maio 2012.

TONELLO, K. C. et al. **Precipitação efetiva em diferentes formações florestais na Floresta Nacional de Ipanema.** Revista Árvore. v. 38, n. 2, p. 383-390. Mar./Abr. 2014.

TILMAN et al. **Agricultural sustainability and intensive production practices.** Nature, 671–677. 2002.

TIAN, G.; KANG, B.T.; BRUSSAARD, L. **Biological effects of plant residues with contrasting chemical compositions under humid tropical conditions: decomposition and nutrient release.** Soil Biology and Biochemistry, Oxford, v.24, p.1051-1060, 1992.

TRÊS, G . S.; SOUZA. W, J. **Economia plural em ecovilas: para além da monocultura da mente.** 2022.

VAN BELLEN, M. H. **Indicadores de sustentabilidade: um levantamento dos principais sistemas de avaliação.** 2004.

VARGAS, D. L; HILLIG. C; NETTO. T, A. **A necessidade de agroecossistemas sustentáveis frente ao cenário social e ambiental na atualidade.** v(10), nº 10, p. 2260 – 2269, out./dez. 2012.

VARGAS, D. L.; FONTOURA, A. F.; WIZNIEWSKY, J. G. **Agroecologia: base da sustentabilidade dos agroecossistemas.** Geografia Ensino & Pesquisa, v. 17, n.1, jan./abr. 2013.

VASCONCELLOS, R. C. **Serviços ecossistêmicos e ambientais na produção agrícola: um estudo em sistemas agroflorestais.** Dissertação. 72p. 2017.

VASCONCELLOS, R. C.; BELTRÃO, N. E. S. **Avaliação de prestação de serviços ecossistêmicos em sistemas agroflorestais através de**

indicadores ambientais. Interações, Campo Grande, MS, v. 19, n. 1, p. 209-220, jan./mar. 2018.

VERONA, L. A. F. **Avaliação de sustentabilidade em agroecossistemas de base familiar e em transição agroecológica na região sul do Rio Grande do Sul.** 192p. Tese (Doutorado em Agronomia) – Universidade Federal de Pelotas, Pelotas. 2008.

VIEIRA, T. A.; ROSA, L. S.; VASCONCELOS P. C. S.; SANTOS; MODESTO, R.S. **Adoção de sistemas agroflorestais na agricultura familiar em Igarapé-açu, Pará, Brasil.** Rev. ciênc. agrár., Belém, n. 47, p. 9-22, jan/jun. 2007.

WODA, C. **Indicadores para serviços ambientais em sistemas agroflorestais: um estudo de caso no nordeste paraense.** In: PORRO, R. (Ed.). Alternativa agroflorestral na Amazônia em transformação. Brasília, DF: Embrapa, 2009.

WORSTER, D. **Otra primavera silenciosa.** In D. M. Sá, G. Sanglard, G. Hochman & K. Kodama (Orgs.). Diário da pandemia: O olhar dos historiadores (pp. 78-90). Hucitec. 2020.