

UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ

JULIO CESAR FARIAS PEREZ

**DESEMPENHO DE ESPÉCIES ARBÓREAS DO SUL DO BRASIL EM SISTEMA
AGROFLORESTAL**

DOIS VIZINHOS

2022

JULIO CESAR FARIAS PEREZ

**DESEMPENHO DE ESPÉCIES ARBÓREAS DO SUL DO BRASIL EM SISTEMA
AGROFLORESTAL**

Performance of native tree species from southern Brazil in Agroforestry Systems

Trabalho de pesquisa de mestrado apresentado como requisito para obtenção do título de Mestre Em Ciências Agrárias da Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR). Área de concentração: Agroecossistemas.

Orientador: Joel Donazzolo
Coorientador: Eleandro Jose Brun
Coorientador: Mauricio Romero Gorestein

DOIS VIZINHOS

2022



[4.0 Internacional](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/)

Esta licença permite que outros remixem, adaptem e criem a partir do trabalho para fins não comerciais, desde que atribuam o devido crédito e que licenciem as novas criações sob termos idênticos.

Conteúdos elaborados por terceiros, citados e referenciados nesta obra não são cobertos pela licença.



Ministério da Educação
Universidade Tecnológica Federal do Paraná
Campus Dois Vizinhos



JULIO CESAR FARIAS PEREZ

DESEMPENHO DE ESPÉCIES ARBÓREAS NATIVAS DO SUL DO BRASIL EM SISTEMA AGROFLORESTAL

Trabalho de pesquisa de mestrado apresentado como requisito para obtenção do título de Mestre Em Ciências Agrárias da Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR). Área de concentração: Agroecossistemas.

Data de aprovação: 05 de Setembro de 2022

Dr. Joel Donazzolo, Doutorado - Universidade Tecnológica Federal do Paraná

Dr. Ilyas Siddique, Doutorado - Universidade Federal de Santa Catarina (Ufsc)

Dr. Serinei Cesar Grigolo, Doutorado - Universidade Tecnológica Federal do Paraná

Documento gerado pelo Sistema Acadêmico da UTFPR a partir dos dados da Ata de Defesa em 05/09/2022.

Dedico este trabajo a mi mama y a mi hija.

AGRADECIMENTOS

A Dios

A mi hija Alahia Sarani Farias y a Yoleidy

A mi mama y a mi papa, Brenda, Hermanos, sobrinos y familia

A mis amigos, en especial a Adrian, Sabrina y Moises

A mis profesores

A Brasil

“Canta canta minha gente deixa a tristeza prá lá, canta forte canta alto que a vida
vai melhorar”

Si alguna vez he visto mas allá que los demás, es porque me he subido en los hombros del gigante (I, Newton).

RESUMO

O modelo de produção agrícola industrial intensivo mais difundido no mundo tem demonstrado ser insustentável e não pode ser mantido por muito tempo. Uma das contradições desse modelo na região sul do Brasil é a destruição do componente arbóreo nos agroecossistemas, pois a maioria dos cultivos agrícolas se beneficiam da presença de polinizadores e inimigos naturais, ou de serviços ecossistêmicos que dependem da vegetação nativa próximo aos cultivos. É possível trazer de volta o componente arbóreo aos agroecossistemas através da implementação dos Sistemas Agroflorestais (SAF) e, se forem usadas espécies arbóreas nativas, se promoveria ainda a conservação da biodiversidade, além da promoção de sinergias e processos ecossistêmicos responsáveis pela maior estabilidade e resiliência do sistema. O objetivo deste trabalho foi avaliar o comportamento silvicultural de 26 espécies arbóreas nativas da Mata Atlântica implantadas em SAF e averiguar seu impacto em alguns indicadores ecológicos como a qualidade do solo e a sucessão ecológica, depois de seis anos da sua implantação. Pelos resultados deste trabalho, as dez espécies de melhor desempenho para implementação em SAF na região sul do Brasil são fumeiro bravo, timbaúva, tucaneiro, açoita cavalo, aroeira, casca de anta, farinha seca, ipê roxo, guaritá e cedro; sendo as primeiras cinco pioneiras e as últimas cinco secundárias. Após seis anos da implantação do SAF o solo apresenta uma compactação baixa, o pH se mantém próximo de 4,5 e os nutrientes essenciais como fósforo, potássio, cálcio e magnésio se encontram em concentrações adequadas de acordo com o manual de adubação do estado Paraná. Acima do solo se acumulou uma quantidade de serapilheira semelhante à das áreas de fragmentos florestais naturais (10 t/ha). A diversidade de regeneração vegetal natural apresentou um índice de Shannon (H') de 1,3 e as principais ordens na fauna epiedáfica encontradas foram colêmbolos, formigas e coleópteros, além de aranhas e ácaros, com diversidade (H') de 0,7. A implementação de SAF no Paraná significa uma alternativa que concilia a maior cobertura arbórea nesta região amplamente afetada pelo seu histórico de desmatamento.

Palavras-chave: Sistema Agroflorestal Sucessional. Restauração. Espécies Nativas. Floresta Ombrófila Mista. Agroecologia.

ABSTRACT

The most widespread model of intensive industrial agricultural production in the world has been shown to be unsustainable and cannot be maintained any more. One of the contradictions of this model in southern of Brazil is the destruction of the tree component in agroecosystems, because the most agricultural crops is benefit for the presence of pollinators, natural enemies or another ecosystem services that come from nearby native vegetation. It is possible to bring back the tree component in agroecosystems through the implementation of Agroforestry Systems (SAF) and if native tree species are used, it would also promote the conservation of biodiversity in addition to promoting synergies and ecosystem processes responsible for greater stability and resilience of the system. The objective of this work was to investigate the silvicultural behavior of 26 tree species native to the Atlantic Forest implanted in SAF and to verify their impact on some ecological indicators such as soil quality and ecological succession six years after its implantation. Based on the results of this work, the ten species recommended for implementation in SAF in the southern region of Brazil are wild smoked smoke, timbauva, toucan, Azorean horse, mastic, tapir bark, dry flour, purple ipe, guarita and cedar; being the first five pioneers and the last five secondary, respectively. After 6 years of implementation of the SAF, the soil has low compaction, the pH remains close to 4.5, and essential nutrients such as phosphorus, potassium, calcium and magnesium are found in adequate concentrations according to the Paraná state fertilization manual. Above ground, a similar amount of litter accumulated as in areas of natural forest fragments (10 t/ha). The diversity of the vegetal naturally regeneration was 1.3 in the Shannon index (H') and the main orders in the epiedaphic fauna are springtails, ants, beetles besides spiders and mites, with diversity (H') of 0.7. The implementation of SAF in Paraná means an alternative that reconciles the greatest tree coverage in this region largely affected by deforestation.

Keywords: Successional Agroforestry System. Restoration. Native Species. Mixed Ombrophilous Forest.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 - Localização e croqui da área de estudo na UNEPE – UTFPR – DV. Fonte: adaptação do Google Heart Pro 2016 + imagens de drone.	28
Figura 2 - Croquis da área implantada com representação do espaçamento entre as linhas, as ilhas de plantio e os grupos (P: pioneiras e S: secundárias) na UNEPE – UTFPR – DV.	30
Gráfico 1 - Croquis de amostragem do estrato de regeneração vegetal natural no SAFs da UNEPE – UTFPR – DV.	34
Gráfico 2 - Altura média (m) desenvolvida por cada grupo sucessional (pioneiras e secundárias) em relação à idade do plantio.	37
Gráfico 3 - TCM da altura total (AltT) aos 72 meses das 26 espécies arbóreas nativas do SAFs da UNEPE – UTFPR – DV.	56
Gráfico 4 - TCM do diâmetro na Altura do Peito (DAP) das 26 espécies arbóreas nativas do SAFs da UNEPE – UTFPR – DV.	57
Gráfico 5 - Croquis de amostragem de serapilheira na Area 1 da agrofloresta da UNEPE – UTFPR – DV.	74
Gráfico 6 - Croquis de amostragem de serapilheira na Area 2 da agrofloresta da UNEPE – UTFPR – DV.	74
Gráfico 7 - Croquis de amostragem do solo e resistência a penetração na Area 1 da agrofloresta da UNEPE – UTFPR – DV.	76
Fotografia 1 - Imagem da armadilha tipo <i>pit – fall</i> usada para amostragem de fauna epiedáfica.	76

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Nome dos indicadores morfométricos das árvores, suas equações e forma de calcular.	32
Tabela 2 - Desenvolvimento Vegetal Inicial (DVI) e Atual (DVA) das árvores por cada Classe sucessional no SAFs da UNEPE-UTFPR-DV.	38
Tabela 3 - Estratificação vertical das espécies arbóreas nas duas áreas do SAFs na UNEPE-UTFPR-DV segundo a idade da agrofloresta até os 72 meses de desenvolvimento.	41
Tabela 4 - Parâmetros do Desenvolvimento Vegetal Inicial e Atual (DVI e DVA) por cada espécie no SAFs da UNEPE-UTFPR-DV.....	44
Tabela 5 - Parâmetros morfométricos atuais aos 72 meses de idade nas árvores do SAFs da UNEPE-UTFPR-DV.	59
Tabela 6 - Espécies vegetais encontradas no estrato de regeneração natural na área 1 do SAFs da UNEPE-UTFPR-DV.....	62
Tabela 7 - Espécies vegetais encontradas no estrato de Regeneração Natural na área 2 do SAFs da UNEPE-UTFPR-DV.....	63
Tabela 8 - Estratificação vertical da Regeneração Natural na área 1 do SAFs da UNEPE-UTFPR-DV ano 2021.	64
Tabela 9 - Estratificação vertical da Regeneração Natural na área 2 do SAFs da UNEPE-UTFPR-DV ano 2021.	65
Tabela 10 - Índices de biodiversidade e equitatividade da regeneração vegetal natural em cada uma das áreas no SAFs da UNEPE-UTFPR-DV.....	66
Tabela 11 - Características físicas e químicas do solo nas duas áreas nos quatro níveis de profundidade (camada) no SAFs da UNEPE-UTFPR-DV, ano 2021.	79
Tabela 12 - Distribuição de maior a menor de acordo a abundância média das ordens dos artrópodes encontrados na área 1 do SAFs da UNEPE-UTFPR-DV, ano 2021.	83
Tabela 13 - Distribuição de maior a menor de acordo a abundância média das ordens dos artrópodes encontrados na área 2 do SAFs da UNEPE-UTFPR-DV, ano 2021.	84

Tabela 14 - índices de biodiversidade e equitatividade da biofauna epiedáfica em cada uma das áreas do SAFs da UNEPE-UTFPR-DV..... 84

LISTA DE SIGLAS, ACRÔNIMOS E SÍMBOLOS

ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
ANOVA	Análises de Variância
AltT	Altura total
AltF	Altura do fuste
AC	área de Copa
CC	Comprimento de Copa
CAP	Circunferência na Altura do Peito
DAP	Diâmetro na Altura do Peito
DC	Diâmetro de Colo
Dc	Diâmetro de copa
DVI	Desenvolvimento Vegetal Inicial (primeiros 20 meses)
DVA	Desenvolvimento Vegetal Atual (72 meses)
EMBRAPA	Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
FC	Forma da Copa
FOM	Floresta Ombrófila Mista
GE	Grau de Esbeltez
HR	Umidade Relativa do ar (%)
H'	Índice de Shannon
IA	Índice de Abrangência
IS	Índice de Saliência
J'	Índice de Pielou
MO	Matéria orgânica no solo
ONG	Organização não Governamental
RP	Resistencia à penetração
S _j	Índice de Jaccard
SAF	Sistema Agroflorestal
SAFs	Sistema Agroflorestal Sucessional (Agrofloresta Sucessional da UNEPE-UTFPR-DV).
TCM	Teste de Comparações de Médias
λ	Índice de Simpson
UNEPE	Unidade de Ensino, Pesquisa e Extensão
Σ	Somatório
π	Pi = 3,1416
Log	Logaritmo
m	Metro
Mpa	Megapascal
cm	Centímetro
mm	Milímetro
Kg	Quilograma
Ton	Toneladas
ha	Hectares

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO GERAL	14
2	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	15
2.1	A ocupação do território do Paraná e a degradação dos ecossistemas arbóreos nativos	15
2.2	Sistemas Agroflorestais (SAF), manejo do solo e uso de espécies arbóreas nativas	17
2.3	Manejo dos SAFs e condução do processo de regeneração	21
3	CAPITULO 1: AVALIAÇÃO DO DESENVOLVIMENTO VEGETAL INICIAL E ATUAL (DVI e DVA) DAS ÁRVORES PLANTADAS NO SAFs E CARACTERIZAÇÃO DO ESTRATO DE REGENERAÇÃO NATURAL	24
3.1	introdução	24
3.2	Hipóteses	27
3.3	Objetivo geral	28
3.4	Procedimentos metodológicos	28
3.5	Resultados e discussão	36
3.5.1	Árvores plantados no SAFs	36
3.5.2	Regeneração natural	61
3.6	Conclusões	69
4	CAPITULO 2: CARACTERÍSTICAS FÍSICAS E QUÍMICAS DO SOLO, ACUMULO DE SERAPILHEIRA E DIVERSIDADE DA FAUNA EPIEDÁFICA	71
4.1	Introdução	71
4.2	Hipóteses	73
4.3	Objetivo geral	73
4.3.1	Objetivos específicos	73
4.4	Procedimentos metodológicos	74
4.5	Resultados e discussão	79
4.6	Conclusões	87
5	CONSIDERAÇÕES FINAIS	88
	REFERÊNCIAS	89
	APENDICE A - NOME COMUM E CIENTÍFICO DAS ESPÉCIES ARBÓREAS PLANTADAS NO SAFS DA UNEPE-UTFPR CAMPUS DOIS VIZINHOS DE ACORDO COM A CLASSIFICAÇÃO TAXONÔMICA DE CARVALHO (2003). O ORDENAMENTO DAS ESPÉCIES PELOS SEUS NÚMEROS CONCORDA EM RELAÇÃO A ORDEM VISTA NA TABELA 4 DE ESTE TRABALHO	112
	APENDICE B - CROQUIS ATUAL DA AGROFLORESTA (SAF) DA UNEPE-UTFPR-DV MOSTRANDO A DISTRIBUIÇÃO DAS ÁRVORES NAS LINHAS DE PLANTIO	114
	ANEXO A - DESCRIÇÃO DE CADA UMA DAS ESPÉCIES ESTUDADAS NESTE TRABALHO DE ACORDO COM AS INFORMAÇÕES DO CARVALHO P. E. 2003	116

1 INTRODUÇÃO GERAL

Os Sistemas Agroflorestais (SAF) são definidos como sistemas de uso da terra e tecnologias onde espécies lenhosas perenes são deliberadamente usadas na mesma unidade de manejo junto com culturas e/ou animais, num arranjo que pode ser espacial ou temporal (MONTAGNINI *et al.*, 2015; FRANCIS *et al.*, 2003). Essas áreas têm demonstrado serem alternativas viáveis no manejo dos sistemas agrícolas que visam sustentabilidade, equilibrando ganhos econômicos, sociais e ambientais. Para famílias de pequenos agricultores do Sul do Brasil, a implementação destes sistemas tem sido apoiada por diferentes instituições, tanto governamentais como privadas. Ainda diante de um cenário de mudança climática, os SAF representam uma boa alternativa, devido à sua capacidade de sequestrar carbono atmosférico e estocá-lo na biomassa arbórea, proteger os solos contra a erosão, promover a biodiversidade e diferentes processos ecossistêmicos (ALTIERI, 2012; ALTIERI e NICHOLLS, 2019; RODRIGUES R. E, *et al.*, 2007; FERNANDES S *et al.*, 2010; RODRIGUES V. N, *et al.*, 2015; MONTAGNINI e PIOTTO, 2011; ARAUJO *et al.*, 2017; BORGES G. H *et al.*, 2017; GORGULHO, L. R, 2019; DA SILVA *et al.*, 2020).

Entre os diversos tipos de SAF existentes, este trabalho é focado no tipo sucessional, o qual se caracteriza pela mistura de espécies arbóreas nativas classificadas como pioneiras e secundárias e se baseia na teoria ecossistêmica da sucessão ecológica. Os sistemas agroflorestais sucessionais (SAFs) também podem ser compreendidos dentro da restauração assistida ou ativa dos bosques e da paisagem (FLR, *forest and landscape restoration*). O manejo dos SAFs inclui a realização de podas, capinas seletivas e uso da serapilheira para cobertura do solo, promovendo dessa forma a ciclagem de nutrientes, o avanço da sucessão ecológica, a estratificação vertical e horizontal permitindo um aproveitamento integral dos recursos locais além da recuperação da área para sua produção agrícola. Dessa forma, diversas tendências estruturais são esperadas nos SAFs ao longo do processo sucessional, como o aumento da diversidade, da equitabilidade e do número de estratos verticais e horizontais (GÖTSCH E, 1996; PENEIREIRO, 1999; MONTAGNINI F *et al.*, 2006).

Na região Sul do Brasil, no estado Paraná, outrora houve predomínio do Bioma

Mata Atlântica. Porém, grandes taxas de desflorestamento foram desenvolvidas com a chegada da agricultura industrial intensiva, com maior intensidade na década de 1970 (MIELNICZUK *et al.*, 2003). Gubert Filho (1988), com base nos dados de Maack (1968) e Dillewijn (1966), apresentou um histórico de degradação da vegetação nativa do estado Paraná, relatando que em 1930 o estado tinha 64,1% de vegetação nativa, 39,7% em 1950, 23,9% em 1965, e em 1980 restavam apenas 11,9% de vegetação natural. Em 2000, segundo um levantamento realizado pela SOS Mata Atlântica, restavam 7,98% de cobertura florestal nativa no Paraná e, de acordo com a INPE & SOS MATA ATLANTICA (2015), essa porcentagem diminuiu ainda nos anos seguintes (SANTOS, 2011; KISCHENER *et al.*, 2015; MARCHIORI *et al.*, 2017). O desmatamento também foi promovido na região porque, segundo Beduschi Filho (2003), desde o tempo do Brasil colônia o modo de legitimar e garantir a posse da terra foi a completa derrubada da floresta e sua transformação em pastagens e lavoura. Dessa forma, as pessoas com maior capacidade de ocupação ficavam com áreas maiores que posteriormente dedicariam às monoculturas.

A retirada do componente arbóreo através do desmatamento e criação de paisagens agrícolas baseadas em monoculturas é prejudicial e insustentável, principalmente nesta região do Brasil onde os ecossistemas nativos têm predomínio da estrutura arbórea, como o bioma Mata Atlântica. Diante da urgência iminente de reverter a homogeneização das paisagens monoculturais, existe a necessidade de recuperar a diversidade nos agroecossistemas e uma forma de atingir essa meta é através da implantação e manejo dos SAF.

O SAF avaliado neste trabalho é a agrofloresta localizada no campus da Universidade Tecnologia Federal de Paraná (UTFPR) em Dois Vizinhos (DV), em uma unidade experimental de ensino e pesquisa (UNEPE) o qual foi implantado no ano 2015 e manejado até 2017, período em que diversos estudos já foram feitos avaliando mudanças em diferentes níveis (LEITE, 2017; DA SILVA *et al.*, 2020; FOQUESSATO, 2017; DALPOSSO, 2017). Esse espaço é tomado como exemplo de restauração mediante uso de SAFs, cabendo nesta pesquisa uma abordagem dos principais bioindicadores de sucesso após seis anos da sua implantação.

Para abordar essa pergunta, se estudaram indicadores como a composição florística, estrutura fitossociológica, regeneração natural e banco de sementes,

características físico-químicas do solo, produção e decomposição de serapilheira, grau de abertura do dossel, classes sucessionais predominantes e síndromes de dispersão das espécies. Esses indicadores permitiram inferir sobre a integridade ecológica do ecossistema e dão conta do sucesso da restauração pois representam atributos e processos responsáveis pela perpetuação da floresta ao longo do tempo.

Para uma melhor estruturação do trabalho, o primeiro capítulo descreve o desenvolvimento vegetal no SAFs, tanto das árvores plantadas como também da regeneração vegetal natural, enquanto que o segundo capítulo aborda uma análise sobre a recuperação das características essenciais do solo relacionadas com a qualidade do mesmo. Tudo isso baseado na premissa que essa área tem melhorado se comparada com seu uso anterior à implantação do SAFs e seu manejo atual representa uma alternativa mais sustentável podendo servir de exemplo para o manejo dos agroecossistemas na região de estudo.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 A ocupação do território do Paraná e a degradação dos ecossistemas arbóreos nativos

O território Brasileiro sempre foi valorado, inclusive desde a época da colônia iniciado no ano 1500, pelo seu potencial de produção florestal e dessa forma foi explorado em grande proporção. Mais recentemente, o desmatamento no Brasil tem sido promovido pelo modelo de produção agrícola chamado de industrial intensivo que também é o padrão dominante na atualidade em outras diversas regiões do mundo fruto da chamada Revolução Verde (BRÜSEKE, 1998; ALTIERI, 2004; 2012).

A modernização agrícola na região do Paraná começou entre os anos 1960 e 1980 seguindo o pacote tecnológico como um dos fatores que determinaram o ritmo territorial dessa modernização, havendo maior crédito rural para custeio das lavouras, especialmente da soja em 1968 (KISCHENER *et al.*, 2015). Entre os agentes dessa modernização está a Associação de Crédito e Assistência Rural do Paraná (ACARPA), instituída em 1968 no município de Francisco Beltrão. Posteriormente essa entidade foi extinta e teve suas atividades absorvidas pela Empresa de Assistência Técnica e Extensão Rural (EMATER) no Paraná em 1977 (SANTOS, 2008).

Assim, a extração da madeira, a expansão da cultura de soja e a agropecuária foram responsáveis pelo intenso processo de desflorestamento no sudoeste do Paraná. O resultado foi uma matriz florestal transformada em matriz agrícola com alguns fragmentos arbóreos de reduzido tamanho. A mercantilização se deu a partir de 1980 quando se abriram mercados externos para a soja, houve maior entrada de pacotes de insumos industriais - tecnológicos e também pela mecanização dos plantios, além da extensão desse processo ao gado leiteiro e aviários (KISCHENER *et al.*, 2015; SANTOS R. A. 2008; 2011; MIELNIZSUK *et al.*, 2003).

Entre outros, um dos maiores problemas do modelo de agricultura convencional baseado em monoculturas e uso de grandes maquinarias agrícolas é a erosão e compactação do solo. Solos descobertos são mais susceptíveis à erosão causada pela chuva ou pelo vento e se estima que em nível mundial cada ano se perde um 3% da capacidade de produzir alimentos porque os solos onde se pratica a agricultura convencional se erodem (MONTAGNINI *et al.*, 2015).

De forma contrária, sistemas agroflorestais têm uma visão holística e promovem os processos ecológicos responsáveis pela manutenção da qualidade do solo, como por exemplo o incremento de matéria orgânica. Segundo Nair *et al.* (2010); Montagnini (2015); Kumar *et al.* (2014), se estima que no mundo existem 1.000 milhões de hectares de SAF e a maior parte de essa área (entre 200 e 357 milhões de ha) se encontram na América Central e América do sul, pelo qual há uma capacidade para implementar estes modelos em paisagens agrícolas. No Brasil, os SAF podem ser implementados em regiões onde outrora havia predomínio do bioma Mata Atlântica e Amazônia.

A Floresta Ombrófila Mista (FOM) é um ecossistema que faz parte da Mata Atlântica e tem ocorrência natural no estado Paraná com altitude em torno dos 500 m, também conhecida como Floresta de Araucária. Sua distribuição geográfica ocorre predominantemente na região do planalto sul e está associada a locais de grande altitude e baixas temperaturas médias anuais. Esta formação florestal é composta principalmente por *Araucaria angustifolia*, em associação com *Ocotea porosa*, *Ilex paraguariensis*, *Mimosa scabrella*, *Cedrella fissilis*, *Roupala brasiliensis* além de inúmeras espécies pertencentes à família Myrtaceae (DEAN, 1996; EMBRAPA, 2015; DALLA ROSA *et al.*, 2016). Essas espécies vegetais têm sido reduzidas pelo

desmatamento promovido pelo modelo convencional de produção agrícola.

2.2 Sistemas Agroflorestais (SAF), manejo do solo e uso de espécies arbóreas nativas

Segundo a legislação brasileira, os SAF podem ser utilizados para restaurar florestas, recuperar áreas degradadas e também determina que todas as propriedades rurais devem reservar 20% de sua área com cobertura vegetal, o que é chamado de Reserva Florestal Legal (RFL) ou simplesmente Reserva Legal (RL).

A agro-silvicultura como ciência começou a se desenvolver em 1970 quando as principais hipóteses do papel das árvores sobre os solos tropicais foram desenvolvidas, e principalmente com a criação de instituições internacionais como o International Council for Research in Agroforestry (ICRAF, hoje chamado World Agroforestry Center) (ENGEL, 1999). O conhecimento foi se desenvolvendo e foi se entendendo que a presença de árvores nos sistemas agrícolas traz benefícios diretos e indiretos tais como o controle da erosão e manutenção da fertilidade do solo, o aumento da biodiversidade, a diversificação da produção e o alongamento do ciclo de manejo de uma área. A classificação dos SAF atualmente é aquela adotada pelo ICRAF, pelo Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE) (ENGEL, 1999) e pela Rede Brasileira Agroflorestal (REBRAF), a qual se baseia no tipo de componentes incluídos e na associação entre eles. Assim, quando se misturam árvores e culturas se chamam Silviagrícolas, quando se misturam árvores e animais se chamam Silvopastoris, e quando se mesclam os três elementos, ou seja, árvores-culturas e animais se denominam Agro-silvo-pastoril; podendo ser feitas essas combinações no mesmo espaço e/ou no tempo. Também atualmente se consideram como sistemas agroflorestais complementares as fileiras arbóreas que criam cortinas quebra-vento, cercas vivas, corredores ecológicos e agrupações para posse e passagem de aves (NAIR, 1993; GOTSCH, 1996; MONTAGNINI, 1992; KUMAR *et al.*, 2014).

Entre os diferentes tipos de sistemas agroflorestais existentes, os SAFs se caracterizam pela mistura de espécies arbóreas considerando o critério de elas serem classificadas como pioneiras e secundárias, e o processo que ocorre pelo manejo dado é chamado de sucessão ecológica secundária (KAGEYAMA *et al.*, 1992); essas

espécies se caracterizam, entre outras coisas, pela necessidade de luz para sua germinação e desenvolvimento inicial, determinando o comportamento silvicultural. Outros autores realizam uma diferenciação maior nas espécies e criam subdivisões como secundárias iniciais e tardias além das chamadas espécies clímax. Contudo a sucessão ecológica secundária é o mecanismo pelo qual as florestas tropicais se renovam através da cicatrização de clareiras que ocorrem a cada momento na floresta por efeitos naturais do clima (KAGEYAMA *et al.*, 1992). De acordo com Fernandez *et al.* (2022), e Cusack e Montagnini (2004), plantações florestais com espécies nativas podem acelerar os processos de sucessão porque proveem condições no microclima adequadas e porque atraem aos animais dispersores de sementes promovendo dessa forma a regeneração vegetal natural.

A classificação das árvores segundo suas características ecológicas serve para organizar as combinações deles nos plantios e prever os comportamentos silviculturais. Assim, a sucessão secundária parece ser um conceito apropriado a ser utilizado quando se faz regeneração artificial de florestas e a principal característica das espécies de diferentes estágios da sucessão reside na quantidade e qualidade de luz que elas requerem nos primeiros estágios do desenvolvimento (ODUM, 1969; PENEIREIRO, 1999; BEGON *et al.*, 2010).

E fato, de acordo com Sousa *et al.* (2006); Reis *et al.* (2007), Montagnini (2011), Pereira (2019) e Chazdon *et al.* (2020), os SAFs não só promovem a recuperação de áreas degradadas, mas também aliam a produção com a conservação e melhoria da qualidade dos recursos naturais. O processo clássico de sucessão envolve a substituição das espécies ao longo do tempo à medida que as pioneiras fornecessem condições mais favoráveis ao desenvolvimento das secundárias, as quais têm crescimento lento e estabelecimento mais tardio (PENEIREIRO, 1999).

Dado que o ecossistema nativo da região onde se realizou este estudo é floresta ombrófila mista (FOM) e floresta estacional semidecídua (FES), o conhecimento das espécies arbóreas e suas características silviculturais é pertinente para sua recomendação e implantação em sistemas agroflorestais. Mediante o uso de SAF é possível proteger os solos da erosão e ainda promover sua formação natural. Em sistemas agroflorestais mistos as diferentes espécies de árvores acumulam e circulam diferentes tipos de nutrientes, assim os tecidos vegetais utilizados para

serapilheira e cobertura do solo podem oferecer recursos mais variados para a fauna edáfica promovendo em paralelo a biodiversidade dela (MONTAGNINI e SANCHO 1990; MONTAGNINI, 2000; MONTAGNINI e PIOTTO, 2011). As árvores também são capazes de produzir raízes maiores e mais profundas do que plantas de ciclo curto, isso significa que podem explorar e absorver nutrientes ao longo do perfil do solo e assim, por meio de folhas, ramos e outras partes vegetais (serapilheira) que caem sobre o solo, essas árvores depositam nas camadas superficiais os nutrientes absorvidos das regiões mais profundas promovendo ao longo prazo a ciclagem de nutrientes no solo (ILANY *et al.*, 2010).

O acúmulo de serapilheira sobre o solo é regulado pela quantidade de material que cai da parte aérea das plantas (deposição) e pela sua velocidade de decomposição. Quanto maior esta quantidade de material que cai e quanto menor a velocidade de decomposição, maior será a camada de serapilheira acumulada (KOLM L, 2001). O acúmulo de serapilheira sobre o solo também tende a variar de acordo com o crescimento das árvores do sítio, com as condições de solo e clima do local de plantio.

Há uma relação positiva entre a quantidade e diversidade da serapilheira e a biodiversidade da fauna edáfica. Os organismos que são usados como indicadores de qualidade do solo são comumente colêmbolos, coleópteros, minhocas e alguns nematódeos (FILHO e BARETTA, 2016). SAF também sustentam uma alta diversidade de inimigos naturais que podem migrar até as culturas de ciclo curto e depredar aos herbívoros que as afetam, havendo um controle natural de ambas comunidades, ou seja, de herbívoros praga e inimigos naturais (ALTIERI e NICHOLLS, 2010). As comunidades de herbívoros também são controladas por fatores estocásticos como as condições climáticas (HARTERREITEN *et al.*, 2014).

Os organismos do solo majormente encontrados nos SAF são os principais responsáveis pela mineralização do carbono e do nitrogênio, da supressão ou indução de pragas, do sequestro de carbono, da reparação biológica dos solos degradados e contaminados e em última instância também da produtividade agrícola (SANCHEZ-MORENO e TALAVERA, 2013). Os colêmbolos, por exemplo, são bioindicadores da qualidade do solo e a maioria é encontrados até uma profundidade de 10 cm, a grande maior parte está na serapilheira e primeiros centímetros do solo. As espécies edáficas

são mais afetadas pelo aumento da temperatura, enquanto que as hemiedáficas parecem ser mais sensíveis às condições de umidade. (CHAMBERLAIN *et al.*, 2006).

Outro fator que influencia na densidade populacional dos colêmbolos é a predação que eles sofrem por outros artrópodes da serapilheira como ácaros das espécies *Bdellodes lapidaria*, *Neomolgus capillatus*, coleópteros, aranhas, e formigas do gênero *Strumigenys* (Myrmicinae), dentre outros. Ainda é importante olhar para os colêmbolos porque eles são responsáveis pela translocação do carbono (C) da serapilheira para o interior do solo e mudanças na composição da matéria orgânica do solo, como também do aumento da transferência do carbono para a comunidade microbiana do solo. Juntamente com nematoides, os colêmbolos podem aumentar a disponibilidade de nitrato e amônio às plantas pelo consumo de bactérias e fungos na rizosfera. Sabe-se que a diversidade da fauna edáfica é fortemente influenciada pelos diferentes tipos de intervenções e manejos no solo o que torna esses invertebrados bioindicadores importantes para o monitoramento da qualidade dos solos (SALES *et al.*, 2018; FILHO e BARETA, 2016).

A qualidade do solo é definida como a sua capacidade para funcionar e manter a produtividade, qualidade ambiental e prover saúde as plantas, animais e humanos (MONTAGNINI *et al.*, 2015). Na prática, solos de boa qualidade são solos que possuem matéria orgânica, profundidade e baixa compactação além de populações microbianas, por exemplo, e essa qualidade pode ser promovida pela implementação de sistemas agroflorestais.

Normalmente em solos de baixa fertilidade o manejo com calagem fornece principalmente cálcio (Ca), magnésio (Mg), eleva o pH do solo e promove o aumento da capacidade de troca de cátions (CTC) efetiva, aumentando assim a disponibilidade dos principais nutrientes e reduzindo atividade do alumínio (Al) e manganês (Mn) tóxicos no solo, além de reduzir a lixiviação de bases. Esses fatores proporcionam condições favoráveis ao crescimento radicular e nutrição das plantas segundo Caires *et al.* (2000). Além disso, a calagem melhora a estrutura do solo (PRADO, 2003), favorecendo a atividade microbiana (SOUTO *et al.*, 2008) e melhorando a capacidade do solo em reter nutrientes, reduzindo perdas por lixiviação. Isso resulta na otimização do solo em fornecer nutrientes para a absorção e a utilização dos nutrientes e da água pelas plantas (SOUSA *et al.*, 2007).

A maior quantidade de matéria orgânica que se observa nos sistemas agroflorestais serve como uma reserva de nutrientes a partir da qual eles são lentamente liberados para a solução do solo e tornam-se disponíveis para as outras plantas. Além disso, sua presença no solo ou sobre ele protege-o e ajuda a regular sua temperatura e umidade (REYINTYES *et al.*, 1994). Assim como mencionado, árvores potencializam a incorporação de matéria orgânica no solo a qual proporciona outros benefícios que influenciam diretamente na boa estrutura do solo entre eles o aumento da vida e atividade biológica que decompõe e transportam a matéria orgânica (PRIMAVESI, 2002; CADISH *et al.*, 2006; ROCOE, 2006). Segundo Peneireiro (1999), a distribuição e os teores dos nutrientes estão diretamente condicionados pela atividade da biota na superfície do solo, que atuam na decomposição da serapilheira. Além disso, a proteção do solo com serapilheira é conveniente em regiões tropicais e subtropicais porque as chuvas têm a característica de ocorrer com maior intensidade e força erosiva se comparada com as chuvas de regiões frias e temperadas onde são de baixa erosividade (MIELNICZUK *et al.*, 2003).

Assim, o consenso de que a matéria orgânica (MO) do solo é um indicador de qualidade se deve porque a presença e quantidade dela por um lado é muito sensível às práticas de manejo que se realizam no solo, e por outro lado porque a maioria dos atributos do solo relacionados às funções básicas têm estreita relação com a MO; como por exemplo a estabilidade de agregados e da estrutura do solo, infiltração e retenção de água, resistência a erosão, atividade biológica, CTC, disponibilidade de nutrientes para as plantas e inclusive a lixiviação de nutrientes (MIELNICZUK *et al.*, 2003; MONTAGNINI *et al.*, 2015).

2.3 Manejo dos SAFs e condução do processo de regeneração

Segundo E. Götsch, de forma geral há duas técnicas de manejo que aceleram o processo sucessional nos SAFs, elas são a capina seletiva e a poda (PENEIREIRO, 1999). Esse processo ainda é geralmente recomendado para os diferentes tipos de SAF uma vez que promovem a maior entrada de luz aos estratos inferiores e se promove o aumento da biodiversidade de micro, meso e macro fauna do solo. Segundo Montagnini *et al.* (2015), um critério a considerar quando se realiza poda em SAF é manter na maior parte do ano um nível de sombreamento de 40%, o qual é

propício para a maior parte das culturas agrícolas de ciclo curto.

Os sistemas agroflorestais que têm como uma das práticas de manejo a poda das árvores permitem um aporte regular de matéria orgânica ao solo. Mas a poda de espécies arbóreas em sistemas agroflorestais não tem apenas essa função, uma vez que além de rejuvenescer o sistema, pode contribuir para o aumento de volume de solo explorado pelas raízes, pois leva a rebrotação de novas raízes secundárias segundo Copes (1992). Szott *et al.* (1991), também constataram que após a poda há crescente mortalidade de raízes finas (< 2 mm de diâmetro) que rapidamente se regeneram. Assim, a poda como técnica de manejo para acelerar fluxos de nutrientes, principalmente em solos de baixa fertilidade, parece ser promissora para aumentar a produtividade das plantas. O manejo em SAF também é dado para diminuir o adensamento do plantio e promover após o manejo uma segunda fase do desenvolvimento.

Também diversos estudos das comunidades florestais têm examinado o papel das clareiras na regeneração das espécies arbóreas. Geralmente se observa que nas áreas onde ocorre a clareira aumenta a temperatura, diminui a umidade relativa do ar, aumenta a evapotranspiração e se modifica a velocidade do vento; nesses lugares de baixa cobertura vegetal um fator limitante para as plantas em regeneração pode ser o excesso de demanda hídrica induzida pela alta radiação (CANHAM *et al.*, 1990; VALLADARES, 2004).

Dessa forma, a história recente de ocupação e uso do território no estado Paraná tem promovido o desmatamento e a fragmentação dos ecossistemas naturais. A crise gerada por esse modelo pode ser afrontada mediante o uso de SAF, que se propõe neste trabalho, considerando os de tipo sucessional e usando espécies arbóreas nativas com potencial de uso econômico.

3 CAPITULO 1: AVALIAÇÃO DO DESENVOLVIMENTO VEGETAL INICIAL E ATUAL (DVI E DVA) DAS ÁRVORES PLANTADAS NO SAFs E CARACTERIZAÇÃO DO ESTRATO DE REGENERAÇÃO NATURAL

3.1 Introdução

A sucessão ecológica vegetal é um processo ordenado de desenvolvimento comunitário, que é razoavelmente direcional e previsível. Resulta da modificação do ambiente físico pela comunidade biológica, mas também o entorno físico determina o padrão, taxas das mudanças e estabelece limites ao crescimento das espécies. Esse processo culmina num ecossistema mais estabilizado com alta quantidade de biomassa e funções simbióticas entre organismos (ODUM, 1969). O SAF focado nesse estudo fundamenta-se nos conceitos da sucessão natural tendo sua implantação e manejo norteados por este princípio. Esses SAFs se caracterizam pela mistura de espécies arbóreas (frutíferas ou madeireiras) classificadas como pioneiras e secundárias em relação ao processo de sucessão ecológica vegetal (CARPANEZZI & CARPANEZZI, 2006; BEGON *et al.*, 2010; SOUZA *et al.*, 2001; CHADA *et al.*, 2004; MELO & DURIGAN, 2007; ANDREAZZA *et al.*, 2008; LOPES *et al.*, 2012; SOUZA & PIÑA-RODRIGUES, 2013).

Teoricamente, espécies pioneiras são aquelas que recobrem o solo rapidamente, tem hábito decumbente ou prostrado, se apresentam em várias formas de vida e não são somente arbóreas, se desenvolvem bem a pleno sol, produzem grande quantidade de sementes que normalmente são dispersas pelo vento e formam populações densas com muitos indivíduos. São as conhecidas R-estrategistas (ODUM, 1996). As espécies secundárias apresentam ciclo de vida longo, frutos carnosos geralmente dispersos por aves e animais de grande porte, são mais exigentes em recursos e demandam sombra no início do seu desenvolvimento formando um banco de plântulas mais ou menos avançadas na sucessão dentro do consórcio (BUDOWSKI, 1965). São as classificadas como K-estrategistas (ODUM, 1996). Esse conjunto de características são também chamadas de comportamento silvicultural, e a estratégia dos SAFs ao ser manejado pelo homem consiste em possibilitar a criação de uma estratificação vertical que represente um aproveitamento integral da energia solar ao

mesmo tempo que se crie um dossel com nível de sombreamento e condições microclimáticas propícias para o desenvolvimento de outras culturas de altura inferior como, por exemplo, café e cacau.

Os SAF também promovem a biodiversidade, e uma evidência disso é a promoção do processo de regeneração natural de espécies plantadas e não plantadas. A regeneração vegetal natural também tem sido um termo aplicado para referir-se ao estrato da vegetação que abrange desde o banco de sementes, pequenas plântulas até árvores jovens; em qualquer dos casos a regeneração natural se associa ao processo de recuperação das florestas onde elas justamente recuperam sua composição e diversidade vegetal após um distúrbio (ODUM, 1969). No decorrer do tempo, os representantes de todas as fases vegetais crescem juntos, porém, em cada fase da sucessão ecológica haverá uma comunidade dominante dirigindo a sucessão e ainda se promoverão os processos e sinergias responsáveis pela estabilidade do sistema. Cabe ressaltar que o estrato de regeneração vegetal natural se desenvolve quando há condições no solo, no microclima, além dos dispersores de sementes para permiti-lo.

Esta pesquisa se apoia nos diferentes estudos que têm avaliado o desenvolvimento inicial de diferentes espécies arbóreas nativas da Floresta Ombrófila Mista (FOM) plantadas em sistemas agroflorestais com diferentes distanciamentos de plantios e associações (CARVALHO, 2003; SOUSA *et al.*, 2006; STOLARSKI *et al.*, 2012; MARCUZZO *et al.*, 2015; TOPANOTTI *et al.*, 2019; BERTOLINI, 2013; STOLARSKI, 2015; ANTONELLI *et al.*, 2015; PERIN, 2018). Também em estudos sobre o acúmulo e papel da serapilheira nos processos de reciclagem de nutrientes como Arato *et al.* (2003). Contribuindo nestes aspectos e ainda no objetivo de apoiar propostas de restauração dos ecossistemas naturais, os SAFs mostram-se apontam como viáveis e podem ser recomendados para sua aplicação em áreas de reserva legal (RL) ou em áreas de preservação permanente (APP), as quais são obrigatórias para as propriedades agrícolas (PENEIREIRO, 1999).

Em Dois Vizinhos, a monocultura de grãos ocupa grandes áreas porque a maioria dos produtores tem ela como “carro chefe” da composição da renda e com isso a redução de fragmentos florestais representativos da FOM tem sido feita marcadamente (RODRIGUES V. N, *et al.*, 2015). A maioria dos remanescentes

florestais, pequenos ou grandes, geralmente tem como matriz ao seu redor monoculturas das espécies vegetais mais comerciais, além da soja, por exemplo o milho, feijão e o trigo, ou pastagens plantadas. Mas também é conhecido que, localmente, tem se praticado diversas formas de SAF pelo qual é importante avaliar o desenvolvimento das espécies para ter recomendações de implementação e ampliação do uso dos mesmos. Assim, a implantação e o acompanhamento do desempenho de espécies arbóreas por medições regulares são, portanto, ferramentas importantes para decisões e para a indicação de espécies e métodos de plantios.

Para maior valorização e disseminação de plantios de florestas com espécies nativas, é de grande importância que se realizem estudos com estas, a fim de se ter resultados que permitam facilitar o processo de condução destas florestas. Afinal, as espécies exóticas só estão inseridas hoje em diferentes países, com a excelente produção de madeira e matéria prima oriundos de seus plantios, porque se acreditou no seu potencial de produção e se realizaram inúmeros estudos voltados ao melhoramento genético e silvicultura destas. Assim, o conhecimento de métodos silviculturais que proporcionem o desenvolvimento de uma floresta com maior rapidez e redução das características indesejadas do produto que é gerado pode proporcionar aumento na lucratividade do produtor.

Procurou-se, neste primeiro capítulo, por um lado verificar a influência da implantação de um SAF conduzido pela sucessão ecológica vegetal natural sobre os parâmetros silviculturais de 26 espécies arbóreas nativas da FOM e por outro lado avaliar o desenvolvimento do estrato de regeneração vegetal natural.

Os conhecimentos levantados neste primeiro capítulo permitirão comparar o SAF da UTFPR primeiramente com ele mesmo após esse tempo transcorrido desde sua implantação, mas também com outros de similar idade implantados em outras localidades da região, contribuir com recomendações focadas na mistura de espécies arbóreas nativas com diferentes categorias na sucessão ecológica vegetal. Segundo MELLO e SOGLIO (2020), ações que estimulem a recomposição da vegetação florestal – como a utilização de SAF – serão fundamentais para o aumento da biodiversidade, para a proteção dos solos, da água, da fauna e poderão, também, contribuir para a moderação do clima, para a segurança e a soberania alimentar na região sul de Brasil.

3.2 Hipóteses

As árvores, as classes ecológicas, o adensamento do plantio.

Hipótese de nulidade: o desenvolvimento das árvores de forma individual não está relacionado com sua classe ecológica e nem com o adensamento do plantio no SAF.

Argumento: as árvores não possuem condições genotípicas que diferenciam o desenvolvimento e quando plantadas em SAF não promovem uma estratificação vertical.

Hipóteses alternativa: o desenvolvimento das árvores de forma individual sim está relacionado com sua classe ecológica e com o adensamento do plantio no SAF.

Argumento: as árvores, independentemente da sua classificação ecológica, possuem condições genotípicas que diferenciam o desenvolvimento e as características fenotípicas; e quando plantadas em SAF promovem uma estratificação vertical.

A regeneração vegetal natural, incremento da diversidade vegetal.

Hipótese de nulidade: os sistemas agroflorestais não promovem a recuperação dos processos ecossistêmicos essenciais que provem maior sustentabilidade e diversidade vegetal.

Argumento: Espécies arbóreas pioneiras e secundárias sendo plantadas em consórcio sob as mesmas condições edafoclimáticas não tem um desenvolvimento diferenciado nem promovem um enriquecimento do estrato de regeneração vegetal natural.

Hipóteses alternativa: os sistemas agroflorestais promovem a recuperação dos processos ecossistêmicos essenciais que provem maior sustentabilidade e diversidade vegetal.

Argumento: Espécies arbóreas pioneiras e secundárias ao serem plantadas em consórcio sob as mesmas condições edafoclimáticas terão um desenvolvimento diferenciado que permitirá uma estratificação vertical, promovendo um enriquecimento do estrato de regeneração vegetal natural.

3.3 Objetivo Geral

O objetivo geral desse primeiro capítulo foi verificar a influência da implantação de um SAF conduzido pela sucessão ecológica vegetal natural sobre os parâmetros silviculturais de 26 espécies arbóreas nativas da FOM, e avaliar o desenvolvimento do estrato de regeneração vegetal natural.

3.4 Procedimentos metodológicos

O estudo foi realizado durante o ano 2021 na agrofloresta da Unidade de Ensino Pesquisa e Extensão - Sistemas Agrofloretais - UNEPE-SAF (Figura 1) da Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR), campus Dois Vizinhos, com localização nas coordenadas 25°41'59.38"S e 53° 6'3.09"W, e a uma altitude variando de 475 a 510 m em relação ao nível do mar. A região, segundo a classificação de Köppen, está localizada sobre o clima Cfa subtropical úmido, com chuva em todos os meses do ano. Possui temperaturas médias anuais entre 18 e 19 °C e pluviosidade de 1.900 a 2.200 mm anualmente (ALVARES *et al.*, 2013).

O solo na área de estudo é do tipo Nitossolo Vermelho que são solos com 350g kg⁻¹ ou mais de argila (inclusive no horizonte A) formados por material mineral que apresentam horizonte B nítico abaixo do horizonte A, com matiz 2,5YR ou mais vermelho na maior parte dos primeiros 100 cm do horizonte B (EMBRAPA, 2018; EMBRAPA SOLOS, 2004; SBCS, 2017).

Figura 1: Localização e croqui da área do estudo na UNEPE – UTFPR – DV.

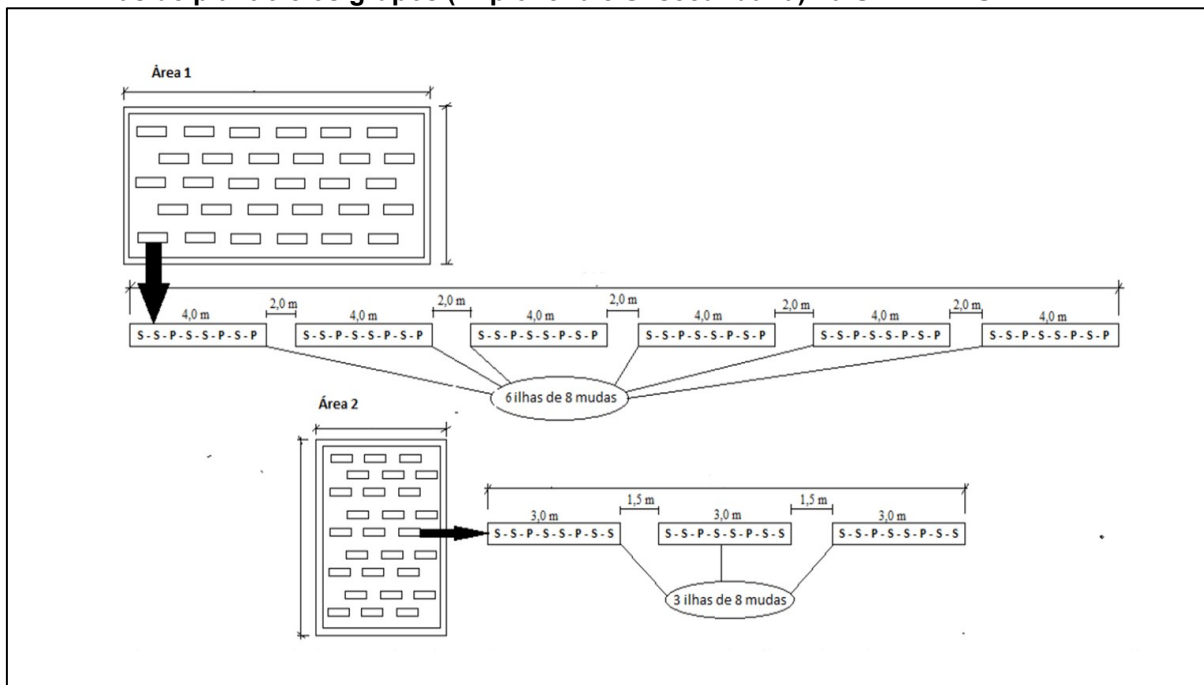


Fonte: Adaptação do Google Earth Pro 2016 + imagens de Drone.

A agrofloresta avaliada é composta por duas áreas, sendo uma de 440 m² (área 1) e outra de 390 m² (área 2) separadas entre si por cerca de 60 metros. Em julho de 2015 foram plantadas as espécies que compõem as duas áreas dessa agrofloresta usando, no total, 554 indivíduos de 26 espécies diferentes, pertencentes a 17 famílias botânicas (Apêndice A). Para iniciar a experiência de implementação do sistema, foi utilizado o plantio em agrupamentos, onde se mantinham ilhas lineares de mudas, dentro de estrutura de S-S-P-S-S-P-S-P para a área 1 e na estrutura S-S-P-S-S-P-S-S para a área 2; onde S e P significa espécies florestais secundárias e pioneiras, respectivamente. Nas ilhas de plantio da área 1 deixou-se cada ilha seguida de um intervalo vazio de 2,0 m enquanto que na área 2 deixou-se cada ilha seguida de um intervalo vazio de 1,5 m, onde foram plantadas as espécies secundárias *Araucária* (*Araucaria angustifolia*), *Palmitheiro* (*Euterpe edulis*) e *Erva Mate* (*Ilex paraguariensis*); assim como mostrado no gráfico 2 abaixo.

O espaçamento entre as linhas de plantio foi, em média, 3,6 m na área 1 e 3 m na área 2, enquanto que o espaçamento entre as mudas foi de 0,5 e 0,4 m nas áreas 1 e 2, respectivamente (Figura 2). O tamanho das mudas (pioneiras e secundárias) era entre 25 e 30 cm no momento da implantação em julho de 2015.

Figura 2: Croqui da área implantada com representação do espaçamento entre as linhas, as ilhas de plantio e os grupos (P: pioneira e S: secundária) na UNEPE – UTFPR – DV



Fonte: Leite, 2017

A área 1 foi conformada por 4 linhas de plantio de árvores as quais tinham comprimentos entre 22,8 e 34 m, enquanto que na área 2 se conformaram 9 linhas entre 12 e 14,6 m de comprimento total. O total da riqueza introduzida em julho de 2015 foi de 26 espécies diferentes, distribuídas entre 17 famílias de árvores nativas da Floresta Ombrófila Mista (FOM). A abundância mínima de cada espécie foi de 16 indivíduos e, no total geral, foram plantadas 554 mudas nas duas áreas do sistema agroflorestal. A densidade inicial das árvores plantadas em julho de 2015 se estimou em aproximadamente 0,57 indivíduos/m² na área 1 e de 0,69 indivíduos/m² na área 2. Além disso, também no ano de 2015 foram semeadas três espécies de leguminosas: *Cajanus cajan*, *Canavalia ensiformis* e *Crotalaria juncea*. Essas espécies foram introduzidas nas duas bordas das linhas de plantio das espécies florestais no intuito de intensificar a densidade inicial de biomassa verde sobre o solo, bem como o sombreamento inicial para proteção das mudas.

Depois de oito meses da implantação, em março de 2016, começaram as avaliações de desenvolvimento em altura total (AltT) e diâmetro de colo (DC) (LEITE,

2017) e continuaram, em média, a cada três meses, até março do ano 2017, completando, dessa forma, o que configurou o desenvolvimento vegetal inicial (DVI) durante os primeiros 20 meses de idade da implantação do SAF. Para o controle da vegetação ruderal se fez capina manual seletiva e roçada. Neste trabalho, foram consideradas essas medições e analisadas chamando-as de DVI, as quais estão compostas pelas 5 medições iniciais feitas durante os anos de 2016 até 2017. Assim, de posse desses dados, a análise do DVI das árvores foi descrito por meio da altura total das árvores (AltT) e diâmetro de colo (DC).

De março de 2017 até o ano de 2021 ambas áreas do SAF não receberam nenhum tipo de manejo e estavam densamente povoadas com espécies de regeneração natural. A fisionomia da vegetação mostrava-se muito heterogênea, sem estratos definidos e dossel irregular, com muitas espécies de lianas, herbáceas e indivíduos jovens de espécies arbóreas e arbustivas na regeneração. Esse estrato de regeneração vegetal natural estava presente de forma abundante nas duas áreas, para a qual foi realizada amostragem em setembro de 2021.

As medições do Desenvolvimento Vegetal Atual (DVA) foram iniciadas em junho do ano 2021, ou seja, quando o plantio tinha seis anos de idade (72 meses). A primeira fase deste trabalho consistiu na realização do inventário atual das árvores nas linhas de plantio que conformam o SAF para compará-las com o inventário realizado por Leite (2017) e realizar outras análises. Isso permitiu definir a sobrevivência e permanência das espécies após seis anos da implantação da agrofloresta.

Delimitação (demarcação) das áreas 1 e 2: usando croqui e lista das espécies, foi visitada a área de estudo e demarcada cada área da agrofloresta, percorrendo-a no seu perímetro externo com uso de trena de 30 m. Em seguida, foi realizado reconhecimento das linhas de plantio e a sequência das árvores dentro de cada área da agrofloresta e desenhados os croquis (Apêndice B), mediante caminhada dentro de cada área da agrofloresta, a partir do qual, se pode contabilizar o número de sobreviventes para estabelecer as taxas de mortalidade.

A medição do Desenvolvimento Vegetal Atual (DVA) consistiu na medição da altura total da árvore (AltT), altura do fuste (AltF), diâmetro à altura do peito (DAP) e Diâmetro da Copa (Dc) em dois sentidos: no sentido do comprimento da parcela ou

da linha de plantio chamado Diâmetro de copa 1 (Dc1) e Diâmetro de copa 2 (Dc2) formando um ângulo de 90° em relação à medida anterior ou entre as linhas de plantio, através do qual foi possível calcular a área de projeção da copa. O diâmetro à altura do peito (DAP) foi aferido a partir da medição da circunferência à altura do peito (CAP) com ajuda de fita métrica e depois se fez uma transformação para diâmetro (Tabela 1).

A medição da altura total das árvores, da altura do fuste e dos diâmetros da copa foi realizada mediante uso de um Hipsômetro digital Vertex, além de trena, quando possível; a altura do fuste ou tronco também é conhecida como altura comercial porque corresponde ao ponto de corte na base da árvore até a primeira ou mais densa bifurcação dos seus galhos, geralmente determinada a olho nu. A área da copa (AC, m²) foi estimada baseando-se na fórmula da área da elipse.

Através dos dados obtidos com a medição da altura total da planta (AltT), altura do fuste (AltF), DAP e estimativa da área da copa (AC), foi descrito o desempenho das espécies arbóreas, conjunto de informações denominado de parâmetros de desenvolvimento vegetal; já para a determinação do índice de mortalidade foi avaliada a diferença entre o número de indivíduos por espécie reportado no ano 2017 e o número de indivíduos que sobreviveram, mensurados no início do presente trabalho.

Através dos dados da medição realizada em 2021, também foram calculados, para cada uma das espécies arbóreas, indicadores morfométricos como comprimento, diâmetro, área, proporção e forma da copa, grau de esbeltez e outros que se referem a fitossociologia como Índice de Saliência e Índice de Abrangência, segundo Aguiar Junior *et al.* (2021), como se mostra a seguir:

Tabela 1: Nome dos indicadores morfométricos das árvores, suas equações e forma de calcular

Indicadores morfométricos	Equação	Descrição
Comprimento de copa (m)	$CC = AltT(m) - AltF(m)$	AltT = altura total em metros (m) ; AltF = altura do fuste
Proporção de copa (%)	$PC = (CC/AltT)*100$	CC = comprimento de copa ; AltT = altura total
Diâmetro na altura do peito	$DAP = CAP/3,1416$	CAP = circunferência na altura do peito (m)
Índice de saliência	$IS = DC/DAP$	DC = diâmetro de colo em metros (m) ; DAP = diâmetro na altura do peito
Índice de abrangência	$IA = DC/AltT(m)$	DC = diâmetro de colo em metros (m) ; AltT = altura total
Forma de copa	$FC = DC/CC$	DC = diâmetro de colo em metros (m) ; CC = comprimento de copa
Área de copa (m ²)	$AC = (Dc1*Dc2)*0,7854$	Dc1 = diâmetro de copa 1 em metros (m) ; Dc2 = diâmetro de copa 2 em metros
Grau de esbeltez	$GE = AltT/DAP$	AltT = altura total em metros (m) ; DAP = diâmetro na altura do peito

Fonte: elaboração própria

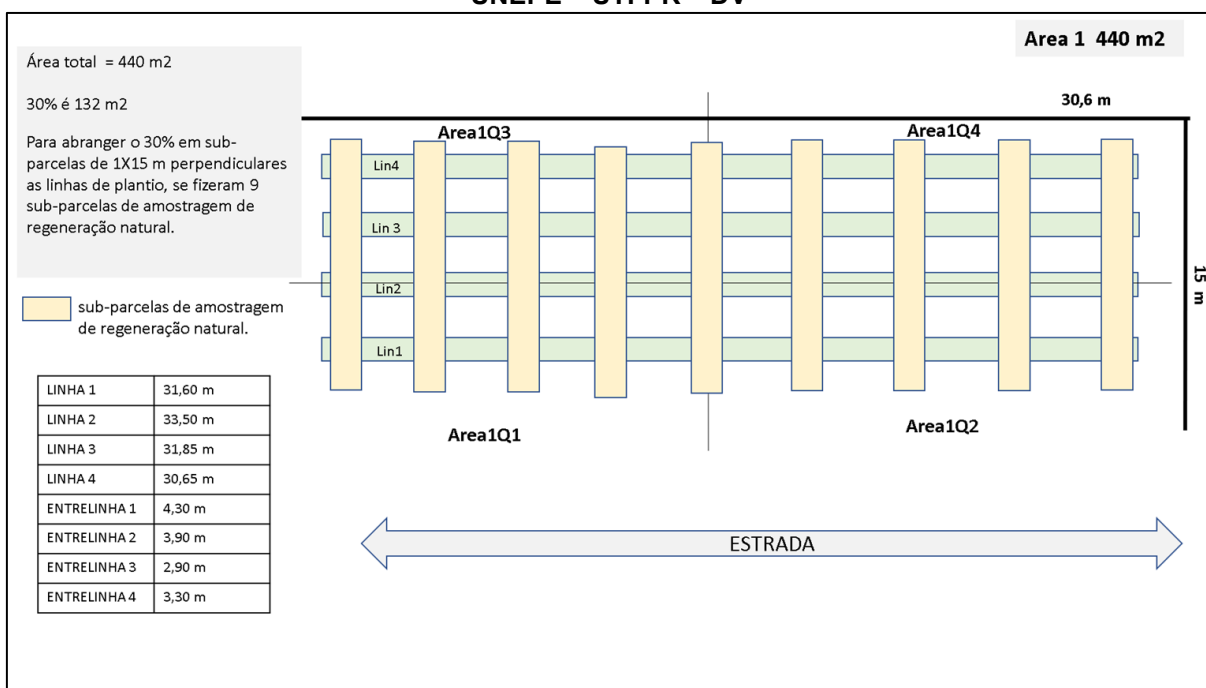
Sobre os tratamentos estatísticos dos dados, considerando que todos os indivíduos arbóreos foram dispostos nas mesmas condições edafoclimáticas, de maneira que o fator de influência são as classes de sucessão e o espaçamento ou adensamento do plantio, foram testados em bifatorial, sendo o primeiro fator com dois níveis as classes de sucessão (pioneiras e secundárias), e o segundo fator é o espaçamento de plantio o qual também teve dois níveis que foram 0,5 e 0,4 m, cujo o adensamento é maior na área 2 (0,69 ind/m²) comparada com a área 1 (0,57 ind/m²).

Para as medições do estrato de regeneração natural foram dispostas sub-parcelas de amostragem dentro de cada área, tendo como critério cobrir o 30% de cada área. Dessa forma, a área 1 contém 440m² e 132m² foram amostrados, enquanto que a área 2 contém 390m² e 117 m² foram amostrados. Nas áreas 1 e 2 se dispuseram 9 e 5 sub-parcela de amostragem cada, uma com 15 m² e 26 m², respectivamente, transversais às linhas de plantio, assim como mostrado no Gráfico 1 abaixo.

Em cada sub-parcela, foram contabilizadas todas as plantas em regeneração que tinham a partir de 50 cm de altura. Se elaboraram tabelas de dados com nomes de espécies regeneradas (riqueza, S) e número de indivíduos delas (abundância).

Depois de avaliar o conjunto de dados se estimou a densidade de cada indivíduo extrapolada para hectare (ha). Tomando como exemplo a área 1 o croqui da amostragem de regeneração vegetal natural ficou da seguinte forma:

Gráfico 1: Croquis de amostragem do estrato de regeneração vegetal natural no SAFs da UNEPE – UTFPR – DV



Fonte: elaboração própria

De posse dos dados do inventário de regeneração vegetal foi possível calcular índices de Biodiversidade Alfa e Beta. A primeira aborda cada uma das áreas do SAFs e a segunda se refere ao quão similares são as duas áreas baseado nas espécies comuns em ambas. A biodiversidade Alfa é descrita através dos seguintes índices:

Índice de Shannon (H')

$$H' = - \sum_{i=1}^s p_i \cdot \text{Log}(p_i) \quad (\text{equação 1})$$

Índice de Simpson (λ)

$$\lambda = \sum_{i=1}^s (p_i)^2 \quad (\text{equação 2})$$

Onde P_i é a proporção da espécie i na amostra, representa a probabilidade de que qualquer indivíduo na amostra pertença a espécie i .

O índice de Equabilidade (equitatividade) de Pielou (J') é derivado do índice de diversidade de Shannon e permite representar a uniformidade da distribuição dos indivíduos entre as espécies existentes

$$J' = \frac{H}{\text{Riqueza máxima}} \quad (\text{equação 3})$$

Onde H se refere ao valor de Shannon e Riqueza máxima = $\text{Log}(S)$; sendo S a riqueza da amostra.

A biodiversidade Beta, ou seja, a similaridade que existe entre as duas áreas do SAFs segundo a composição de espécies é descrita a través do Índice de Similaridade de Jaccard (S_j) e a dissimilaridade (D) = $1 - S_j$

$$S_j = \frac{c}{a+b-c} \quad (\text{equação 4})$$

Onde “a” é o número de espécies no sítio A, “b” é o número de espécies no sítio B e “c” é o número de espécies comuns entre os dois sítios. Se $S_j = 0$ então não há espécies comuns, e se $S_j = 1$ então, ambas comunidades estão compostas pelas mesmas espécies.

Esses indicadores de biodiversidade também foram usados para análises dos dados da fauna epiedáfica do capítulo 2.

Foi realizado ANOVA usando os dados de altura total das árvores, primeiramente usando o conjunto de todas as pioneiras e secundárias nas duas áreas, momento em que as diferentes espécies de cada grupo eram consideradas (cada espécie de cada grupo = um tratamento do grupo) uma unidade amostral e o número de repetições era o número de indivíduos totais de todas as espécies de cada grupo em cada área. Depois se testou cada uma das espécies por separado, assim a unidade amostral era a espécie segundo a área e as repetições eram o número de indivíduos dessa espécie em cada área. Numa outra etapa se fez teste de comparações de médias

(TCM) usando os dados de altura total e diâmetro à altura do peito (DAP), o que permitiu agrupar as espécies em categorias que podem ser denominadas como alta, média e baixa.

Em relação às espécies arbóreas plantadas no SAFs, teve-se dois conjuntos de dados: os levantados por Leite (2017) sobre altura e diâmetro de colo e os levantados no presente trabalho durante o ano 2021. A análise do primeiro conjunto de dados chama-se de análise do desenvolvimento vegetal inicial (DVI) e seguidamente são comparados com os resultados atuais (desenvolvimento vegetal atual, DVA) para inferir sobre as melhores espécies por grupo ecológico.

Foram testados o cumprimento das premissas para análises de variância (ANOVA), distribuição normal dos erros e homogeneidade das variâncias, através dos testes de Shapiro-Wilky e Bartlett. Havendo averiguado o cumprimento das premissas, foi realizado ANOVA para saber se haviam diferenças significativas no desenvolvimento de altura em função da área do SAF e/ou da classe sucessional das árvores. Uma vez que obteve-se respostas sobre se houve ou não diferenças no desenvolvimento de altura, segundo a classe sucessional ou a área, foram feitos contrastes dentro de cada grupo (pioneiras e secundárias), para saber quais espécies particulares de cada grupo tiveram melhor desempenho.

O cálculo dos parâmetros foi realizado com auxílio do Software Excel (Microsoft Office) e as análises estatísticas foram realizadas mediante o uso do R-Studio (R Core Team, 2018) e do pacote ExpDes.Pt (ERIC *et al.*, 2021).

Os demais dados foram submetidos a estatísticas descritivas e tabelas de classes e frequência, onde foram realizadas a caracterização da estratificação vertical das árvores plantadas além da fitossociologia encontrada na agrofloresta.

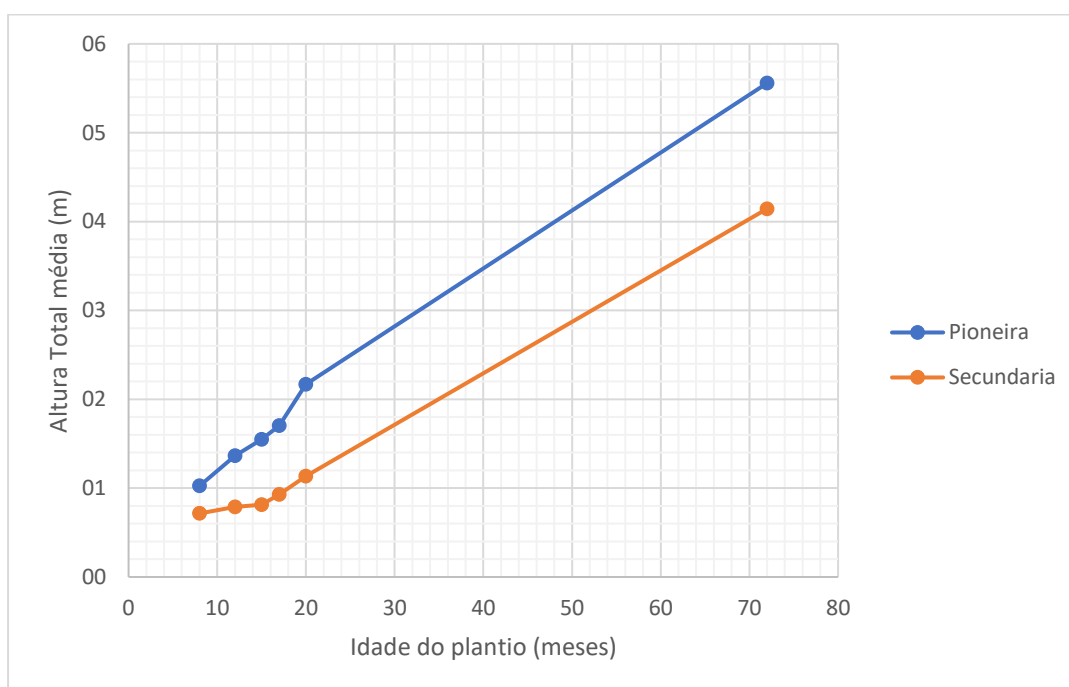
3.5 Resultados e discussão

3.5.1 Árvores plantadas no SAFs

Observou-se que pioneiras crescem com uma taxa de desenvolvimento mais rápida do que secundárias, conforme era o esperado. Na primeira medição aos oito meses de idade, a altura média das pioneiras era de 1 m e das Secundárias era 0,7 m. Essa diferença resultou estatisticamente significativa ($Pr(>F) = 0.03968^*$) e esse

padrão foi verificado em todas as avaliações, assim como observado no gráfico 4, fato que confirma a diferença entre ambos os grupos sucessionais.

Gráfico 2: Altura média (m) desenvolvida por cada grupo sucessional (pioneiras e secundárias) em relação à idade do plantio



Fonte: elaboração própria

Foi notável a maior taxa de desenvolvimento em altura para a categoria pioneiras (Gráfico 2). Por sua vez, as secundárias apresentaram um incremento mais lento em relação as pioneiras no intervalo de 8 para 12 meses, sendo a partir do terceiro levantamento, aos 15 meses de idade, quando se observou no grupo das secundárias um crescimento mais regular (LEITE, 2017)

Não se encontraram diferenças significativas entre as pioneiras que cresceram na área 1 versus as da área 2 da agrofloresta, o mesmo ocorreu com as secundárias entre as duas áreas do SAFs. Por essa razão, a tabela 2 mostra os resultados em conjunto, não discriminando as áreas. Esse fato pode sugerir que a diferença no adensamento entre as áreas (0,69 ind/m² na área 2 e 0,57 ind/m² na área 1 do SAFs) não teve influência no desenvolvimento das árvores, não sendo uma diferença de área vital suficiente para causar alteração no crescimento.

Tabela 2: Desenvolvimento Vegetal Inicial (DVI) e Atual (DVA) das árvores por cada Classe sucessional no SAFs da UNEPE-UTFPR-DV

Classe	I	AltT min	AltT méd	AltT máx	AltF min	AltF méd	AltF máx	DC min	DC méd	DC máx	DAP min	DAP méd	DAP máx
Pio- neira	8	0,1	1,0	4,5	X	X	X	0,2	1,2	4,7	X	X	X
	12	0,1	1,4	8,0	X	X	X	0,2	1,5	6,5	X	X	X
	15	0,1	1,6	4,8	X	X	X	0,3	1,8	6,8	X	X	X
	17	0,2	1,7	4,8	X	X	X	0,4	2,1	7,3	X	X	X
	20	0,2	2,2	5,5	X	X	X	0,5	2,7	9,4	X	X	X
	72	0,5	5,6	21,0	0,2	2,5	8,7	X	X	X	0,5	5,1	21,9
Secun- dária	8	0,1	0,7	6,0	X	X	X	0,0	1,1	3,5	X	X	X
	12	0,1	0,8	4,0	X	X	X	0,1	1,1	3,8	X	X	X
	15	0,1	0,8	2,3	X	X	X	0,2	1,3	4,1	X	X	X
	17	0,2	0,9	2,7	X	X	X	0,3	1,5	4,5	X	X	X
	20	0,2	1,1	3,4	X	X	X	0,3	1,8	5,5	X	X	X
	72	0,5	4,1	13,7	0,2	2,0	7,1	X	X	X	0,5	3,5	13,5

I – idade em meses; AltT – altura total mínima (min), média (méd) e máxima (máx) em m; AltF – altura do fuste mínima (min), média (méd) e máxima (máx) em m; DC – diâmetro de colo em cm; DAP – diâmetro na altura do peito em cm. X – dados não existentes. Fonte: elaboração própria

É possível afirmar, segundo os resultados vistos no gráfico 2 e tabela 2, que as espécies pioneiras têm desenvolvimento maior nos primeiros meses da sua implantação comparada com as secundárias. Assim, pioneiras e secundárias cresceram de forma diferente, sendo as primeiras as de maior crescimento. O desenvolvimento satisfatório das pioneiras deve-se ao seu mecanismo intrínseco de crescimento rápido, sendo sua planta favorável em ambientes de maior exposição a luminosidade. Pioneiras são um grupo de espécies que se desenvolvem mais rapidamente nos primeiros meses da implantação do SAF, enquanto que secundárias crescem mais lentamente nesse mesmo período, porém, mantendo de igual forma uma taxa constante e positiva (CALEGARY *et al.*, 2010; PENEIREIRO, 1999; ODUM, 1969).

A luminosidade é um fator ambiental diretamente relacionado com o crescimento e produção vegetal. A luz é a fonte primária de energia relacionada à fotossíntese e fenômenos morfogenéticos nos vegetais, sendo um dos principais fatores que influenciam no crescimento de espécies vegetais, afetando diretamente o desenvolvi-

mento dessas espécies. Por este motivo, todas as plantas têm a habilidade de modificar seu modelo de desenvolvimento em resposta à luminosidade do ambiente em que estão inseridas. Todavia, a natureza da resposta morfogênica pode variar consideravelmente entre espécies, por exemplo entre pioneiras e secundárias, de acordo com a capacidade de aclimação e a dependência da quantidade ou qualidade da luz (TAIZ and ZEIGER, 2010). Pode-se dizer que a eficiência do crescimento está relacionada diretamente à habilidade de adaptação das mudas às condições luminosas do ambiente, sendo o crescimento satisfatório de algumas espécies em ambientes com baixa ou alta luminosidade atribuído à capacidade da espécie ajustar rapidamente seu modelo de alocação de biomassa e comportamento fisiológico (DIAS FILHO, 2005). Isso tem relação com os resultados deste trabalho, porque as espécies pioneiras e secundárias se comportaram, no ponto de vista do desenvolvimento, como esperado de acordo as características de cada grupo.

O sombreamento criado pelas copas das árvores em desenvolvimento pode ser considerado uma prática de manejo que pode ser utilizada para auxiliar no controle excessivo de temperatura, reduzindo a radiação solar que incide diretamente na planta, diminuindo sua perda de água no seu período de adaptação no local de plantio. Moraes *et al.* (2001) dizem que algumas mudas têm capacidade de crescerem rapidamente quando sombreadas e que isto é um mecanismo importante de adaptação da espécie, o que constitui uma estratégia para escapar às condições de baixa intensidade; como foi o caso das secundárias deste estudo. Além disso, o bom crescimento de certas espécies em ambientes com diferentes disponibilidades luminosas pode ser atribuído à capacidade de ajustar, eficaz e rapidamente, seu comportamento fisiológico para maximizar a aquisição de recursos nesse ambiente, como foi o caso das pioneiras deste estudo.

Em relação às hipóteses desse capítulo, pode-se dizer que o arranjo ecológico das espécies nas áreas, conforme as diferentes estratégias dos grupos de sucessão, as características do solo e as condições de sombreamento, possibilitaram diagnosticar significativa diferenciação de potencial de crescimento em altura e diâmetro de colo das árvores, o que evidencia comportamentos silviculturais específicos conforme o grupo ecológico pioneiras ou secundárias. Kageyama *et al.* (1992), num experimento que misturou espécies arbóreas também classificadas dessa forma, mostraram que

aos 12 meses após a implantação, já era perceptível uma diferença no desenvolvimento desses grupos. Estes aspectos são importantes no momento da decisão sobre o qual tipo de SAF implementar já que se a procura for criar no menor tempo possível uma estratificação vertical, a mistura de espécies arbóreas nativas seguindo o critério de se elas são classificadas como pioneiras e secundárias pode ser uma alternativa plausível; já que para aumentar a eficácia dos plantios mistos com diferentes espécies de árvores nativas é preciso, no âmbito técnico, que eles sejam guiados por uma base teórica consistente.

Para uma caracterização real da ordem de importância ecológica das espécies arbóreas em uma floresta, somente indicadores como os anteriores não são suficientes. Assim, a inclusão da estrutura vertical na análise estrutural das florestas é de grande importância, ainda mais em SAF de tipo sucessional, onde a mistura de espécies classificadas como pioneiras e secundárias se faz no intuito de criar uma estratificação vertical conveniente que represente um aproveitamento integral da energia solar. Uma estratificação vertical são os diferentes estratos de altura que se criam pelas árvores durante o seu desenvolvimento sendo que cada estrato pode ser conformado por diferentes espécies que possuam a mesma altura. Seguindo a metodologia de estratificação vertical proposta por SOUZA (1990) e tomando em consideração os dados do Desenvolvimento Vegetal Inicial e Atual (DVI e DVA) em conjunto das duas áreas (por serem estatisticamente iguais), e os dois grupos, foi compilada a tabela 3 que mostra os estratos e o número de indivíduos que os conformam.

Mediante esta metodologia de estratificação vertical pode-se avaliar o número de indivíduos que conforma cada um dos estratos e quantos desses indivíduos pertencem ao grupo pioneiras e/ou secundárias, ou seja, a abundância de cada grupo; de tal forma se espera que, por exemplo, nas etapas iniciais da implantação as pioneiras dominem o estrato superior enquanto que no decorrer do tempo sejam as secundárias o grupo mais abundante no mencionado estrato. O padrão observado na tabela 3 é que a abundância das espécies pioneiras no estrato superior se manteve maior comparada com as secundárias no decorrer do tempo, isso diz sob o predomínio das pioneiras nos estratos superiores e médios durante o desenvolvimento inicial.

Já o grupo das secundárias predominou no estrato médio da agrofloresta; mas havendo em torno de 4 espécies que sobressaíram no estrato superior de altura, entre as quais foram casca de anta, farinha seca e ipê roxo.

Tabela 3: Estratificação vertical das espécies arbóreas nas duas áreas do SAFs na UNEPE-UT-FPR-DV segundo a idade da agrofloresta até os 72 meses de desenvolvimento

Idade (meses)	Estrato	Limite inferior (m)	Limite superior (m)	Número de indivíduos	Classe dos indivíduos
8	inferior	0	0,11	6	4 Pioneiras: 2 Secundárias
	Médio	0,12	1,67	352	175 Pioneiras: 177 Secundárias
	superior	1,68	6,51	46	41 Pioneiras: 5 Secundárias
12	inferior	0	0,05	1	Pioneira
	Médio	0,06	2,09	383	173 Pioneiras: 210 Ssecundárias
	superior	2,1	9,76	44	39 Pioneiras: 5 Secundárias
15	inferior	0	0,31	37	10 Pioneiras: 27 Secundárias
	Médio	0,309	2,06	333	149 Pioneiras: 184 Secundárias
	superior	2,07	5,10	57	54 Pioneiras: 3 Secundárias
17	inferior	0	0,41	41	13 Pioneiras: 28 Secundárias
	Médio	0,42	2,23	324	143 Pioneiras: 181 Secundárias
	superior	2,24	4,98	63	59 Pioneiras: 4 secundárias
20	inferior	0	0,55	41	14 Pioneiras: 27 secundárias
	Médio	0,547	2,80	301	142 Pioneiras: 159 Secundárias
	superior	2,81	5,98	59	55 Pioneiras: 4 secundárias
72	inferior	0	1,58	38	14 Pioneiras: 24 secundárias
	Médio	1,59	8,18	283	149 Pioneiras: 134 Secundárias
	superior	8,19	23,2	50	37 Pioneiras: 13 Secundárias

Fonte: elaboração própria

Olhando para o estrato inferior na tabela 3, um exemplo das espécies do grupo pioneiras que sempre estiveram conformando esse estrato durante o desenvolvimento vegetal inicial (DVI) foram louro pardo, angico branco e caroba; enquanto que das secundárias foram a espinheira santa, guabiroba (guabirobeira) e a erva-mate. Chama a atenção a espécie ingazeiro, que normalmente é recomendada na implantação dos sistemas agroflorestais pelo seu rápido desenvolvimento (MONTAGNINI *et al.*, 2015), porém nos resultados deste estudo essa espécie apresentou desenvolvimento lento conformando o estrato inferior durante o DVI e a os 20 meses a altura média dos indivíduos nas duas áreas era de 1,3m; sendo necessário outros estudos com outras espécies de ingá para dirimir essa dúvida.

Em paralelo, o grupo das secundárias manteve seu desenvolvimento e aos 8 meses, 5 indivíduos das espécies casca-de-anta, canjerana e palmitreiro estavam presentes no estrato superior. No decorrer do tempo, as pioneiras, pelo seu desenvolvimento acelerado, puxaram o limite superior do estrato superior mais para cima e aos 15 meses somente 3 secundárias continuavam no estrato superior; mas aos 20 meses de idade voltaram a se sobressair 4 indivíduos do grupo das secundárias, conformando o estrato superior e eles foram quatro exemplares da espécie casca de anta. Cabe ressaltar que essa espécie também conformou a lista das 5 melhores secundárias aos 72 meses de idade da implantação do SAFs (Tabela 4).

Segundo De Angeli *et al.* (2013), a estratificação vertical aplicada neste trabalho tem a desvantagem de concentrar o maior número de espécies no estrato médio. Porém, de acordo com Durigan (2009), não há um método reconhecido para se determinar o número de estratos que compõem o dossel florestal de modo que tentativas de estratificação em florestas tropicais, em geral, têm sido baseadas na divisão arbitrária das árvores em classes de altura. Apesar da disponibilidade de vários métodos, ainda que importante para a compreensão da estrutura de uma floresta, a diferenciação segura dos estratos em uma comunidade florestal, com base estatística, é um desafio a ser vencido.

Essa metodologia de estratificação vertical permitiu, neste trabalho inferir sobre como cada grupo sucessional conforma cada estrato e a evolução destes durante o desenvolvimento inicial e atual. Passando à análise de cada uma das espécies de forma particular, a tabela 4 resume os resultados médios, valores mínimos e máximos em cada uma das espécies segundo a idade da implantação do SAFs. As espécies se apresentam em ordem de maior a menor segundo a média de altura total (AltT), as 14 primeiras espécies, ou seja, até louro pardo, são pioneiras e as últimas 12 são secundárias.

Durante o DVI (tabela 4) as cinco melhores espécies pioneiras foram fumeiro bravo, timbaúva, tucaneiro, açoita cavalo e aroeira, cuja média de altura como grupo é 2,43 m. As cinco melhores espécies do grupo das secundárias foram casca de anta, farinha seca, ipê roxo, guaritá e cedro, cuja média de altura como grupo é 1,13 m. A porcentagem de sobrevivência em geral dessas espécies é de 80 %, o que apoia a

recomendação destas espécies para implantação inicial de SAFs; exceto pelas espécies fumeiro bravo, casca de anta, guarita e cedro que registraram sobrevivência aproximadamente de 50 % aos 20 meses de idade do plantio, fato que poderia ser remediado pelo replantio de mudas.

A altura total máxima encontrada, aos 8 meses, foi de 3,1 m no fumeiro bravo e 3,5 m na casca de anta e canjerana. A altura total mínima, aos 8 meses, foi 0,1 m e na guabirobeira. A altura média das árvores, em termos gerais, sempre foi crescente, como visto no gráfico 4 e tabela 4 de baixo.

Tabela 4: Parâmetros do Desenvolvimento Vegetal Inicial e Atual (DVI e DVA) por cada espécie no SAFs da UNEPE – UTFPR – DV

Esp	I	AltT min	AltT média	Desv pad	AltT máx	AltF min	AltF média	Desv pad	AltF máx	DC min	DC mé- dio	Desv pad	DC máx	DAP min	DAP médio	Desv pad	DAP máx	% Sob	Relação AltT/DC
Fu- meiro bravo	8	0,3	2,2	1,0	3,1	X	X	X	X	1,0	2,5	1,1	3,7	X	X	X	X	92,9	0,9
	12	1,7	3,3	0,9	4,4	X	X	X	X	1,9	3,5	0,9	4,6	X	X	X	X	74,6	0,9
	15	1,9	3,7	1,0	4,7	X	X	X	X	2,1	4,1	1,2	5,5	X	X	X	X	74,6	0,9
	17	1,5	3,4	1,3	4,8	X	X	X	X	2,2	4,7	1,5	6,2	X	X	X	X	74,6	0,7
	20	3,0	4,3	0,9	5,4	X	X	X	X	3,3	5,5	1,8	7,9	X	X	X	X	60,2	0,8
	72	6,3	9,2	2,7	11,4	1,7	3,7	2,2	5,8	X	X	X	X	5,1	8,5	3,3	11,3	46,6	1,0
Timba- úva	8	1,3	2,0	0,5	2,8	X	X	X	X	2,0	2,9	0,9	4,4	X	X	X	X	80,9	0,7
	12	1,5	2,6	0,7	3,6	X	X	X	X	2,3	3,6	1,1	5,5	X	X	X	X	80,9	0,7
	15	1,9	3,0	0,9	4,4	X	X	X	X	2,1	3,8	1,2	5,8	X	X	X	X	85,5	0,8
	17	1,9	3,2	0,9	4,5	X	X	X	X	2,7	4,4	1,3	6,5	X	X	X	X	85,5	0,7
	20	2,3	3,7	1,0	4,9	X	X	X	X	3,6	5,7	1,7	8,3	X	X	X	X	80,9	0,7
	72	3,4	8,1	2,7	12,4	1,7	4,3	2,0	7,9	X	X	X	X	3,3	10,7	4,8	17,1	85,5	0,8
Tuca- neiro	8	0,8	1,8	0,7	2,8	X	X	X	X	1,1	2,1	0,8	3,3	X	X	X	X	75,9	0,9
	12	0,8	1,9	0,7	3,1	X	X	X	X	1,2	2,3	0,8	3,8	X	X	X	X	80,9	0,8
	15	0,9	2,0	0,7	3,2	X	X	X	X	1,0	2,3	0,9	3,8	X	X	X	X	80,9	0,9
	17	1,0	2,2	0,8	3,5	X	X	X	X	1,4	2,9	1,1	4,6	X	X	X	X	80,9	0,8
	20	1,5	3,0	1,1	4,5	X	X	X	X	1,9	4,0	1,7	6,6	X	X	X	X	80,9	0,8
	72	4,3	9,1	4,3	18,0	0,8	3,7	2,0	6,4	X	X	X	X	2,0	9,7	6,7	21,5	75,9	1,1
Açoita cavalo	8	0,8	1,3	0,4	2,0	X	X	X	X	1,1	1,8	0,5	2,7	X	X	X	X	94,4	0,7
	12	1,1	1,6	0,5	2,5	X	X	X	X	1,4	2,3	0,6	3,3	X	X	X	X	94,4	0,7
	15	1,5	2,1	0,5	2,9	X	X	X	X	2,2	3,0	1,0	5,2	X	X	X	X	94,4	0,7
	17	1,7	2,3	0,5	3,4	X	X	X	X	2,7	3,6	0,9	5,4	X	X	X	X	94,4	0,7
	20	2,1	2,9	0,7	4,2	X	X	X	X	2,8	4,6	1,1	6,6	X	X	X	X	94,4	0,7
	72	4,1	7,3	2,4	11,9	1,3	2,4	0,9	4,0	X	X	X	X	4,7	9,0	3,2	14,3	94,4	0,8

Continua

Parâmetros do Desenvolvimento Vegetal Inicial e Atual (DVI e DVA) por cada espécie no SAFs da UNEPE – UTFPR – DV. Continuação

Esp	I	AltT min	AltT média	Desv pad	AltT máx	AltF min	AltF média	Desv pad	AltF máx	DC min	DC mé- dio	Desv pad	DC máx	DAP min	DAP médio	Desv pad	DAP máx	% Sob	Relação AltT/DC
Aroeira	8	0,5	1,0	0,4	1,7	X	X	X	X	0,6	0,9	0,2	1,2	X	X	X	X	90,0	1,1
	12	0,7	1,2	0,4	1,9	X	X	X	X	0,7	1,1	0,3	1,6	X	X	X	X	80,9	1,1
	15	0,7	1,6	0,6	2,4	X	X	X	X	0,8	1,5	0,4	2,2	X	X	X	X	80,9	1,1
	17	0,8	1,9	0,8	3,0	X	X	X	X	0,7	1,7	0,6	2,6	X	X	X	X	90,0	1,1
	20	1,1	2,4	0,9	3,9	X	X	X	X	1,0	2,1	0,8	3,4	X	X	X	X	85,5	1,2
	72	1,3	4,6	2,2	7,3	0,5	1,9	0,9	3,0	X	X	X	X	1,1	3,1	1,9	6,6	75,9	1,6
Angico verme- lho	8	0,7	1,1	0,4	2,0	X	X	X	X	0,6	0,9	0,2	1,4	X	X	X	X	85,0	1,3
	12	0,7	1,3	0,4	1,7	X	X	X	X	0,7	1,1	0,4	1,8	X	X	X	X	75,0	1,1
	15	1,0	1,6	0,5	2,2	X	X	X	X	0,8	1,3	0,4	1,9	X	X	X	X	75,0	1,3
	17	1,0	1,8	0,5	2,6	X	X	X	X	0,9	1,5	0,5	2,5	X	X	X	X	75,0	1,2
	20	1,1	2,4	0,9	4,0	X	X	X	X	1,1	2,1	0,8	3,4	X	X	X	X	75,0	1,2
	72	2,0	8,1	4,6	15,8	0,9	3,5	1,6	5,7	X	X	X	X	1,3	8,0	6,2	18,2	75,0	1,1
Bran- quilho	8	0,5	1,0	0,4	1,5	X	X	X	X	0,3	0,9	0,3	1,4	X	X	X	X	75,0	1,2
	12	0,7	1,3	0,4	1,7	X	X	X	X	0,6	1,1	0,4	1,7	X	X	X	X	80,0	1,2
	15	0,8	1,5	0,5	2,2	X	X	X	X	0,8	1,4	0,4	2,0	X	X	X	X	80,0	1,1
	17	0,8	1,6	0,6	2,6	X	X	X	X	0,8	1,5	0,4	2,1	X	X	X	X	80,0	1,0
	20	1,2	2,0	0,7	3,3	X	X	X	X	1,0	2,0	0,5	2,6	X	X	X	X	80,0	1,0
	72	1,6	3,4	1,7	6,2	0,7	1,5	1,0	3,3	X	X	X	X	0,5	2,3	1,7	4,7	70,0	1,5
Cana- fistula	8	0,4	0,6	0,3	1,2	X	X	X	X	0,5	0,7	0,2	1,1	X	X	X	X	80,9	0,9
	12	0,4	1,4	1,7	5,4	X	X	X	X	0,5	0,9	0,3	1,5	X	X	X	X	80,9	1,6
	15	0,4	0,9	0,4	1,5	X	X	X	X	0,5	1,0	0,4	1,7	X	X	X	X	80,9	0,9
	17	0,5	1,2	0,5	2,0	X	X	X	X	0,6	1,3	0,6	2,2	X	X	X	X	80,9	0,9
	20	0,6	1,7	0,7	2,6	X	X	X	X	0,8	1,9	0,7	2,9	X	X	X	X	80,9	0,9
	72	1,2	3,9	2,1	7,0	0,3	2,5	1,7	5,2	X	X	X	X	0,9	2,2	1,2	4,0	80,9	1,8

Continua

Parâmetros do Desenvolvimento Vegetal Inicial e Atual (DVI e DVA) por cada espécie no SAFs da UNEPE – UTFPR – DV. Continuação

Esp	I	AltT min	AltT média	Desv pad	AltT máx	AltF min	AltF média	Desv pad	AltF máx	DC min	DC mé- dio	Desv pad	DC máx	DAP min	DAP médio	Desv pad	DAP máx	% Sob	Relação AltT/DC
Caroba	8	0,2	0,6	0,3	0,2	X	X	X	X	0,4	0,9	0,4	1,5	X	X	X	X	60,0	0,6
	12	0,2	0,7	0,4	0,2	X	X	X	X	0,4	1,1	0,5	1,8	X	X	X	X	60,0	0,6
	15	0,3	0,9	0,5	0,3	X	X	X	X	0,5	1,2	0,5	1,9	X	X	X	X	55,0	0,7
	17	0,4	1,2	0,7	0,4	X	X	X	X	0,6	1,8	0,9	3,1	X	X	X	X	55,0	0,7
	20	0,6	1,7	0,9	0,6	X	X	X	X	1,0	2,7	1,3	4,6	X	X	X	X	60,0	0,6
	72	2,4	5,6	2,8	9,5	1,8	3,5	1,8	5,9	X	X	X	X	1,7	4,3	1,9	6,2	55,0	1,3
Angico branco	8	0,3	0,6	0,3	1,3	X	X	X	X	0,4	0,7	0,2	1,1	X	X	X	X	88,9	0,9
	12	0,2	1,1	1,2	3,7	X	X	X	X	0,4	0,8	0,3	1,3	X	X	X	X	88,9	1,4
	15	0,3	1,1	0,7	2,1	X	X	X	X	0,4	0,9	0,3	1,4	X	X	X	X	88,9	1,2
	17	0,3	1,1	0,8	2,2	X	X	X	X	0,5	1,0	0,4	1,7	X	X	X	X	88,9	1,1
	20	0,5	1,3	0,8	2,4	X	X	X	X	0,6	1,3	0,6	2,2	X	X	X	X	83,4	1,0
	72	1,3	3,5	1,7	5,7	0,5	1,3	0,8	2,4	X	X	X	X	1,0	1,7	0,8	3,2	83,4	2,0
Arati- cum	8	0,1	0,4	0,2	0,8	X	X	X	X	0,4	0,7	0,3	1,3	X	X	X	X	80,0	0,6
	12	0,2	0,5	0,3	1,0	X	X	X	X	0,4	0,9	1,0	3,5	X	X	X	X	75,0	0,6
	15	0,3	0,7	0,3	1,1	X	X	X	X	0,5	0,8	0,3	1,2	X	X	X	X	75,0	0,9
	17	0,6	1,0	0,3	1,4	X	X	X	X	0,6	1,0	0,3	1,7	X	X	X	X	75,0	0,9
	20	0,6	1,4	0,7	2,6	X	X	X	X	0,8	1,5	0,4	2,1	X	X	X	X	75,0	1,0
	72	2,2	4,6	2,2	9,0	1,5	2,2	0,7	3,2	X	X	X	X	0,9	3,0	1,3	4,4	70,0	1,5
Inga- zeiro	8	0,2	0,7	1,0	3,3	X	X	X	X	0,4	0,6	0,2	0,9	X	X	X	X	75,9	1,1
	12	0,2	0,5	0,2	0,8	X	X	X	X	0,3	0,7	0,2	1,0	X	X	X	X	70,9	0,7
	15	0,4	0,7	0,3	1,1	X	X	X	X	0,5	1,0	0,3	1,4	X	X	X	X	70,9	0,8
	17	0,5	1,0	0,4	1,5	X	X	X	X	0,7	1,2	0,4	1,9	X	X	X	X	70,9	0,8
	20	0,6	1,3	0,4	1,9	X	X	X	X	0,8	1,6	0,6	2,4	X	X	X	X	70,9	0,8
	72	2,6	5,2	2,2	8,8	1,0	2,4	1,4	5,6	X	X	X	X	1,6	3,4	1,4	5,7	70,9	1,6

Continua

Parâmetros do Desenvolvimento Vegetal Inicial e Atual (DVI e DVA) por cada espécie no SAFs da UNEPE – UTFPR – DV. Continuação

Esp	I	AltT min	AltT média	Desv pad	AltT máx	AltF min	AltF média	Desv pad	AltF máx	DC min	DC mé- dio	Desv pad	DC máx	DAP min	DAP médio	Desv pad	DAP máx	% Sob	Relação AltT/DC
Guaju- vira	8	0,2	0,4	0,3	0,9	X	X	X	X	0,4	0,8	0,3	1,2	X	X	X	X	80,0	0,6
	12	0,2	0,9	1,2	3,9	X	X	X	X	0,4	0,9	0,3	1,3	X	X	X	X	80,0	1,1
	15	0,3	0,9	0,4	1,6	X	X	X	X	0,6	1,1	0,4	1,8	X	X	X	X	80,0	0,8
	17	0,3	0,9	0,5	1,7	X	X	X	X	0,6	1,3	0,5	2,0	X	X	X	X	80,0	0,7
	20	0,4	1,1	0,6	2,1	X	X	X	X	0,7	1,7	0,9	3,6	X	X	X	X	80,0	0,7
	72	1,9	3,8	1,6	5,9	0,7	1,3	0,4	1,9	X	X	X	X	0,8	2,4	1,3	4,0	75,0	1,7
Louro pardo	8	0,1	0,4	0,4	1,2	X	X	X	X	0,3	0,6	0,4	1,2	X	X	X	X	60,0	0,8
	12	0,1	0,6	0,8	2,3	X	X	X	X	0,2	0,7	0,4	1,3	X	X	X	X	55,0	0,8
	15	0,2	0,7	0,4	1,2	X	X	X	X	0,3	0,9	0,4	1,6	X	X	X	X	55,0	0,8
	17	0,2	0,8	0,5	1,4	X	X	X	X	0,4	1,1	0,6	1,9	X	X	X	X	55,0	0,7
	20	0,3	0,8	0,5	1,5	X	X	X	X	0,5	1,4	0,7	2,4	X	X	X	X	55,0	0,6
	72	0,9	2,2	1,4	4,6	0,5	1,4	0,9	2,9	X	X	X	X	0,8	1,5	1,0	3,0	55,0	1,7
Casca de anta	8	0,3	1,2	1,1	3,5	X	X	X	X	0,5	1,5	0,8	2,9	X	X	X	X	73,9	0,9
	12	0,4	1,1	0,7	2,0	X	X	X	X	0,6	1,8	1,0	3,1	X	X	X	X	67,8	0,6
	15	0,4	1,4	0,7	2,3	X	X	X	X	0,8	2,1	1,0	3,4	X	X	X	X	67,8	0,7
	17	0,4	1,7	0,9	2,7	X	X	X	X	0,8	2,5	1,3	4,3	X	X	X	X	67,8	0,7
	20	0,5	2,0	1,2	3,4	X	X	X	X	1,1	3,3	1,9	5,4	X	X	X	X	67,8	0,6
	72	4,0	8,6	3,2	11,9	1,3	3,8	1,9	5,8	X	X	X	X	3,4	9,8	4,3	13,5	62,3	0,9
Farinha seca	8	0,5	0,9	0,2	1,2	X	X	X	X	0,6	0,7	0,1	0,8	X	X	X	X	86,4	1,2
	12	0,6	1,0	0,2	1,2	X	X	X	X	0,6	0,8	0,2	1,1	X	X	X	X	81,8	1,2
	15	0,5	1,0	0,2	1,3	X	X	X	X	0,6	0,9	0,2	1,1	X	X	X	X	81,8	1,1
	17	0,8	1,2	0,3	1,6	X	X	X	X	0,9	1,1	0,3	1,9	X	X	X	X	81,8	1,1
	20	1,1	1,7	0,4	2,1	X	X	X	X	0,8	1,3	0,3	1,8	X	X	X	X	81,8	1,3
	72	3,6	6,8	2,7	12,2	1,9	2,7	0,9	4,6	X	X	X	X	2,3	5,1	2,8	11,3	81,8	1,4

Continua

Parâmetros do Desenvolvimento Vegetal Inicial e Atual (DVI e DVA) por cada espécie no SAFs da UNEPE – UTFPR – DV. Continuação

Esp	I	AltT min	AltT média	Desv pad	AltT máx	AltF min	AltF média	Desv pad	AltF máx	DC min	DC mé- dio	Desv pad	DC máx	DAP min	DAP médio	Desv pad	DAP máx	% Sob	Relação AltT/DC
Ipê roxo	8	0,3	0,7	0,3	1,1	X	X	X	X	0,5	0,9	0,3	1,5	X	X	X	X	85,0	0,8
	12	0,3	1,1	1,1	3,7	X	X	X	X	0,5	1,1	0,4	1,8	X	X	X	X	85,5	1,0
	15	0,4	1,1	0,4	1,8	X	X	X	X	0,3	1,2	0,5	2,1	X	X	X	X	85,5	0,9
	17	0,5	1,3	0,5	2,0	X	X	X	X	0,7	1,6	0,6	2,7	X	X	X	X	85,5	0,8
	20	0,5	1,5	0,6	2,5	X	X	X	X	0,9	2,2	0,8	3,5	X	X	X	X	85,5	0,7
	72	2,4	4,1	1,7	7,7	1,0	1,6	0,7	3,1	X	X	X	X	1,4	2,4	1,1	4,9	75,9	1,7
Guarità	8	0,2	0,5	0,2	0,9	X	X	X	X	0,6	0,8	0,1	1,1	X	X	X	X	84,5	0,7
	12	0,2	0,6	0,3	1,0	X	X	X	X	0,6	0,9	0,2	1,2	X	X	X	X	84,5	0,7
	15	0,3	0,9	0,4	1,3	X	X	X	X	0,6	1,1	0,3	1,5	X	X	X	X	84,5	0,8
	17	0,4	1,1	0,4	1,5	X	X	X	X	0,7	1,3	0,3	1,8	X	X	X	X	78,9	0,8
	20	0,5	1,4	0,5	2,0	X	X	X	X	0,9	1,7	0,5	2,4	X	X	X	X	78,9	0,8
	72	2,8	5,2	1,5	7,2	1,6	2,6	0,9	4,2	X	X	X	X	1,4	4,5	2,1	7,7	78,9	1,1
Cedro	8	0,2	0,8	0,5	1,6	X	X	X	X	0,6	1,3	0,7	2,7	X	X	X	X	68,4	0,6
	12	0,3	0,8	0,5	1,6	X	X	X	X	0,6	1,5	0,7	2,6	X	X	X	X	68,4	0,5
	15	0,5	1,0	0,5	1,9	X	X	X	X	0,8	1,8	0,8	3,0	X	X	X	X	68,4	0,6
	17	0,6	1,2	0,4	1,9	X	X	X	X	0,9	2,4	1,1	4,1	X	X	X	X	68,4	0,5
	20	0,9	1,3	0,5	2,1	X	X	X	X	2,2	3,5	1,0	4,8	X	X	X	X	52,3	0,4
	72	2,3	3,3	1,1	5,2	0,8	2,3	1,3	4,4	X	X	X	X	1,7	2,8	1,1	4,6	57,8	1,2
Palmi- teiro	8	0,5	0,9	0,2	1,5	X	X	X	X	1,3	2,0	0,6	3,5	X	X	X	X	82,0	0,4
	12	0,6	0,9	0,2	1,6	X	X	X	X	1,4	2,2	0,7	3,8	X	X	X	X	80,0	0,4
	15	0,6	1,0	0,2	1,5	X	X	X	X	1,4	2,4	0,8	4,1	X	X	X	X	78,0	0,4
	17	0,6	1,0	0,3	1,6	X	X	X	X	1,5	2,7	0,9	4,4	X	X	X	X	78,0	0,4
	20	0,6	1,0	0,3	1,5	X	X	X	X	2,0	3,3	0,9	4,5	X	X	X	X	40,0	0,3
	72	3,5	5,9	2,4	10,0	1,9	3,2	1,2	5,3	X	X	X	X	3,9	6,0	1,5	8,3	28,0	1,0

Continua

Parâmetros do Desenvolvimento Vegetal Inicial e Atual (DVI e DVA) por cada espécie no SAFs da UNEPE – UTFPR – DV. Continuação

Esp	I	AltT min	AltT média	Desv pad	AltT máx	AltF min	AltF média	Desv pad	AltF máx	DC min	DC mé- dio	Desv pad	DC máx	DAP min	DAP médio	Desv pad	DAP máx	% Sob	Relação AltT/DC
Canje- rana	8	0,2	0,3	1,2	3,5	X	X	X	X	0,0	0,8	0,5	1,6	X	X	X	X	71,4	0,5
	12	0,2	0,5	0,4	1,3	X	X	X	X	0,6	0,9	0,2	1,3	X	X	X	X	71,4	0,6
	15	0,3	0,5	0,2	0,9	X	X	X	X	0,8	1,2	0,3	1,7	X	X	X	X	71,4	0,4
	17	0,4	0,7	0,3	1,0	X	X	X	X	0,9	1,5	0,4	2,0	X	X	X	X	71,4	0,5
	20	0,6	1,0	0,4	1,5	X	X	X	X	1,3	2,0	0,5	2,7	X	X	X	X	71,4	0,5
	72	3,9	5,5	1,4	7,9	2,2	3,6	1,0	5,2	X	X	X	X	3,5	4,9	1,3	7,0	71,4	1,1
Guabi- robeira	8	0,1	0,3	0,1	0,5	X	X	X	X	0,2	0,3	0,1	0,6	X	X	X	X	70,0	0,8
	12	0,1	0,4	0,2	0,7	X	X	X	X	0,3	0,5	0,3	1,0	X	X	X	X	60,0	0,7
	15	0,2	0,5	0,3	0,9	X	X	X	X	0,3	0,6	0,2	0,9	X	X	X	X	60,0	0,8
	17	0,3	0,6	0,3	1,1	X	X	X	X	0,4	0,8	0,4	1,4	X	X	X	X	60,0	0,8
	20	0,5	0,8	0,4	1,5	X	X	X	X	0,7	1,0	0,3	1,4	X	X	X	X	60,0	0,9
	72	0,9	2,2	1,1	3,7	0,2	0,9	0,5	1,7	X	X	X	X	0,5	1,4	0,8	2,3	60,0	1,7
Arau- cária	12	0,3	0,7	0,6	2,2	X	X	X	X	0,2	0,7	0,3	1,7	X	X	X	X	100,0	1,0
	15	0,4	0,6	0,1	0,8	X	X	X	X	0,6	0,9	0,2	1,1	X	X	X	X	100,0	0,6
	17	0,4	0,6	0,2	1,0	X	X	X	X	0,5	0,9	0,2	1,2	X	X	X	X	100,0	0,7
	20	0,5	0,8	0,2	1,1	X	X	X	X	0,7	1,0	0,2	1,4	X	X	X	X	95,8	0,8
	72	1,2	1,9	0,6	3,3	0,4	0,7	0,2	1,1	X	X	X	X	0,7	1,3	0,5	2,2	79,8	1,5
Ipê ama- relo	8	0,1	0,3	0,2	0,7	X	X	X	X	0,3	0,5	0,2	0,8	X	X	X	X	80,0	0,6
	12	0,3	0,8	0,6	1,8	X	X	X	X	0,4	0,6	0,2	0,9	X	X	X	X	80,0	1,4
	15	0,1	0,6	0,4	1,3	X	X	X	X	0,3	0,6	0,3	1,0	X	X	X	X	80,0	0,9
	17	0,2	0,7	0,4	1,2	X	X	X	X	0,4	0,8	0,3	1,3	X	X	X	X	80,0	0,8
	20	0,2	0,8	0,4	1,4	X	X	X	X	0,5	1,0	0,4	1,6	X	X	X	X	80,0	0,8
	72	1,1	1,9	0,7	3,0	0,3	0,8	0,5	1,5	X	X	X	X	0,5	1,1	0,7	2,1	65,0	1,7

Continua

Parâmetros do Desenvolvimento Vegetal Inicial e Atual (DVI e DVA) por cada espécie no SAFs da UNEPE – UTFPR – DV. Conclusão

Esp	I	AltT min	AltT média	Desv pad	AltT máx	AltF min	AltF média	Desv pad	AltF máx	DC min	DC mé- dio	Desv pad	DC máx	DAP min	DAP médio	Desv pad	DAP máx	% Sob	Relação AltT/DC
Erva mate	8	0,2	0,3	0,1	0,5	X	X	X	X	0,2	0,4	0,1	0,6	X	X	X	X	60,9	0,7
	12	0,1	0,3	0,2	0,6	X	X	X	X	0,3	0,4	0,2	0,7	X	X	X	X	51,8	0,7
	15	0,2	0,4	0,2	0,7	X	X	X	X	0,4	0,5	0,2	0,8	X	X	X	X	51,8	0,7
	17	0,2	0,4	0,3	0,9	X	X	X	X	0,3	0,6	0,3	1,0	X	X	X	X	51,8	0,8
	20	0,2	0,7	0,4	1,3	X	X	X	X	0,4	0,8	0,4	1,3	X	X	X	X	51,8	0,9
	72	1,1	2,5	1,4	4,6	0,7	1,3	0,6	2,2	X	X	X	X	0,5	1,7	0,9	2,8	47,3	1,5
Espí- nheira santa	8	0,2	0,6	0,5	1,0	X	X	X	X	0,3	0,6	0,4	0,9	X	X	X	X	27,8	1,0
	12	0,1	0,9	1,3	2,4	X	X	X	X	0,3	0,4	0,1	0,5	X	X	X	X	27,8	2,3
	15	0,1	0,3	0,2	0,6	X	X	X	X	0,2	0,4	0,2	0,5	X	X	X	X	27,8	0,9
	17	0,2	0,5	0,4	0,9	X	X	X	X	0,3	0,5	0,2	0,7	X	X	X	X	27,8	1,4
	20	0,2	0,3	0,1	0,5	X	X	X	X	0,4	0,5	0,2	0,7	X	X	X	X	27,8	0,6
	72	0,7	0,7	0,1	0,8	0,3	0,4	0,1	0,5	X	X	X	X	0,5	0,5	0,0	0,5	16,7	1,9

Esp - espécie; I – idade do plantio em meses; AltTmin, méd, máx – altura total mínima, média e máxima em m, AltFmin, méd, máx – altura do fuste mínima, média e máxima em m; DCmin, méd, Máx – diâmetro de colo mínimo, médio e máximo em cm; DAPmin, méd, máx – diâmetro na altura do peito mínima, média e máxima em cm; %S – porcentagem de sobrevivência; X – dados inexistentes. Fonte: elaboração própria

Stolarski *et al.* (2012), num estudo feito numa área próxima à área desta pesquisa, também reportaram ao fumeiro bravo, branquilha e canafístula como as pioneiras de melhor desenvolvimento inicial; avaliação que considerou os primeiros 6 meses de um plantio misto com espaçamento 3 X 2 m instalado em área de restauração florestal. Os resultados mostram que as plantas com maiores alturas tiveram também maiores diâmetro de colo em ambos grupos ecológicos.

Há um segundo subgrupo das espécies pioneiras conformado angico vermelho, branquilha, canafístula, caroba e angico branco que apresentaram desenvolvimento médio com uma média de altura de 1,27 m comparadas com as cinco melhores mencionadas acima. Neste subgrupo, a sobrevivência média foi de 76 %. Da mesma forma vemos nas secundárias um segundo subgrupo conformado por canjerana, palmitero, guabirobeira, ipê amarelo e araucária as quais atingiram em média uma altura de 0,68 m e 75 % de sobrevivência (tabela 4).

Em relação a cada uma de essas espécies, segundo Carvalho (2003), fumeiro bravo pode alcançar até 13 m de altura total em fragmentos florestais naturais, 30 cm de DAP e na Floresta Ombrófila Mista pode-se encontrar até 8 indivíduos por cada hectare. Essa espécie apresenta desrame natural pelo qual contribui com sua serapiadeira para o acúmulo de matéria orgânica acima do solo e quando é plantada em SAF com distanciamento maior que 3 X 3 m desenvolve ramificações laterais. Neste estudo, pelo adensamento do plantio se verificou a não formação de essas ramificações sendo o desenvolvimento de maior altura a estratégia silvicultural de esta espécie.

A timbaúva, de acordo com Carvalho (2003), pode alcançar até 25 m de AltT quando cresce de forma isolada. As sementes apresentam melhor germinação quando passaram pelo trato digestivo de mamíferos como *Agouti paca* ou *Dasyprocta azarae* e as raízes formam associação com *Rhizobium*, contribuindo na fixação biológica de nitrogênio.

A espécie tucaneiro cresce até uns 25 m e apresenta DAP de 70 cm, é comumente usada em projetos de restauração florestal e atrai uma diversidade elevada de aves que se alimentam dos frutos como pombos e tucanos (Carvalho, 2003). Também a espécie açoita cavalo consegue atingir até 30 m de AltT e 100 cm de DAP na idade adulta. No Brasil a densidade natural do açoita cavalo encontrada em fragmentos florestais conservados é de até 14 indivíduos/ha. Essa espécie não apresenta desrama

natural, devendo sofrer poda de condução para a formação de um único tronco, complementada com podas sucessivas para retirar os galhos grossos.

Ainda sobre o açoita cavalo, uma árvore da família Malvaceae (anexo 1), segundo Carvalho (2003), é considerada como uma espécie de crescimento lento e quando plantada em pleno sol tende a produzir galhos laterais a baixa altura; razão pela qual o mesmo autor recomenda a espécie em plantios mistos os quais se caracterizam pela mistura de várias espécies arbóreas. Nos resultados desta pesquisa, o açoita cavalo sobressaiu no DVI e também no DVA em relação à altura desenvolvida, a qual no ano 2021 registrou um máximo de 11,9 m como visto na tabela 4.

Perin (2018), avaliando o desenvolvimento inicial de 14 espécies arbóreas nativas numa área próxima do SAFs, destacou o angico vermelho, canjerana e canafístula como sendo parte das melhores pelo desenvolvimento em altura total, DAP e AC. Resultados esses que são apoiados nesta pesquisa.

No Bioma Mata Atlântica, algumas famílias botânicas de ampla ocorrência na região sul do Brasil, como a Mimosácea, têm espécies adequadas para SAF sucessionais, como comprovado por Peneireiro (1999). Neste estudo, essa família também teve um bom desenvolvimento sendo representada pelas espécies timbaúva, angico-vermelho e angico branco. Angico vermelho também foi uma espécie considerada de bom desenvolvimento inicial e com grande capacidade de estocar carbono em SAF segundo Salomão *et al.* (2014).

Embora a canafístula ficou na posição 8 entre as pioneiras neste estudo (tabela 4), com altura total média desenvolvida de 1,7 m na área 1 (e máxima de 2,6 m) aos 20 meses de idade, é uma espécie florestal brasileira de alto valor comercial e promissora no mercado madeireiro devido ao valor econômico comprovado, em função da qualidade da madeira, moderadamente pesada, dura e de longa durabilidade segundo Lorenzi (1992). Bertolini (2012) avaliando essa espécie aos 7 meses num espaçamento de 3 x 2 m encontrou uma altura média de 2,12 m, e segundo Ruchel (2003), é uma das 15 espécies florestais madeireiras mais comercializadas nas serriais da região Sul e tem potencial para a produção de madeira em larga escala no Centro - Sul do Brasil. Atualmente é uma das espécies mais procuradas e aceitas para uso na recuperação de áreas degradadas, reflorestamentos homogêneos ou também chamados de puros por estarem conformados por uma única espécie, e em sistemas

agrosilvipastoris; ainda, a canafístula tem capacidade de fixação de nitrogênio deixando-o na forma disponível para as demais plantas consorciadas (BERTOLINI *et al.*, 2015).

A Casca de anta, que ficou na posição 1 do grupo das secundárias de acordo aos resultados de este trabalho, é uma espécie perenifólia considerada secundária tardia e os indivíduos maiores podem alcançar até 25 m de altura total e 50 cm de DAP segundo Carvalho (2008). Na tabela 4 se observa que aos 72 meses de idade do plantio essa espécie alcançou altura total média de 8,6 m e máxima de 11,9 m. Em relação ao DAP o resultado médio das duas áreas é de 9,8 cm e máximo de 13,5 cm. Essa espécie é semidecídua o que significa que as folhas caem durante o inverno contribuindo com a serapilheira no solo, mas também se recomenda a poda anual de galhos laterais para condução do fuste.

A altura total máxima encontrada no palmiteiro (*Euterpe edulis*) aos 72 meses foi de 10,0 m, segundo Carvalho (2003), essa espécie atinge no máximo até aproximadamente 20 m na idade adulta; resultado que pode ser interpretado como que a agrofloresta (SAFs) tem oferecido condições adequadas para o desenvolvimento desta espécie e ainda fala da adaptabilidade da espécie na região. O palmiteiro, que ficou na posição 6 das secundárias de acordo com a altura total (AltT) média como visto na tabela 4, se começa a reproduzir aos 6 anos de idade pelo qual os indivíduos encontrados na agrofloresta provavelmente ainda não tem alcançado essa etapa. Uma vez alcançada a etapa reprodutiva no palmiteiro ocorre forte atração da fauna (aves, roedores e mamíferos) e atrai e mantém polinizadores, dispersores e predadores de sementes, sendo importante para a fixação de animais e para a dispersão das espécies da floresta (CARVALHO, 2003).

A guabirobeira, que ficou na posição 8 das secundárias (tabela 4), é uma das espécies representativas da Floresta de Araucária que apresenta maior deposição de serapilheira e macronutrientes, caracterizando-se como espécie decídua e de grande importância na estrutura da floresta segundo Carvalho (2006). Neste trabalho essa espécie alcançou uma altura máxima de 3,7 m aos 72 meses, sendo sua altura total média de aproximadamente 2,2 m e altura de fuste de 0,9 m.

A tabela 4 também mostra para cada uma das 26 espécies a relação altura total/diâmetro de colo durante o desenvolvimento inicial (DVI), relação Altura total/DAP

aos 72 meses de idade além de outros parâmetros do DVA como altura do fuste e porcentagem de sobrevivência. Olhando os resultados da relação AltT/DC, é possível estimar o comportamento silvicultural das espécies diante a maior ou menor competição já que altos valores da relação AltT/DC indicam alta competência. Alguns autores como Aguiar *et al.* (2005), e Guariz *et al.* (2006), indicam que ocorre aumento de diâmetro de colo quando mudas de espécies arbóreas secundárias tardias são expostas ao sol em comparação com mudas sombreadas. Assim, diante a ocorrência de maior competência as árvores tendem a crescer mais em altura do que em diâmetro de colo (DC) ou em diâmetro na altura do peito (DAP). O padrão observado na tabela 4 é que houve maior competência nos primeiros meses da implantação até os 15 meses de idade e diante disso algumas espécies investiram de fato em maior proporção no desenvolvimento da sua altura total, podendo ser citadas novamente espécies sobresalientes como fumeiro bravo, tucaneiro, casca de anta e farinha seca.

O desenvolvimento das copas de ambos grupos ecológicos está acima dos 2 m de altura. A máxima AltT registrada no aos 72 meses no grupo das pioneiras foi num indivíduo da espécie angico vermelho com 18,8 m e tucaneiro com 23,2 m. Nas secundárias a máxima altura se achou num indivíduo de farinha seca com 14,7 m e um palmitreiro com 12,7 m.

Dentre as espécies arbóreas nativas mais estudadas no Brasil se tem a Araucária ou também conhecida como o pinheiro do Paraná. Essa espécie, pela sua beleza, tem chamado atenção até de antropólogos que têm estudado sua origem, apontando que surgiu aproximadamente a 200 milhões de anos no passado na Era Mesozoica, no período Jurássico-cretáceo (CARVALHO, 2003). O crescimento inicial do pinheiro do Paraná é lento, mas a partir do terceiro ano, em sítios adequados, apresenta incremento anual em altura de 1 m e, a partir do quinto ano, taxas de incremento em diâmetro de 1,5 a 2,0 cm. Nos resultados de este trabalho se observou aos 72 (6 anos) meses de idade 84% de sobrevivência, uma altura média de 1,9 m e máxima de 3,3 m o que diz sobre as condições da agrofloresta. Essa espécie é bandeira da floresta ombrófila mista, sua promoção certamente pode trazer benefícios ecológicos e econômicos para os produtores que implantarem sistemas agroflorestais com ela.

Os resultados deste trabalho em relação ao desenvolvimento de espécies como a espinheira santa (tabela 4), coincidem com os reportes da literatura uma vez

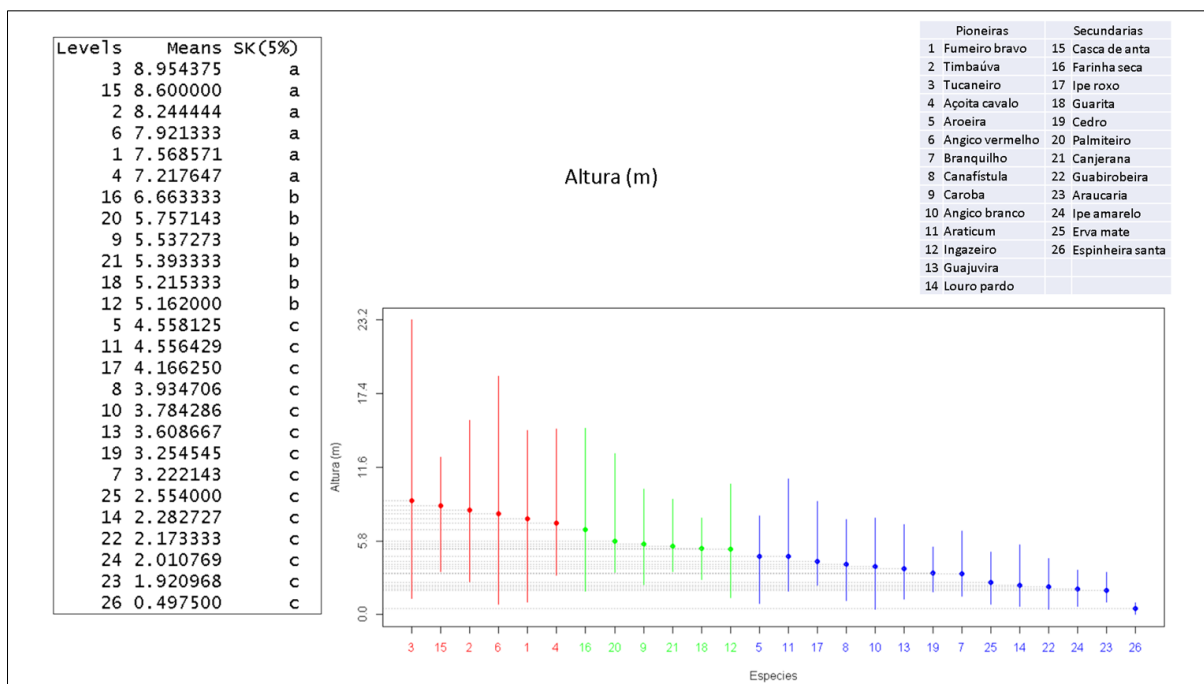
que essa espécie é considerada secundária tardia com forma biológica mais arbustiva, crescimento lento, conformando o sub-bosque das florestas de araucárias.

Carvalho (2003) descreve várias das espécies comuns estudadas neste trabalho como capazes de desenvolver em baixa altura galhos secundários laterais quando plantadas de forma isolada, comprometendo o maior desenvolvimento de um único fuste reto. Isso significa que não necessariamente as espécies aqui estudadas iriam desenvolver uma estratificação vertical. Porém, esse fato não foi comprovado nos resultados desta pesquisa ao encontrar as espécies fumeiro bravo, timbaúva, açoita cavalo e aroeira (por exemplo) com fustes com comprimento médio entorno de 3,05 m.

O desenvolvimento vegetal inicial (DVI) de pioneiras e secundárias quando comparadas as duas áreas da agrofloresta não apresentaram diferenças nas primeiras cinco medições abrangendo então os primeiros 20 meses de desenvolvimento. Porém, no desenvolvimento vegetal atual (DVA) aos 72 meses de implantação do SAF a análises de variância (ANOVA) demonstrou diferenças estatisticamente significativas na altura desenvolvida pelas pioneiras ($Pr(>F) = 0,0048$) e pelas secundárias ($Pr(>F) = 0,0258$) entre as duas áreas da agrofloresta. Isso significa que alguma das pioneiras atuais na área 1 tem diferenças estatisticamente significativa comparada com as pioneiras da área 2; o mesmo acontece com as secundárias. Fazendo uma análise de variância se corroborou somente existência de diferenças estatisticamente significativas nas espécies: fumeiro bravo e guajuvira pelo grupo das pioneiras, farinha seca e canjerana pelo grupo das secundárias.

Os resultados do teste de comparações múltiplas (TCM), ou teste de comparações de médias, são apresentados nos gráficos 5 e 6 a continuação, onde o número de Levels se refere a cada uma das 26 espécies avaliadas neste trabalho as quais são listadas no Apêndice A, aparecendo também os nomes no quadro superior direito do gráfico abaixo.

Gráfico 3: TCM da altura total (AltT) aos 72 meses das 26 espécies arbóreas nativas do SAFs da UNEPE – UTFPR – DV

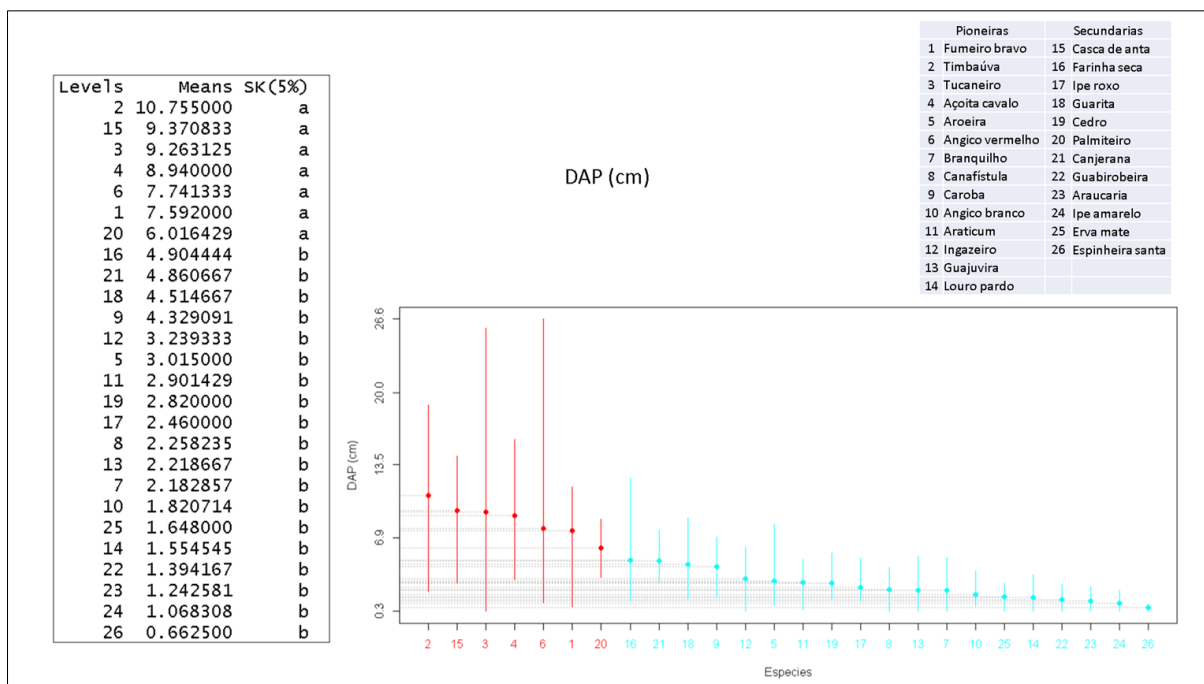


A amplitude das linhas verticais em cada uma das espécies se refere à variação dos dados observados aos 72 meses de idade do plantio. Fonte: elaboração própria

De forma geral três grupos são formados pelo TCM no gráfico 3, o primeiro pode ser tomado como o melhor grupo mostrado em cor vermelho e conformado em sua maior parte por espécies pioneiras como tucaneiro, timbaúva, angico vermelho e fumeiro bravo, mas também nesse primeiro grupo esteve a casca de anta, uma espécie secundária de alto desempenho. O segundo grupo pode ser considerado o de qualidade média, apresenta-se no gráfico 3 de cor verde e é composto em sua maior parte por espécies secundárias como farinha seca, cedro e guaritá.

Também foi feito TCM para o DAP das árvores aos 72 meses de idade e os resultados são amostrados no gráfico 4 a continuação.

Gráfico 4: TCM do diâmetro na Altura do Peito (DAP) das 26 espécies arbóreas nativas dos SAFs da UNEPE – UTFPR – DV



A amplitude das linhas verticais em cada uma das espécies se refere à variação dos dados observados aos 72 meses de idade do plantio. Fonte: elaboração própria

Como observado no gráfico 4 se formaram dois grupos sendo o primeiro composto pelas espécies timbaúva, casca de anta, tucaneiro, açoita cavalo, angico vermelho, fumeiro bravo e palmitero. Essas espécies também sobressaíram pela altura total, razão pela qual pode se listar elas entre as espécies com melhor desenvolvimento e possível aproveitamento aos 6 anos de idade do plantio.

Segundo Marcuzzo *et al.* (2015), *Enterolobium contortisiliquum* (timbaúva), *Schinus terebinthifolius* (aroeira) e *Inga vera* (ingazeiro) são indicadas para compor o grupo de preenchimento, enquanto que as espécies utilizadas para formar o grupo de diversidade devem ser introduzidas após a cobertura parcial do dossel, considerando necessitarem de ambiente mais favorável. Sousa *et al.* (2006), avaliaram o desenvolvimento de árvores nativas encontrando melhores desempenhos em timbaúva, angico branco, açoita cavalo e guabirobeira; em ordem de maior a menor respectivamente.

Pela análise dos resultados, este trabalho sugere a implantação de SAFs usando as espécies: fumeiro bravo, timbaúva, tucaneiro, açoita cavalo e aroeira como pioneiras; e casca de anta, farinha seca, ipê amarelo, guarita e cedro como secundárias. Cumprindo assim com a premissa de incluir no mínimo 10 espécies arbóreas

diferentes em sistemas agroflorestais segundo (MONTAGNINI, 2015) e mantendo a premissa da sucessão secundária.

Através desses parâmetros normalmente se faz estudo do desenvolvimento vegetal inicial das espécies. Mas no decorrer do tempo também é necessário o estudo de outros aspectos morfológicos visando conhecer de forma individual como crescem as espécies diante a presença e formas de arranjo com outras espécies arbóreas. Utilizando os dados do desenvolvimento vegetal atual (DVA), a tabela 5 resume os resultados dos indicadores morfométricos mais usados na descrição das árvores (AGUIAR JUNIOR *et al.*, 2021).

Pelos resultados observados na tabela 5, as espécies com maior comprimento de copa foram fumeiro bravo, açoita cavalo, tucaneiro, angico vermelho e timbaúva; essas mesmas espécies também apresentaram maiores diâmetro e área de copa pelo qual serão espécies que promoveram o rápido sombreamento nas agroflorestas. Segundo Hardy *et al.* (2004), a estrutura da copa das espécies arbóreas exerce considerável influência sobre o nível de sombreamento do sistema uma vez que as copas podem variar entre indivíduos e entre espécies, permitindo maior ou menor incidência de radiação solar nos estratos que se encontram sob o dossel do componente arbóreo.

Na mesma tabela 5 para os indicadores de proporção da copa (PC%), grau de esbeltez (GE), índice de saliência (IS) e índice de abrangência (IA) aparecem outras espécies sobressaindo pelos seus resultados como por exemplo a guajuvira que teve maior proporção de copa (72,87%) ou o louro pardo que teve a terceira posição pelo seu grau de esbeltez; embora essa espécie ficou na última posição em relação à altura aos 72 meses de idade. Desses índices mencionados, o grau de esbeltez e o índice de saliência tem em comum ambos usarem o denominador DAP na relação; o primeiro divide a altura total da árvore e o segundo divide o diâmetro da copa.

Tabela 5: Parâmetros morfométricos atuais aos 72 meses de idade nas árvores do SAFs da UNEPE-UTFPR-DV

Espécie	CC	Dc	AC	PC	GE	IS	IA	FC
Angico vermelho	4,6	3,7	15,2	52,2	144,9	60,9	0,5	1,0
Tucaneiro	5,4	3,2	9,5	59,2	152,9	59,3	0,4	0,7
Açoita cavalo	4,8	3,9	12,7	64,0	351,1	184,6	0,6	0,9
Timbaúva	3,8	2,9	7,6	47,3	83,8	36,4	0,4	1,0
Caroba	2,1	1,6	2,3	34,8	131,6	47,2	0,4	1,2
Fumeiro bravo	5,5	2,6	6,0	60,1	126,3	48,6	0,4	0,7
Ingazeiro	2,8	2,0	3,5	54,9	173,8	68,4	0,4	0,8
Araticum	2,4	2,1	3,6	46,3	168,4	80,1	0,5	1,4
Aroeira	2,7	2,4	5,3	57,6	174,2	90,7	0,6	1,1
Canafístula	1,5	1,4	1,8	41,4	207,9	81,8	0,4	1,6
Guajuvira	2,6	1,6	2,3	60,2	203,3	83,4	0,4	1,1
Angico branco	2,1	1,6	2,6	58,5	199,5	86,6	0,5	0,8
Branquilha	1,9	1,4	1,9	54,1	209,6	85,7	0,4	1,1
Louro pardo	0,9	1,1	1,3	37,0	189,1	89,5	0,5	1,8
Casca de anta	4,8	3,6	10,9	56,3	95,0	42,3	0,4	0,8
Farinha seca	3,9	2,9	7,1	52,2	159,9	72,4	0,5	1,1
Palmito	2,7	2,7	5,7	45,7	97,4	45,9	0,5	1,2
Canjerana	1,9	1,8	2,4	35,3	112,7	38,4	0,3	1,1
Guarita	2,5	2,1	3,8	48,2	132,0	53,2	0,4	0,9
Ipê roxo	2,5	1,7	2,5	58,0	174,5	69,9	0,4	0,8
Cedro	1,0	0,4	0,5	27,3	121,0	18,1	0,2	1,6
Erva mate	1,3	1,2	1,3	43,6	166,4	79,2	0,5	1,7
Guabirobeira	1,2	1,1	1,0	56,3	211,7	99,9	0,6	1,1
Araucária	1,2	1,2	1,2	61,6	173,0	112,1	0,6	1,3
Ipê amarelo	1,1	0,9	0,7	57,5	215,8	107,1	0,5	0,9
Espinheira santa	0,3	0,3	0,1	43,0	186,4	59,6	0,4	1,0

CC- comprimento de copa em m; Dc – diâmetro de copa em m; AC – área de copa em m²; PC – proporção de copa em %; GE – grau de esbeltez; IS – índice de saliência; IA – índice de abrangência; FC – forma de copa. Fonte: elaboração própria

As espécies com melhor grau de esbeltez foram a açoita cavalo, canafístula, tucaneiro e guajuvira pelo grupo das pioneiras enquanto que do grupo das secundárias as de maior GE foram guabirobeira, espinheira santa, ipê amarelo e erva mate.

Os outros parâmetros observados na tabela 5 como o índice de saliência (IS) mostra quantas vezes o diâmetro de copa (Dc) é maior que o DAP, enquanto que o índice de abrangência (IA) remete à relação entre o diâmetro da copa e a altura total da árvore sendo que quanto maior for o diâmetro da copa (em relação à altura), a árvore mostrará uma maior abrangência (IA). E por último, a forma da copa ao relacionar o diâmetro da copa com seu comprimento, se o resultado for próximo de 1 significará que aquela copa é mais esférica, porque o diâmetro e comprimento de copa tem

valores similares. Diante esses diferentes indicadores morfométricos surge o raciocínio sobre qual resulta mais útil. Pode-se dizer que na implantação de sistemas agroflorestais sucessionais os indicadores morfométricos área e proporção da copa (AC, PC) são essenciais uma vez que eles indicam os níveis de sombreamento que terá o sistema e ainda permite planejar os manejos a serem realizados como a realização de podas já que algumas espécies não apresentam desrama natural; mas também outro indicador de bom desempenho silvicultural deveria contemplar a altura do fuste e seu DAP.

Tomando como exemplo uma espécie pioneira com alto DVI e DVA, o fumeiro bravo, ela mostrou também boa proporção de copa (65,3%) e área de copa (6,82 m²). Essa espécie, de acordo com Carvalho (2003), é indicadora de recuperação de ambientes degradados e pode ser usada para produção de papel além de outros aproveitamentos econômicos pelo homem. Assim, os resultados de este trabalho podem sugerir o uso de essa espécie e se não for aproveitada de forma econômica pelo produtor deve ser manejada para gerar biomassa para a serapilheira que irá cobrir o solo.

A espécie *Cedrela fissilis* (Cedro) tem sido estudada pelo Firkowski (1990), e pelo Navarro *et al.* (2004), onde se procurou uma variedade que tivesse grande capacidade de rebrote após corte na etapa juvenil. Essa espécie é comumente atacada pela *Hypsifyla grandella*, a broca do broto das meliáceas. Porém uma combinação de plantios agroflorestais mistos baseados em diferentes espécies prove maior resistência às árvores de cedro, diminui a incidência e ainda a severidade da praga e junto com a maior capacidade de rebrote faz que essa espécie se desenvolva satisfatoriamente. O mecanismo observado é que, pela capacidade de rebrote do cedro, após as árvores terem alcançado uma determinada altura não sofrem mais o ataque da borboleta (*H. grandella*) porque essa praga só pode voar numa altura dada, que se limita a partir de aproximadamente 1 m de altura acima do solo. Nos resultados deste trabalho o cedro apresentou 60% de sobrevivência e sua altura máxima foi de 5,3 m aos 72 meses de idade. De acordo com Carvalho (2003), o plantio puro, a pleno sol, é desaconselhado pela acentuada vulnerabilidade ao ataque da broca-do-cedro. Tem-se observado que os plantios puros, feitos em várias regiões do Brasil, resultaram sempre em fracasso total ou acentuado. Os indivíduos eventualmente atacados pela broca devem sofrer podas corretivas anuais nos primeiros 3 anos.

Além da classificação das espécies arbóreas como pioneiras, secundárias, secundárias iniciais ou tardias, inclusive a consideração de se elas são de preenchimento ou de diversidade (STOLARSKI *et al.*, 2012), uma outra característica a ser considerada é a longevidade delas, o que diz respeito à duração de tempo que essas espécies podem permanecer no sistema. Assim, algumas espécies podem ser retiradas do sistema após certa idade, podem ser aproveitadas economicamente pelo produtor e esse manejo também diminuiria o adensamento do plantio podendo promover o desenvolvimento das árvores que ficaram em pé no SAFs.

Pela diversidade de árvores plantadas no SAFs, quando elas alcançarem a idade reprodutiva (Anexo A) a área terá disponibilidade de flores, frutos e sementes variados durante os diferentes meses do ano, fato que pode contribuir com atrair maior diversidade de animais e com isso o enriquecimento da regeneração vegetal natural, ou seja, das plantas que não pertencem as linhas de plantio além do banco de sementes.

3.5.2 Regeneração natural

Em concordância com Carpanezzi & Carpanezzi (2006), os grupos sucessionais possuem a finalidade de facilitar a sucessão ecológica vegetal a partir do seu estabelecimento, através de espécies que sombreiam rapidamente o terreno recobrimo-o. Esse padrão é observado nos resultados deste estudo sendo as espécies como fumeiro bravo, timbaúva e tucaneiro pelo grupo das pioneiras e casca de anta, farinha seca e ipê roxo pelo grupo das secundárias as que protagonizam os estratos superiores e o sombreamento da área nas etapas iniciais da implantação. O desenvolvimento das árvores e as modificações no microclima da área plantada geram paulatinamente condições que também promovem o desenvolvimento do estrato de regeneração vegetal natural. Isso foi observado por Thomaz (1996) numa área amostral de 1 hectare num gradiente altitudinal da vegetação florestal de Santa Lúcia (ES), onde encontrou uma densidade de 476 espécies arbustivo-arbóreas por ha no estrato de regeneração natural.

As tabelas 6 e 7 mostram em ordem de maior para menor em relação à altura total das espécies vegetais encontradas no estrato de regeneração natural em cada uma das áreas da agrofloresta. De forma geral foi comum encontrar gramíneas do

gênero *Pennisetum spp* assim como mudas de Pata de vaca (*Bauhinia forficata*) e outras como a Canela amarela (*Nectandra lanceolata*).

Tabela 6: Espécies vegetais encontradas no estrato de regeneração natural na área 1 do SAFs da UNEPE-UTFPR-DV

Espécie (n° indivíduos)	AltT Mín (m)	AltT Méd (m)	Desv, p	AltT Máx (m)	Densidade estimada (Ind/ha)
<i>Citrus spp</i> (1)	4	4	0	4	76
<i>Bougainvillea spp</i> (1)	3	3	0	3	76
<i>Nectandra lanceolata</i> (10)	0,52	1,62	1,31	5	757
<i>Casearea sylvestris</i> (1)	1,5	1,50	0	1,5	76
<i>Bauhinia forficata</i> (6)	0,5	1,35	0,92	3	454
<i>Pouteria torta</i> (1)	1,3	1,30	0	1,3	76
Asteracea arbustiva (11)	0,6	1,18	0,84	3,5	833
<i>Piper aduncum</i> (12)	0,6	1,11	0,46	2,1	909
<i>Sebastiania commersoniana</i> (1)	1,1	1,10	0	1,1	76
<i>Annona cacans</i> (2)	0,7	1,10	0,57	1,5	152
<i>Zanthoxylum rhoifolium</i> (3)	0,65	1,08	0,43	1,5	227
<i>Lantana trifolia</i> (1)	1,05	1,05	0	1,05	76
<i>Hovenia dulcis</i> (2)	0,75	0,93	0,25	1,1	152
<i>Leucaena leucosephala</i> (4)	0,6	0,86	0,21	1,1	303
<i>Nectandra spp</i> (9)	0,52	0,81	0,22	1,2	682
<i>Solanus spp</i> (7)	0,45	0,79	0,25	1,1	530
<i>Prunus persica</i> (2)	0,55	0,63	0,11	0,7	152
<i>Parapiptadenia rigida</i> (2)	0,6	0,63	0,04	0,65	152
<i>Alsophila setosa</i> (1)	0,55	0,55	0	0,55	76

Fonte: elaboração própria

Na área 1, as espécies de regeneração natural em comum com as árvores plantadas foram *Sebastiania commersoniana* (branquilha) e *Annona cacans* (araticum). A riqueza encontrada no estrato de regeneração natural foi de 18 espécies diferentes listadas na tabela 6 e a abundância total foi 77 indivíduos, sendo a de maior altura um citrus com 4 m seguida por *Bougainvillea spp* e *Triumfetta bartramia* as quais tiveram 3 e 1,7 m respectivamente. A tabela 7 mostra os resultados de regeneração vegetal na área 2 da agrofloresta.

Tabela 7: Espécies vegetais encontradas no estrato de Regeneração Natural na área 2 do SAFs da UNEPE-UTFPR-DV

Espécie (n° indivíduos)	AltT mín (m)	AltT méd (m)	Desv P	AltT máx (m)	Densidade estimada (Ind/ha)
<i>Magnolia champeca</i> (1)	7	7	0	7	85
<i>Annona sylvatica</i> (2)	3,5	4,00	0,71	4,5	171
<i>Solanus spp</i> (1)	2,2	2,20	0	2,2	85
<i>Allophylus edulis</i> (5)	1,1	1,59	0,49	2,4	427
<i>Vitex megaponica</i> (1)	1,3	1,30	0	1,3	85
Asteraceae arbustiva (8)	0,65	1,26	0,69	2,5	684
<i>Nectandra lanceolata</i> (6)	0,6	1,23	0,53	2	513
<i>Triumfeta bartramia</i> (16)	0,52	1,14	0,40	2	1367
<i>Casearia sylvestris</i> (2)	0,65	1,30	0,92	1,95	171
<i>Piper aduncum</i> (9)	0,6	1,22	0,60	2,5	769
<i>Senegalia poliphylla</i> (7)	0,6	1,17	0,61	2,1	598
<i>Eugenia uniflora</i> (3)	0,65	1,12	0,43	1,5	256
<i>Rauvolfia selowii</i> (1)	1,15	1,15	0	1,15	85
Arbórea folha dentada (6)	0,53	1,13	0,55	1,8	513
<i>Bahuinia forficata</i> (17)	0,5	1,10	0,66	2,5	1453
<i>Nectandra spp</i> (9)	0,6	1,03	0,84	3,2	769
<i>Machaerium stipitatum</i> (1)	1	1,00	0	1	85
<i>Zanthoxylum rhoifolium</i> (3)	0,52	0,91	0,42	1,35	256
<i>Solanum bullatum</i> (29)	0,5	0,94	0,42	2,2	2478
Arbustiva (9)	0,55	0,86	0,36	1,5	769
<i>Cordia trichotoma</i> (20)	0,52	0,80	0,33	1,95	1709
<i>Matayba spp</i> (1)	0,55	0,55	0	0,55	85
<i>Campomanesia xanthocarpa</i> (1)	0,55	0,55	0	0,55	85
<i>Nectandra spp</i> (1)	0,5	0,5	0	0,5	85

Fonte: elaboração própria

As espécies de regeneração vegetal comuns com as árvores plantadas na área 2 foram *Rauvolfia selowii* (casca de anta), *Solanum bullatum* (fumeiro bravo), *Cordia trichotoma* (louro pardo) e *Campomanesia xanthocarpa* (guabirobeira). Como se mostra na tabela 7, a área 2 teve uma riqueza de 24 espécies diferentes na regeneração natural e uma abundância total de 159 indivíduos, sendo as de maior altura a *Magnolia champeca* e Araticum (*Annona sylvatica*).

O estrato de regeneração natural ao ser um reflexo da qualidade da área para promover justamente a regeneração do ecossistema e brindar estabilidade diante o acontecimento de eventos extremos, é de grande importância neste estudo para inferir sobre esses assuntos uma vez que o SAFs da UTFPR é discutido como uma proposta

de manejo dos agroecossistemas. Em relação as características da regeneração vegetal as famílias botânicas como Lauraceae, Rutaceae ou Asteraceae são comumente reportadas nos estágios iniciais da sucessão ecológica (SOUSA *et al.*, 2006). Assim, o estudo da abundância dessas famílias permite inferir o estado em que se encontra a recuperação da área em relação a uma área de referência.

Algumas espécies encontradas no estrato da regeneração natural podem ser progênies das árvores que foram plantadas na agrofloresta como o *Sebastiania comersoniana* e *Annona cacans* na área 1 e *Rauvolfia selowii*, *Solanum bullatum*, *Cordia trichotoma* e *Campomanesia xanthocarpa* na área 2; considerando que algumas de essas espécies já alcançaram a idade reprodutiva. Em relação as espécies em comum entre as duas áreas, foram contabilizadas 9 sendo elas a *Bahuinia forficata*, *Piper aduncum*, *Zanthoxylum rhoifolium*, algumas espécies de canela (*Nectandra spp*) e diversas formas de arbustos; porém, foi evidentemente maior a diversidade e abundância da regeneração natural na área 2. Seguindo a metodologia de estratificação vertical segundo Souza (1999) para descrever a forma como está se apresentando o estrato de regeneração natural, foram criadas as tabelas 8 e 9.

Tabela 8: Estratificação vertical da Regeneração Natural na área 1 do SAFs da UNEPE-UTFPR-DV ano 2021

Estrato	Limite inferior (m)	Limite superior (m)	Número de indivíduos
Inferior	0,5	1,0	41
Médio	1,1	2,0	29
Superior	2,1	5	8

Fonte: elaboração própria

Como observado na tabela 8, o estrato mais abundante na regeneração natural da área 1 da agrofloresta é de 0,5 até 1 metro de altura onde se observaram 41 indivíduos. Já na altura que vá de 1,1 até 2 m se acharam 29 exemplares das diferentes espécies listadas na tabela 6. E por último se observa na tabela 8 que, o estrato superior que abrange a altura acima de 2,1 m, se conformou por 8 indivíduos das espécies *citrus* e a *Nectandra lanceolata*. A tabela 9 a continuação mostra a distribuição da abundância da regeneração natural da área 2 nesses diferentes estratos.

Tabela 9: Estratificação vertical da Regeneração Natural na área 2 do SAFs da UNEPE-UTFPR-DV ano 2021

Estrato	Limite inferior (m)	Limite superior (m)	Número de indivíduos
Inferior	0,5	1,0	98
Média	1,1	2,0	55
Superior	2,1	7	12

Fonte: elaboração própria

Na área 2 na altura dos 0,5 até 1 m se acharam 98 indivíduos, mais abundante do que na área 1. Ainda o estrato médio na área 2 da agrofloresta teve maior quantidade de indivíduos se comparado com a área 1, 55 e 29 respectivamente (tabela 8). O estrato superior da área 2 se conformou por 12 indivíduos das espécies *Magnólia champeca*, *Annona sylvatica*, *Allophyllus edulis* e outras do gênero *Nectandra*.

Como observado nas tabelas 8 e 9, a metodologia definiu os estratos com igual cota altitudinal nas duas áreas diferenciando-se só na cota superior do estrato superior que na área 1 foi de 5 m e na área 2 foi de 7 m, sendo em ambos casos uma árvore que sobressaiu dos demais como foi o caso da espécie canela amarela (*Nectandra lanceolata*) na área 1 e *Magnolia champeca* na área 2. 52% dos indivíduos encontrados na área 1 se encaixam no estrato inferior enquanto que na área 2 esse valor foi de 60%.

Em florestas maduras do Paraná, segundo Holz *et al.* (2009), é possível encontrar uma densidade de 850 indivíduos por hectare. As florestas também têm uma função essencial para promover a regeneração natural em paisagens modificados pelo homem e contribuem para manter a biodiversidade ao mesmo tempo que prove numerosos serviços ambientais.

Para complementar as análises do estrato de regeneração vegetal natural a seguinte tabela 10 resume os resultados dos índices de biodiversidade e equitatividade comumente usados nas análises de florestas tropicais.

Tabela 10: índices de biodiversidade e equitatividade da regeneração vegetal natural em cada uma das áreas no SAFs da UNEPE-UTFPR-DV

Índices de Diversidade	Area 1	Area 2
Índice de Shannon (H')	1,25	1,3
Índice de Simpson (λ)	0,905	0,918
Índice de Pielou (J')	0,595	0,583
Índice de Jaccard (S_j)	0,167 (<i>diss, D = 0,83</i>)	

Fonte: elaboração própria

Os índices de Shannon, Simpson e Pielou descrevem a biodiversidade alfa da regeneração natural em cada uma das áreas da agrofloresta. Já a biodiversidade beta é descrita através do índice de similaridade de Jaccard o qual diz sob a similaridade das duas áreas segundo a composição das espécies. Por exemplo, como visto na tabela 10 acima, o resultado de Jaccard é 0,17 dizendo com isso que ambas áreas não são muito parecidas; assim a dissimilaridade entre as duas áreas do SAFs em relação ao estrato de regeneração vegetal natural resultou em 0,83.

Salomão *et al.* (2014), avaliando um SAF com 5 anos de idade na região de Dourados no estado de Mato Grosso do Sul acharam índice de Shannon = 3,31 baseado na amostragem das árvores que apresentaram a circunferência à altura do peito igual ou superior a 10 cm. Ruggiero *et al.* (2021), num estudo que analisou a regeneração vegetal natural em fragmentos de FOM no estado de Santa Catarina, encontraram índice de Shannon = 3,26; Simpson = 0,94; Pielou = 0,79 e um número de indivíduos por hectare igual a 12,313.

Os valores de diversidade de Shannon para trechos de Mata Atlântica variam de 3,61 a 4,07 segundo Martins (1991), e em Santa Catarina, analisando diferentes formas de vida, alcançaram valores variando de 1,43 a 3,72. Em outro estado próximo ao Paraná, em São Paulo, Mantovani (1993) e Leitão Filho *et al.* (1993), estudando áreas naturais com distinto grau de intervenção estimaram valores de diversidade entre 2,14 e 4,06. Já nos resultados de este estudo sobre o mencionado índice se obteve valores de 1,25 e 1,3 nas áreas 1 e 2 respectivamente da agrofloresta. Vinhote *et al.* (2021), estudando fragmentos naturais da floresta amazônica central no Brasil encontraram valores de Shannon entre 3,77 a 4,08; enquanto que o índice de Pielou (J) variou de 0,74 a 0,84.

Segundo a análises do desenvolvimento vegetal das árvores plantadas e do estrato de regeneração natural pode se dizer que a agrofloresta está servindo como área de restauração? Sim, as árvores plantadas se desenvolveram mostrando seu potencial genético que faz classificá-las como grupo pioneiras e secundárias, esse desenvolvimento foi criando uma estratificação vertical da vegetação que modificou as condições do microclima e atraiu uma outra série de animais os quais a sua vez promoveram a dispersão de sementes enriquecendo o banco delas no solo e promovendo a regeneração. Os resultados da regeneração natural refletem por um lado um solo com maiores condições para a germinação do banco de sementes e por outro lado a diversidade de espécies diz sob a incorporação delas na agrofloresta pelos agentes dispersores que viram de fora. Pode ser dito que a agrofloresta sucessional (SAFs) da UNEPE-UTFPR-DV representa um tipo de manejo mais sustentável do fragmento florestal de maior tamanho encontrado dentro do campus.

Normalmente quando se definem áreas para restauração ecossistêmica, também se define um ecossistema de referência como sendo aquele modelo de evolução e complexidade mais avançada (MONTAGNINI *et al.*, 2015). No caso deste estudo o ecossistema de referência é o fragmento floresta secundário do campus universitário. Assim, com base nos resultados desta pesquisa, pode se dizer que a agrofloresta da UNEPE está servindo como área de restauração pela diversidade encontrada no estrato de regeneração vegetal natural.

Para que não haja competição entre as espécies vegetais é preciso acertar na combinação delas respeitando os estratos de cada planta, sua relação com as outras na sucessão, suas exigências ambientais (luz, nutrientes, etc.) e o sinergismo entre as plantas (PENEIREIRO, 1999). Neste trabalho se combinaram as espécies arbóreas nativas classificadas como pioneiras e secundárias da floresta ombrófila mista ou semiestacional decidual e se propiciaram as condições para o desenvolvimento da agrofloresta. A estratificação vertical foi protagonizada no estrato superior pelas pioneiras de maior desempenho as quais interceptam a luz solar, mas também permitem que ela atinja os estratos médio e inferior permitindo de igual forma o desenvolvimento desses estratos. As árvores, pelos seus ciclos biológicos, depositam serapilheira no solo contribuindo com o aumento da matéria orgânica, a ciclagem de nutrientes e a biofauna edáfica, processos esses que promovem a recuperação da fertilidade integral do solo e seu potencial para produção de outras culturas de ciclo curto.

Cabe destacar a necessidade de realização de manejo no SAFs da UNEPE-UTFPR-DV. Atualmente podem ser extraídas as árvores que tiveram maior desenvolvimento o que representaria um aproveitamento inicial dos produtos florestais e se promoveria o desenvolvimento das outras árvores ao diminuir o adensamento e aumentar a entrada de luz solar.

A base da silvicultura brasileira é o plantio florestal com espécies de rápido crescimento como eucalipto ou pinus. Porém, a silvicultura com espécies nativas em SAF é uma alternativa viável para o uso da terra. Mas, para convencer ao agricultor de plantar espécies madeireiras nativas ao invés de exóticas, é necessário saber a capacidade de crescimento da espécie indicada, o volume de madeira que pode ser obtido a partir do ciclo de produção e o ciclo de corte esperado, além das possibilidades de mercado local e regional, de forma a tornar esse produto socioeconomicamente atrativo.

De acordo com Altieri (2010), a diversidade permite dar conta da complexidade nos agroecossistemas e uma estratégia é promover essa complementariedade a través das sinergias que derivam de diferentes combinações entre culturas, árvores e animais. A incorporação da biodiversidade também inclui plantas atrativas ou repelentes a insetos; uso de plantas que fornecem biomassa e reciclam nutrientes; árvores para sombreamento de espécies cultivadas ou para melhorar o conforto térmico ou adubos verdes para incorporação ao solo, especialmente as leguminosas que promovem a fixação biológica de nitrogênio. Se for seguido um padrão de implantação de SAFs na região de Dois Vizinhos como o estudado neste trabalho, várias dessas qualidades emergentes serão promovidas com a implantação das espécies recomendadas neste trabalho.

3.6 Conclusões

As condições do plantio e adensamento permitiram o desenvolvimento característico de cada grupo ecológico e as espécies classificadas como pioneiras que tiveram melhor desenvolvimento na agrofloresta sucessional da UNEPE-UTFPR-DV foram fumeiro bravo, timbaúva, tucaneiro, açoita cavalo e aroeira. As cinco melhores secundárias foram casca de anta, farinha seca, ipê roxo, guarita e cedro.

A diversidade e abundância encontrada nas famílias do estrato de regeneração vegetal natural reflete um estágio inicial no processo de sucessão ecológica.

A sucessão ecológica secundária e a mistura de espécies arbóreas que promovem esse processo é um conceito apropriado a ser utilizado na regeneração artificial de florestas mistas, já que é o processo pelo qual as espécies se regeneram nas florestas naturais. Neste trabalho foi considerado esse critério e permitiu em curto período de tempo a criação de uma estratificação vertical que representa um aproveitamento mais eficiente da energia solar, que promove o enriquecimento do banco de sementes no solo além do estrato de regeneração natural e que ainda diversifica a serapilheira depositada no solo, o que pode promover sua formação e proteção contra a erosão.

4 CAPÍTULO 2: CARACTERÍSTICAS FÍSICAS E QUÍMICAS DO SOLO, ACÚMULO DE SERAPILHEIRA E DIVERSIDADE DA FAUNA EPIEDÁFICA

4.1 Introdução

Quando se tratam de sistemas de produção agrícola ou agroecossistemas, uma preocupação recorrente é a fonte dos nutrientes para as culturas e o manejo do solo. A agrofloresta da UNEPE-UTFPR-DV é promovida como uma área de produção agro silvicultural e a caracterização florística das espécies arbóreas contribuintes na produção de serapilheira foi realizada no capítulo anterior. Tais fatores estão relacionados pois, de acordo com Coelho (2012), um dos processos mais importantes relacionados à ciclagem de nutrientes é a produção de serapilheira, apresentando uma correlação positiva com a maior quantidade de matéria orgânica (MO) e a fertilidade integral do solo.

De acordo com Garrity *et al.* (1995), árvores têm sido vistas como capazes de melhorar a ciclagem dos nutrientes e retenção dos mesmos nos ecossistemas agrícolas já que, entre os benefícios relevantes para a ciclagem dos nutrientes e manutenção da matéria orgânica, estão: i) o bombeamento de nutrientes do subsolo pelas raízes profundas das espécies perenes, ii) a redução nas perdas por lixiviação através da captura de nutrientes móveis pelos sistemas radiculares bem desenvolvidos das espécies perenes, iii) adição de nitrogênio através da fixação biológica de N que ocorre nas raízes, iv) manutenção da matéria orgânica do solo (MO) através do suprimento pelo “*litter*” abaixo e acima do chão e podas, v) manutenção e melhoria das propriedades físicas do solo e vi) aumento da proteção do solo contra erosão e alto impacto das gotas da chuva. A presença de árvores e fragmentos florestais nos sistemas agrícolas também traz benefícios pela maior diversidade de recursos e sítios de refúgio para a biofauna benéfica como os polinizadores e dispersores de sementes. Assim, de fato, a maior parte das culturas do mundo dependem da polinização pois diante dela os índices produtivos e de qualidade da produção aumentam.

Em sistemas mistos como o SAFs da UNEPE, as árvores podem se comportar como uma rede de segurança de nutrientes, reduzindo as perdas e reciclando os nutrientes reabsorvidos através da serapilheira. Os SAFs também podem contribuir com condições favoráveis à fauna do solo, a qual responde positivamente diante a maior e

mais diversa quantidade de matéria orgânica depositada em forma de serapilheira, acarretando uma influência positiva na fertilidade do solo e produtividade do sistema. Também há fortes interdependências entre as raízes e a vida do solo pois elas secretam substâncias que estimulam a biota do solo que, por sua vez, torna disponíveis os nutrientes que serão absorvidos pelas plantas (MONTAGNINI e SANCHO, 1990; SUBBA RAO, 1977; REIYNTYES, 1994).

A biota do solo, ao agir sobre a matéria orgânica, vai transformando e criando um ambiente extremamente propício à vida das plantas, ao incorporar a matéria orgânica no solo e liberar nutrientes, o que sugere que certamente a fertilidade integral do solo é, em grande parte, um fenômeno biológico natural. A produção de serapilheira, decomposição e dinâmica da matéria orgânica do solo (MO) são processos-chave que afetam a fertilidade do solo e a sustentabilidade dos sistemas florestais baseados no não uso de “*inputs*” químicos.

A medição da serapilheira acumulada acima do solo na agrofloresta e da fauna epiedáfica se faz para enriquecer a discussão sobre a fertilidade química do solo, já que está diretamente relacionada com a atividade da biota. Tem se apontado que os SAF promovem a recuperação da fertilidade integral do solo uma vez que a ciclagem da serapilheira aporta matéria orgânica e promove a biodiversidade da fauna edáfica; ambos os processos principalmente responsáveis da disponibilização de nutrientes (LAVELLE, 1996 e 1997; MARTIN & MARINISSEN, 1993; LOPES *et al.*, 1995; YOUNG, 1976; HAMILTON & SILLMAN, 1989; KANG *et al.*, 1994; BROWN, 1995; *apud* PENEIREIRO, 1999).

A área onde foi criado o SAFs em estudo era usada, no passado, para cultivos diversos e estavam sem uso há alguns anos, onde se estabeleceu em grande medida capim-elefante (*Pennisetum purpureum* shumach) segundo Leite (2017). Embora não se tenham dados prévios que permitam conhecer as características do solo antes de 2015, se têm estudos feitos em áreas muito próximas da agrofloresta como os de Dalposso (2017) e Foquessato (2017).

O processo de ciclagem de nutrientes envolve várias etapas, entre elas, a produção de serapilheira, sua deposição no solo, a quantidade de serapilheira acumulada por unidade de área e por unidade de tempo e sua decomposição. De certa forma, essas etapas podem ser estudadas de forma isolada, embora estejam interrelacionados e ocorram de forma concomitante. Diante esse contexto teórico, neste capítulo se

procurou avaliar as características químicas e físicas do solo, a quantidade de serapilheira acumulada acima do solo e fazer uma caracterização da biofauna epiedáfica a fim de inferir sobre o estado de recuperação destes componentes do solo e do Sistema Agroflorestal da UNEPE-SAF/UTFPR-DV.

4.2 Hipóteses

A recuperação do solo, serapilheira, incremento da biodiversidade edáfica.

Hipótese de nulidade: os sistemas agroflorestais não promovem a recuperação dos processos ecossistêmicos essenciais que provem maior sustentabilidade e biodiversidade da fauna edáfica.

Argumento: não existe uma relação positiva entre a deposição e decomposição da serapilheira com o aumento da biodiversidade epiedáfica e recuperação dos processos responsáveis pela ciclagem de nutrientes.

Hipóteses alternativa: os sistemas agroflorestais, pela deposição de serapilheira relativamente diferenciada, promovem os processos ecossistêmicos como a maior diversidade da fauna edáfica encarregada da ciclagem de nutrientes, e podem ser verificados já nos primeiros anos de implantação do sistema.

Argumento: A acumulação e decomposição da serapilheira, ao promover uma elevada biodiversidade edáfica, também promove os processos físico-químicos relacionados com a recuperação da fertilidade integral do solo.

4.3 Objetivo geral

Conhecer os efeitos da implantação e manejo do SAF dirigido pela sucessão natural sobre a recuperação da fertilidade do solo, o estoque de serapilheira e a biodiversidade da fauna epiedáfica.

4.3.1 Objetivos específicos

I. Avaliar as características químicas e físicas do solo como a concentração de nutrientes e resistência à penetração para inferir sobre sua possível tendência a recuperação integral da fertilidade;

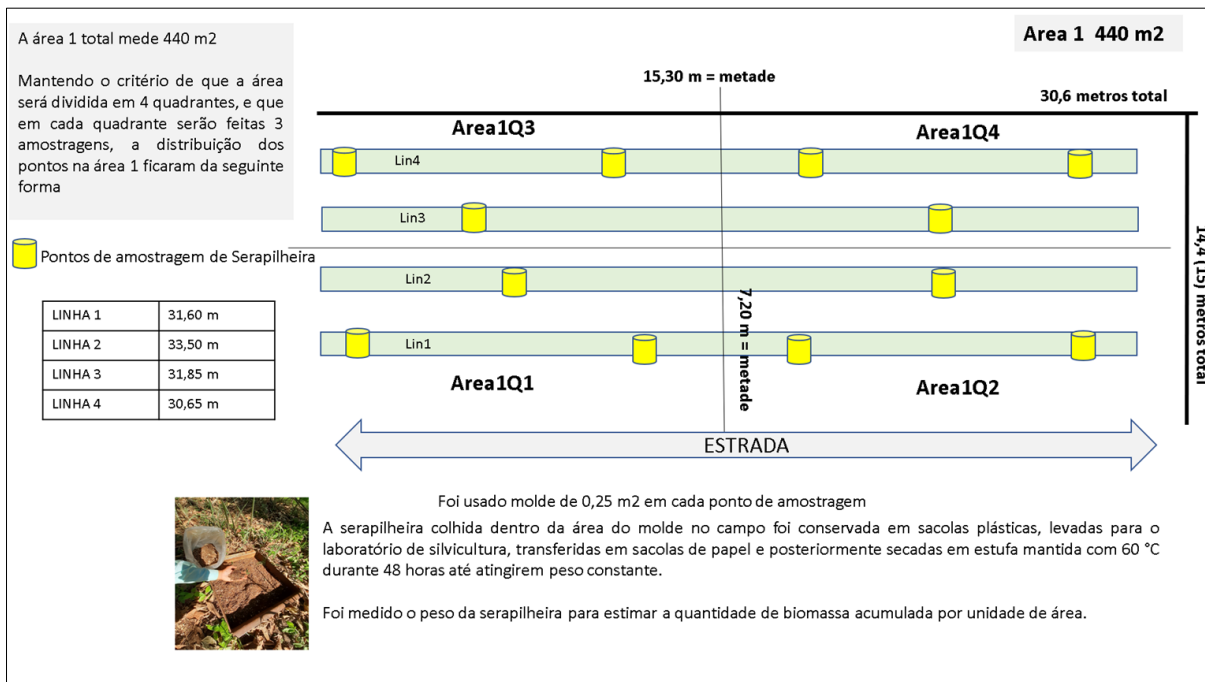
- II. Avaliar a quantidade de serapilheira acumulada (kg/ha) acima do solo em ambas áreas do SAFs e comparar se existem diferenças significativa entre elas e com outros estudos;
- III. Avaliar a biodiversidade dos organismos da meso e macro-fauna epiedáfica.

4.4 Procedimentos metodológicos

O estudo foi realizado na agrofloresta da área experimental de ensino e pesquisa da Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR), campus Dois Vizinhos (ver gráfico 1). O solo da área experimental é classificado como Nitossolo Vermelho Distroférico típico, de acordo com EMBRAPA (2013). Estes solos são profundos ou de profundidade média, possuem um horizonte B nítico abaixo do horizonte A, bem drenados, com textura argilosa ou muito argilosa ao longo do perfil e reduzido gradiente textural. São solos com boas condições físicas. Apresentam como principais limitações a baixa saturação por bases (V%) e, no caso de relevo ondulado, a suscetibilidade à erosão e a presença de pedregosidade e rochiosidade. No Paraná, há muitas regiões com solos do tipo Nitossolo Vermelhos com caráter eutrófico, o que significa que tem V % igual ou maior que 50%, e são amplamente usados na agricultura, principalmente aqueles com maior saturação por bases (SBCS, 2017); também esses solos se caracterizam pela baixa capacidade de troca de cátions, a fração de argila é do tipo caulinítica com baixo gradiente textural e muito ricas em sesquióxidos de ferro e alumínio, avermelhados, profundos, porosos e bem drenados.

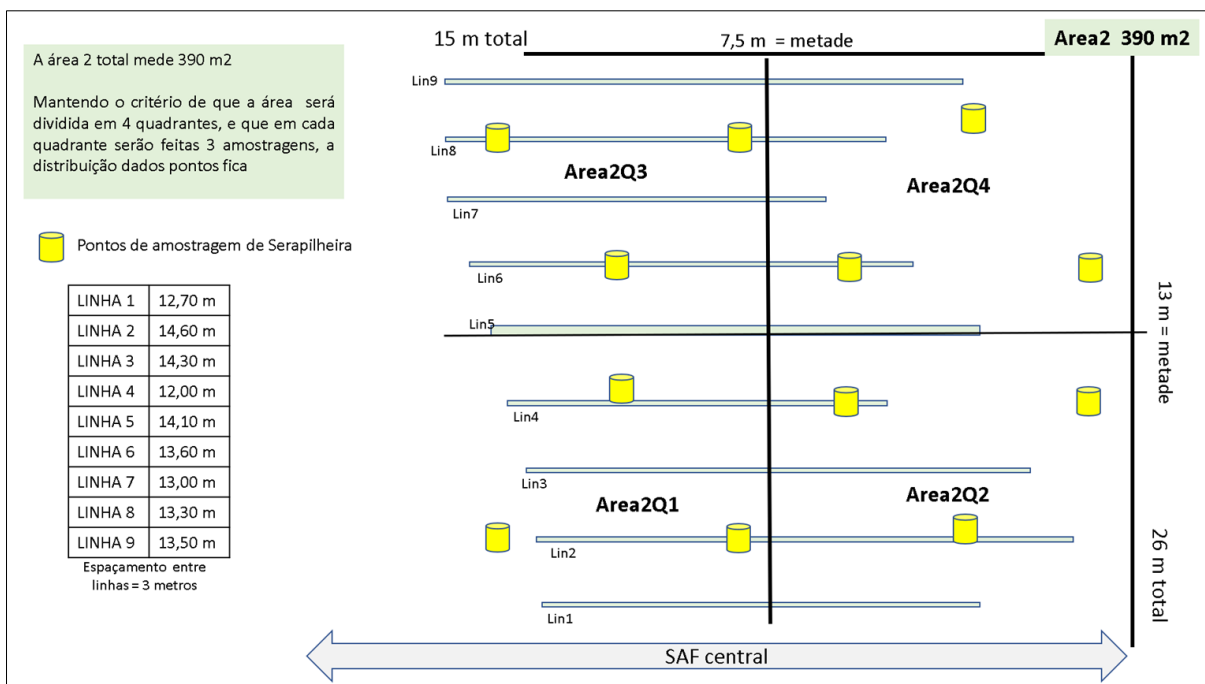
Para a realização das coletas de serapilheira, amostragem de fauna epiedáfica e coleta de solo, cada área foi dividida em 4 quadrantes de igual tamanho onde se teve um esquema de amostragem como mostrado nos gráficos 7 e 8.

Gráfico 5: Croquis de amostragem de serapilheira na Área 1 da agrofloresta da UNEPE – UTFPR – DV



Fonte: elaboração própria

Gráfico 6: Croquis de amostragem de serapilheira na Área 2 da agrofloresta da UNEPE – UTFPR – DV



Fonte: elaboração própria

Cada quadrante da área 1 teve 110,6 m² e na área 2 de 97,5 m². As informações detalhadas sobre o comprimento das linhas de plantio e espaçamento entre linhas se apresenta no mesmo croqui visto nos gráficos 5 e 6 acima. Dentro de cada um dos quadrantes foram dispostos, de forma aleatória, três pontos, os quais serviram para amostragem de solo usando um trado holandês, serapilheira usando uma moldura quadrada de ferro (0,25 m²) e fauna epiedáfica usando armadilhas de tipo pit-fall.

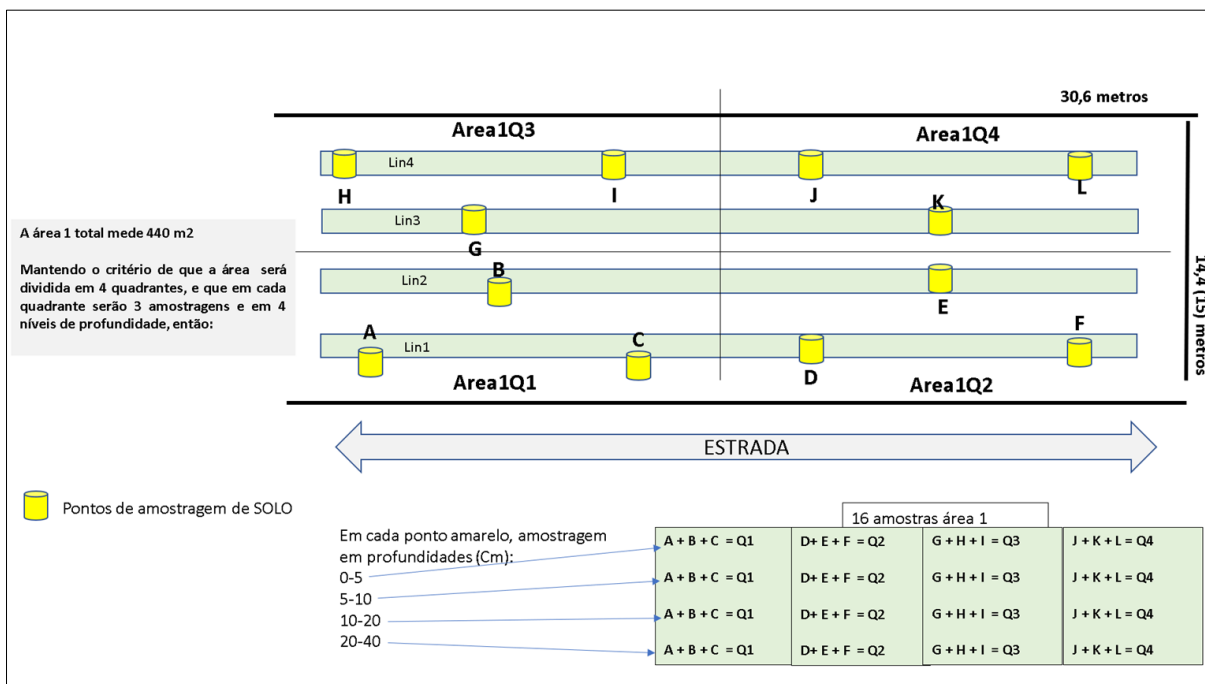
As variáveis físicas e químicas do solo avaliadas neste trabalho foram recomendadas em metodologias de trabalhos prévios na mesma área de estudo (DALPOSSO, 2017; FOQUESSATO, 2017). Para isso, foram tomadas amostras em 12 pontos de forma aleatória dentro das áreas do SAFs (3 em cada quadrante) em quatro níveis de profundidade no solo: 0 – 5, 5 – 10, 10 – 20 e 20 - 40 centímetros (cm). Cada uma delas foi chamada de “Camada” e as amostras foram de tipo composta o que significa que houve mistura do solo pertencente a mesma camada em cada quadrante. 32 amostras totais de solo foram levadas ao laboratório da UTFPR para realização de análises químicas seguindo a metodologia padrão descrita no manual de Tedesco *et al.* (1995), onde se determinaram os seguintes parâmetros:

- pH em CaCl₂,
- K⁺ e P extraídos com solução de Mehlich-1
- Ca²⁺, Mg²⁺ e Al trocável extraídos com KCl 1mol/L
- Capacidade de troca de cátions (CTC)

Em relação a análise física do solo, foi avaliada a Resistência a Penetração (RP, kPa) com uso de penetrógrafo de solo. Considerando como exemplo a área 1 o croqui de amostragem de solo ficou da forma apresentada no gráfico 7.

Os dados coletados e/ou obtidos em laboratório também foram tabulados no excel e organizados para cada um dos quatro níveis de profundidade, ou seja, das camadas.

Gráfico 7: Croquis de amostragem do solo e resistência a penetração na Área 1 da agrofloresta da UNEPE – UTFPR – DV



Fonte: elaboração própria

Em cada quadrante de cada área do SAFs se fez coleta da serapilheira usando um molde quadrado de ferro de 0,25 m² (Golley *et al.*, 1978; Santana *et al.*, 1990; Gabriel, 1997). Foi recolhido o acúmulo material orgânico acima do solo dentro do molde e posteriormente separado para classificação sendo o critério para reconhecimento da serapilheira aquele que separa o material orgânico até onde seja possível reconhecer visualmente a origem daquela matéria. Essas amostras colhidas no campo foram armazenadas em embalagens plásticas, identificadas e levadas ao Laboratório onde inicialmente foram peneiradas para separar restos de solo, e transferidas para sacos de papel e levadas para estufa para sua secagem. Permaneceram na estufa de circulação e renovação de ar com 60°C por 48 horas e posteriormente foram pesadas em balança eletrônica de precisão (0,01g) e estimação do peso seco de serapilheira por hectare para as duas áreas.

Também foi realizada uma amostragem de referência para conhecer a comunidade de organismos decompositores no solo (riqueza) e sua abundância. Assim, foram instaladas armadilhas de queda do tipo “Armadilhas de Tretzel” (*Pitfall-Traps*) compostas por potes plásticos com volume de 250 mL cada uma (fotografia 1), distribuídas em 12 pontos selecionados dentro de cada áreas do SAF (3 por quadrante).

As armadilhas foram enterradas ao nível de 10 cm de profundidade no solo preenchidas em 1/3 do seu volume com solução fixadora de formol 4% que permitiu imobilizar aos artrópodes assim que caíssem nelas. Este tipo de armadilha permitiu capturar a meso e macrofauna epiedáfica que posteriormente foi dividida em grupos de organismos diretamente relacionados com a decomposição da matéria orgânica, focando então no reconhecimento da diversidade das ordens encontradas (MEGLITSCH *et al.*, 1978).

Fotografia 1: Imagem da armadilha tipo pit-fall usada para amostragem de fauna epiedáfica



Fonte: elaboração própria

As armadilhas ficaram nas áreas durante sete dias. Na desmontagem os potes foram desenterrados, tampados e levados no laboratório. Os indivíduos coletados foram separados e reconhecidos ao nível de ordem, com microscópio estereoscópico aumentado em 40 vezes e chave taxonômica, foram preservados em frascos contendo solução de etanol no 70% de concentração. Os dados coletados permitiram a construção de tabelas com informações das ordens encontradas, riqueza, ademais do número de representantes de cada ordem. Foram calculados os índices de diversidade de Shannon, Simpson, equitabilidade de Pielou e similaridade de Jaccard como visto nas equações 1 até 4.

Os dados sobre a concentração de nutrientes nas diferentes camadas de profundidade do solo, resistência a penetração, serapilheira e fauna epiedáfica foram tabulados no excel e se realizou a ANOVA usando o software R e o pacote ExpDes.pt para comparar as duas áreas. Neste caso as análises não incluíram o teste de fatores como o adensamento do plantio ou classes ecológicas e sim as duas áreas como sendo os tratamentos diferentes.

4.5 Resultados e discussão

A tabela 11 demonstra as características químicas e físicas do solo na agrofloresta avaliadas no ano 2021 segundo a profundidade do solo em conjunto das duas áreas da agrofloresta.

Nenhum dos indicadores do solo apresentou diferenças estatisticamente significativas entre as duas áreas da agrofloresta (SAFs), pelo qual a tabela 11 mostra os valores médios das duas áreas em conjunto.

A resistência a penetração (RP) foi menor nas camadas mais superficiais e maior enquanto aumentou a profundidade explorada (40 cm), padrão observado nas duas áreas. Os resultados desta pesquisa em relação a resistência a penetração do solo são maiores aos encontrados pelo Dalposso (2017) e Foquessato (2017) para cada uma das camadas de profundidade do solo na área de agrofloresta e fragmento florestal natural próximas, que no caso servem como áreas de referência. Segundo Borges *et al.* (2004), esse aumento mais acentuado da RP nas camadas mais profundas deve-se possivelmente à pressão das camadas superficiais sobre as subjacentes. Também Collares *et al.* (2008), afirmam que a resistência do solo à penetração está relacionada à umidade do solo e aumenta à medida que o teor de água diminui.

Tabela 11: Características físicas e químicas do solo nas duas áreas nos quatro níveis de profundidade (camada) no SAFs da UNEPE-UTFPR-DV, ano 2021

Parâmetros	Camada (cm)	Média das duas áreas do SAFs
RP (MPa)	0 – 5	0,105
	5 – 10	1,05
	10 – 20	2,08
	20 – 40	3,075
P (mg dm ⁻³)	0 – 5	33,25
	5 – 10	31,00
	10 – 20	30,60
	20 – 40	27,20
K (mg dm ⁻³)	0 – 5	26,55
	5 – 10	18,25
	10 – 20	13,55
	20 – 40	7,32
pH em CaCl ₂	0 – 5	4,30
	5 – 10	4,33
	10 – 20	4,42
	20 – 40	4,39
Al (cmol _c dm ⁻³)	0 – 5	0,019
	5 – 10	0,037
	10 – 20	0,098
	20 – 40	0,189
Ca (cmol _c dm ⁻³)	0 – 5	27,0
	5 – 10	17,0
	10 – 20	12,3
	20 – 40	13,5
Mg (cmol _c dm ⁻³)	0 – 5	9,48
	5 – 10	6,85
	10 – 20	5,37
	20 – 40	5,32
CTC efetiva (cmol _c dm ⁻³)	0 – 5	36,6
	5 – 10	23,9
	10 – 20	17,8
	20 – 40	15,5
SB (cmol _c dm ⁻³)	0 – 5	36,6
	5 – 10	23,8
	10 – 20	17,7
	20 – 40	15,3

RP – Resistência à penetração; P – fosforo; K – potássio; Al – alumínio; Ca – cálcio; Mg – magnésio; CTC – capacidade de troca de cátions; SB – soma de bases. Fonte: elaboração própria.

A concentração média de fósforo (P) encontrada nas duas áreas na camada de 0 – 5cm foi de 33,3 mg dm⁻³, diminuiu para 31 na segunda camada, 30,6 na terceira e 27,2 mg dm⁻³ na quarta camada mais profunda dos 20 aos 40cm (tabela 11). De acordo com o manual de adubação e calagem para o estado Paraná (SBCS, 2017) esses valores são considerados altos. Em relação ao potássio (K) a concentração no solo da agrofloresta também diminuiu desde as camadas mais superficiais até as mais profundas indo neste caso numa média de 26,6 até 7,3 mg dm⁻³, mas de igual forma sendo esses valores considerados como adequados segundo o mencionado manual de adubação do Paraná. Por outro lado, considerando as conclusões do Jordan (1990), quando os nutrientes são incorporados nos tecidos dos organismos da comunidade do solo eles não podem ser facilmente perdidos pela lixiviação, volatilização ou reação com ferro e alumínio, no caso do fósforo; sendo essa uma estratégia importante que propicia ecossistemas abundantes em vida sobre condições aparentemente de baixa fertilidade no solo. Isso sugere que a melhor abordagem efetiva para o manejo de áreas originariamente ocupadas com florestas tropicais seria adotar sistemas que mantenham, o máximo possível, a estrutura florestal, pois a comunidade do solo depende diretamente de um “*input*” constante de matéria orgânica.

Os resultados de pH em cada quadrante e em cada área se manteve próximo de 4,4. Tal fato é importante pois, enquanto que a maior parte dos nutrientes estão mais disponíveis numa faixa de pH em torno de 5,5 (TAIZ and ZEIGER, 2010, KÂMPF, 2000), os valores encontrados, de acordo com o mencionado manual de adubação (SBCS, 2017) podem ser considerados adequados. Segundo Dalposso (2017), o pH no solo do fragmento florestal localizado próximo da agrofloresta era de 4,8 na camada de 0 a 5 cm de profundidade e foi diminuindo à medida que aumentou a profundidade do solo nas camadas maiores de 5 até 20 cm. Dessa forma, os resultados de este trabalho coincidem com os de Dalposso em relação a que o pH no solo da agrofloresta é numericamente próximo ao pH do solo do fragmento florestal e ainda tende ao encontro com os resultados do estudo de Foquessato (2017) para a área de fragmento florestal natural. Assim, os resultados de este estudo refletem as condições de um solo ligeiramente ácido, com baixas concentrações de alumínio nas capas mais superficiais e altos teores de Ca e Mg.

Ramão (2017), avaliando o pH em solos sob manejo de integração lavoura pecuária floresta próximos da área de estudo de este trabalho, encontrou valores também próximos a 4. Assim como mencionado por esse autor, um dos fatores limitantes ao desenvolvimento das culturas é a acidez do solo pois promove o aparecimento de elementos tóxicos para as plantas, além de causar a diminuição da disponibilidade de nutrientes para as mesmas. Provavelmente os valores de pH mais baixos também estejam ligados a utilização de adubos nitrogenados dentro do sistema, os quais tendem a favorecer a redução do pH. À medida que o pH diminui, os teores de alumínio (Al) aumentam, isso ocorre porque o pH é o principal fator que controla a disponibilidade de Al no solo. Em solos onde aumenta a quantidade de alumínio como resultado do processo de lixiviação, tende-se a observar a ocorrência do processo de acidificação do solo; nos resultados deste trabalho se observaram pequenas concentrações de alumínio (tabela 11) o que pode explicar os valores de pH. Outro fator que poderia explicar os valores baixos de pH é o acúmulo de matéria orgânica no solo e sua decomposição cujo processo libera diferentes ácidos orgânicos.

No estudo do Peneireiro (1999), o solo com 12 anos de manejo em SAF mostrou resultados de pH em CaCl_2 igual a 5,5 para a camada 0-5 cm, valor que diminuiu para 5 na profundidade de 5-20 cm e logo depois para 4,5 na camada mais profunda de 40-60 cm. No mesmo trabalho, Peneireiro (1999) achou num solo com 12 anos em capoeira pH menor que 4,5 nas diferentes profundidades.

A concentração de alumínio, como mostrado na tabela 11, foi mais baixa nas camadas mais superficiais e teve um acréscimo quando também aumentou a profundidade do solo; observando-se uma média de $0,019 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$ entre os 0 e 5 cm, subindo até $0,189 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$ na profundidade de 20 a 40 cm. Esses resultados do alumínio são considerados muito baixos de acordo ao manual de adubação (SBCS, 2017), mas em relação a concentração de cálcio (Ca) e magnésio (Mg) encontrada na agrofloresta elas podem ser consideradas muito altas também de acordo ao mencionado manual de adubação. Então, em relação aos nutrientes essenciais para o crescimento das plantas, assim como observado nos resultados deste trabalho, se encontram em níveis adequados. Deve-se atribuir ainda como vantagem dos SAFs, quanto à conservação e manutenção da qualidade física do solo, o manejo mínimo

utilizado o qual garante boa cobertura do solo e mínimos revolvimentos (FOQUESSATO, 2017).

Em relação ao acúmulo de serapilheira, não se encontraram diferenças estatisticamente significativas entre as duas áreas que conformam o SAFs da UNEPE-UTFPR-DV e também não foram encontradas diferenças entre os quadrantes de cada área. Assim, pode-se afirmar, em termos gerais, que a quantidade média de serapilheira acumulada acima do solo na agrofloresta é de 1041,55 g m⁻², ou seja, aproximadamente 1kg m⁻² o que pode ser extrapolado e se estima que pode haver 10,7 toneladas ha⁻¹. Esse valor, quando comparado com outros estudos realizados em florestas tropicais e subtropicais resulta numericamente similar e reflete a capacidade não só de cobrimento do solo, mas também da contribuição para sua formação e sustentação da biodiversidade.

A entrada de nutrientes nos SAF ocorre via decomposição da biomassa, sendo relevante conhecer os processos de decomposição e a velocidade com que os resíduos liberam os nutrientes para o sistema. Com a adubação verde, aumenta-se a infiltração de água no solo e também a retenção de umidade, assim, por consequência aumenta a capacidade de troca catiônica devido à adição de material orgânico com elevados teores de macro e micronutrientes, melhorando as condições para o desenvolvimento microbiano do solo. A alta produtividade de serapilheira é um fator importante para aumentar a quantidade de MO, favorecer a ciclagem de nutrientes e proteger ao solo contra a erosão (ILANY *et al.*, 2010).

De acordó com Mielniczuk *et al.* (2003), os solos da região do Paraná têm características de serem de baixa fertilidade, baixa CTC, ácidos, com toxidez de Alumínio (Al) e alta capacidade de reter P em formas indisponíveis para as plantas. Essas características geralmente também se manifestam com maior intensidade nos solos cultivados inadequadamente devido à drástica redução de teor de matéria orgânica, a qual contribui com grande parte da CTC e atua na complexação de Al tóxico e no bloqueio de sítios reativos com os íons fosfatos (OADES *et al.*, 1989 apud de MIELNICZUK *et al.*, 2003). Porém, nos resultados deste trabalho observasse altos teores de Ca, Mg e CTC alta sendo essas características desejadas em solos para utilização agrícola, o que diz sobre as vantagens de implementação dos SAF na região (tabela 11).

Montagnini e Sancho (1990) apontam que um fator chave para diminuir a sensibilidade e aumentar a resiliência dos solos é aumentando o agregado de matéria orgânica, processo que se promove no SAFs pelas espécies com desrama natural e também pelo manejo com podas das árvores que não tem desrama natural como açoita cavalo, farinha seca ou ipê roxo. Aliás, o cobrimento do solo com serapilheira diminui o crescimento de malezas.

A fauna epiedáfica encontrada neste estudo, maiormente representada por artrópodes, está caracterizada na tabela 12, 13 e 14. Nas duas primeiras se mostra em ordem de maior a menor de acordo a abundância média de cada ordem e de cada área da agrofloresta, enquanto que na tabela 14 se mostram os índices de biodiversidade Shannon, Simpson, índice de equitabilidade de Pielou e índice de similaridade de Jaccard os quais foram calculados assim como explicado no capítulo 1, considerando as duas áreas em conjunto.

Tabela 12: Distribuição de maior a menor de acordo a abundância média das ordens dos artrópodes encontrados na área 1 do SAFs da UNEPE-UTFPR-DV, ano 2021

Ordem	Mínimo	Média	Desv, Pad	Máximo
Colêmbola	5	17,2	9,2	34
Aranae	1	7,8	9,9	35
Hymenoptera	1	5,7	6,6	24
Díptera	1	5,5	5,2	16
Coleóptera	1	1,7	2,3	9
Hemíptera	1	1,2	0,8	3
Orthoptera	0	0,5	0,6	1
Lepidoptera	0	0,3	0,5	1

Fonte: elaboração própria

Pela abundância dos indivíduos encontrados na área 1, o primeiro grupo foram os colêmbolos, seguido pelos aranae que inclui aranhas e ácaros, himenópteros, dípteros e coleópteros. Entre os grupos menos representados (não mostrados na tabela) se teve a ordem psocoptera, lepidoptera e thysanoptera com 1 indivíduo de cada encontrados na área 1 da agrofloresta.

Tabela 13: Distribuição de maior a menor de acordo a abundância média das ordens dos artrópodes encontrados na área 2 do SAFs da UNEPE-UTFPR-DV, ano 2021

Ordem	Mínimo	Média	Desv, Pad	Máximo
Hymenoptera	1	12,3	10,1	34
Diptera	1	11,6	11,4	31
Collembola	2	10,2	8,4	29
Aranae	1	7,7	9,9	33
Coleoptera	2	6,5	3,8	13
Hemiptera	0	0,6	0,5	1

Fonte: elaboração própria

Já na área 2, assim como visto na tabela 13, o grupo mais abundante foram os himenópteros, seguido pelos dípteros, colêmbolos, ácaros (ordem Aranae) e coleopteros. Também na área 2 houveram ordens representados apenas por 1 indivíduo como psocoptera, lepidoptera, diplopoda e neuroptera; ainda foi encontrada uma minhoca. No total houve representação de 11 ordens de artrópodes na área 1 e 11 na área 2 da agrofloresta, os índices de biodiversidade se mostram a continuação na tabela 14.

Tabela 14: índices de Biodiversidade e Equitatividade da Biofauna Epiedáfica em cada uma das áreas do SAFs da UNEPE-UTFPR-DV

Índices de Diversidade	Area 1	Area 2
Número médio de indivíduos totais	58	68
Número de Ordens	11	11
Índice de Shannon (H')	0,711	0,682
Índice de Simpson (λ)	0,246	0,257
Índice de Pielou (J')	0,77	0,815
Índice de Jaccard (S _j)	0,643 (<i>diss, D = 0,36</i>)	

Fonte: elaboração própria

Na área 2 houve maior abundância total de indivíduos, mas em número de ordens taxonômicos se achou o mesmo nas duas áreas. Em relação a diversidade mostrada pelos índices de Shannon e Simpson, ambas foram um pouco maior na área 1 comparada com a área 2, já na equitabilidade o resultado foi maior novamente na

área 2. Esse padrão pode ser apoiado pelo fato da área 2 ter maior adensamento na vegetação tanto plantada quanto de regeneração natural o que pode prover maior habitat, recursos e condições para a maior abundância dos indivíduos. Porém, desde o ponto de vista estatístico não se encontraram diferenças significativas em nenhum desses indicadores comparando as duas áreas. Quanto à diversidade, valores de H' (índice de Shannon) superiores de 3 determinam uma alta diversidade e valores inferiores de 2 refletem uma baixa diversidade (PLA, 2006), nos resultados deste trabalho em ambas as áreas o resultado de Shannon foi de aproximadamente 0,7; resultado que poderia ser agudizado e conferido mediante uma segunda amostragem na área e uma identificação taxonômica até níveis de família e gêneros dos indivíduos encontrados.

Sobre o índice de Pielou (J), também de acordo com Pla L (2006), um valor mais próximo de 1 significa que todas as espécies são igualmente abundantes e quando mais próximo de zero significa que a equitabilidade na distribuição de espécies é baixa. Pelos resultados vistos na tabela 14 houve maior equitabilidade na área 2 do que na área 1, sendo 0,815 e 0,77 respectivamente; e ao fazer uma análise em conjunto com as tabelas 12 e 13 se observa que na área 2 há maior abundância a qual esteve mais bem distribuída entre as primeiras 5 ordens.

O resultado do índice de similaridade de Jaccard também apoia o fato de não ter encontrado diferenças significativas na biodiversidade entre as duas áreas já que o valor de esse índice resultou em 0,643 o que pode ser interpretado como que ambas as comunidades têm uma similaridade de 64% (dissimilaridade de 36%) em relação à composição de espécies da fauna epiedáfica.

Os indicadores químicos do solo, a quantidade de serapilheira acumulada sobre o solo e a biodiversidade da fauna epiedáfica deste estudo, comparados a outras áreas de SAF ou área de cultivos anuais, permite afirmar que a agrofloresta vem recuperando a fertilidade do solo já nesses 6 anos iniciais. Em geral, é seguro dizer que uma maior diversidade de espécies vegetais é mais favorável, pois resulta em uma ocupação mais completa do espaço acima e abaixo do solo, e a variação nas características da serapilheira produzida pode manter um maior nível de biodiversidade do solo, com efeitos positivos na fertilidade. De acordo com Meglitsch *et al.* (1978), a biodiversidade das comunidades de insetos do solo é favorecida pela umidade que brinda a serapilheira e esse fato pode ser apoiado pelos resultados de

este trabalho; esses insetos pelo seu sistema excretor devolvem a terra nutrientes na forma de ácido úrico, amoníaco, ureia e alantoína.

A menor resistência a penetração no solo da agrofloresta pode ser explicada pelo efeito das raízes das árvores as quais no seu desenvolvimento exploram o solo tanto em dimensões verticais quanto horizontais, criando espaços porosos e refúgios para a micro, meso e macro fauna edáfica. Essa observação também é apoiada pelos resultados deste trabalho pela abundância e diversidade dos artrópodes encontrados/ dentre os quais os colêmbolos, coleópteros e formigas cumprem papéis essenciais de decomposição da matéria orgânica e na ciclagem de nutrientes.

4.6 Conclusões

De acordo aos resultados deste trabalho em relação as características físico-químicas do solo no SAFs, pode-se concluir que atualmente após 6 anos de implantação da agrofloresta o solo apresenta uma compactação baixa na camada de 20 – 40 cm, o pH se mantém próximo de 4,5 e os nutrientes essenciais como fósforo, potássio, cálcio e magnésio se encontram em concentrações adequadas de acordo ao manual de adubação do estado Paraná.

Em relação a biofauna epiedáfica o solo apresenta uma alta biodiversidade composta por organismos bioindicadores de qualidade do solo como Colêmbolos e Coleópteros, comprovando que o sistema atua positivamente neste parâmetro.

A quantidade de serapilheira acumulada acima do solo concorda com as quantidades estimadas para fragmentos de floresta ombrófila mista por unidade de área. Ao longo do tempo essa camada superficial protege o solo da erosão, promove a umidade e a biodiversidade de organismos decompositores que acentuam a ciclagem de nutrientes resultando em uma melhoria contínua da fertilidade integral.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Há possibilidades de trazer de volta o componente arbóreo nas paisagens agrícolas dominadas pelas monoculturas através da introdução dos SAF usando espécies arbóreas nativas. A restauração das paisagens agrícolas através do uso de árvores nativas e outras espécies vegetais do tipo perenes associadas em SAF pode ajudar na restauração da biodiversidade e das interações ecológicas ou serviços ecossistêmicos que foram perdidas durante o processo de desmatamento e consequente introdução de monoculturas.

Nos SAFs, a qualidade do material disponibilizado para a alimentação da macrofauna, tanto proveniente de queda natural de folhas e galhos, quanto do material de poda e colheita (material fresco, com baixas relações C/nutrientes, apresentando muitos nutrientes prontamente solúveis), aliada ao microclima, favorecem a biodiversidade edáfica como os coleópteros e colêmbolos. Essa macrofauna, ao condicionar uma maior disponibilidade de nutrientes no solo acaba por favorecer o desenvolvimento de espécies vegetais mais exigentes, que contribuirão com material vegetal de melhor qualidade para a própria macrofauna; que também avançaria sucessionalmente num processo paralelo ao da vegetação, o que nos leva a considerar que há uma sucessão conjunta de todo o sistema.

Se indicam os Sistemas Agroflorestais Sucessionais como uma alternativa que permite incrementar o componente arbóreo em paisagens agrícolas e que pode melhorar a permeabilidade da matriz, controlar a erosão, mantém a matéria orgânica do solo e suas propriedades físicas e promover uma ciclagem de nutrientes eficiente.

As espécies recomendadas para implantação de SAFs no estado Paraná onde ocorre a zona de transição entre a floresta ombrófila mista e a floresta estacional semidecidual são angico vermelho, tucaneiro, açoita cavalo, fumeiro bravo e timbaúva pelo grupo das pioneiras e farinha seca, casca de anta, palmitero, canjerana e guarita pelo grupo das secundárias.

A floresta ombrófila mista é uma formação vegetal do Bioma Mata Atlântica, bioma outrora predominante nesta região, por isso o conhecimento das árvores nativas assim como os requerimentos para seu desenvolvimento pode permitir sua utilização em SAF, promovendo com isso a restauração de áreas degradadas ou em estágio inicial de regeneração que são consequência de uma história de produção agrícola intensiva, abandono após desmatamento ou agricultura migratória.

REFERÊNCIAS

AIDE, T. M.; CAVELLER, J. Barriers to lowland Tropical Forest Restoration in the Sierra Nevada de Santa Marta, Colombia. **Restoration Ecology**, v. 2, n. 4, p. 219-229. 1994.

ANDREAZZA, R.; ANTONIOLLI, Z. I.; OLIVEIRA, V. L.; LEAL, L. T.; MORO JR., C.; PIENIZ, S. Ocorrência de associação micorrízica em seis essências florestais nativas do estado do Rio Grande do Sul. **Revista Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 18, n. 3, p. 339-346, 2008.

ANTONELLI, P. V.; BRUN, E. J.; SANTOS, M. A. B. dos; SARTOR, L. R.; BRUN, F. G. K. Desenvolvimento de *Cordia trichotoma* em função da adubação, em sistema silvipastoril no Sudoeste do Paraná-Brasil. **Revista Ecologia e Nutrição Florestal**, Santa Maria-RS, v.3, n.3, p. 59-70, 2015.

ALTIERI, M. **Agroecologia: a dinâmica produtiva da agricultura sustentável**. Porto Alegre: UFRGS - Programa de Pós graduação em Desenvolvimento Rural, 4a ed. 2004. 120 p.

ALTIERI, M.; NICHOLLS, C. Los impactos del cambio climático sobre las comunidades campesinas y de agricultores. **Agroecologia**, v. 3, p. 7-28, 2008.

ALTIERI, M; NICHOLL. **Diseños Agroecológicos para incrementar a biodiversidade de entomofauna benéfica em Agroecosistemas**. Medellín – Colombia, Sociedad Científica Latinoamericana de Agroecologia (SOCLA). 2010. 81 p.

ALTIERI, M. **Agroecologia: bases científicas para uma agricultura sustentável**. Rio de Janeiro: Expressão Popular. 3a Ed, v. 1, 2012. 400 p.

ALTIERI, M. A.; NICHOLLS, I. C. Caminos para la amplificación de la Agroecología. **Boletín Científico 1**, CELIA Ediciones. v. 1, 35 p. 2019.

ARATO H, D.; MARTINS S, V.; DE SOUZA F, S. Produção e Decomposição de Seralpilheira em um Sistema Agroflorestal implantado para recuperação de área degradada em Viçosa-MG. R. **Revista Árvore**, Viçosa-MG, v.27, n.5, p.715-721, 2003.

ALVARES, C. A.; STAPE, J. L.; SENTELHAS, P. C.; MORAES, G.; LEONARDO, J.; SPAROVEK, G. Köppen's climate classification map for Brazil. **Meteorologische Zeitschrift**, V. 22, n. 6, p. 711-728. 2013.

ARAÚJO, N.; PERUCHI, F.; GAMPER, V. C. F.; ALBANEZE, R. F. E.; STIVAL C. E. Projeto de Desenvolvimento Rural Sustentável / Microbacias II: o papel das capacitações e parcerias na promoção dos Sistemas Agroflorestais. In: **SISTEMAS AGROFLORESTAIS: experiências e reflexões**. Brasília (DF): EMBRAPA Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária Embrapa Meio Ambiente Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento, 2017. cap. 3, p. 55-73.

ARONSON, J.; GOODWIN, N.; ORLANDO, L.; EISENBERG, C e CROSS, T. A. A World of Possibilities: Six Restoration Strategies to support the United Nation's Decade on Ecosystem Restoration. **Restoration Ecology**. v. 28, p. 730-736, 2020.

AGUIAR, F. F. A.; KANASHIRO, S.; TAVARES, A. R.; PINTO, M. M.; STANCATO, G. C.; AGUIAR, J.; NASCIMENTO, T. D. R. Germinação de sementes e formação de mudas de *Caesalpinia echinata* lam. (Pau-Brasil): efeito de sombreamento. **Revista Árvore** Viçosa, v. 29, n.6, p. 871-875, 2005.

AGUIAR JUNIOR, A. L.; MATTOS A. G.; OLIVEIRA N. S. N.; COSTA S.D. M. S.; MATOS O. A. M; GUIRARDI B. D; MELO L. A. Ideotipo Arbóreo para Sistemas Agroflorestais. **Adv. For. Sci**, Cuiabá, v. 8, n.1, p. 1349-1362, 2021.

BRANCALION, P. H. S.; ISERNHAGEN, I.; GANDOLFI, S.; RODRIGUES, R. R. Fase 2: Plantio de árvores nativas brasileiras fundamentada na sucessão florestal. In: Rodrigues, Ricardo R.; Brancalion, Pedro H. S.; Iserhagen, Ingo (Orgs.). **Pacto para a restauração da Mata Atlântica**: referencial dos conceitos e ações de restauração florestal. São Paulo: Instituto BioAtlântica, p.18-25. 2009.

BAGGIO, A. J.; FELIZARI, S. R.; RUFFATO, A.; SOAREZ, A. O. Produção do componente arbóreo no sistema agroflorestal da erva-mate (*Ilex paraguariensis*) em Machadinho, RS. Actas, V CONGRESO SUDAMERICANO DE LA YERBA MATE. [Posadas, Misiones, 5-6 mayo 2011]. p. 105-110, 2011.

BERTOLINI, Í. C.; KREFTA, S. M.; PEREIRA, P. H.; SALLA, V. P.; BRUN. E. J. Crescimento inicial em altura de 16 espécies florestais nativas plantadas na região Sudoeste do Paraná. In: **Anais [...]** IV CONGRESSO FLORESTAL PARANAENSE. Curitiba, p.1-8. 2012.

BERTOLINI, Í. C. **Dendrometria e morfometria da *Araucaria angustifolia*** (Bertol.) Kuntze **sob diferentes condições de manejo**. 2013. 41 p. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Florestal) – Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Dois Vizinhos, 2013.

BERTOLINI, I. C.; DEBASTIANI, A. B.; BRUN, E. J. Caracterização silvicultural da canafístula (*Peltophorum dubium* (Sprengel) Taubert). **Scientia Agraria Paranaensis – SAP**. v. 14, n. 2, p. 67-76, 2015.

BEGON, M.; TOWNSEND, C.; HARPER, J. **Fundamentos em Ecologia**, 3era edição. Editora ARTMED, São Paulo – Brasil, 2010. 592 p.

BEDUSCHI FILHO, L. C. **Assentamentos rurais e conservação da natureza: do estranhamento à ação coletiva**. São Paulo: IGLU/FAPESP. 2003, 104 p.

BORGES, J. R.; PAULETTO, E. A.; SOUSA, R. O.; PINTO, L. F. S.; LEITZKE, V. W. Resistência à Penetração de um Gleissolo submetido a sistemas de cultivo e culturas. **R. Bras, Agrociências**, v. 10, n. 1, p. 83-86, 2004.

BORGES G, H.; CULLEN L, J.; DOS SANTOS A, S.; RIBEIRO C, N.; SOUZA L, W, M. Sistemas Agroflorestais: perspectivas e desafios na ampliação de sistemas produtivos sustentáveis para a agricultura familiar no pontal do Paranapanema, SP. *In*: **SISTEMAS AGROFLORESTAIS: experiências e reflexões**. Brasília (DF): EMBRAPA Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária Embrapa Meio Ambiente Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento, 2017. cap. 4, p. 74-87.

BOTELHO, S. A.; DAVIDE, A. C.; FARIA, J. M. R. Desenvolvimento inicial de seis espécies florestais nativas em dois sítios, na região sul de Minas Gerais. **Revista Cerne**, Lavras – MG, v. 2, n. 1, p. 43-52. 1996.

BUDOWSKI, G. Distribution of tropical american rain forest species in the light of successional process. **Turrialba**, v. 15, p. 40-42, 1965.

BRASIL. **Lei nº 11.428, de 22 de dezembro de 2006**. Dispõe sobre a utilização e proteção da vegetação nativa do Bioma Mata Atlântica, e dá outras providências. Diário Oficial da República Federativa do Brasil, Brasília, 26 dez. 2006. Seção 1. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/ Ato2004-2006/2006/Lei/L11428.htm > Acesso em 20/07/2022

BRASIL. **Lei nº 12.651, de 25 de maio de 2012**. Dispõe sobre a proteção da vegetação nativa. Diário Oficial da República Federativa do Brasil, Brasília, 28 mai. 2012. Seção 1. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/ Ato2011-2014/2012/Lei/L12651.htm > Acesso em 20/07/2022

BREZOLIN, B. R.; SILVEIRA, F. F.; NIVERT, M. S.; MORUZZI, M. P. E. A agroecologia e os serviços ecossistêmicos: um estudo de caso nos assentamentos do município de IPERÓ/SP. **Revista Brasileira de Agroecologia**, [S.l.], v. 13, n. 3, p. 101-113, 2018.

BRÜSEKE, F. J. A crítica da técnica moderna. **Revista Estudos Sociedade e Agricultura**, v. 6, n. 1, p. 5-55, 1998.

CALEGARI, L.; MARTINS S, V.; GLERIANI J, M.; SILVA E.; BUSATO L, C. Análise da dinâmica de fragmentos florestais no município de Carandaí, MG, para fins de restauração florestal. **Revista Árvore**, Viçosa-MG, v.34, n.5, p.871-880, 2010.

CANHAM, C.; DENSLOW, J.; PLATT, W.; RUNKLE, J.; SPIES T.; P WHITE. Light Regimes Beneath Closed Canopies And Tree-Fall Gaps In Temperate And Tropical Forests. **Canadian Journal Of Forest Research** v. 20, p. 620-631. 1990.

CADISH, G.; MUTUO, P.; MERCADO, A.; HAIRIAH, K.; NYAMUGAFATA, P.; BOYE, A.; ALBRECHT, A. Organic matter management in tropical agroforestry systems: soil quality, soil C storage and soil-atmosphere gas Exchange. In: GAMA RODRIGUES, A. C.; BARROS, N. F.; GAMARODRIGUES, A. F. (Editores). **Sistemas agroflorestais: bases científicas para o desenvolvimento sustentável**. 1ª ed. Campos dos Goytacazes, RJ: Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro, 2006. 365 p.

CAIRES, E. F.; BANZATTO, D. A.; FONSECA, A. F. Calagem na superfície em sistema plantio direto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 24, n. 1, p. 161-169, 2000.

CARNEIRO, R. G. Biodiversidade e Transição Agroecológica de Agricultores Familiares. **Revista Brasileira de Agroecologia**, [S.l.], v. 4, n. 2, p. 3415-3418, 2009.

CARVALHO, P. E. R.; ZELAZOWSKI, W. H.; LOPES, G. L. Comparação entre espécies arbóreas nativas e exóticas (arboreto linear) em Foz do Iguaçu, PR. Colombo: **EMBRAPA, Pesquisa em Andamento**. n, 22, p 1-2. 1999.

CARVALHO, P. E. R. Canafístula – *Peltophorum dubium*. **Circular Técnica 64**, Colombo – PR. 2002.

CARVALHO, P. E. R. **Espécies arbóreas brasileiras**. Coleção Espécies Arbóreas Brasileiras, vol. 1. Brasília, DF: Embrapa informações Tecnológica; Colombo, PR: Embrapa Florestas. 2003.

CARVALHO, M. P.; TAKEDA, E. Y.; FREDDI, O. S. Variabilidade espacial de atributos de um solo sob videira em Vitória - São Paulo, Brasil. **Revista Brasileira de Ciências do Solo**. v. 27 n. 4 p. 695-703, 2004.

CARVALHO, P. E. R. Guajuvira – *Patagonula americana*. **Circular Técnica 97**, Colombo – PR. 2004.

CARVALHO, P. E. R. **Espécies arbóreas brasileiras**. Coleção Espécies Arbóreas Brasileiras, vol. 2. Brasília, DF: Embrapa informações Tecnológica; Colombo, PR: Embrapa Florestas. 2006.

CARVALHO, P. E. R. **Espécies arbóreas brasileiras**. Coleção Espécies Arbóreas Brasileiras, vol. 3. Brasília, DF: Embrapa informações Tecnológica; Colombo, PR: Embrapa Florestas, 2008.

CARVALHO, P. E. R. **Espécies arbóreas brasileiras**. Coleção Espécies Arbóreas Brasileiras, vol. 4. Brasília, DF: Embrapa informações Tecnológica; Colombo, PR: Embrapa Florestas. 2010.

CARVALHO, P. E. R. **Espécies arbóreas brasileiras**. Coleção Espécies Arbóreas Brasileiras, vol. 5. Brasília, DF: Embrapa informações Tecnológica; Colombo, PR: Embrapa Florestas. 2014.

CARPANEZZI, A. A.; CARPANEZZI, O. T. B. **Espécies nativas recomendadas para recuperação ambiental no Estado do Paraná: em solos não degradados**. Embrapa Florestas. Colombo – PR, 1. ed., p. 11 – 25. (Documentos / Embrapa Florestas). 2006.

CLEMENT, C. R.; DENEVAN, W. M.; HECKENBERGER, M. J.; JUNQUEIRA, A. B.; NEVES E. G.; TEIXEIRA W. G.; WOODS W. I. The domestication of Amazonia before European conquest. **Proc. R. Soc. B** v. 282, p. 1-9, 2015. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1098/rspb.2015.0813> > Acesso em: 20/07/2022

COLLARES, G. L.; REINERT, D. J.; REICHERT, J. M.; KAISER, D. R. Compactação de um Latossolo induzida pelo tráfego de máquinas e sua relação com o crescimento

e produtividade de feijão e trigo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 32, n. 3, p. 933-942, 2008.

COELHO, G. C. **Sistemas agroflorestais**. São Carlos – SP: RiMa. 2012. 206 p.

COPEL, D. L. Effects of long-term pruning, meristem origin, and branch order on the rooting of Douglas-fir stem cuttings. **Canadian Journal Forest Resource**, v. 22, p. 1888-1894, 1992.

CORRÊA, F. L. de O.; RAMOS J, D.; GAMA-RODRIGUES A, C.; MÜLLER M, W. Produção de Serapilheira em Sistema Agroflorestal Multiestratificado no estado de Rondônia- Brasil. **Ciênc. agrotec**, Lavras, v. 30, n. 6, p. 1099-1105, 2006.

CUSACK D.; MONTAGNINI, F. The role of native espécies plantations in recovery of understory woody diversity in degraded pasturelands of Costa Rica. **Forest Ecology and Management**, v. 188, p. 1-15, 2004.

CHADA, S. S.; CAMPELO, E. F. C.; FARIA, S. M. Sucessão vegetal em uma encosta reflorestada com leguminosas arbóreas em Angra dos Reis, RJ. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 28, n. 6, p. 801-809, 2004.

CHAZDON R. L.; CULLEN J. R. L.; PADUA S. M.; PADUA C. V. People, primates and predators in the Pontal: from endangered species conservation to forest and landscape restoration in Brazil's Atlantic Forest. **Royal Society Open Science**. v. 7, p. 1-17, 2020. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/347479576_People_primates_and_predators_in_the_Pontal_from_endangered_species_conservation_to_forest_and_landscape_restoration_in_Brazil's_Atlantic_Forest > Último acesso em 01/03/2023.

CHAMBERLAIN, P. M.; MCNAMARA, N. P.; CHAPLOW, J.; STOTT, A. W.; BLACK, H. I. J. Translocation of surface litter carbon into soil by Collembola. **Soil Biology and Biochemistry**, v. 38, p. 2655-2664, 2006. Disponível em: <https://www.infona.pl/resource/bwmeta1.element.elsevier-fd3ff079-da54-3f87-aa02-2fdacbb7de48> > ultimo acesso em 01/03/2023.

DA SILVA, J. C.; LOHRAYNE, K. K.; WILLE Z, L, F.; DONAZZOLO, J. Diversidade morfológica de colêmbolos em sistemas agroflorestais no Sudoeste do Paraná. **Research, Society and Development**, v. 9, n. 6, 2020.

DA SILVA, I. M.; DOS SANTOS, K. L. Efeito da composição vegetal nos Serviços Ambientais oferecidos por Sistemas Agroflorestais. **Brazilian Journal of Development**. Curitiba, v. 7, n. 6, p. 63362-63382. 2021.

DALLA ROSA, A.; SILVA, A. C.; HIGUCHI, P.; MARCON, A. K.; MISSIO, F. F.; BENTO, M. A.; SILVA, J. O.; GONÇALVES, D. A.; RODRIGUES JÚNIOR, L. C. Natural regeneration of tree species in a cloud forest in Santa Catarina, Brazil. **Revista Árvore**, v. 40, n. 6, p. 1073-1082, 2016. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/0100-67622016000600013> > Acesso em: 20/07/2022

DALPOSSO, D, M. **Atributos do Solo e Dendrometria em Agroflorestas no Sudoeste do Paraná**. 2017. 131 p. Dissertação (Mestrado em Agroecossistemas). Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR), Programa de Pós-graduação em Agroecossistemas. Dois Vizinhos – Paraná.

DAY, S.; MONTAGNINI, F.; EIBL, B. Effects of native trees in agroforestry system on the soil and yerba mate in Misiones, Argentina. *In*: Montagnini F., Francesconi, W. and Rossi, E. (eds.) **Agroforestry as a tool for landscape restoration**. New York, Nova Science Publishers. 2010.

DILLEWIJN, F. J. **Inventário do pinheiro-do-Paraná**. Curitiba: CODEPAR, 1966. 104 p.

DEAN, W. **A ferro e fogo: A história e a devastação da Mata Atlântica brasileira**. São Paulo: Companhia das letras. 1996, 484 p.

DE ANGELI C. R.; FERNANDES DA SILVA G.; MACEDO P. J. E.; FRANKLIM C. J.; MÔRA R. Métodos de Estratificação Vertical em Floresta Estacional Semidecidual. **Ciência Florestal**. v. 23, n. 4, p. 643-654, 2013.

DIAS-FILHO, M. B. Respostas fisiológicas de duas ervas daninhas tropicais à sombra em crescimento e alocação de biomassa. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 34, n. 6, p. 945-952, 2005.

DOS SANTOS, P, F. **A Agricultura Sintrópica de Ernst Götsch: história, fundamentos e seu nicho no universo da Agricultura Sustentável**. 2017. 104 p. Dissertação (Mestrado em Ciências Ambientais e Conservação) - Programa de Pós-graduação em Ciências Ambientais e Conservação, UFRJ. Rio de Janeiro.

DURIGAN, G. Estrutura e Diversidade de Comunidades Florestais; Capítulo 6. In: MARTINS S.V. **Ecologia de Florestas Tropicais do Brasil**. Viçosa: Ed. UFV, 2009. p. 261.

EGLER, F. E. Vegetation science concepts. Inicial floristic composition, a factor in oldfield vegetation development. **Vegetatio**, v. 4, p. 412-417, 1954.

ENGEL, V. L. **Introdução aos sistemas agroflorestais**. Botucatu: Recursos Naturais/FCA-Unesp. 1999, 70 p.

EMBRAPA. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Solos do Estado de Santa Catarina**. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento, n. 46, 726 p, 2004.

EMBRAPA. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Conceitos de fertilidade do solo e manejo adequado para as regiões tropicais**. Campinas – SP: Embrapa Territorial, 1ed. 2010. 30 p.

EMBRAPA. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Serviços ambientais em sistemas agrícolas e florestais do Bioma Mata Atlântica**. In: Parron, M. L.; Garcia J. R.; de Oliveira E. B.; Brow G. G.; Prado R. B. (Eds.). Brasília: Embrapa. 2015. 370 p.

EMBRAPA - EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. **Sistemas Brasileiro de Classificação de Solos**. 5a Edição, Revista e Ampliada. Brasília DF: Embrapa Solos, 2018. 355 p.

FERREIRA, E. B.; CAVALCANTI, P. P.; NOGUEIRA, D. A. ExpDes.pt: Pacote Experimental Designs (Portugues). R package version 1.2.1. 2021. Disponível em: <https://CRAN.R-project.org/package=ExpDes.pt> > Acesso em: 22/07/2022

FIRKOWSKI, C. Avaliação da variação genética e fenotípica entre procedências e progênies de *Cedrela fissilis*. **Floresta**, Curitiba, v. 20, n. 1/2, p. 3, 1990.

FRANCESCONI, W.; MONTAGNINI, F. Los SAF como estratégia para favorecer la conectividad funcional del paisaje fragmentado. p 367 – 379. In: MONTAGNINI F, SO-MARRIBA, E.; MURGUEITIO, E.; FASSOLA, H, EIBL, B. (Eds.). Sistemas Agroflorestales. Funciones productivas, socioeconómicas y ambientales. Série Técnica, Informe Técnico 402. CATIE, Turrialba, Costa Rica. Fundacion CIPAV, Cali, Colombia. 454p. 2015.

FRANCESCONI, W.; MONTAGNINI, F.; IBRAHIM, M. Using bird distribution to evaluate the potential of living fences to restore landscape connectivity in pasturelands. p 133 – 142. In: MONTAGNINI F., FRANCESCONI, W. AND ROSSI, E. (eds). **Agroforestry as a tool for landscape restoration**. Nova Science Publishers. New York. 2015. 201 p.

FRANCIS, C.; LIEBLEIN, G.; GLIESSMAN, S.; BRELAND, T. A.; CREAMER, N.; HARWOOD R.; SALOMONSSON, L.; HELENIUS, J.; RICKERL, D.; SALVADOR, R.; WIEDENHOEFT, M.; SIMMONS, S.; ALLEN, P.; ALTIERI, M.; FLORA, C.; POINCELOT, R. Agroecology: the ecology of food systems. **Journal of Sustainable Agriculture**, v. 22, n. 3, p. 99-118, 2003.

FERRETTI, A. R. *et al.* Os estados da Mata Atlântica: Paraná. In: CAMPANILI, M.; GOMES, R. Análise e interpretação de dados de pesquisa qualitativa. In: MINAYO, Maria Cecília de Souza (org.). **Pesquisa Social: Teoria, método e criatividade**. 18 ed. Petrópolis: Vozes, 2001, 80 p.

FERNANDES, S. S. L.; PADOVAN M. P.; PEREIRA Z. V.; MOITINHO, M. R.; HEID D. M. Fitossociologia do componente arbóreo de um sistema agroflorestal no Assentamento Lagoa Grande, Município de Dourados, MS. **Anais [...] 3º SEMINÁRIO DE AGROECOLOGIA DE MATO GROSSO DO SUL E 2º ENCONTRO DE PRODUTORES AGROECOLOGICOS DE MS**. Corumbá, MS. 2010.

FERNANDEZ, B. E. P.; MARQUIS, R. J.; LEIGHTON, R. J. Restoration plantations accelerate dead wood accumulation in tropical premontane forests. **Forests Ecology and Management**, v. 508, n. 15, p. 12-15, 2022.

FILHO, O.; L. C. L.; BARETA D. Por que devemos nos importar com os Colêmbolos edáficos? **Revista Scientia Agraria**, v. 17, n. 2, p. 21-40. 2016.

FOQUESSATO, C. F. **Qualidade do solo de uma agrofloresta no sudoeste do estado do Paraná**. 2017. 69 p. Dissertação (Mestrado em Agroecossistemas). Universidade Tecnológica Federal de Paraná (UTFPR). Dois Vizinhos – PR.

GARRITY, D. P.; LEFROY, R. D. B. (ed.); BLAIR, G. J. (ed.); CRASWELL, E. T. The fate of Organic Matter and Nutrients in Agroforestry Systems. In: Soil organic matter management for sustainable agriculture: a workshop held in Ubon, Thailand, aug. 1994. **Proceedings** n. 56. **Anais [...]** Camberra: ACIAR, 1995. p. 69-77.

GABRIEL, J. L. C. **Florística, fitossociologia de espécies lenhosas e aspectos da ciclagem de nutrientes em Floresta Mesófila Semidecídua nos municípios de**

Anhembi e Bofete, SP. 1997. 193 p. Tese (Doutorado em Ciências Biológicas). Universidade Estadual Paulista (UNESP). Rio Claro.

GOTSCH E. **O renascer da agricultura/** Ernst Götsch. Trad.: Patrícia Vaz - 2. ed. Rio de Janeiro: AS-PTA. 24 p. Cadernos de T. A. 1996.

GLIESSMAN, S. R. Agroecologia: processos ecológicos em agricultura sustentável. Porto Alegre: Editora da Universidade – UFRGS. 2000. 637p.

GLIESSMAN S. R. **Agroecosystem sustainability:** developing practical strategies. CRC Press. Washington D.F. 2001. 224 p.

GOLLEY, F. B.; MCGINNIS, J. T.; CLEMENTS, R. G.; CHILD, G. I.; DUEVER, M. J. **Ciclagem de minerais em ecossistema de floresta tropical úmida.** São Paulo: EPU/EDUSP, 1978. 256 p.

LEITE, I. G. **Desempenho inicial de espécies arbóreas de diferentes Classes Sucessionais em um Sistema Agroflorestal.** 2017. 41 p. Trabalho de conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Florestal). Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR), coordenação de engenharia florestal. Dois Vizinhos – Paraná, 2017.

GONÇALVES, J. L. M. *et al.* Produção de biomassa e sistema radicular de espécies de diferentes estágios sucessionais. **Revista do Instituto Florestal**, Piracicaba, v. 4, p. 363-367, 1992.

GONÇALVES, E. O.; PAIVA, H. N.; GONÇALVES, W; JACOVINE, L, A, G. Avaliação qualitativa de mudas destinadas à arborização urbana no Estado de Minas Gerais. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 28, n. 4, p. 479-486, 2004.

GONÇALVES, P. K.; BRANDÃO, N. R.; DE ALMEIDA, B. J. F. Agroflorestas em Média Escala para Agricultura Familiar e Desenvolvimento Rural: a experiência do projeto plantando águas na região de Sorocaba. *In*: **SISTEMAS AGROFLORESTAIS: experiências e reflexões.** Brasília (DF): EMBRAPA Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária Embrapa Meio Ambiente Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento, 2017. cap. 8, p. 138 – 152.

GORGULHO, L. R. **Desenvolvimento inicial de três espécies nativas para fins de enriquecimento florestal sob diferentes intensidades de luz.** 2019. 35 p. Trabalho de Conclusão de Curso TCC (Graduação em Engenharia Florestal) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Dois Vizinhos, 2019.

GUBERT FILHO, F. A. Levantamento de áreas de relevante interesse ecológico (ARIE) no estado do Paraná. *In: II CONGRESSO FLORESTAL DO PARANÁ, 2. Anais [...]* Curitiba. Instituto Florestal do Paraná. v, 1.1988. p, 136-160.

GUARIZ, H. R. *et al.* Avaliação do crescimento em diâmetro e altura de mudas de canela (*Posoqueira acutifolia* mart.) sob diferentes níveis de radiação solar. **Revista UNIVAP**. São José dos Campos, SP, v. 13, n. 24, p. 2828-2830. 2006.

HARTERREITEN-SOUZA, E. S.; TOGNI, P. H. B.; PIRES, C. S. S *et al.* The role of integrating agroforestry and vegetable planting in structuring communities of herbivorous insects and their natural enemies in the Neotropical region. **Agroforest Syst**, v. 88, p. 205-219, 2014.

HORN, N.; MONTAGNINI, F. Litterfall, litter decomposition and maize bioassay of mulches from four indigenous tree species in mixed and monospecific plantations. **International Tree Crops Journal**, v. 10, p. 37-59. 1999.

HOLZ, S.; PLACCI, G.; QUINTANA, R. D. Effects of history of use on secondary forest regeneration in the Upper Parana Atlantic Forest (Misiones, Argentina), **Forest Ecology and Management**, v. 258, n. 7, p. 1629-1642. 2009.

IBA. Indústria Brasileira de Árvores. **Relatório Iba 2016**. Brasília: IBA, 96 p. 2016.

INPE & SOS MATA ATLANTICA. Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais Fundação & SOS Mata Atlântica. **Atlas dos Remanescentes Florestais da Mata Atlântica**. Relatório Técnico – Período 2012 – 2013. São Paulo: INPE/SOS MATA ATLÂNTICA. 61 p. 2015.

INPE & SOS MATA ATLANTICA. Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais Fundação & SOS Mata Atlântica. **Atlas dos Remanescentes Florestais da Mata Atlântica**. Relatório Técnico – Período 2017 – 2018. São Paulo: INPE/SOS MATA ATLÂNTICA. 2019.

ILANY, T.; ASHTON, M.; MONTAGNINI, F.; MARTINEZ, C. Using Agroforestry to improve Soil Fertility: effects of intercropping on *Ilex paraguariensis* plantations with *Araucaria angustifolia*. **Agroforestry System**. v. 80, n. 1, p. 399-409. 2010.

JOLY, C. A.; LEITÃO-FILHO, H. de F.; SILVA, S. M. O patrimônio florístico. *In*: CECCHI, J.C. & SOARES, M.S.M. (eds.). **Mata Atlântica / Atlantic Rain Forest**. São Paulo, Fundação SOS Mata Atlântica, Ed. Index. p. 95-125, 1991.

KAGEYAMA P. Y.; FREIXEDAS V. M.; GERES W. L. A.; DIAS J. H. P.; BORGES A. S. Consórcio de espécies nativas de diferentes grupos sucessionais em Teodoro Sampaio-SP. **Anais [...]** 2º CONGRESSO NACIONAL SOBRE ESSÊNCIAS NATIVAS. 1992.

KÂMPF, A. N. Seleção de materiais para uso como substrato. *In*: KÂMPF, A. N., FERMINO, M. H. (Eds.) **Substrato para plantas**: a base da produção vegetal em recipientes. Porto Alegre: Gênese, p. 139-145, 2000.

KISCHENER, M. A.; PERONDI, M. A.; BATISTELA, E. M.; MONTEIRO M. A.; BORGES, R. T. História da Agricultura no sudoeste do Paraná: percepções e reflexões a respeito da mercantilização e da modernização. **Gestão e Desenvolvimento em Revista**, v. 1, n. 2, p. 85-100, 2015.

KOLM, L. **Ciclagem de nutrientes e variação do microclima em plantações de *Eucalyptus grandis* Hill ex Maiden manejadas através de desbastes progressivos**. 2001. 88 p. Dissertação (Mestrado em Recursos Florestais). Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz/USP.

KUMAR, P.; SINGH, R. P.; SINGH A. P.; KUMAR V. Quantification and distribution of agroforestry systems and practices at global level. **HortFlora Research Spectrum**, v. 3, n. 1, p. 1-6, 2014.

LAMPRECHT, H. **Silvicultura nos trópicos**: ecossistemas florestais e respectivas espécies arbóreas - possibilidades e métodos de aproveitamento sustentado. Rossdorf: República Federal da Alemanha: Dt. Ges. Für Techn. Zusammenarbeit, 1990.

LEITE M, C.; CANDIOTTO L, Z, P. Elementos do processo de desflorestamento na região sudoeste do Paraná. **Geografia (Londrina)**, v. 24. n.2. p. 41-58. 2015.

LIRA, P. K.; TAMBOSI, L. R.; EWERS, R. M.; METZGER, J. P. Land-used and a land-cover change in Atlantic Forest landscapes. **Forest Ecology and Management**, v. 278, p. 80-89. 2012. Disponível em: http://lerf.eco.br/img/publicacoes/2012_1611%20Land%20use%20and%20land%20cover%20change%20in%20Atlantic%20Forest%20landscapes.pdf > Acesso em: 01/03/2023.

LOPES, G. L.; FIGUEIREDO FILHO, A.; CARVALHO, P. E. R. Herbário Gerson Luiz Lopes. Compêndio Online de Espécies Arbóreas. Laboratório de Manejo Florestal da UNICENTRO – Irati – Paraná. 2012. Disponível em: <https://sites.unicentro.br/wp/manejoflorestal/floresta-ombrofila-mista/> > Acesso em 02/08/2022.

LORENZI, H. **Árvores brasileiras**: manual de identificação e cultivo de plantas arbóreas nativas do Brasil. Nova Odessa: Instituto Plantarum, 352 p.1992.

LUDVICHAK A. A. Análise Fitossociológica e Dendrométrica de espécies arbóreas em Sistemas Agroflorestais – Dois Vizinhos – PR. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Florestal), Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Dois Vizinhos – PR. 2013.

MARTINS, P. da S.; VOLKOFF, B.; CERRI, C. C.; ANDREUX, F. Consequências do Cultivo e do Pousio sobre a matéria orgânica do solo sob floresta natural na Amazônia Oriental. **Acta Amazônica**, v. 20, n. 4, p. 19-28. 1990.

MARTINS, F. R. Estrutura de uma floresta mesófila. Campinas: Ed. da UNICAMP. 246p. 1991

MAACK, R. **Geografia Física do Estado do Paraná**. BRDE/ IBPT/ UFPR, Curitiba: Editora Max Roesner, 1968. 350 p.

MALAVOLTA, E. **Nutrição mineral e adubação do cafeeiro, colheitas máximas econômicas**. São Paulo: Agronômica Ceres, 210 p.1993.

MARIN, A. M. P. **Impactos de um sistema agroflorestal com café na qualidade do solo**. 2002. 83 p. Tese (Doutorado em Solos e Nutrição de Plantas) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa – MG. Programa de PósGraduação em Solos e Nutrição de Plantas

MARCHIORI A.; MARCHIORI B.; MOREIRA S.; VIEGAS I.; SILVA S. Ecoagriculturas e Sistemas Agroflorestais Ecoeficientes: sete passos, aprendendo com a natureza. *In*: **SISTEMAS AGROFLORESTAIS: experiências e reflexões**. Brasília (DF): EMBRAPA Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária Embrapa Meio Ambiente Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento, 2017. cap. 7, p. 122-137.

MARCUZZO S. B.; ARAUJO M. M.; GASPARIN E. Plantio de espécies nativas para restauração em áreas de unidades de conservação: um estudo de caso no Sul de Brasil. **FLORESTA**, Curitiba, PR, v. 45, n. 1, p 129-140. 2015.

MEGLITSCH, P. A. **Zoologia de Invertebrados**. Madrid-España. Editorial H. Blume Ediciones, Universidad de Drake. 1978. 906 p.

MELO, A. C. G.; DURIGAN, G. Evolução estrutural de reflorestamentos de restauração de mata ciliar no médio Vale do Paranapanema. **Scientia Forestalis**, Piracicaba, n. 73, p. 101-111, 2007.

MELLO, U. P.; SOGLIO, F. K. D. Limites e potencialidades para a expansão de sistemas agroflorestais de erva-mate e de frutíferas no Alto Uruguai gaúcho. **Revista Brasileira de Agroecologia (ABA)**, v 15, n. 1. p 3-14. 2020.

MIELNICZUK J.; BAYER C.; VEZZANI F. M.; LOVATO T.; FERNANDEZ F. F.; DEBARRA L. Manejo de Solos e Culturas e sua relação com os estoques de Carbono e Nitrogênio do solo. **Tópicos em Ciências do Solo** v. 3, p. 209-248. 2003.

MOURA, M. R. H. Agrofloresta sucessional: perspectivas e desafios para a extensão rural. **Revista Brasileira de Agroecologia (ABA)**, v. 4, n. 2, p. 12-31. 2009.

MONTAGNINI, F.; SANCHO, F. Impacts of Native Trees on Tropical Soils: a study in the Atlantic lowlands of Costa Rica. **AMBIO**, v. 19, n. 8, p. 386-390. 1990.

MONTAGNINI, F. **Sistemas Agroforestales. Principios y Aplicaciones en los Trópicos**. 2da. ed. rev. y aum. San José, Costa Rica. Organización para Estudios Tropicales (OTS). 622 p. 1992.

MONTAGNINI, F.; FANZERES, A.; DA VINHA, S. G. Studies on Restoration Ecology in the Atlantic Forest region of Bahia, Brazil. **Interciencia**, v. 19, n. 6, p. 323-330. 1994.

MONTAGNINI, F.; FANZERES, A.; DA VINHA, S. G. The Potential of twenty indigenous tree species for Reforestations and Soil Restoration in the Atlantic Forest region of Bahia. **Journal of Applied Ecology**, v. 32, p. 841-856. 1995.

MONTAGNINI, F. Accumulation in aboveground biomass and soil storage of mineral nutrient in pure and mixed plantation in a humid tropic lowland. **Forest Ecology and Management**, v. 134, p. 257-270. 2000.

MONTAGNINI, F. Strategies for the recovery of degraded ecosystems: experiences from Latin America. **Interciencia**, v. 26, n. 10, p. 498-503, 2001.

MONTAGNINI, F.; CAMPOS J. J.; CORNELIUS J.; FINEGAN B.; GUARIGUATA M.; MARMILLOD D.; MESEN F.; UGALDE L. A Environmentally-Friendly Forestry Systems in Central America. **Bois et Forests des Tropiques**, v. 272, n. 2, p. 33-44. 2002.

MONTAGNINI, F. (Editor). **Environmental Services of Agroforestry Systems**. New York. Haworth Press. 126p. 2005.

MONTAGNINI, F.; EIBL, B.; FERNANDEZ, R. Adaptabilidad y crecimiento de especies forestales nativas de bosque humedo subtropical em sítios degradados. **Yvyrar-etá** (Argentina), v. 15, p. 10-16. 2005.

MONTAGNINI, F.; EIBL, B.; FERNANDEZ, R. Rehabilitation of degraded lands in Misiones, Argentina. **Bois et Forêts des Tropiques**, Montpellier, v. 288, p. 51-65. 2006.

MONTAGNINI, F. Homegardens of Mesoamerica: biodiversity, food security and nutrient management, p 61 – 84. *In*: B. M. Kumar and P. K. R. Nair (eds). **Tropical Homegardens: a time-tested example of sustainable agronomy**. Advances in Agroforestry 3. Springer Science. Dordrecht, The Netherlands, 377p. 2006.

MONTAGNINI, F.; PIOTTO, D. Mixed Plantations of Native Trees on Abandoned Pastures: Restoring Productivity, Ecosystem Properties and Services on a Humid Tropical Site. *In*: S. Gunter, M. Weber, B. Stimm, R. Mosandl (eds.). **Silviculture in the Tropics**. p. 501-511, 2011.

MONTAGNINI, F.; SOMARRIBA, E.; MURGUEITIO, E.; FASSOLA, H.; EIBL, B (Eds.). **Sistemas Agroforestales. Funciones Productivas, Socioeconómicas y Ambientales**. Série Técnica, Informe Técnico 402. CATIE, Turrialba, Costa Rica. Fundacion CIPAV, Cali, Colombia. 454p. 2015.

MORAES, S. P. de; GONCALVES, J. L. D.; TAKAKI, M. Produção de mudas de seis espécies arbóreas, que ocorrem nos domínios da floresta atlântica, com diferentes substratos de cultivo e níveis de luminosidade. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 25, n. 3, p. 277-287, 2001.

NAIR P. K. R. **A Introduction to Agroforestry**. Dordrecht, The Netherlands: Published by Kluwer Academic Publishers, P. O. 1993. 499 p.

NAIR, P. K.; NAIR, V. D.; KUMAR, B. M.; SHOWALTER, J. M. Carbon sequestration in agroforestry systems. **Advances in Agronomy**, v. 108, p. 237-307, 2010. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/223342889_Carbon_Sequestration_in_Agroforestry_Systems > Acesso em 01/03/2023.

NAVARRO C.; MONTAGNONO F.; HERNANDEZ G. Genetic variability of *Cedrela odorata* Linnaeus: result of early performance of provenances and progenies from Mesoamerica grown in association with coffee. **Forest Ecology and Management**, v. 192, n. 2, p. 217-227, 2004.

NERLICH K.; GRAEFF-HÖNNINGER S.; CLAUPEIN W. Agroforestry in Europe: a review of the disappearance of traditional systems and development of modern agroforestry practices, with emphasis on experiences in Germany. **Agroforest Syst**, v. 87, p. 475-492, 2013.

ODUM, E. P. The Strategy of Ecosystem Development: An understanding of ecological succession provides a basis for resolving man's conflict with nature. **science**, v. 164, n. 3877, p. 262-270, 1969.

ODUM, E. P. **Ecologia**. Rio de Janeiro: Ed. Guanabara, 434p. 1986.

PRADO, R. M. A calagem e as propriedades físicas de solos tropicais: revisão de literatura. **Revista Biociências**, v. 9, n. 3 p. 7-16, 2003.

PLA, L. Biodiversidad: Inferencia basada en el índice de Shannon y la riqueza. **INCI**, Caracas, v. 31, n. 8, p. 583-590, 2006. Disponível em: http://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0378-18442006000800008&lng=es&nrm=iso > Acesso em 25/07/2022

PERIN, L. D. Potencial de crescimento inicial de espécies florestais nativas em plantio puro. 2018. 99 p. Dissertação (Mestrado em Agroecossistemas) – Programa de Pós-Graduação em Agroecossistemas (Área de Concentração: Agroecossistemas), Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR). Dois Vizinhos.

PENEIREIRO F. M. Sistemas Agroflorestais dirigidos pela Sucessão Natural: um estudo de caso. 1999. 100 p. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais). Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo. Ciências Florestais. Piracicaba – São Paulo.

PERUCHI F. **Sistemas Agroforestales y Seguridad Alimentaria: un estudio de caso en el Asentamiento Sepé Tiarajú - São Paulo, Brasil**. 2014. 102 p. (Máster en Agroecología) - Universidad de Córdoba, Baeza.

PEREIRA DOS SANTOS, T. **Análise Ecológica e Socioeconômica Participativa da área coletiva de Sistemas Agroflorestais dentro de Transição Agroecológica do PA Cristina Alves**. 2018. 102 p. Dissertação (Mestrado em Ciências Agrárias) Universidade Estadual do Maranhão (UEMA), Itapecuru Mirim – Maranhão.

PEREIRA DE G. M. **Monitoramento de Fauna Entomológica em Area de Sistema Agroflorestal em Lages, SC**. 2019. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Florestal) – Centro de Ciências Agroveterinárias, Universidade do Estado de Santa Catarina (UDESC). Lages – SC.

PEROCHES A.; BARAL H.; CHESNES M.; LOPEZ-SAMPSON A.; LESCUYER G. Suitability of large-scale tree plantation models in Africa, Asia and Latin America for forest landscape restoration objectives. **Bois et Forêts des Tropiques**, v. 351, p. 29-44, 2022.

PINHO R. C.; MILLER R. P.; ALFAIA S. S. Agroforestry and the Improvement of Soil Fertility: A View from Amazonia. **Applied and Environmental Soil Science**. v. 2012, n. (único). 11 p. 2012.

PRIMAVESI, A. **Manejo ecológico do solo**. São Paulo: Nobel, 525 p. 2002.

R Core Team. R: A language and environment for statistical computing. Vienna, Austria. R Foundation for Statistical Computing. 2018. URL <https://www.R-project.org/>.

RAMÃO, J. **Propriedades químicas e resistência mecânica a penetração do solo em um sistema silvipastoril após onze anos de implantação**. 2017. 63 p. Dissertação (Mestrado em Agroecossistemas) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR). Dois Vizinhos, 2017.

RAO M. R.; NAIR P. K. R.; ONG C. K. Biophysical interactions in tropical agroforestry systems. **Agroforestry Systems**, v. 38, p. 3-50, 1997.

ROSCOE, R.; MERCANTO, F. M.; SALTON, J. C. **Dinâmica da matéria orgânica do solo em sistemas conservacionistas: modelagem matemática e métodos auxiliares**. Dourados, MS: EMBRAPA Agropecuária Oeste. 2006. 304 p.

RENNER, R. M.; BITTENCOURT, S. M. de; OLIVEIRA, E. B. de; RADOMSKI, M. I. **Programa Mata Ciliar no Estado do Paraná: comportamento de espécies florestais plantadas**. Colombo – PR, Embrapa Florestas. 2010. 38 p.

REIS A.; TRES D. R.; SCARIOT E. C. Restauração na Floresta Ombrófila Mista a través da Sucessão Natural. **Pesquisa Florestal Brasileira**. Colombo – PR, n. 55, p. 67-73, 2007.

REIYNTYES, C.; HAVERKORT, B.; WATERS-BAYER, A. **Agricultura para o futuro – uma introdução à agricultura sustentável e de baixo uso de insumos externos**. Rio de Janeiro: AS-PTA, 1994. 326 p.

ROSET J. S.; COELHO G. F.; GRECO M.; STREY L.; GONÇALVES J. A. C. Agricultura convencional *versus* sistemas agroecológicos: modelos, impactos, avaliação da qualidade e perspectivas. **Scientia Agraria Paranaensis – SAP**, v. 13, n. 2, p. 80-94, 2014.

RODRIGUES, R. R.; BRANCALION, P. H. S.; ISERNHAGEN, I. **Pacto pela restauração da mata atlântica: referencial dos conceitos e ações de restauração florestal**. São Paulo: LERF/ESALQ: Instituto BioAtlântica, 259 p. 2010.

RODRIGUES V. N.; FABRO J. R.; GRISA, F.; DERIVIANE, A. J. J.; DONAZZOLO J. **Agroflorestas no Sudoeste Paranaense: agroecologia com base na dinâmica florestal**. Francisco Beltrão – Associação de Estudos, Orientações e Assistência Rural (ASSESOAR). 115p. 2015.

RODRIGUES R. E.; CULLEN JR. L.; BELTRAME T. P.; MOSCOGLIATO A. V.; DA SILVA I. C. Avaliação Econômica de Sistemas Agroflorestais implantados para recuperação de Reserva Legal no pontal do Paranapanema, São Paulo. **Revista Árvore**, Viçosa – MG, v. 31, n. 5, p. 941-948, 2007.

ROSSI E.; MONTAGNINI F.; DE MELO E. Effects of Management Practices on Coffee productivity and herbaceous species diversity in Agroforestry Systems in Costa Rica. p 115 – 132. In Montagnini F, Francesconi W and Rossi E (eds), Agroforestry as a tool for landscape restoration. Nova Science Publisher, New York. 2011.

ROSATI A.; BOREK R.; CANALI S. Agroforestry and organic agriculture. **Agroforest Syst.** v. 95, n. 1, p. 805-821, October 2020.

RUCHEL, A. R. Evolução do uso e valorização das espécies madeiráveis da Floresta Estacional Decidual do alto Uruguai. **Ciência Florestal**, v.13, n.1, p.153-166, 2003.

RUGGIERO A. R.; SCHORN L. A.; DOS SANTOS K, F.; FENILLI T. A. B. Dynamics of natural regeneration after disturbance in a remnant of Mixed Ombrophilous Forest in southern Brazil. **Rev. Ambient. Água**, v. 16, n. 3, 14p. 2021.

SAENZ J. C.; VILLATORO F.; IBRAHIM M.; FAJARDO D.; PEREZ M. Relacion entre las comunidades de aves y la vegetacion en agropaisajes dominados por la ganaderia en Costa Rica, Nicaragua y Colombia. **Agroforesteria en las Américas**, v. 45, p. 37-48, 2007.

SANTANA, M. B. M.; CABALA-ROSAND, P.; SERÓDIO, M. H. Reciclagem de nutrientes em agroecossistemas de cacau. **Agrotrópica**, v. 2, n. 2, p. 68-74, 1990.

SANCHEZ P. A. Science in Agroforestry. **Agroforest Syst**, v. 30, p. 5-55.1995.

SANCHEZ-MORENO S e TALAVERA M. Los nematodos como indicadores ambientales em agroecossistemas. **Ecosistemas**, v. 22, n. 1, p. 50-55, 2013.

SANTOS, R. A. dos. **O processo de modernização da agricultura no Sudoeste do Paraná**. 2008. 246 p. Tese (Doutorado em Geografia). Universidade Nacional Estadual Paulista (UNESP). Presidente Prudente.

SANTOS R. A. Território e Modernização da Agricultura no Sudoeste do Paraná. **Revista Espaço Acadêmico**, n. 118. p. 114-122, 2011.

SALGADO B. G.; MACEDO R. L. G.; ALVARENGA M. I. N.; VENTURIN N. Avaliação da fertilidade dos solos de Sistemas Agroflorestais com Cafeeiro (*Coffea arabica* L.) em Lavras - MG. **Revista Árvore**, Viçosa – MG, v. 30, n. 3, p. 343-349, 2006.

SALES F. E.; BALDI A.; QUEIROZ B. R. Fauna edáfica em Sistema Agroflorestal e em monocultivo de Café Conilon. **Revista Brasileira de Agroecologia (ABA)**, v. 13, n. 5, p. 200-209. 2018.

SALOMÃO G. B.; FERNANDES S. S. L.; PEREIRA Z. V.; NASCIMENTO J. C.; MOITINHO M. R.; PADOVAN M. P. Estoque de carbono por espécies arbóreas em um

sistema agroflorestal biodiverso em Dourados, Mato Grosso do Sul. **Cadernos de Agroecologia**, v. 9, n. 4, p. 1-11, 2014.

SERVIÇO FLORESTAL BRASILEIRO. **Inventário Florestal Nacional: principais resultados: Paraná**. Brasília, DF: MMA, 2018. 84p. (Série Relatórios Técnicos - IFN). Disponível em: <http://www.florestal.gov.br/publicacoes> > Acesso em: 2/07/2022.

SILVA D. S. N.; ROQUE C. G.; ROTTA G. W.; MACHADO R. A. F.; SILVA R. M.; SILVA V. M.; LANGE A. Atributos Físicos de um Latossolo Vermelho – Amarelo sob Diferentes Sistemas de Uso. *In*: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 31. **Anais** [...] Ciência do Solo. Gramado – RS: Serrano, 2007.

SILVA, C. F. R. **Crescimento inicial de espécies florestais nativas em adensamento de plantio**. 34 p. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Florestal) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR). Dois Vizinhos, 2016.

SOUTO, P.C.; SOUTO, J.S.; MIRANDA, J.R.P.; SANTOS, R.V.; ALVES, A.R. Comunidade microbiana e mesofauna edáficas em solo sob caatinga no semiárido da Paraíba. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 32, n. 1, p. 151-160, 2008.

SOUSA, D. M. G.; MIRANDA, L. N.; OLIVEIRA, S. A. Acidez do Solo e sua Correção. *In*: NOVAIS R. F.; ALVAREZ V. H.; BARROS N. F.; FONTES R. L. F.; CANTARUTTI R. B.; NEVES J. C. L. **Fertilidade do solo**. Viçosa: SBCS/UFV. p. 205-274. 2007.

SOUSA L. P.; CURSIO G. R.; DEDECK R. A.; WENDLING I.; LAVORANTI O. J. Avaliação do Crescimento de Espécies Arbóreas Nativas em solo reconstituído e compactado: Rodovia BR – 277, Porto Amazonas, PR. **Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento 30**. Colombo PR. EMBRAPA, 2006.

SOUZA, A. P.; VENTURIN, N.; MACEDO, G. L. R.; ALVARENGA, N. I. M.; SILVA, F. V. Estabelecimento de espécies arbóreas em recuperação de área degradada pela extração de areia. **Revista Cerne**, v. 7, n. 2, p. 43-52, 2001.

SOUZA, S. C. M.; PIÑA-RODRIGUES, M. C. F. Desenvolvimento de espécies arbóreas em sistemas agroflorestais para recuperação de áreas degradadas na Floresta Ombrófila Densa, Paraty, RJ. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 37, n. 1, p. 89-98, 2013.

SOUZA, R. T. M.; VERONA, L. A. F.; MARTINS, S. R. Avaliação de sustentabilidade de agroecossistemas familiares de base agroecológica mediante a utilização do método MESMIS numa abordagem sistêmica. **Revista Brasileira de Agroecologia (ABA)**, v. 11, n. 4, p. 354-366, 2016.

SOUZA W. A.; VIEIRA T. A. Sistemas agroflorestais: uma análise bibliométrica da produção científica de revistas brasileiras no período de 2005 a 2015. **Revista Espacios**, v. 38, n. 36, 7 p. 2017.

SCHROTH G.; KRAUSS U.; GASPAROTTO L. *et al.* Pests and diseases in agroforestry systems of the humid tropics. **Agroforestry Systems**, v. 50, p. 199-241, 2000.

SCHROTH G.; LEHMANN J.; RODRIGUES M. R. L. *et al.* Plant-soil interactions in multistrata agroforestry in the humid tropics. **Agroforestry Systems**, v. 53, p. 85-102, 2001.

SHUMACHER M. V.; BRUN E. J.; HERNANDES J. I.; KÖNIG F. G. Produção de se-rapilheira em uma floresta de *Araucaria angustifolia* (Bertol.) Kuntze no município de Pinhal-Grande, RS. **Revista Árvore** Viçosa, MG, v. 28, n. 1, p. 29-37, 2004.

SCHULZ B; BECKER B; GOTSCH E. Indigenous Knowledge in a modern sustainable Agroforestry System – a case study from Eastern Brazil. **Agroforestry Systems**, v. 25, p. 59-69, 1994.

STOLARSKI, Oiliam Carlos.; SGARBI, Ana Suelen.; BECHARA, Fernando Campa-nhã.; GORENSTEIN, Mauricio Romero.; KLEIN, Anderson William.; ESTEVAN, Daniela Aparecida.; VUADEN, Elizabete.; BRIZOLA, Gilmar P.; PASTORIO Alini P.; BARD-DAL, Murilo Lacerda.; SILVA, Claudemir D. Avaliação inicial de plantio de espécies regionais para restauração de áreas degradadas no sudoeste do Paraná, Brasil. In: 15ª JORNADAS TÉCNICAS FORESTALES Y AMBIENTALES, 2012b. Misiones. **Anais** [...], p.1-8, 2012.

SZOTT, L.T.; FERNANDES, E. C. M.; SANCHEZ, P. A. Soil –plant interations in agro-forestry systems. **Forest Ecology and Management**, v. 45, n. 1, p. 127-152, 1991.

TAIZ, L. and ZEIGER, E. Plant Physiology. 5th Edition, Sinauer Associates Inc., Sun-derland, 782 p. 2010.

TAMBOSI L, R.; VIDAL M, M.; DE BARRO FERRAZ, S, F.; METZGER J, P. Funções

eco-hidrológicas das florestas nativas e o Código Florestal. **Estudos Avançados**, v. 29, n. 84, p. 151-162, 2015.

TABARELLI, M.; AGUIAR, A. V.; RIBEIRO, MILTON CESAR.; METZGER, J. P. The conversion of the atlantic forest in antropogenic landscapes: Lessons for the conservation of biological diversity of tropical forests. **Interciência** (Caracas), v. 37, p. 88-92, 2012.

TABARELLI, MARCELO.; VENCESLAU AGUIAR, A.; CEZAR RIBEIRO, M.; METZGER, JEAN P. "A conversão da floresta atlântica em paisagens antrópicas: lições para a conservação da diversidade biológica das florestas tropicais." **Interciência**, v. 37, n. 2, p. 88-92, 2012. Disponível em: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=33922717002> > Acesso em: 06/07/2022

TOPANOTTI L. R.; GERBER D.; STOLARSK O. C.; TRENTIN B. E.; PERTILLE C. T.; SCHORR L. P. B.; GORENSTEIN M. R.; NICOLETTI M. F.; BECHARA F.C. Initial Growth Performance of valuable Timber Species in Southern Brazil: *Araucaria angustifolia*, *Balfourodendron riedelianum* and *Parapiptadenia rigida*. **Revista Árvore**, v. 43, n. 4, 10 p. 2019.

THOMAZ, L. D. **Florística e Fitossociologia da Floresta Atlântica na Estação Biológica de Santa Lúcia, Santa Tereza – ES**. 1996. 323p. Tese (Doutorado em Ciências Biológicas), Universidade Nacional Estadual Paulista (UNESP), Rio Claro.

VALLADARES F. I.; ARANDA A.; SÁNCHEZ-GÓMEZ D. La Luz Como Factor Ecológico y evolutivo para las plantas y su Interacción con el agua. *In: Ecología del Bosque Mediterráneo en un mundo cambiante*. Ministerio De Medio Ambiente, Egraf, S.A. Madrid. 2004, p. 335-369.

VAZ DA SILVA P. P. Sistemas Agroflorestais para recuperação de Matas Ciliares em Piracicaba, SP. 2002. 110 p. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz (ESALQ-USP). Piracicaba, São Paulo.

VAZ DA SILVA P. P. Agroflorestas, Clareiras e Sustentabilidade. *In: SISTEMAS AGRO-FLORESTAIS: experiências e reflexões*. Brasília (DF): EMBRAPA Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária Embrapa Meio Ambiente Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento, 2017. cap. 11, p. 189-207.

VAN NOORDWIJK M.; PURNOMOSIDHI P. Root architecture in relation to tree-soil-crop interactions and shoot pruning in agroforestry. **Agroforest Syst**, v. 30, p. 161-173. 1995.

VINHOTE, E. G.; FREITAS, F. C.; AZEVEDO, C. P.; SOUZA, C. R. Diversity and similarity of species of natural regeneration after logging in commercially managed forest in Central Amazon. **Ciência Florestal** Santa Maria, v. 30, n. 4, p. 1116-1129, 2020.

YOUNG, A. Agroforestry for soil conservation. Wallingford: CAB International. ICRAF. **Science and Practice of Agroforestry**, n. 4, 275 p, 1991.

ZAMORA D.; UDAWATTA R. P. Agroforestry as a catalyst for on-farm conservation and diversification. **Agroforest Syst**, v. 90, n. 5, p. 711-714, 2016.

ZIMMERMANN A. P. L.; RORATO D. G.; SCHRODER T.; SCHNEIDER P. R.; DUTRA A. F. Crescimento de Ipê amarelo na região central do Rio Grande do Sul. **Pesquisa Florestal Brasileira**, Colombo, v. 34, n. 80, p. 443-447, 2014.

APENDICE A - Nome comum e científico das espécies arbóreas plantadas no SAFs da UNEPE-UTFPR campus Dois Vizinhos de acordo com a classificação taxonômica de Carvalho (2003). O ordenamento das espécies pelos seus números concorda em relação a ordem vista na tabela 4 de este trabalho.

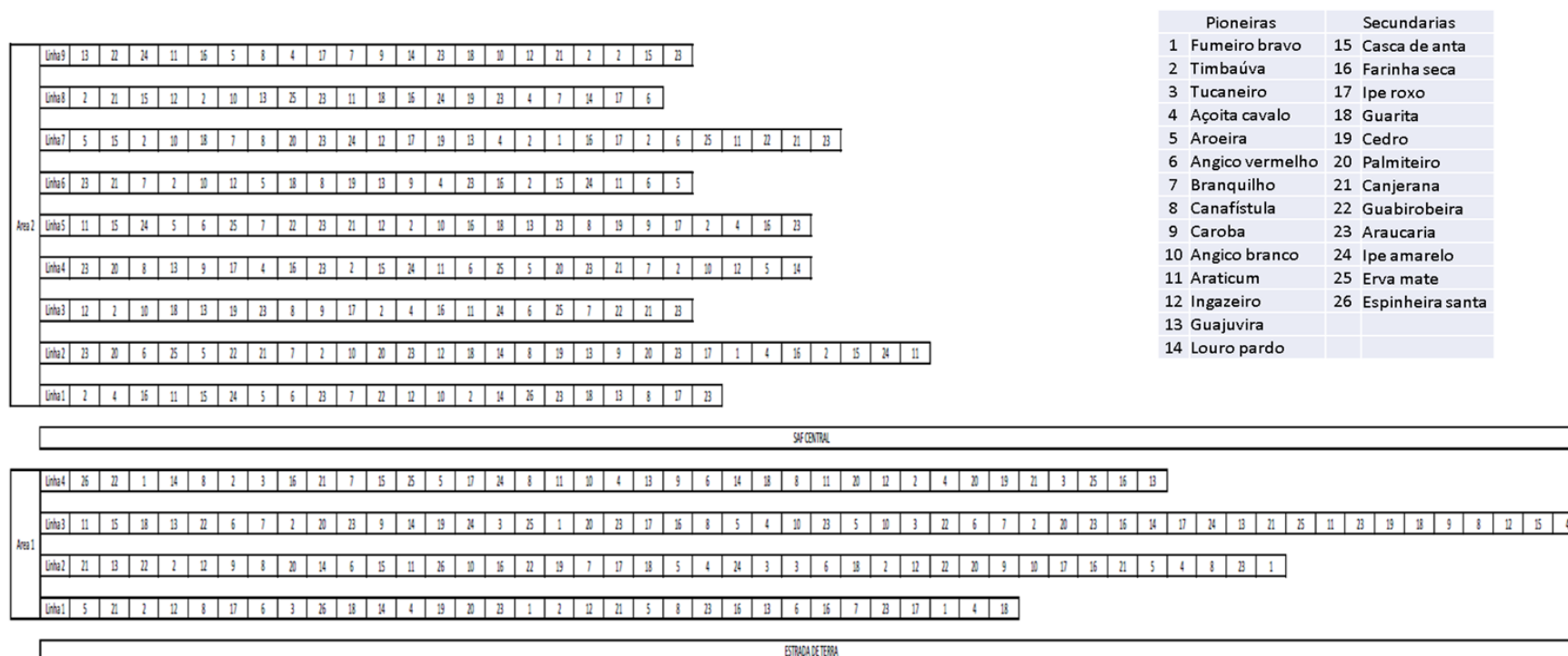
NOME COMUM E CIENTÍFICO DAS ESPÉCIES ARBÓREAS PLANTADAS NO SAFS DA UNEPE-UTFPR CAMPUS DOIS VIZINHOS DE ACORDO COM A CLASSIFICAÇÃO TAXONÔMICA DE CARVALHO (2003). O ORDENAMENTO DAS ESPÉCIES PELOS SEUS NÚMEROS CONCORDA EM RELAÇÃO A ORDEM VISTA NA TABELA 4 DE ESTE TRABALHO.

- 1) Fumeiro bravo (*Solanum bullatum* / família Solanaceae / ordem Solanales)
- 2) Timbaúva (*Enterolobium cortorstisiliquum* / família Mimosaceae / ordem Fabales)
- 3) Tucaneiro (*Citharexylum myrianthum* / família Verbenaceae / ordem Tubiflorae)
- 4) Açoita cavalo (*Luehea divaricata* / família Tiliaceae / ordem Malvales)
- 5) Aroeira (*Schinus terebinthifolius* / família Anacardiaceae / ordem Sapindales)
- 6) Angico vermelho (*Parapiptadenia rigida* / família Mimosaceae / ordem Fabales)
- 7) Branquilho (*Sebastiania commersoniana* / família Euphorbiaceae / ordem Geraniales)
- 8) Canafistula (*Peltophorum dubium* / família Caesalpiniaceae / ordem Fabales)
- 9) Caroba (*Jacaranda micrantha* / família Bignoniaceae / ordem Scrophulariales)
- 10) Angico branco (*Anadenanthera colubrina* var. *colubrina* / família Mimosaceae / ordem Fabales)
- 11) Araticum (*Annona cacans* / família Annonaceae / ordem Magnoliales)
- 12) Ingazeiro (*Inga edulis* / família Fabaceae / ordem Fabales)
- 13) Guajuvira (*Cordia americana* / família Boraginaceae / ordem Lamiales)
- 14) Louro pardo (*Cordia trichotoma* / família Boraginaceae / ordem Lamiales)
- 15) Casca de anta (*Rauvolfia selowii* / família Apocynaceae / ordem Gentianales)

- 16) Farinha seca (*Albizia edwallii* / família Fabaceae / ordem Fabales)
- 17) Ipê roxo (*Tabebuia heptaphylla* / família Bignoniaceae / ordem Scrophulariales)
- 18) Guaritá (*Astronium graveolens* / família Anacardiaceae / ordem Sapindales)
- 19) Cedro (*Cedrela fissilis* / família Meliaceae / ordem Sapindales)
- 20) Palmitheiro (*Euterpe edulis* / família Arecaceae – palmae / ordem Arecales)
- 21) Canjarana (*Cabralea canjerana* subesp. *canjerana* / família Meliaceae / ordem Sapindales)
- 22) Guabirobeira (*Campomanesia xanthocarpa* / família Myrtaceae / ordem Myrtales)
- 23) Araucária (*Araucaria angustifolia* / família Araucariaceae / ordem Coniferae)
- 24) Ipê amarelo (*Tabebuia alba* / família Bignoniaceae / ordem Scrophulariales)
- 25) Erva mate (*Ilex paraguariensis* / família Aquifoliaceae / ordem Celastrales)
- 26) Espinheira santa (*Maytenus ilicifolia* / família Celastraceae / ordem Celastrales).

APÊNDICE B – Croquis atual da agrofloresta (SAF) da UNEPE-UTFPR-DV mostrando a distribuição das árvores nas linhas de plantio.

CROQUIS ATUAL DA AGROFLORESTA (SAF) DA UNEPE-UTFPR-DV MOSTRANDO A DISTRIBUIÇÃO DAS ÁRVORES NAS LINHAS DE PLANTIO.



ANEXO A - Descrição de cada uma das espécies estudadas neste trabalho de acordo com as informações do Carvalho P. E. 2003.

Solanum bullatum: Pode se desenvolver como arbusto, arvoreta ou árvore perenifólia. As árvores maiores atingem dimensões próximas a 13 m de altura e 30 cm de DAP na idade adulta. O fuste mede até 8 m de comprimento. É uma espécie monoica polinizada essencialmente por abelhas e diversos pequenos insetos. Tem floração de setembro a maio. Os frutos maduros ocorrem de janeiro a março. A dispersão dos frutos é zoocórica notadamente feita pelo macaco-bugio ou guariba - *Alouatta fusca* e várias espécies de morcegos. Se distribui entre os estados Espírito Santo, Minas Gerais, Paraná, Santa Catarina, Rio de Janeiro e São Paulo entre 150 até 1285 m de altitude. É frequente na borda da floresta com indivíduos esparsos, tornando-se mais expressiva nos pinhais semi-devastados com frequência de até 8 indivíduos por hectare na Floresta Ombrófila Mista. Tolerava baixas temperaturas, é recomendada para plantação a pleno sol e tem crescimento rápido. Adequada para produção de papel. É importante para restauração de ambientes fluviais ou ripários e recuperação de ecossistemas degradados.

Enterolobium cortorstisiliquum: É uma árvore caducifólia que pode alcançar até 40 m de altura e 300 cm de DAP na região Centro-Sul do Brasil. O tronco é reto ou pouco tortuoso, cilíndrico e livre de ramos laterais quando cresce na floresta natural; ou tortuoso, curto e grosso quando a árvore cresce de forma isolada. Pode apresentar fuste com até 15 m de comprimento. Copa ampla em forma de guarda-chuva, com até 25 m de diâmetro quando a árvore é isolada. As flores são hermafroditas e polinizadas por abelhas e outros insetos pequenos, a floração ocorre entre outubro e março. Os frutos amadurecem de junho a setembro sendo um legume bacóide, indeiscente, preto quando maduro (persistindo durante o inverno sobre a árvore desnuda), recurvado, carnoso, semilenhoso, possuindo forma característica que faz lembrar uma orelha humana; frutos e sementes com dispersão autocórica, por gravidade, e zoocórica, provavelmente por mamíferos terrestres. Na natureza a semente passa pelo trato digestivo dos animais, superando assim a dormência. Possui ampla ocorrência natural no sul do Brasil desde Maranhão até Rio Grande do Sul numa altitude de 5 até 1200 metros acima do nível do mar, também encontrada no nordeste da Argentina e Uruguai, leste do Paraguai, sul da Bolívia e Peru; tolerava temperaturas baixas (-4,5°C Laranjeiras do Sul, PR). Ocorre naturalmente em vários tipos de solos, tanto nos de baixa como nos de alta fertilidade química, porém, evita solos rasos e excessivamente úmidos. A posição nos grupos ecológicos é discutida por vários autores sendo considerada como pioneira, secundária inicial ou secundária com tendência a clímax, é comum na vegetação secundária: em clareiras, capoeirões e em matas degradadas. As raízes da timbaúva apresentam micorrizas arbusculares e associam-se com *Rhizobium*, apresentando nódulos grandes, coralóides, com distribuição superficial e com atividade da nitrogenase. Em florestas naturais, árvores adultas toleram temperaturas mínimas de até -5°C. Irregular, sem dominância apical, tortuosa, com tronco curto, bifurcada quase desde a base, com acamamento do caule e ramificação intensa e pesada. Não apresenta desrama natural, necessitando de poda periódica e frequente (poda de condução e dos galhos). A época ideal da poda é em julho e em agosto. a timbaúva não deve ser plantada em plantio puro a pleno sol, pois não resolve a forma e induz ao ataque de pragas. Além do mais, cresce menos em altura e DAP quando comparada com o plantio misto. Deve ser plantada em plantio misto a pleno sol, associada com espécies de mesmo padrão de crescimento, para melhorar a forma ou para o tutoramento de espécies clímax; ou em vegetação matricial, em faixas abertas em vegetação secundária e plantada em linhas, onde tolerava sombreamento leve na fase juvenil.

Citharexylum myrianthum: Árvore caducifólia, com 6 a 15 m de altura e 20 a 40 cm de DAP, podendo atingir até 25 m de altura e 70 cm de DAP. Fuste com até 5m de comprimento, As Flores são alvas, às vezes levemente róseas, pequenas, tubulosas, e com odor adocicado, reunidas em inflorescência multiflora, em cachos axilares e terminais de 6,5 a 20 cm de comprimento. É uma planta funcionalmente dióica, o vetor de polinização: principalmente as mariposas da família Sphingidae – *Aelopus titan* e *Agrius singulata*. Também são considerados polinizadores, diversos insetos pequenos, borboletas e várias espécies de beija-flores. A floração ocorre de outubro a dezembro. O Fruto é drupa oblonga, recoberta em 40% pelo cálice persistente, medindo cerca de 1,5 cm de comprimento por 0,9 cm de largura, de coloração alaranjada até vermelha, com polpa carnosa mole, com dois caroços. Os frutos amadurecem de janeiro a março e tanto frutos como sementes têm dispersão zoocórica, sendo as aves principalmente o tucano (*Ramphastos toco*) e mamíferos como o macaco-bugio (*Alouatta fusca*). É uma espécie pioneira de crescimento rápido encontrada no litoral de Santa Catarina numa densidade de 7 a 15 árvores por hectare. Seu hábito de crescimento é irregular, com emissão de brotação desde a base e presença de multitrancos. Necessita de desrama artificial periódica, principalmente poda de condução. Ainda o plantio a pleno sol é recomendado, podendo compor plantios mistos como tutor de espécies secundárias- Em relação a importância e uso da madeira do tucaneiro, por apresentar boa ressonância, é própria para instrumentos de corda, especialmente guitarras. o plantio dessa espécie é recomendado em áreas de praças, parques e jardins onde o terreno apresente o lençol freático superficial e o solo seja supersaturado em água.

Luehea divaricata: Árvore caducifólia, com 3,5 a 15 m de altura e 20 a 50 cm de DAP, podendo atingir até 30 m de altura e 100 cm de DAP, na idade adulta. no interior da floresta, forma fustes quase retos, com até 10 m de comprimento. com vistosas pétalas róseas, roxas ou raramente brancas, chegando a medir 2,5 cm de comprimento e seus frutos são uma cápsula lobada de valvas lenhosas com 2 a 3 cm de comprimento. A árvore floresce de dezembro a abril e os frutos amadurecem desde maio até julho. Essa espécie é hermafrodita e é polinizada principalmente por abelhas, destacando-se *Apis mellifera* (abelha-europeia ou abelha-africanizada) e esporadicamente os beija-flores; os frutos amadurecem de maio até julho. O processo reprodutivo inicia precocemente, por volta dos 2 anos de idade, em plantios. A dispersão dos frutos e sementes é feita pelo vento (anemocoria). ocorre de forma natural no nordeste da Argentina, no leste do Paraguai e no Uruguai; já no Brasil pode ser encontrada desde os estados do sul como Rio Grande do Sul até o norte do país no estado Alagoas. É uma espécie pioneira, mas também é longeva podendo ser encontrada em florestas secundárias, ou seja, em estado avançado da sucessão. Em Floresta Semidecidual Estacional no Rio Grande do Sul se encontrou uma densidade de 3 indivíduos por hectare, pode suportar até -10,4 °C. O açoita cavalo é uma espécie heliófila que tolera sombreamento na fase juvenil. Apresenta acamamento do caule, ramificação pesada e formação de multitrancos. Tem a tendência de formar touceiras. Os plantios em vegetação matricial arbórea ou em espaçamento apertado corrigem gradativamente a forma, evitando ramificações precoces. Essa espécie não apresenta desrama natural, devendo sofrer poda de condução, para a formação de um único tronco, complementada com podas sucessivas para retirar os galhos grossos. A madeira de açoita cavalo é indicada para confecção de estrutura de móveis, hélices de avião, caixas, embalagens, artefatos de madeira, saltos para calçados, peças

torneadas e compensadas e confecção de contraplacados; em construção civil, é usada para tacos, ripas, molduras, cordões, guarnições, rodapés, caibros, esquadrias, forros, tabuados e vigamentos; fôrmas de calçados, cabos de vassoura e instrumentos musicais. Pela beleza das flores da árvore se recomenda sua plantação em praças, parque e rodovias entre cidades."

Schinus terebinthifolius: De arbusto a árvore perenifólia, de porte variado. Comumente com 2 a 10 m de altura e 10 a 30 cm de DAP, podendo atingir até 15 m de altura e 60 cm de DAP, na idade adulta. Tronco reto a tortuoso, inclinado e curto. Fuste de até 11 m de comprimento na floresta. Ramificação dicotômica, cimoso. Copa baixa, densifoliada a irregular, arredondada, densa e larga quando isolada. Branco-amareladas a branco-esverdeadas, pequenas e numerosas com 4 a 10 cm de comprimento, monoicas, principalmente polinizadas por abelhas das famílias Meliponinae-Apidae, destacando-se *Apis mellifera*, *Tetragonisca angustula* (abelha-jataí), *Nannotrigona testaceicomis* (abelha-irai), *Paratrigona subnuda* (jataí-da-terra) *Plebeia remota* (mirins) e *Friesella schrottkyi* (mirim-preguiça), além de Halictidae. A floração ocorre de outubro a março no Paraná e as árvores começam a se reproduzir sexualmente a partir do primeiro ano de idade. Os frutos são drupáceos, globosos e pequenos com 4 a 5,5 mm de diâmetro, levemente achatado no comprimento, amadurecem de janeiro a maio no Paraná. espécie amplamente disseminada por zoocoria, principalmente por aves. Também a través da mirmecoria (formigas) no chão. Cresce em altitudes que vão desde o nível do mar até os 2000 m de altura e tem se encontrado no Brasil desde o estado Alagoas até Rio Grande do Sul. Espécie considerada pioneira ou secundária inicial e que ainda persiste em florestas secundárias. Pode suportar até -11,6 °C. apresenta forma tortuosa, sem dominância apical definida, com ramificação pesada, bifurcações e com multitruncos. Apresenta, também, desrama natural fraca, devendo sofrer podas frequentes de condução e dos galhos. em função de suas exigências ecológicas, a aroeira-pimenteira deve ser plantada a pleno sol. Apresenta brotação vigorosa após corte ou após a passagem do fogo, desde a altura do colo até alturas maiores. Ela apresenta, também, brotações das raízes. É usada principalmente como mourões de cerca já que é madeira de pouco valor comercial. pela beleza da folhagem, floração prolongada e frutificação persistente, a aroeira é utilizada, com frequência, como planta ornamental em praças e parques. Para essa finalidade tem, como restrição, o fato de apresentar — principalmente nas folhas — propriedades alergênicas em pessoas sensíveis, ocasionando intoxicações e alergias, mesmo não havendo contato direto.

Parapiptadenia rigida: árvore longeva geralmente com 4 a 20 m de altura e 40 a 70 cm de DAP, podendo atingir até 35 m de altura e 140 cm de DAP, na idade adulta. Fuste curto quando isolado e médio (5 a 8 m) ou longo (até 13 m de comprimento) na floresta primária. As flores são de coloração verde-amarelada, medindo 2 a 5 mm de comprimento e o fruto é legume típico articulado, plano e deiscente. As valvas se abrem desde o ápice até a porção média, permanecendo o resto unido pela sutura de coloração pardo-avermelhada-escuro, com 6 a 15 cm de comprimento e 1,5 a 2 cm de largura. É polinizada principalmente por abelhas pequenas, floresce de outubro a dezembro no Paraná e os frutos amadurecem de março a setembro. A sua Dispersão de frutos e sementes é autocórica, principalmente barocoria, por gravidade; anemocórica, pelo vento e hidrocórica, devido a sua ocorrência frequente junto aos cursos de água. Espécie com também ampla distribuição altitudinal encontrando-se desde os 30 m no Rio Grande do Sul até os 1100 m acima do nível do mar em Santa

Catarina, em fragmentos naturais observasse numa densidade de até 3 indivíduos por hectare. É uma espécie agressiva, comum em terrenos abandonados e frequentemente observada nas associações secundárias, ocupando posição importante nas capoeiras e nos capoeirões. Essa espécie apresenta regeneração natural abundante em clareiras abertas na floresta e tem se observado numa densidade de 3 indivíduos por hectare em fragmentos naturais no Rio Grande do Sul. As raízes de esta espécie se associam com *Rhizobium* e promovem a fixação biológica do nitrogênio no solo. Aconselha-se, na fase inicial do plantio, colocar um tutor, geralmente taquara de 2 m de altura, para a muda ficar ereta. Sem essa proteção, a planta fica quase acamada no solo. Não apresenta desrama natural; necessita de poda de condução e dos galhos, frequente e periódica. A desrama pode ser feita a partir de 2 anos de idade (poda verde). Para corrigir a tortuosidade do fuste (característica dessa espécie) que tem tendência a entortar-se e a ramificar-se, aconselha-se usar espaçamento inicial apertado (exemplo: 3 x 0,7 m) com posterior raleio. É uma espécie considerada em perigo de extinção. Pode ser utilizada em cidades para praças e parques.

Sebastiania commersoniana: arbusto ou árvore caducifólia, com 2 a 10 m de altura e 20 a 30 cm de DAP, podendo atingir até 20 m de altura e 50 cm de DAP, na idade adulta. Fuste podendo atingir até 10 m de comprimento. As flores são muito pequenas, apétalas, verde-amareladas, pouco aparentes, reunidas em inflorescências espiciformes terminais sobre ramos mais ou menos desenvolvidos, com 3 a 7 cm de comprimento, num eixo delgado. E o fruto é uma cápsula esférica tricoca seco-lenhosa, de cor verde, quando imatura, e castanha ou marrom quando madura, com 5 a 8 mm de diâmetro e com deiscência loculicida. É uma planta hermafrodita polinizada principalmente por abelhas e insetos pequenos, a floração ocorre de agosto até fevereiro e a frutificação de dezembro a janeiro. As árvores começam a se reproduzir a partir dos 5 anos de idade. A dispersão de frutos e sementes é por autocórica; principalmente barocórica, com deiscência explosiva; hidrocórica, devido à sua ocorrência frequente junto aos cursos de água, e zoocórica, principalmente ictiocórica, por peixes. Variação altitudinal: de 5 m em Santa Catarina a 1.200 m de altitude no Paraná e em Santa Catarina. o branquinho é muito comum nas orlas dos sub-bosques dos pinhais e sobretudo dos capões situados em solos úmidos e nas matas baixas de beira de rio e riachos onde, em certas áreas, essa espécie ocorre quase pura. Também é uma espécie com ampla distribuição altitudinal sendo encontrada desde os 5 m em Santa Catarina a 1.200 m de altitude no Paraná e em Santa Catarina; se encontra mais nos estados do sul do Brasil e pode suportar até - 10 °C de temperatura. O branquinho é uma espécie heliófila, que tolera sombreamento de intensidade leve na fase juvenil. Possui um hábito de crescimento bastante ramificado no tronco, a baixa altura. Apresenta pouca desrama natural, devendo sofrer poda de condução e poda lateral. a madeira de branquinho é usada na confecção de caixotaria, caibros, forro, palitos de mesa e de fósforos, cabos de ferramentas e de instrumentos agrícolas. Energia: espécie recomendada como produtora de lenha e carvão com alto poder calorífico. Celulose e papel: espécie adequada para o fabrico de papel.

Peltophorum dubium: árvore longeva caducifólia (perde totalmente as folhas no inverno), com 10 a 20 m de altura e 35 a 90 cm de DAP, podendo atingir excepcionalmente 40 m de altura e 300 cm de DAP, na idade adulta. No Nordeste do Brasil, atinge 12 m de altura. As flores são amarelo-vivas ou alaranjadas, com até 2

cm de comprimento, em vistosas panículas ou racemos terminais ferrugíneos e tomentosos, medindo até 30 cm de comprimento. Os frutos são uma sâmara com 4 a 9,5 cm de comprimento e 1 a 2,5 cm de largura. Planta hermafrodita polinizada principalmente por abelhas e pequenos insetos; floração de dezembro a março e os frutos amadurecem de abril a agosto. O processo reprodutivo inicia entre 7 e 12 anos de idade, em plantio. Autocórica, principalmente barocórica, por gravidade, e anemocórica (os frutos são lentamente dispersos pelo vento). As sementes da canafístula são encontradas no banco de sementes do solo. Em área da Floresta Estacional Decidual, no noroeste do Rio Grande do Sul, foram encontrados dois indivíduos por hectare. É uma espécie exigente de nitrogênio no solo e suas raízes não se associam com *Rhizobium* pelo qual não fixa biologicamente nitrogênio. Apresenta desrama natural, pode ser podada e manejada para incrementar sua altura de fuste. Na maioria dos plantios apresenta sobrevivência maior a 80% (como visto nos nossos resultados). Em plantio misto, associado com espécies pioneiras, apresenta poucos ramos, boa desrama e cicatrização natural, formando fuste alto e livre de nós. A madeira tem variados usos incluindo a produção de papel e é cultivada para ornamentação de áreas amplas, em arborização de avenidas, rodovias, praças, parques e jardins, de várias cidades brasileiras, entre as quais Curitiba, PR; Foz do Iguaçu, PR; Rio de Janeiro, RJ e Santa Maria, RS.

Jacaranda micrantha: é uma árvore caducifólia, com 10 a 20 m de altura e 30 a 50 cm de DAP, podendo alcançar até 30 m de altura e 85 cm de DAP, na idade adulta. As flores são violáceas ou azul-rosáceas, com 2 a 6 cm de comprimento, reunidas em panículas axilares de 20 a 30 cm de comprimento. Fruto: cápsula orbicular de bordas onduladas, deiscente de cor verde quando imatura, a marrom quando madura, com até 7 cm de comprimento e 6 cm de largura. Planta hermafrodita polinizada por abelhas, floresce em janeiro no Paraná e os frutos amadurecem de junho a setembro; frutos e sementes dispersadas pelo vento (anemocoria). É uma espécie heliófila, que tolera sombreamento de baixa intensidade na fase juvenil; tolera baixas temperaturas (-10,4°C). Apresenta crescimento monopodial e desrama natural satisfatória. Pode ser plantado em plantio misto, associado com espécies pioneiras, ou em linhas em faixas de 2 a 4 m de largura. Adequada para produção de celulose e papel. espécie muito ornamental pela beleza de suas flores, sendo usada em parques, avenidas e em arborização de rodovias. É utilizada na arborização de avenidas de várias cidades brasileiras, entre as quais Foz do Iguaçu, PR. Recomendada na recuperação de ecossistemas degradados e na arborização de cursos de água".

Anadenanthera colubrina var. *colubrina*: é uma árvore perenifólia a semicaducifólia, com 10 a 20 m de altura e 30 a 60 cm de DAP, podendo atingir até 35 m de altura e 1 m de DAP, na idade adulta. As flores brancas a amareladas, pequenas, perfumadas, reunidas em inflorescências terminais, em panículas de glomérulos com até 40 cm de comprimento. Os Fruto são um folículo deiscente por meio de uma fenda única, coriáceo, com as margens constrictas, marrom-escuro, estreito, com 11 a 30 cm de comprimento e 10 a 15 mm de largura. Planta hermafrodita polinizada principalmente por abelhas e pequenos insetos. Floresce de novembro a fevereiro e os frutos amadurecem de junho a novembro; o processo reprodutivo começa aos 5 anos de idade da árvore. Os frutos permanecem na árvore até a próxima floração. A Dispersão de frutos e sementes é por autocórica, principalmente barocórica, por gravidade. Ampla distribuição no Brasil desde o estado da Bahia até Rio Grande do Sul. Essa espécie é menos comum na Floresta Ombrófila Mista (Floresta com Araucária), onde

ocorre principalmente na mata ciliar, nos campos rupestres ou de altitude. Possui hábito de crescimento rápido por ser pioneira, mas irregular, geralmente apresenta acamamento do caule e bifurcações desde a base. Apresenta desrama natural deficiente, necessitando de poda de condução e dos galhos. A árvore tem floração exuberante, de grande beleza, sendo usada na arborização de estradas, parques e ruas, como em Curitiba, PR.

Annona cacans: árvore semicaducifólia, com 9 a 20 m de altura e 20 a 60 cm de DAP, podendo atingir até 30 m de altura e 100 cm de DAP, na idade adulta. Flores: em pedúnculos florais pubescentes de até 8 cm de comprimento e com brácteas até a metade de seu comprimento. Botão floral levemente globoso, piramidal, com 7 a 8 cm de diâmetro, os frutos são frutículos assentados sobre receptáculo concrecido, formando estrutura com 3,5 a 10 cm de diâmetro, subglobosos, glabros; quando maduros, apresentam coloração verde-amarelada. Planta hermafrodita principalmente polinizada pelo Besouro. Floresce de setembro a novembro e seus frutos amadurecem de fevereiro a maio. A Dispersão de frutos e sementes ocorre por autocórica, principalmente barocórica, por gravidade, e zoocórica, notadamente por mamíferos terrestres. Apresenta crescimento monopodial com pouca emissão de ramificação lateral. As vezes apresenta brotações basais, dando um aspecto de multitruncos. Apresenta desrama natural deficiente, necessitando de poda dos galhos. Esta espécie é adequada para plantio em parques, ruas, praças e arborização de rodovias. O inconveniente do uso dessa espécie para áreas de grande circulação é a queda dos frutos, que podem causar acidentes e, se consumidos, provocar diarreia

Inga edulis: uma espécie arbórea, de padrão foliar sempre-verde ou perenifólio. As árvores maiores de ingá-cipó atingem dimensões próximas a 28 m de altura e 90 cm de DAP (diâmetro à altura do peito, medido a 1,30 m do solo), na idade adulta. Contudo, geralmente o porte da árvore varia de 5 m a 10 m de altura. São plantas hermafroditas com flores perfumadas em inflorescências espiciformes, condensadas no ápice, solitárias ou agregadas em fascículos, medindo de 4 cm a 13 cm de comprimento. As flores possuem uma corola dourado-serícea, tubular ou infundibuliforme, medindo de 0,9 cm a 1,9 cm de comprimento. Florescem de aproximadamente de novembro a abril. O fruto é do tipo folículo, medindo de 30 cm a 200 cm de comprimento por 2 cm a 5 cm de largura; é também reto, curvado ou torcido, convexo, variando do verde ao castanho, quando maduro, com nervações longitudinais e a frutificação é assincrônica por população, permitindo a produção de frutos quase o ano inteiro. A dispersão de frutos e sementes ocorre por zoocoria, por várias espécies de animais silvestres, destacando-se pássaros e mamíferos e peixes e por hidrocoria (pelas águas). Ocorre naturalmente no continente sul americano desde Venezuela até o sul do Brasil no estado de Santa Catarina. É considerada uma espécie pioneira com ciclo de vida inferior a 20 anos. É uma leguminosa fixadora de nitrogênio (N) e quando cultivada em viveiro essa espécie tem capacidade de formar nódulos de *Rhizobium* nas raízes. é uma alternativa para plantios florestais mistos nos trópicos, crescendo bem em ambientes abertos. O sombreamento proporcionado pelos ingazeiros pode beneficiar culturas intercaladas, como as do café e do cacau, Esta espécie é mais indicada para sombreamento, principalmente à beira de rios, lagos e represas. Em plantio puro, no litoral do Paraná, entre o quarto e o quinto ano de idade, foi observada excelente deposição anual de serrapilheira ou *litter fall* de 963 g m⁻² o equivalente a 9,63 t ha⁻¹.

Cordia americana: árvore semicaducifólia, com 10 a 15 m de altura e 20 a 40 cm de DAP, podendo alcançar até 30 m de altura e 100 cm de DAP, na idade adulta. As flores são perfumadas, brancas ou beges, com 5 mm de comprimento, reunidas em panículas terminais. É uma planta hermafrodita polinizada principalmente por abelhas e pequenos insetos, floresce de outubro a novembro a frutifica de novembro a fevereiro. A dispersão de frutos e sementes é feita principalmente por anemocórica, pelo vento e também autocórica, notadamente barocórica, por gravidade. a guajuvira invade as capoeiras e roças em tal abundância que por vezes se torna uma verdadeira praga para os colonos no Sul do Brasil. Nas capoeiras, se desenvolve normalmente, formando associações quase puras, demonstrando crescimento relativamente rápido. É árvore longeva. É encontrada de forma natural, principalmente, na Floresta Estacional Semidecidual, onde ocupa o estrato superior e na zona de contato desta com a Floresta Ombrófila Mista (Floresta com Araucária). a guajuvira pode ser plantada em plantio misto, associada com espécies que possibilitem sombreamento lateral para estímulo da gema apical, possibilitando melhor forma, e plantio em linhas estreitas em faixas abertas de 1 a 2 m de largura. A guajuvira é uma espécie semi-heliófila que tolera sombreamento de baixa a média intensidade na fase jovem. É tolerante a baixas temperaturas. Árvores adultas toleram temperaturas mínimas de até -11°C. Possui um hábito de crescimento de tipo variável, desde copa irregular, com demasiada ramificação da base ou em vários pontos da altura e sem definição de fuste, ou com forma razoável. Espécie com desrama natural deficiente, necessitando de poda de formação e de poda de galhos. Sem poda frequente e periódica, seu aproveitamento madeireiro fica comprometido. Planta decorativa, utilizada em arborização, parques e passeios.

Cordia trichotoma: é uma árvore com crescimento lento a moderado caducifólia, com 8 a 20 m de altura e 40 a 60 cm de DAP, podendo atingir 35 m de altura e 100 cm ou mais de DAP, na idade adulta. A ramificação é monopodial quando jovem e dicotômica ou simpódica quando adulta. Copa alongada, densifoliada, arredondada, típica, com até 8 m de diâmetro. É uma planta polígama polinizada principalmente por abelhas e pequenos insetos que floresce de dezembro a junho e as flores são brancas no início e depois pardas, permanecendo na planta (flores marcescentes), perfumadas, com até 2 cm de comprimento. Grandes panículas terminais, densamente ramificadas, multifloras, vistosas, com 10 a 25 cm de comprimento e com cerca de cem flores. O fruto apresenta-se cilíndrico, rômbo, com superfície lisa de cor bege a bege-esverdeado, proveniente de ovário ínfero, de 8 a 13 mm de comprimento, por 3 a 4 mm de largura e amadurece de maio a setembro. A dispersão dos frutos e sementes ocorre por anemocórica, pelo vento. As sementes, envoltas pelo cálice persistente, voam longe, devido à corola marcescente, um perfeito paraquedas. As vezes é classificada como uma espécie secundária inicial e é comumente encontrada em floresta ombrófila mista com densidade de até 6 indivíduos por hectare. As raízes do louro-pardo apresentam fungos micorrízicos arbusculares. O louro-pardo é uma espécie semi-heliófila que tolera sombreamento de média intensidade, quando jovem; não apresenta desrama natural satisfatória, tendo inserção dos galhos em ângulo de 45° ou mais. A presença de ramos grossos é o principal problema de forma, devendo-se efetuar a poda.

Rauvolfia selowii: árvore perenifólia considerada secundária tardia, semidecídua (as folhas caem durante o inverno) e latescente. As árvores maiores atingem dimensões

próximas a 25 m de altura e 50 cm de DAP (diâmetro à altura do peito, medido a 1,30 m do solo) na idade adulta. As flores são branco-amareladas e perfumadas, com corola tubulosa, medindo de 4 mm a 7 mm de comprimento e a floração ocorre de setembro a novembro, no Paraná. O vector de polinização o visitante mais constante dessa espécie é a abelha-europeia ou africanizada (*Apis mellifera*), durante o dia. Outros visitantes frequentes são *Ornidia obesa* (Syrphidae) e *Vehilius inca* (Hesperiidae). Os frutos são do tipo drupáceo, medindo de 9 mm a 13 mm de comprimento por 6 mm a 8 mm de largura, apocárpico, elipsóides e lisos. A frutificação ocorre de março a maio. A Dispersão de frutos e sementes: zoocórica, notadamente por várias espécies de aves como pombas, saíras, sanhaços, pica-paus, sabiás e tuins, entre outras. A casca de anta tem hábito de crescimento é variável, desde crescimento monopodial à ramificação irregular, com bifurcações pesadas. Deve sofrer poda de condução e poda anual dos galhos, é indicada para plantio misto a pleno sol ou em abertura de faixas em vegetação secundária e plantio em linhas. A madeira embora seja útil para produção de papel, não tem amplo uso na carpintaria já que é leve, servindo para confecção de brinquedos e artefatos leves.

Albizia edwallii: é uma espécie arbórea, de comportamento semidecíduo, de mudança foliar. As árvores maiores atingem dimensões próximas a 25 m de altura e 70 cm de DAP (diâmetro à altura do peito, medido a 1,30 m do solo), na idade adulta. As flores ocorrem em ocorrem em capítulos globosos, medindo de 5 mm a 8 mm de diâmetro. São brancas, cerca de 15 a 20 por capítulo, com os estames medindo cerca de 15 mm de comprimento, é hermafrodita e floresce de outubro a dezembro sendo polinizada principalmente por abelhas e insetos pequenos. O fruto é um legume reto, glabrescente, lustroso, comprimido, papiráceo, com margem proeminente e faces transversalmente venosas, medindo de 12 cm a 20 cm de comprimento por 2 cm a 3 cm de largura, frutificando de abril a junho. A dispersão de sementes e frutos é autocórica, principalmente barocórica (por gravidade). É uma espécie heliófila e medianamente tolerante a baixas temperaturas, seu hábito de crescimento é irregular necessitando de desrama para melhoria do fuste; pode ser plantada a pleno sol, em plantios puros ou mistos. Árvore ornamental, principalmente pela forma e pela delicadeza de sua copa, que proporciona boa sombra. É ótima para arborização urbana, tanto de ruas como de praças.

Tabebuia heptaphylla: árvore caducifólia considerada secundária tardia, com 8 a 20 m de altura e 30 a 60 cm de DAP, podendo atingir até 35 m de altura e 150 cm de DAP. Na Região Nordeste, atinge até 11 m de altura. As Flores variando de roxo a rosa, com 5 a 8 cm de comprimento, reunidas em tirso curto multi-floral, terminal. É hermafrodita e apresenta incompatibilidade para autopolinização, seu vetor é principalmente a mamangava *Bombus morio* florescendo de abril a dezembro. Os frutos são uma cápsula linear, de coloração bege a quase preta após a deiscência das sementes, com 20 a 35 cm de comprimento e 1,5 cm de largura, contendo até 192 sementes. A semente: alada, com até 20 mm de comprimento e 7 mm de largura, com corpo castanho e duas asas esbranquiçadas, membranáceas, mais ou menos brilhantes. Os frutos amadurecem de julho a agosto, no Paraná. A dispersão de frutos e sementes é anemocórica (pelo vento). Árvore longeva, podendo atingir até 800 anos de idade. Também é uma espécie semi-heliófila que tolera sombreamento nos estágios iniciais do desenvolvimento, mas também pode ser plantada em pleno sol, apresenta desrama natural deficiente, necessitando de podas frequentes de condução e dos galhos, para aumentar sua altura comercial. Em plantio misto quando é

associado com espécies pioneiras e secundárias visando melhoria na forma do fuste, e em vegetação matricial arbórea, em faixas ou na vegetação secundária o ipê roxo pode ser plantado em linhas. É uma espécie considerada em perigo de extinção, também é indicada para restauração de mata ciliar em locais sem inundações. Indivíduos de ipê-roxo são encontrados em matas ciliares somente em barrancos, não sendo atingidos diretamente pela inundação; isso sugere que os indivíduos jovens teriam seu crescimento afetado por longos períodos de alagamento, não sobrevivendo nas áreas com grande flutuação da coluna d'água durante o período de cheia dos rios. A madeira do ipê-roxo é usada em construção civil e naval, carpintaria, marcenaria. Produz lenha de boa qualidade e é usada para produção de carvão. Espécie muito usada em praças, jardins públicos e na arborização de ruas, avenidas, estradas, alamedas de fazendas e em pequenos jardins residenciais, constituindo-se num deslumbramento quando cobre-se de flores num denso manto alegre e festivo, raramente igualado por outras espécies.

Astronium graveolens: árvore caducifólia, com 10 a 20 m de altura e com 40 a 60 cm de DAP, podendo atingir até 30 m de altura e 100 cm de DAP, na idade adulta. o tronco é reto, raramente aparecendo ocos, apresentando sapopemas na base do tronco. Fuste geralmente muito longo, podendo passar facilmente de 15 m, até 20 m de comprimento. As flores são vermelhas ou rosa, em panículas axilares. Os frutos são uma baga fusiforme com endocarpo mais ou menos delicado, com superfície lisa. As sementes são aladas e alongadas. Planta hermafrodita, cujo vetor de polinização é preferencialmente as abelhas, podendo participar, também, diversos insetos pequenos; a floração ocorre aproximadamente de junho a outubro. A dispersão dos frutos e sementes é anemocórica. O guaritá ocorre com frequência baixa, no interior da floresta. Sua ocorrência não é muito frequente a céu aberto, mas quando isso acontece, a árvore é mais baixa e com tronco liso. É uma espécie inadequada para plantio puro, a pleno sol, recomenda-se plantio misto, associado com espécies pioneiras. Apresenta crescimento lento a moderado, atingindo 2 a 3 m de altura aos 2 anos. *Astronium graveolens* corre risco de extinção, estando na lista das espécies para conservação genética no Estado de São Paulo.

Cedrela fissilis: é uma árvore caducifólia, secundária ou secundária tardia considerada por outros autores, com 10 a 25 m de altura e 40 a 80 cm de DAP, podendo atingir até 40 m de altura e 300 cm de DAP, na idade adulta. Todas as partes da planta, quando esmagadas, apresentam cheiro de alho. As flores são unissexuais, é uma planta alogama o que significa também que as flores masculinas mais alongadas que as femininas, amadurecendo em tempo diferente destas, com pétalas esverdeado-brancas, às vezes rosadas no ápice, com 12 mm de comprimento, reunidas em tirsos axilares de até 30 cm de comprimento em média, às vezes alcançando até 60 cm. Planta hermafrodita ou monoica, apresentando flores unissexuais. É polinizada por mariposas e abelhas, floresce de setembro a janeiro. Os frutos são uma cápsula piriforme deiscente, septífraga, abrindo-se até mais da metade por cinco valvas longitudinais, lenhosas, espessas, rugosas, marrom-escuras, com lenticelas claras, com 3 a 10 cm de comprimento e 3 a 3,5 cm de largura, pesando cerca de 13 g. A dispersão de frutos e sementes se dá pela queda das sementes no solo, dentro do fruto ou pela ação dispersante do vento. O cedro é uma essência parcialmente esciófila no estágio juvenil e heliófila no estágio adulto. O cedro brota após corte, principalmente quando jovem. Dessa forma seu hábito de crescimento é irregular e variável quando atacada pela broca-do-cedro (*Hypsipyla grandella*). Quando livre do

ataque, apresenta forma satisfatória e ramificação leve. Apresenta desrama natural deficiente, necessitando de poda de condução, decepa e poda dos galhos, periódica e frequente. Os indivíduos eventualmente atacados pela broca (*Hypsipyla grandella*) devem sofrer podas corretivas anuais nos primeiros 3 anos. Em Minas Gerais, o cedro é deixado em pastagens. Na Bolívia, seu uso é recomendado em quebra-ventos, como componente de cortinas de três ou mais fileiras de espécies mistas, em fileiras centrais ou para o enriquecimento de cortinas naturais. A madeira tem ampla utilidade na carpintaria, produz lenha de boa qualidade, mas não é apta para produção de papel. Também é largamente empregada no paisagismo de parques e grandes jardins e recomendada para arborização de praças públicas. É também usada em arborização de ruas em várias cidades brasileiras, entre as quais se destaca Foz do Iguaçu, PR.

Euterpe edulis: sua forma biológica é uma típica palmeira com 5 a 10 m de altura e 5 a 15 cm de DAP. Atinge até 20 m de altura e 30 cm de DAP, na idade adulta, o tronco é reto, cilíndrico, não-estolonífero (não brota na base). As Flores são unissexuais, sendo as masculinas em maior número, de coloração amarelada, numerosas, com 3 a 6 mm de comprimento, distribuídas em grupo de três, uma feminina, entre duas masculinas. É uma planta monoica. Floresce de setembro a dezembro no Paraná, é polinizada por insetos pequenos. O fruto é uma drupa subglobosa, composta por um epicarpo (casca) pouco espesso, lisa, violáceo-escura, com polpa escassa encerrando uma semente. Frutifica de maio a outubro, no Paraná. O processo reprodutivo inicia ao redor dos 6 anos de idade. A dispersão de frutos e sementes é autocórica, ocorrendo predominantemente num raio de 5 m da planta-mãe, ocasionando um acúmulo de sementes em pequenas áreas. Como consequência, a regeneração natural ocorre em “manchas de alta densidade” com até 400 plântulas por metro quadrado. É uma espécie considerada clímax e soporta solos com anegamento, não é uma planta exigente, desenvolve-se em solo pobre em fósforo (P), cálcio (Ca), potássio (K) e magnésio (Mg), com alto índice de acidez (pH entre 4,1 e 5,6) e elevado teor de matéria orgânica. O palmiteiro é uma planta não estolonífera (não rebrota da base) como o açai (*Euterpe oleraceae*). É uma espécie esciófila. Não tolera insolação direta quando jovem, necessitando de sombreamento temporário de intensidade média. É uma espécie usada em sistema silviagrícola, com espécies perenes, como cafeeiro (*Coffea arabica*) no norte do Paraná. Entre os diferentes usos se tem as folhas usadas em artesanato, na confecção de cadeiras de palha.

Cabralea canjerana subesp. *canjerana*: é uma árvore caducifólia, com 5 a 20 m de altura e 20 a 50 cm de DAP, podendo alcançar até 35 m de altura e 230 cm de DAP, na idade adulta. Tem Flores com coloração branco-esverdeada, pequenas, aromáticas, reunidas em inflorescência em tirsos axilares, com 6 a 25 cm de comprimento. O fruto é uma cápsula globosa ou elipsóide, com ápice arredondado e base estreitada de cima para baixo, frutifica de junho a janeiro. Uma característica dessa subespécie é ter flores e frutos maduros na mesma época. A dispersão de sementes ocorre por zoocórica, principalmente por aves, atraídas pela cor alaranjada do arilo. o número de aves dispersoras das sementes dessa espécie está relacionado com o tamanho dos fragmentos. Assim, num fragmento florestal maior, ele assinalou 35 espécies de aves, sendo *Tityra cayana*, *Tirannidae* o principal dispersor, e no fragmento menor, 14 espécies de aves, sendo *Vireo olivaceus*, *Vireonidae*, o mais importante dispersor. Por sua vez, as sementes de canjerana, no solo, são intensamente atacadas por roedores e insetos predadores e formigas *Ponerinae*

podem atuar como dispersoras secundárias das sementes. É uma espécie considerada tardia tolerante à sombra. É uma árvore longeva, podendo ultrapassar 300 anos de idade. A canjarana é uma espécie umbrófila na fase juvenil ou esciófila, que tolera sombreamento, mas também pode ser plantada a pleno sol. É uma espécie também atacada pela *Hysiphyla grandella*. o suco dos frutos tem ação inseticida, devendo, ser tóxico aos animais

Campomanesia xanthocarpa: é uma árvore ou arvoreta decídua cujos indivíduos maiores atingem dimensões próximas de 25 m de altura e 70 cm de DAP, na idade adulta. É uma espécie monoica com flores isoladas, brancas, muito vistosas, mas pouco duradouras, com 1 a 4 flores por verticilo. É uma planta monoica, polinizada essencialmente por abelhas e diversos insetos pequenos e floresce de setembro a novembro. O fruto é uma baga globosa, com 15 a 20 mm de diâmetro. Pode ser axilar, solitário ou geminado. É verde, quando imaturo, e amarelo ou alaranjado, quando maduro. É comestível, de sabor doce. Os frutos amadurecem de novembro a janeiro e a dispersão de frutos e sementes é zoocórica. Dentre vários animais, podem ser citados o lagarto-teiú (*Tupinamba* sp.), o mono-carvoeiro (*Brachyteles arachnoides*) e o mico-leão-dourado. A guabirobeira também é considerada uma espécie secundária inicial tolerante à sombra; fora do Brasil, ocorre na Argentina, na Selva Misionera, com frequência de 3 a 7 indivíduos adultos por hectare. Além dos seus usos medicinais, a guabirobeira frutifica com grande intensidade, razão pela qual seus frutos são consumidos por várias espécies de pássaros, constituindo o alimento favorito dos papagaios (família Psittacidae) e de outros animais silvestres. Por isso, é indicada para plantios heterogêneos destinados à recomposição de áreas degradadas de preservação permanente e à restauração de ambientes ripários. A guaviroveira é uma das espécies da Floresta de Araucária que apresenta a maior deposição de serapilheira e macronutrientes, caracterizando-se como espécie decídua e de grande importância na estrutura da floresta

Araucária angustifolia: é uma árvore perenifólia, de aspecto original e contrastante com as demais árvores do Sul do Brasil, com 10 a 35 m de altura e 50 a 120 cm de DAP, atingindo excepcionalmente 50 m de altura e 250 cm ou mais de DAP, na idade adulta. A idade média de pinheiros adultos, com diâmetros superiores a 1,50 m, está entre 140 e 200 anos, raramente ultrapassando os 300 anos. É uma planta dioicas, raramente monoica por traumas ou doenças, as flores masculinas em amento cilíndrico alongado, de 10 a 22 cm de comprimento, por 2 a 5 cm de diâmetro, com escamas coriáceas. Flores femininas em estróbilo (chamado de pinha) ou cone subarredondado. É polinizado principalmente pelo vento e o amadurecimento do pólen e a subsequente polinização efetuam-se de agosto a outubro. Normalmente, 2 anos após a polinização, as pinhas ficam maduras. Contudo, o ciclo evolutivo completo do pinheiro-do-paraná, do carpelo primordial à semente, dá-se num período de 4 anos, aproximadamente. A floração ocorre da forma seguinte: o estróbilo masculino de agosto a janeiro, e o estróbilo feminino visível o ano todo. Quando plantado, árvores isoladas iniciam a produção de sementes entre 10 e 15 anos, mas em povoamentos, a produção de sementes dá-se a partir de 20 anos. A dispersão de frutos e sementes geralmente é apenas por autocoria, principalmente barocórica, limitada (60 a 80 m) à vizinhança da árvore-mãe, devido ao peso das sementes. Algumas vezes é zoocórica, feita por aves e roedores. Entre os roedores, citam-se: ratos-do-mato (*Oryzomys ratticeps*), pacas (*Agouti paca*), cutias (*Dasyprocta azarae* e *D. aguti*), ouriços (*Coendu villosus*) e o esquilo-brasileiro (*Sciurus aestuans*). A cutia (*Dasyprocta azarae*), como

grande apreciadora que é do pinhão e pelo costume que tem de enterrar as sementes, para comê-las depois, talvez seja, graças a esse comportamento, uma das disseminadoras mais importantes do pinheiro-do-paraná. Outra ave que atua como dispersora do pinheiro-do-paraná é o papagaio-de-peito-roxo, (*Amazona vinacea*). A Variação altitudinal va de 500 a 2.300 m de altitude, sendo encontrada, principalmente, em cotas altitudinais que variam de 500 a 1.800 m. Abaixo dessa altitude, o pinheiro-do-paraná ocorre apenas nas linhas de escoamento de ar frio, associada à palmeira-gerivá (*Syagrus romanzoffianum*), em capões relictos. Forma todo o estrato superior da floresta conhecida como mata de araucária ou pinheiral, em associação, principalmente, com espécies dos gêneros *Ilex*. Entre suas características silviculturais em plantios, tolera sombra no período juvenil, mas não tolera sombreamento lateral quando plantado em faixa em capoeira alta. A poda pode ser feita a partir do terceiro ano (poda verde), quando essa espécie for plantada em sítios adequados e a madeira for destinada à laminação. Em Sistemas agroflorestais nos 3 primeiros anos de plantio, o pinheiro-do-paraná pode ser consorciado com culturas agrícolas, o milho e algumas vezes o feijão, o arroz e a aveia. Esses consórcios, além de não prejudicarem o crescimento do pinheiro-do-paraná, fornecem sombreamento, condição importante para o início de implantação, e possibilitam uma renda extra que cobre os custos de manutenção da cultura florestal. O crescimento inicial do pinheiro-do-paraná é lento, mas a partir do terceiro ano, em sítios adequados, apresenta incremento anual em altura de 1 m e, a partir do quinto ano, taxas de incremento em diâmetro de 1,5 a 2,0 cm.

Tabebuia alba: árvore caducifólia, de altura variável, de 3 m de altura até 30 m de altura e 80 cm de DAP, na idade adulta. Todavia, é comum encontrar árvores com 5 a 15 m de altura e 20 a 50 cm de DAP. É uma planta hermafrodita provavelmente pela abelha mamangava (*Bombus morio*). Suas flores são amarelas, com 4 a 10 cm de comprimento, em tirso multifloral terminal com 10 a 20 cm ou mais de comprimento. As flores amarelas facilitam a identificação à distância, florescendo de julho a outubro no Paraná. O fruto é uma síliqua alongada, cilíndrica, deiscente, amarelo-castanha com 20 a 60 cm de comprimento por 1 a 2 cm de diâmetro, coberta de pêlos dourados, os frutos amadurecem de outubro a dezembro, no Paraná. Tem dispersão de frutos e sementes pelo vento (anemocórica). É uma espécie secundária inicial, encontrada principalmente nos sub-bosques dos pinhais, onde se pode encontrar regeneração regular, sobretudo em locais onde a floresta não é densa. No seu habito de crescimento apresenta forma irregular, com fuste curto, bifurcações e ramificações laterais. Não apresenta desrama natural, necessitando de podas frequentes de condução e dos galhos. O ipê-amarelo se adapta bem aos efeitos da poluição urbana, sendo muito utilizado em praças, na arborização de estradas e de fazendas. É recomendada em plantios de restauração florestal.

Ilex paraguariensis: a erva-mate varia de arvoreta a árvore perenifólia, racemosa, quase horizontal. Copa baixa, densifoliada, com folhagem verde-escura muito característica. A altura dessa espécie é variável; quando cultivada, oscila de 3 a 5 m, mas na floresta, pode atingir até 30 m de altura e 100 cm de DAP, na idade adulta. Flores: brancas, pequenas, sendo a inflorescência do tipo tirso, em pequenos fascículos com até cinco flores, sobre ramos velhos na axila foliar. As flores dessa espécie possuem uma característica especial. Embora em todas elas se encontrem estames e pistilos, nas flores femininas os estames não funcionam e, nas masculinas, o pistilo aborta. Floresce de setembro a novembro e seu vetor de polinização: Dípteros

e Himenópteros, entre outros insetos pequenos. A transferência de pólen é entomofílica, tendo sido descartada a possibilidade de anemofilia. É uma planta totalmente alógama ou de fecundação cruzada. Fruto globoso, com mesocarpo carnoso; endocarpo ósseo-lenhoso, envolvendo a semente, de 4 a 6 mm de diâmetro, e de superfície lisa. Fruto lustroso de coloração roxa-escuro quando maduro, e polpa mucilagínosa. Os frutos amadurecem de janeiro a abril. O processo reprodutivo inicia em árvores plantadas oriundas de propagação vegetativa, 2 anos após o plantio, e em árvores provenientes de sementes por volta dos 5 anos de idade, em sítios adequados. A dispersão de frutos e sementes é zoocórica, principalmente ornitocórica, notadamente pelos sabiás. É uma espécie clímax tolerante à sombra e cresce nas associações mais evoluídas dos pinhais. Em relação à densidade, numa área inventariada na Floresta Ombrófila Mista, em Caçador, SC, e na Selva Missioneira, em Misiones, Argentina, a erva-mate representou valores entre 3 a 55 exemplares por hectare. As raízes da erva-mate apresentam micorrizas arbusculares, associando-se com diferentes taxas de fungos micorrízicos: *Acaulospora*, *Glomus* e *Scutellospora*. A erva-mate caracteriza-se como planta esciófila; tolera sombreamento de intensidade média em qualquer idade, suportando mais luz na fase adulta. sofre um sistema de poda especial, já que sua cultura se destina à produção de folhas. A formação das erva-mates é contínua. A poda pode ser feita quando a muda vai para o campo, quebrando-se o ápice para induzir a brotação. Em muitos erva-mates, os espaçamentos nas linhas superam os 3 m entre plantas. Na Argentina, espaçamentos menores (2,5 x 1,5 m) têm proporcionado um aumento na produtividade dos erva-mates. No Brasil, alguns produtores têm usado esse espaçamento com sucesso. Essa espécie aceita plantio a pleno sol, sozinha ou em sistemas agroflorestais com outras culturas. A associação com culturas agrícolas é um fato comum, principalmente com mandioca (*Manihot esculenta*), milho (*Zea mays*) e feijoeiro (*Phaseolus vulgaris*) nos três primeiros anos após o plantio da erva-mate. Espécie altamente recomendável, pelo seu belo porte, para arborização e jardinagem. É também usada em cercas divisórias e arborização de alameda nas estradas de chácaras e fazendas. Recomendada na recuperação de ecossistemas degradados e na restauração de mata ciliar"

Maytenus ilicifolia: sua forma biológica é subarbusto, arvoreta ou árvore perenifólia. As árvores maiores atingem dimensões próximas de 12 m de altura e 35 cm de DAP, possui tronco liso e curto. Suas flores são pequenas e de pétalas oblongas, verde-amareladas, com pedicelos curtos e delgados, medindo de 1 a 2 mm de comprimento. Essa espécie é alógama. Vetor de polinização: abelhas e diversos insetos pequenos. Contudo, observou-se a presença de pequenas vespas não identificadas e de formigas, que podem ser polinizadoras ou simples pilhadoras de néctar. A floração ocorre de agosto a outubro. O Fruto é uma cápsula loculicida bivalvar, orbicular, de coloração vermelho-alaranjada, medindo de 6 a 10 mm de comprimento, com estilete no ápice. Os frutos amadurecem de dezembro a março e tanto sementes como frutos são dispersadas por zoocória principalmente pela avifauna. É uma espécie secundária, com crescimento lento, característica e abundante nos capões do Planalto Sul-Brasileiro, onde é planta do interior da floresta. A espinheira-santa é uma espécie que pode ocorrer tanto com iluminação direta como sob cobertura, sendo encontrada na terceira e na quarta fases de sucessão. Apesar do crescimento lento, a espinheira-santa apresenta qualidades ornamentais, podendo ser empregada, com sucesso, na arborização urbana, principalmente em ruas estreitas e sob redes elétricas.