UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
"JÚLIO DE MESQUITA FILHO"
Campus de Botucatu

FCA
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRONÔMICAS
UNESP | BOTUCATU

BRUNA ELISA TRENTIN

A NUCLEAÇÃO COMO ALTERNATIVA À RESTAURAÇÃO PASSIVA E AO REFLORESTAMENTO COM NATIVAS PARA A RESTAURAÇÃO FLORESTAL

Botucatu

2018

BRUNA ELISA TRENTIN

A NUCLEAÇÃO COMO ALTERNATIVA À RESTAURAÇÃO PASSIVA E AO REFLORESTAMENTO COM NATIVAS PARA A RESTAURAÇÃO FLORESTAL

Dissertação apresentada à Faculdade de Ciências Agronômicas da Unesp Campus de Botucatu, para obtenção do título de Mestre em Ciência Florestal.

Orientadora: Vera Lex Engel

Coorientador: Fernando Campanhã Bechara

Botucatu

2018

FICHA CATALOGRÁFICA ELABORADA PELA SEÇÃO TÉCNICA DE AQUISIÇÃO E TRATAMENTO DA INFORMAÇÃO – DIRETORIA TÉCNICA DE BIBLIOTECA E DOCUMENTAÇÃO - UNESP – FCA – LAGEADO – BOTUCATU (SP)

T795n

Trentin, Bruna Elisa, 1992-
A nucleação como alternativa à restauração passiva e ao reflorestamento com nativas para a restauração florestal / Bruna Elisa Trentin. – Botucatu: [s.n.], 2018
115 p.: fots. color., grafs., ils. color., tabs.

Dissertação (Mestrado)- Universidade Estadual Paulista Faculdade de Ciências Agronômicas, Botucatu, 2018
Orientadora: Vera Lex Engel
Coorientador: Fernando Campanhã Bechara
Inclui bibliografia

1. Floresta estacional semidecidual. 2. Floresta ombrófila mista. 3. Florestas - Restauração. 4. Nucleação. 5. Regeneração natural. I. Engel, Vera Lex. II. Bechara, Fernando Campanhã. III. Universidade Estadual Paulista Faculdade de Ciências Agronômicas. IV. Título.

Elaborada por Ana Lucia G. Kempinas – CRB-8:7310

"Permitida a cópia total ou parcial deste documento, desde que citada a fonte"

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA

Câmpus de Botucatu

CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

TÍTULO: A NUCLEAÇÃO COMO ALTERNATIVA À RESTAURAÇÃO PASSIVA E AO REFLORESTAMENTO COM NATIVAS PARA A RESTAURAÇÃO FLORESTAL

AUTORA: BRUNA ELISA TRENTIN
ORIENTADORA: VERA LEX ENGEL
COORIENTADOR: FERNANDO CAMPANHÃ BECHARA

Aprovada como parte das exigências para obtenção do Título de Mestra em CIÊNCIA FLORESTAL, pela Comissão Examinadora:

Profa. Dra. VERA LEX ENGEL
Dep de Ciência Florestal / Faculdade de Ciências Agronômicas de Botucatu

Profa. Dra. RENATA EVANGELISTA DE OLIVEIRA
Desenvolvimento Rural / Universidade Federal de São Carlos - Campus de Araras

Profa. Dra. ALESSANDRA DOS SANTOS PENHA
Biotecnologia de Produção Vegetal e Animal / UFSCar

Botucatu, 12 de abril de 2018.

Aos meus pais Neusa e

Dionisio, e aos meus irmãos

Paulo e Vanessa

dedico

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente aos meus pais, por serem pessoas maravilhosas, que sempre acreditaram em mim, me apoiaram e me incentivaram para que eu pudesse estar aqui hoje.

Aos meus irmãos, sem os quais não seria quem sou. Obrigada pelo apoio, incentivo e pela força sempre, mesmo com os tantos anos que passei longe, saibam que foram alicerces para que eu conseguisse concluir cada etapa.

À minha orientadora Dra. Vera Lex Engel, que me recebeu de braços abertos, e acreditou no meu trabalho. Obrigada por seu exemplo de mulher, professora, pesquisadora, e pelos seus ensinamentos.

Ao meu coorientador Dr. Fernando Campanhã Bechara, que me acompanhou desde o início da graduação, obrigada por todos os incentivos, apoio incondicional, por servir de exemplo como professor e pesquisador, e por despertar esse meu fascínio pela restauração.

Ao pessoal do LERF que me recebeu de braços abertos, Danila, Deivid, Diana, Rita, Zé, obrigada pela amizade de vocês, e também por toda ajuda, já fazem muita falta.

À professora Dra. Daniela Aparecida Estevan, por realizar a identificação das coletas e por apoiar esse projeto desde o início.

Aos alunos de graduação da UTFPR Dois Vizinhos, que me ajudaram a coletar os dados, Rafaela, Fabio, Matheus, Juliano, Bruno, William e Carla e principalmente à Naiara que me acompanhou durante muitos dias no campo. Sem a ajuda de vocês esse trabalho não seria possível.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), pela bolsa de estudos concedida para a realização do meu Mestrado.

E a todas as pessoas que fazem parte da minha vida, amigos e familiares, por todo apoio e auxílio a mim concedido, fazendo com que seguir esse caminho se tornasse mais agradável.

RESUMO

A escolha do método de restauração, sua implantação, manutenção e monitoramento são fatores de suma importância que devem ser considerados para o cumprimento dos objetivos e o sucesso da restauração ecológica. As técnicas de nucleação surgem como alternativa para a restauração florestal, em uma escala intermediária de grau de intervenção antrópica entre a restauração passiva e o reflorestamento em área total. Entretanto, existe ainda uma carência de estudos sobre nucleação, para que esta técnica seja mais difundida, e que possa ser validada cientificamente. Na busca de avaliar as vantagens de sua utilização em relação a outras técnicas, estudamos a potencialidade da nucleação para a restauração da floresta subtropical, considerando seu papel no controle de invasoras e na promoção da regeneração da vegetação nativa, bem como os custos de sua implantação/manutenção. A área de estudo encontra-se em um ecótono entre a Floresta Ombrófila Mista e a Floresta Estacional Semidecidual, no município de Dois Vizinhos-PR. Os tratamentos foram: (PAS) Restauração passiva; (NUC) Nucleação; e (REF) Reflorestamento com espécies nativas, usando grupos de preenchimento e diversidade. A riqueza de espécies regenerantes foi maior nos tratamentos passiva e nucleação. O custo da nucleação foi 26% menor, quando comparado ao reflorestamento. A nucleação foi mais similar à restauração passiva do que ao reflorestamento, indicando uma maior analogia com processos naturais. Porém, a nucleação não foi eficaz no controle de espécies invasoras, enquanto o reflorestamento em área total apresentou a menor cobertura de invasão. A combinação de um conjunto de técnicas ativas com técnicas passivas pode enriquecer o projeto de restauração de maneira ecológica e econômica. Recomendamos projetos mistos enriquecendo o reflorestamento com um espaço destinado à restauração passiva, onde pode ser possível utilizar algumas técnicas de nucleação isoladas. No entanto, em áreas com alta resiliência e sem problemas de invasão, a restauração passiva sozinha pode ser a melhor opção.

Palavras-chave: floresta estacional semidecidual, floresta ombrófila mista, regeneração natural, interações interespecificas

ABSTRACT

Choosing the restoration method, as well as its implementation, maintenance and monitoring are extremely important factors that must be considered for the ecological restoration success. Nucleation techniques appear at an intermediate scale of anthropic intervention between passive restoration and total area reforestation; however, there is still a lack of studies on nucleation, in order to make this technique more widespread and validated scientifically. To evaluate the advantages of nucleation compared to other techniques, we carried out a study of the nucleation potential for subtropical forest restoration, considering its role controlling invasive species and promoting native vegetation regeneration, as well as implementation and maintenance costs. The study site is in a transition of Mixed Ombrophilous Forest to Semideciduous Seasonal Forest, in Dois Vizinhos-PR. The treatments were: (PAS) Passive restoration; (NUC) Nucleation; and (REF) Reforestation with native species, with filling and diversity groups. Regenerating species richness was higher in PAS and NUC treatments. The cost of NUC was 26% lower when compared to REF. NUC was more similar to PAS than REF, indicating a greater analogy with natural processes. However, NUC was not efficient to control invasive species, while REF had lower invasion coverage. A combination of a set of active and passive techniques can enrich in an ecological and economically manner. We recommend mixed designs enriching reforestation with a space destined for passive restoration and where we can even use some isolated nucleation techniques. Nonetheless, in areas with high resilience and without invasion problems, passive restoration can be the best option alone.

Keywords: Semideciduous Seasonal Forest, Mixed Ombrophylous Forest, natural regeneration. Interspecific interactions

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 - Regras de montagem especificam qual subconjunto de espécies do pool total de espécies (na esquerda) tolerariam as condições específicas e formariam uma comunidade (na direita) (Traduzido de KEDDY, 1992) ...26
Figura 2 - Imagem de satélite da área de estudo com as parcelas de cada tratamento, localizada em Dois Vizinhos - PR. Legenda: PAS: Restauração passiva; NUC: Nucleação; REF: Reflorestamento misto com espécies nativas em grupos de preenchimento e diversidade; 1: Bloco 1; 2: Bloco 2; 3: Bloco 3. Unidade experimental da Universidade Tecnológica Federal do Paraná – Dois Vizinhos, PR, Brasil. 32
Figura 3 - Esquema do tratamento Reflorestamento misto de espécies nativas em grupos de preenchimento e diversidade, exemplificando a distribuição de espécies na linha e entre linhas. 34
Figura 4 - Esquema do tratamento Nucleação exemplificando as diferentes técnicas implantadas e os três diferentes modelos de faixa. 35
Figura 5 - Poleiros artificiais confeccionados com varas de eucalipto. Unidade experimental da Universidade Tecnológica Federal do Paraná – Dois Vizinhos, PR, Brasil. 36
Figura 6 - Abrigos artificiais sendo montados e após três anos da implantação. Unidade experimental da Universidade Tecnológica Federal do Paraná – Dois Vizinhos, PR, Brasil. 37
Figura 7 - a) Coleta do banco de sementes; b) Implantação do banco de sementes no viveiro; c) Banco de sementes já germinado e pronto para a implantação no campo; d) Banco de sementes plantado no campo. Unidade experimental da Universidade Tecnológica Federal do Paraná – Dois Vizinhos, PR, Brasil. 38
Figura 8 - a) Coletor de sementes instalado na floresta; b) Implantação das sementes no viveiro; c) Chuva de sementes germinada e pronta para implantação no campo; d) Chuva de sementes plantada no campo. Unidade experimental da Universidade Tecnológica Federal do Paraná – Dois Vizinhos, PR, Brasil. 39
Figura 9 - Plantio das mudas em grupos de Anderson e as mudas após três anos. Unidade experimental da Universidade Tecnológica Federal do Paraná – Dois Vizinhos, PR, Brasil. 40
Figura 10 - Núcleo com cobertura de Feijão-guandú após três anos de implantação. Unidade experimental da Universidade Tecnológica Federal do Paraná – Dois Vizinhos, PR, Brasil. 40
Figura 11 - Mudas de bromélia em grupo de Anderson logo após o plantio e três anos após. Unidade experimental da Universidade Tecnológica Federal do Paraná – Dois Vizinhos, PR, Brasil. 41
Figura 12 - Exemplo de uma parcela de 40x54 m com as seis faixas, sendo que as destacadas em vermelho exemplificam três faixas amostradas. 43
Figura 13 - Demonstração do processo de amostragem através da utilização de gabarito de madeira com a marcação de 50 cm. Unidade experimental da Universidade Tecnológica Federal do Paraná – Dois Vizinhos, PR, Brasil. 44
Figura 14 - a) Planta em jornal após prensagem e secagem. b) Exsicatas confeccionadas.....44

Figura 15 - a) Utilização do hipsômetro VERTEX® para medição de altura de árvore; b) Invasão por amendoim forrageiro; c) Invasão por gramíneas sendo analisada através do método de interceptação de linhas. Unidade experimental da Universidade Tecnológica Federal do Paraná – Dois Vizinhos, PR, Brasil. 47
Figura 16 - Porcentagem de espécies (regenerantes e plantadas) para cada uma das dez famílias mais abundantes para cada tratamento; a) Restauração passiva; b) Nucleação; c) Reflorestamento misto com espécies nativas em grupos de preenchimento e diversidade. 60
Figura 17 - Hábitos das espécies amostradas para cada tratamento segundo a classificação da Flora do Brasil (2016); a) Hábitos das espécies do tratamento Restauração passiva (PAS); b) Hábitos das espécies do tratamento Nucleação (NUC); c) Hábitos das espécies do tratamento Reflorestamento misto de espécies nativas em grupos de preenchimento e diversidade (REF). Onde: IN = indeterminadas; AB/AR = arbusto/árvore; AB = arbusto; AB/ER = arbusto/erva; AB/LI = arbusto/liana; AR = árvore; ER = erva; LI = liana; SB = subarbusto; PA = palmeira. 60
Figura 18 - Síndromes de dispersão das espécies amostradas para cada tratamento. a) Hábitos das espécies do tratamento Restauração passiva (PAS); b) Hábitos das espécies do tratamento Nucleação (NUC); c) Hábitos das espécies do tratamento Reflorestamento misto de espécies nativas em grupos de preenchimento e diversidade (REF). Onde: ZOO = zoocoria; IND = indeterminadas; ANE = anemocoria; AUT = autocoria. 61
Figura 19 - Porcentagem de indivíduos não oriundos de espécies plantadas (NO), oriundos de espécies plantadas (OP) e não identificados (NI) em relação ao número total de indivíduos em cada tratamento; a) Nucleação; b) Reflorestamento misto de espécies nativas em grupos de preenchimento e diversidade..... 61
Figura 20 - Áreas dominadas por plântulas de Croton urucurana na NUC. 66
Figura 21 - Densidade de indivíduos regenerantes, e regenerantes + plantados da Classe I, para cada tratamento. Caixas indicam o primeiro e o terceiro quartis, linhas horizontais dentro das caixas indicam média, linhas pontilhadas a amplitude. PAS = Restauração passiva; NUC = Nucleação; REF = Reflorestamento misto com espécies nativas em grupos de preenchimento e diversidade. 78
Figura 22 – a) Índice de diversidade de Shannon (H) de indivíduos regenerantes da Classe I para cada tratamento; b) Alfa de Fisher de indivíduos regenerantes da Classe I para cada tratamento; c) Índice de diversidade de Shannon (H) de indivíduos plantados e regenerantes da Classe I para cada tratamento; d) Alfa de Fisher de indivíduos plantados e regenerantes da Classe I para cada tratamento. Caixas indicam o primeiro e o terceiro quartis, linhas horizontais dentro das caixas indicam média, linhas pontilhadas a amplitude. Letras diferentes indicam diferença entre tratamentos ($p < 0,05$, teste de Tukey). PAS = Restauração passiva; NUC = Nucleação; REF = Reflorestamento misto com espécies nativas em grupos de preenchimento e diversidade. 79
Figura 23 - Curvas de rarefação para os três tratamentos considerando a abundância acumulada dos indivíduos da Classe I. PAS = Restauração passiva; NUC = Nucleação; REF = Reflorestamento misto com espécies nativas em grupos de preenchimento e diversidade; a) Classe I –

indivíduos regenerantes e plantados; b) Classe I – indivíduos regenerantes. Linhas azuis representam o intervalo de confiança (95%). 80
Figura 24 - Escalonamento multidimensional não métrico (NMDS) utilizando a abundancia de indivíduos regenerantes de cada espécie por tratamento. Stress = 0,14; ajuste não-métrico, R2 = 0,98; ajuste linear, R2 = 0,90, N=12. Cores diferentes representam grupos distintos. PAS-1 = Restauração passiva bloco 1; PAS-2 = Restauração passiva bloco 2; PAS-3 = Restauração passiva bloco 3; PAS-4 = Restauração passiva bloco 4; NUC-1 = Nucleação bloco 1; NUC-2 = Nucleação bloco 2; NUC-3 = Nucleação bloco 3; NUC-4 = Nucleação bloco 4. REF-1 = Reflorestamento bloco 1; REF-2 = Reflorestamento bloco 2; REF-3 = Reflorestamento bloco 3; REF-4 = Reflorestamento bloco 4.....81
Figura 25 - Densidade de indivíduos regenerantes e regenerantes + plantados da Classe II para cada tratamento. Caixas indicam o primeiro e o terceiro quartis, linhas horizontais dentro das caixas indicam média, linhas pontilhadas a amplitude. Letras diferentes indicam diferença entre tratamentos (p < 0,05, teste de Tukey). PAS = Restauração passiva; NUC = Nucleação; REF = Reflorestamento misto com espécies nativas em grupos de preenchimento e diversidade. Dados não transformados.....82
Figura 26 - Área basal de indivíduos regenerantes e regenerantes + plantados da Classe II para cada tratamento. Caixas indicam o primeiro e o terceiro quartis, linhas horizontais dentro das caixas indicam média, linhas pontilhadas a amplitude. Letras diferentes indicam diferença entre tratamentos (p < 0,05, teste de Tukey). PAS = Restauração passiva; NUC = Nucleação; REF = Reflorestamento misto com espécies nativas em grupos de preenchimento e diversidade.....83
Figura 27 - Cobertura de invasoras em cada tratamento. Caixas indicam o primeiro e o terceiro quartis, linhas horizontais dentro das caixas indicam média, linhas pontilhadas a amplitude. Letras diferentes indicam diferença entre tratamentos (p < 0,05, teste de Tukey). PAS = Restauração passiva; NUC = Nucleação; REF = Reflorestamento misto com espécies nativas em grupos de preenchimento e diversidade; Dados não transformados.....84
Figura 28 – a) Análise de regressão dos efeitos da densidade de indivíduos regenerantes da Classe I na cobertura de espécies invasoras – PAS; b) Análise de regressão dos efeitos da densidade de indivíduos regenerantes da Classe I na cobertura de espécies invasoras – NUC; c) Análise de regressão dos efeitos da densidade de indivíduos regenerantes da Classe I na cobertura de espécies invasoras - REF.....85
Figura 29 – a) Análise de regressão do efeito da riqueza observada de indivíduos regenerantes da Classe I na cobertura de espécies invasoras – PAS; b) Análise de regressão do efeito da riqueza observada de indivíduos regenerantes da Classe I na cobertura de espécies invasoras – NUC; c) Análise de regressão do efeito da riqueza observada de indivíduos regenerantes da Classe I na cobertura de espécies invasoras – REF.....87
Figura 30 - Análise de regressão dos efeitos da cobertura de invasoras na densidade de indivíduos da Classe II. 88
Figura 31 - Análise de regressão dos efeitos da cobertura de invasoras na área basal dos indivíduos da Classe II. 89
Figura 32 - a) Invasão por amendoim forrageiro; b) Invasão por gramíneas. 98

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Operações e insumos de implantação e manutenção para cada tratamento. 48
Tabela 2 - Composição florística dos três tratamentos e número de indivíduos de cada espécie por tratamento. Dispersão: ne = não encontrada, zoo = zoocoria, ane = anemocoria, aut = autocoria; P = plantado, R = regenerante; NO = espécies não oriundas de plantadas, OP = espécies oriundas de plantadas; PAS = Restauração passiva; NUC = Nucleação; REF = Reflorestamento misto com espécies nativas em grupos de preenchimento e diversidade. 51
Tabela 3 - Relação das espécies amostradas em ordem decrescente de número de indivíduos (Ni), densidade absoluta (DA) expressa em ind.ha-1, densidade relativa (DR) expressa em %, frequência (FA) expressa em %, e frequência relativa (FR) expressa em %, das espécies amostradas em área de Restauração passiva (PAS). 62
Tabela 4 - Relação das espécies amostradas em ordem decrescente de número de indivíduos (Ni), densidade absoluta (DA) expressa em ind.ha-1, densidade relativa (DR) expressa em %, frequência (FA) expressa em %, e frequência relativa (FR) expressa em %, das espécies amostradas em área de Nucleação (NUC), plantado ou regenerante (P/R). 66
Tabela 5 - Relação das espécies amostradas em ordem decrescente de número de indivíduos (Ni), densidade absoluta (DA) expressa em ind.ha-1, densidade relativa (DR) expressa em %, frequência (FA) expressa em %, e frequência relativa (FR) expressa em %, das espécies amostradas em área de Reflorestamento misto de espécies nativas em grupos de preenchimento e diversidade (REF), plantado ou regenerante (P/R).....70
Tabela 6 - Lista de espécies (plantadas e regenerantes) da Classe II por tratamento, incluindo densidade de indivíduos por hectare, área basal por hectare e altura média. PAS = Restauração passiva; NUC = Nucleação; REF = Reflorestamento misto de espécies nativas em grupos de preenchimento e diversidade. 75
Tabela 7 - Custos por hectare para implantação de Nucleação e Reflorestamento misto de espécies nativas em grupos de preenchimento e diversidade. 91
Tabela 8 - Custos por hectare de manutenção para o tratamento Nucleação, Reflorestamento misto de espécies nativas em grupos de preenchimento e diversidade, e Restauração passiva, considerando três anos de manutenções. 94
Tabela 9 - Custo total por hectare para cada tratamento. 96

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO 21
2 REVISÃO DE LITERATURA 25
3 MATERIAL E MÉTODOS 31
3.1 Área de Estudo 31
3.2 Delineamento experimental e tratamentos 31
3.2.1 Delineamento experimental 31
3.2.2 Implantação dos tratamentos e operações realizadas 32
3.2.2.1 Reflorestamento misto com espécies nativas em área total, em grupos de preenchimento e diversidade (REF) *32*
3.2.2.2 Nucleação (NUC) *34*
3.2.2.3 Restauração passiva (PAS) *41*
3.3 Manutenção 41
3.4 Levantamento da vegetação 42
3.4.1 Classe I 43
3.4.2 Classe II 45
3.4.3 Síndromes de dispersão 45
3.4.4 Hábito 45
3.4.5 Indivíduos oriundos de espécies plantadas e não oriundos de espécies plantadas 45
3.5 Cobertura de invasoras 46
3.6 Pesquisa operacional: custos de implantação e manutenção dos tratamentos 47
3.7 Análise de dados 50
4 RESULTADOS 51
4.1 Caracterização da vegetação 51
4.1.1 Classe I 51
4.1.2 Classe II 75
4.2 Comparação entre tratamentos 77
4.2.1 Classe I 77
4.2.2 Classe II 81
4.2.3 Cobertura de invasoras 83
4.2.4 Custos de implantação e manutenção 90
4.2.4.1 Custos de implantação por hectare *90*
4.2.4.2 Custos de manutenção por hectare *93*
4.2.4.3 Custos totais por hectare *96*
5 DISCUSSÃO 97
6 CONCLUSÕES 103
REFERÊNCIAS 105
ANEXO A - Mapa com esquematização das linhas de plantio do tratamento Reflorestamento, onde cada número corresponde a uma espécie. 111
ANEXO B – Mapa com esquematização das faixas de nucleação, onde cada número corresponde a uma espécie. 112
ANEXO C – Lista de espécies utilizadas nos tratamentos Reflorestamento misto por espécies nativas em grupos de preenchimento e diversidade e Nucleação, incluindo o código da espécie (CE), o nome popular, a categoria sucessional (NS) e

silvicultural (CS), a origem da muda e também em quais tratamentos foi utilizada (Reflorestamento (REF) ou Nucleação (NUC)).....113

1 INTRODUÇÃO

Os principais desafios para a restauração ecológica de um ecossistema são definir qual é o ponto na linha do tempo sucessional em que queremos chegar e escolher os sistemas de restauração apropriados para se chegar a esse ponto (DEVOTO et al., 2012). Desde o diagnóstico, a escolha das espécies, o método e até a sua implantação, manutenção e monitoramento, serão fatores de suma importância para o resultado final do processo de restauração ecológica. A baixa efetividade de qualquer uma destas etapas poderá acarretar tanto em perdas ecológicas quanto econômicas ou até sociais.

No que se refere às metodologias de restauração ecológica, diferentes abordagens têm sido preconizadas, que vão desde aquelas que priorizam a recuperação natural do ecossistema (restauração passiva ou assistida), até aquelas mais intensivas em que se almeja acelerar esse processo por meio da intervenção humana, ou seja, da restauração ativa (DELLASALA et al., 2003). A escolha entre a restauração passiva ou ativa deve passar por uma análise não só do potencial natural de regeneração e do grau de degradação do ecossistema a ser restaurado e seu entorno, mas também dos custos e benefícios socioambientais envolvidos na aceleração ou mesmo substituição dos processos naturais com técnicas mais intensivas que impliquem na introdução de um maior número de espécies (DURIGAN et al., 2010; ZAHAWI; REID; HOLL, 2014; DURIGAN; ENGEL, 2015).

Devido ao fato de que a restauração passiva de um ecossistema pode levar décadas ou séculos, há sempre uma pressão social para que esse processo seja acelerado pela ação humana. Como consequência, a utilização de métodos ativos de restauração vem se tornando cada vez mais comum. Entretanto, questiona-se a real necessidade da restauração ativa em muitos destes casos, considerando-se o grande número de exemplos nos quais a restauração foi eficiente sem a intervenção humana (LETCHER; CHAZDON, 2009; NORDEN et al., 2009; CHEUNG; LIEBSCH; MARQUES, 2010). Em alguns casos, a restauração ativa pode até mesmo retardar o processo de restauração ou influenciar de forma muito forte a direção da trajetória sucessional (HOLL; AIDE, 2011) em um processo de “sobrerrestauração” (*overrestoration*), o que pode não ser desejável (BECHARA et al., 2016). Sendo assim, o diagnóstico da área é de suma importância para que haja uma escolha de técnicas adequadas para a restauração ecológica, pois o nível de degradação, a

resiliência do ecossistema e o contexto de paisagem é que vão basicamente determinar a estratégia ideal a ser utilizada para a restauração (HOLL; AIDE, 2011).

A restauração passiva tem sido bem sucedida, geralmente, em áreas antes utilizadas com agricultura e pastagem que não foram intensivamente degradadas, onde a colonização e o crescimento da vegetação não são limitados por nenhum fator edafoclimático, ou ainda áreas relativamente pequenas e com presença de fragmentos próximos; já o insucesso geralmente está associado a áreas onde alguma(s) destas condições ambientais não são favoráveis à regeneração natural (BENAYAS, 2005).

Projetos de restauração ecológica devem maximizar a oportunidade para a ocorrência de processos naturais, diminuir o custo e o trabalho necessário, de forma a garantir que o resultado da restauração seja o mais natural possível (CLEWELL; MCDONALD, 2009). As principais vantagens da restauração passiva (além do menor custo) sobre as técnicas de restauração ativa são justamente estas: permitir que as espécies geneticamente bem adaptadas às condições daquele local colonizem a área perturbada (além de evitar a poluição genética; ver Mckay et al., 2005), o que pode aumentar as chances de sucesso. Além disso, o valor natural de áreas que foram restauradas de forma espontânea pode ser maior do que áreas onde houve a intervenção do homem através de técnicas de restauração, uma vez que os estágios intermediários de restauração passiva geralmente oferecem mais abrigos para fauna do que áreas ativamente restauradas (PRACH; HOBBS, 2008). Por outro lado, principalmente em regiões tropicais onde a posse de terra muitas vezes não está bem resolvida, as áreas em processo de restauração passiva podem ser consideradas “abandonadas” num contexto de produção agropecuária, com risco de serem novamente ocupadas com atividades produtivas, principalmente introdução de gado (ZAHAWI et al., 2014), muitas vezes ilegalmente. Além disso, a restauração passiva tem custos tanto diretos como indiretos que devem ser considerados e analisados quanto a suas vantagens e desvantagens, segundo os mesmos autores.

Surge então uma questão, será que a restauração passiva pode ser sempre utilizada? Ou será que em alguns casos deve-se preferencialmente utilizar técnicas mais ou menos ativas de reflorestamento? A resposta a essas questões está diretamente ligada com o objetivo almejado com a restauração, o contexto socioambiental da paisagem do local a ser restaurado, e a presença de fonte de

propágulos, bem como seus dispersores, nas proximidades da área a ser restaurada (PRACH; HOBBS, 2008).

As técnicas de nucleação surgem como uma alternativa intermediária entre a restauração passiva e os reflorestamentos em área total, quanto ao nível de intervenção antrópica, e que estão cada vez mais sendo utilizadas pelo mundo (BOANARES; AZEVEDO, 2014; BECHARA et al., 2016), apesar de tratar-se de uma abordagem recente (início dos anos 2000), quando comparada a outros métodos de restauração. Enquanto que em outras regiões o termo nucleação ou “nucleação aplicada” se refere apenas ao plantio de mudas em núcleos densos, ao invés de plantio em área total (CORBIN; HOLL, 2012; COLE; HOLL; ZAHAWI, 2010), no Brasil uma abordagem um tanto diferente tem sido proposta. As técnicas de nucleação têm sido defendidas com a pretenção de que os núcleos promovam uma maior heterogeinidade no local e promovam interações bióticas, contando com a introdução não só de árvores, mas outras formas de vida (REIS et al., 2003). A predominância de outros métodos, em detrimento da nucleação, possivelmente se dá pela maior complexidade na aplicação de sua metodologia em relação às convencionais, assim como pela falta de conhecimento científico e recursos humanos sobre sua eficácia (SANSEVERO et al., 2018). Desta forma, torna-se necessário o conhecimento das vantagens de sua utilização em relação a outras técnicas, assim como estratégias para uma melhor operacionalização da nucleação, para que esta possa ser mais economicamente atrativa em larga escala.

A utilização de metodologias de restauração que sejam economicamente efetivas é um grande desafio atual, devido à imensa demanda de áreas a serem restauradas, reforçada por grandes acordos globais como o *Bonn Challenge* (IUCN, 2011), que almeja restaurar 150 milhões de hectares até 2020 e 350 milhões de hectares até 2030; o *target* 14 da *Convention on Biological Diversity* (CBD), o qual indica que até 2020 todos os ecossistemas que fornecem serviços essenciais sejam restaurados e protegidos; o *target* 15 da CBD, que prevê que até 2020 a resiliência de ecossistemas e a contribuição da biodiversidade sejam melhorados, através de ações de conservação e restauração incluindo a restauração de pelo menos 15% dos ecossistemas degradados (CBD, 2010); assim como a iniciativa 20x20 na América Latina, almejando restaurar 20 milhões de hectares de áreas degradadas até 2020 (WRI, 2014). Tais ações globais são reforçadas por compromissos e políticas públicas nacionais, como a Política Nacional de Recuperação da Vegetação

Nativa, que tem por objetivo promover a recuperação da vegetação nativa de pelo menos 12 milhões de hectares até 2030 (BRASIL, 2017). Em um contexto onde apenas 2,5% dos estudos de restauração publicados abordam dados tanto ecológicos quanto econômicos (WORTLEY et al., 2013), a realização deste estudo se torna muito importante por comparar ambos os aspectos para três diferentes técnicas de restauração, permitindo a quantificação de projetos de restauração e avaliando especificamente a utilização da nucleação como uma alternativa efetiva tanto no que se refere a custo como do ponto de vista ecológico.

O objetivo deste trabalho foi avaliar a potencialidade do uso das técnicas de nucleação para a restauração florestal, em comparação com métodos convencionais (restauração passiva e reflorestamento), tanto do ponto de vista ecológico como quanto à relação a custos/benefícios. Buscamos responder às seguintes questões:

1. A nucleação produz um resultado mais semelhante da restauração passiva do que o reflorestamento, do ponto de vista de promover a regeneração natural da vegetação nativa?
2. A nucleação é eficaz em inibir a presença de espécies exóticas invasoras?
3. A aplicação de um conjunto combinado de técnicas de nucleação visando à restauração ecológica resulta em menores custos do que um reflorestamento de alta diversidade de árvores nativas?

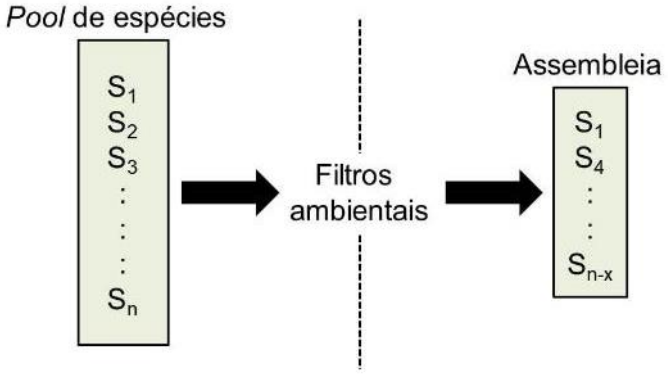
2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 Regras de montagem e filtros

Existem basicamente três modelos de montagem de comunidades. O primeiro é o determinístico, que considera o desenvolvimento da comunidade previsível, e visto como consequência de fatores físicos e bióticos. O segundo é o estocástico, onde a composição e estrutura da comunidade são consideradas essencialmente um processo aleatório, dependendo apenas da disponibilidade de nichos vagos e da ordem de chegada dos organismos. Já o terceiro é o de estados estáveis alternativos, o qual considera que comunidades são estruturadas e restritas até certo ponto, mas podem se desenvolver chegando a múltiplos estados estáveis possíveis, dependendo de fatores estocásticos e de mecanismos externos e internos de *feedback* (TEMPERTON; HOBBS, 2004).

A forma com que uma comunidade é estruturada e se desenvolve é restringida pela interação do ambiente com os organismos de uma comunidade, assim como a interação entre organismos (TEMPERTON; HOBBS, 2004). Para que uma comunidade seja formada, primeiramente espécies devem chegar e se estabelecer. A distância da área a ser repovoada e características da paisagem em relação ao conjunto regional de espécies fará que com que muitas espécies sejam excluídas, por limitações à dispersão, enquanto outras espécies chegarão ao local, porém irão encontrar um habitat inadequado para o seu desenvolvimento (LAWTON, 1999). As regras de montagem (Figura 1) ajudam a prever qual subconjunto do conjunto regional total de espécies de uma determinada região vai ocorrer num habitat específico, a partir da exclusão de espécies inadequadas para um conjunto específico de condições, de acordo com a teoria dos filtros ambientais (KEDDY, 1992; 1999).

Figura 1 - Regras de montagem especificam qual subconjunto de espécies do *pool* total de espécies (na esquerda) tolerariam as condições específicas e formariam uma comunidade (na direita) (Traduzido de KEDDY, 1992)



O conceito de filtros ecológicos é visto como uma das principais abordagens da teoria de regras de montagem, onde condições bióticas e abióticas são definidas como filtros que permitem ou não que espécies se estabeleçam em uma comunidade. De todo um *pool* de espécies, potenciais colonizadores, apenas aquelas que se encontram adaptadas às condições bióticas e abióticas daquele determinado local, serão capazes de se estabelecer com sucesso (TEMPERTON; HOBBS, 2004; HOBBS; JENTSCH; TEMPERTON, 2007).

A riqueza local de espécies é limitada pela chegada de propágulos do *pool* de espécies local e regional, sendo que os efeitos da chegada de sementes e da diversidade do *pool* de espécies na riqueza local são positivamente influenciados por três fatores: 1) uniformidade de espécies no *pool* de sementes; 2) diversidade de tamanhos de sementes; e 3) distúrbios, pelo fato destes causarem efeitos positivos nos dois itens anteriores (MYERS; HARMS, 2009).

A teoria das regras de montagem é diretamente relevante para a restauração ecológica, de forma que os filtros possuem um papel importante na limitação da colonização de espécies. Definir quais são os filtros, para saber quais fatores podem estar limitando a entrada de espécies em uma comunidade, torna-se fundamental para o sucesso da restauração (TEMPERTON; HOBBS, 2004). O pool de espécies disponível para colonizar uma área é a matéria prima para um projeto de restauração, sendo que é um produto de um longo tempo de processos de evolução e extinção. Considerando uma menor escala, a dispersão pode estar limitando o pool de espécies, para um determinado local (KEDDY, 1999).

2.2 Técnicas de restauração

A utilização de plantios mistos ou homogêneos vem sendo preconizada em diversos ecossistemas, em várias regiões do mundo, com o objetivo de facilitar, ou catalisar a sucessão natural em seu sub-bosque, por permitir a quebra de filtros que impedem que a sucessão natural ocorra (PARROTTA; TURNBULL; JONES, 1997). Segundo esses autores, tal efeito se dá pela supressão de gramíneas exóticas invasoras e melhoria do microclima, fertilidade do solo e da chance de chegada de sementes e estabelecimento de mudas, devido ao aumento da complexidade estrutural do habitat. A escolha das espécies a serem implantadas pode influenciar a velocidade e a trajetória dos processos de restauração (PARROTTA; TURNBULL; JONES, 1997).

No que tange à restauração florestal, a maioria das ações envolve o plantio de espécies arbóreas nativas, sendo que duas formas de plantio têm sido usualmente utilizadas: na primeira, utiliza-se um pequeno número de espécies pioneiras, que possuem rápido crescimento (porém ciclo de vida curto) para recriar uma cobertura do dossel que promova o sombreamento de espécies exóticas invasoras (ITTO, 2002; LAMB; ERSKINE; PARROTTA, 2005; LAMB, 2012); e a segunda com um número muito maior de espécies (pioneiras, intermediárias e não pioneiras), que representam diversos grupos sucessionais, sendo que os plantios são realizados, geralmente, em alta densidade e diversidade, e as espécies mais exigentes (grupos sucessionais mais avançados) podem ser adicionadas, simultaneamente após uma cobertura de dossel já formada (ENGEL; PARROTTA, 2001; LAMB; ERSKINE; PARROTTA, 2005; RODRIGUES et al., 2009); sendo a principal limitação do último método o maior custo (ERSKINE, 2002). Rodrigues et al. (2009) desenvolveram um modelo de restauração, em que as espécies a serem introduzidas são divididas em dois grupos distintos, que se alternam entre “linhas de preenchimento” e “linhas de diversidade”. Nas linhas de preenchimento plantam-se espécies pioneiras de rápido crescimento e bom desenvolvimento de copa para garantir o rápido recobrimento do solo e para que haja melhoria nas condições edafoclimáticas. Por outro lado, as linhas de diversidade recebem um grande número de espécies, tanto de estágios mais avançados de sucessão, como dos iniciais, mas que irão promover a automanutenção daquela floresta em longo prazo, e introduzir uma maior diversidade funcional ao sistema. Esse método tem sido amplamente adotado no Brasil, inclusive sendo recomendado em políticas públicas e no âmbito de iniciativas

nacionais, tais como do Pacto para a Restauração da Mata Atlântica (RODRIGUES; BRANCALION; ISERNHAGEN, 2009).

Em contrapartida às técnicas convencionais de restauração, a nucleação que é considerada uma abordagem intermediária de intervenção entre a restauração passiva e ativa, traz uma nova tendência com foco em modelos mais ecossistêmicos que preconiza tanto o recobrimento do solo e facilitação do sub-bosque em núcleos, como também a sucessão pioneira nas áreas entre núcleos (REIS; BECHARA; TRES, 2010; BECHARA et al. 2016; REIS et al., 2014).

A teoria da nucleação foi proposta por Yarranton e Morrison (1974) para descrever a sucessão primária em dunas durante sequências de mais de quatro mil anos em Ontário, Canadá, onde os autores perceberam que esse processo não ocorria de forma homogênea em área total e ao mesmo tempo, mas sim formando aglomerados de vegetação que coalesciam ao longo do desenvolvimento da sucessão ecológica. Os autores observaram uma mudança sucessional do estágio colonizador para o estágio persistente, condicionada pela formação de núcleos de espécies persistentes crescendo embaixo de indivíduos de *Juniperus virginiana* (Cupressaceae; cipreste-da-Virgínia), uma colonizadora precoce. As condições embaixo destes ciprestes eram melhoradas devido à formação de um microclima menos extremo, acumulação de serapilheira e formação de matéria orgânica. As mudanças nas condições ambientais, fornecidas por indivíduos da espécie de cipreste eram cruciais para o estabelecimento das espécies persistentes: foi quando os autores cunharam o termo “nucleação”, sendo que uma vez que as sementes que ali chegavam, se estabeleciam e cresciam, tornando-se dominantes (o cipreste, mais efêmero, deixava o ecossistema). Esse processo descrevia um tipo de interação planta-planta, mais tarde definido como facilitação por Connell e Slatyer (1977).

Reis et al. (2003) foram os primeiros a adaptar a teoria da nucleação em uma aplicação prática para a restauração ecológica, quando criaram técnicas específicas que tinham como principal objetivo, a facilitação de micro habitats favoráveis para a regeneração natural de restinga arbórea em Florianópolis-SC (BECHARA, 2003).

Dentre as técnicas descritas por Reis et al. (2003), Reis, Bechara e Tres (2010), e Bechara et al. (2016) estão: a transposição de banco e chuva de sementes; a semeadura direta de coberturas vivas; os poleiros artificiais para aves e morcegos; os abrigos artificiais para fauna; plantio de espécies arbóreas em grupos densos (ANDERSON, 1953); e o plantio de bromélias-tanque, formando um total de núcleos

ocupando até 30% da área a ser recuperada. Basicamente, a nucleação aplica diferentes núcleos de diversidade em menor ou maior densidade e tamanho, os quais, com o decorrer do tempo sucessional, expandem-se para a área total a ser recuperada. Esta abordagem tem mostrado resultados promissores, incluindo comparações das diferentes técnicas de nucleação (FILHO; SANTOS; FERREIRA, 2013; MARCUZZO et al., 2013), avaliação da presença de pássaros em áreas restauradas com nucleação em comparação com outros métodos (VOGEL et al., 2016), assim como outros estudos indicando resultados preliminares (BECHARA et al., 2016). Apesar disso, as diferentes técnicas de nucleação ainda carecem de ser testadas em abordagem experimental.

Os poucos trabalhos na literatura que descrevem resultados de técnicas de nucleação (ou “ilhas de diversidade”) na restauração (KAGEYAMA; OLIVEIRA; MORAES, 2003; COLE; HOLL; ZAHAWI, 2010; CELENTANO et al., 2011; HOLL et al., 2011; CORBIN e HOLL, 2012) referem-se a algo diferente do que foi proposto por Reis et al (2003), em que os autores designam nucleação simplesmente como uma forma de arranjo espacial de mudas de espécies arbóreas em núcleos densos dispersos na paisagem, em contraposição a reflorestamentos em área total.

Ao longo prazo, a implantação de núcleos de vegetação pode resultar em uma composição de espécies mais similar ao fragmento próximo, devido a uma menor influência das árvores plantadas na composição de espécies, sendo que quanto mais heterogêneos forem os núcleos, maior será a facilitação para o desenvolvimento de uma maior diversidade de espécies (HOLL et al., 2011).

Entretanto, qualquer forma de restauração gera custos, mesmo a restauração passiva (ZAHAWI et al., 2014), sendo que o plantio de várias espécies em alta densidade é especialmente mais caro. A restauração de florestas tropicais custa em torno de 5.000 a 25.000 dólares por hectare, sendo que a grande variação desse custo é resultado de diferentes preparos da área, forma de propagação das mudas, escolha das espécies, densidade de plantio, remoção de espécies daninhas e a manutenção em longo prazo (ERSKINE, 2002). A nucleação pode ser uma boa estratégia por exigir menores investimentos, sendo que pode chegar a custar apenas 1/3 do custo do plantio em área total (BECHARA et al., 2007; COLE; HOLL; ZAHAWI, 2010), ao passo que a restauração passiva, embora também incorra em custos diretos e indiretos, é geralmente a opção mais barata (ZAHAWI et al., 2014), embora não aplicável em todas as situações.

3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Área de Estudo

A área de estudo está localizada na Bacia do Rio Iguaçu, Sudoeste do Paraná, na fazenda experimental da Universidade Tecnológica Federal do Paraná, próximo à cidade de Dois Vizinhos-PR (25º41’44” - 25º41’49”S; 53º06’23” - 53º06’07”W). A formação florestal predominante é de Floresta Ombrófila Mista Montana com influência da Floresta Estacional Semidecidual Montana, em ecossistema ecotonal. A altitude do local é de 495-504 m e a precipitação média anual é de 2.044 mm/ano (sem déficit hídrico). A temperatura média anual é de 19,2ºC com pelo menos uma geada a cada dois anos. O clima é subtropical úmido (Cfa), segundo a classificação de Köppen (1948).

A paisagem do local encontra-se altamente fragmentada e dominada por produção de culturas agrícolas, pastagens e pequenos fragmentos florestais remanescentes. Em uma borda da área experimental, a aproximadamente 20 m de distância, encontra-se uma floresta secundária (40 ha) de aproximadamente 20-30 anos. Na borda oposta, encontra-se uma área de produção de culturas anuais. A área experimental possui 7,2 ha e durante mais de 12 anos o uso do solo foi com culturas anuais de inverno (aveia e trigo) e verão (feijão, milho e soja). De 2006 a 2008 a área foi cultivada com pastagem (capim-estrela africano; *Cynodon nlemfuensis* Vanderyst) e amendoim forrageiro (*Arachis pintoi* Krapov. & W.C.Greg.) para bovinocultura. Em 2009, o local voltou a ser usado com culturas anuais até a última colheita realizada em 15 de outubro de 2009. Em 20 de outubro de 2010, a área experimental foi roçada com auxílio de trator. A partir desta data, a área foi isolada de fatores de perturbação e a implantação dos tratamentos foi iniciada.

3.2 Delineamento experimental e tratamentos

3.2.1 Delineamento experimental

O experimento foi instalado em blocos ao acaso com três tratamentos e quatro repetições. Cada parcela possui 40 x 54 m, totalizando uma área experimental de 2,59 ha, ou 0,86 ha por tratamento. Foram instalados três tratamentos: 1)

Restauração passiva (PAS); 2) Nucleação (NUC), *sensu* Bechara et al. (2016); 3) Reflorestamento misto com espécies nativas em área total, em grupos de preenchimento e diversidade (REF), *sensu* Rodrigues et al. (2009) (Figura 2). As parcelas foram separadas por uma bordadura média de 13 m e toda esta área de bordadura entre parcelas foi roçada quatro vezes por ano.

Figura 2 - Imagem de satélite da área de estudo com as parcelas de cada tratamento, localizada em Dois Vizinhos - PR. Legenda: PAS: Restauração passiva; NUC: Nucleação; REF: Reflorestamento misto com espécies nativas em linhas de preenchimento e diversidade; 1: Bloco 1; 2: Bloco 2; 3: Bloco 3. Unidade experimental da Universidade Tecnológica Federal do Paraná – Dois Vizinhos, PR, Brasil.

Fonte: Google Earth, 2018.

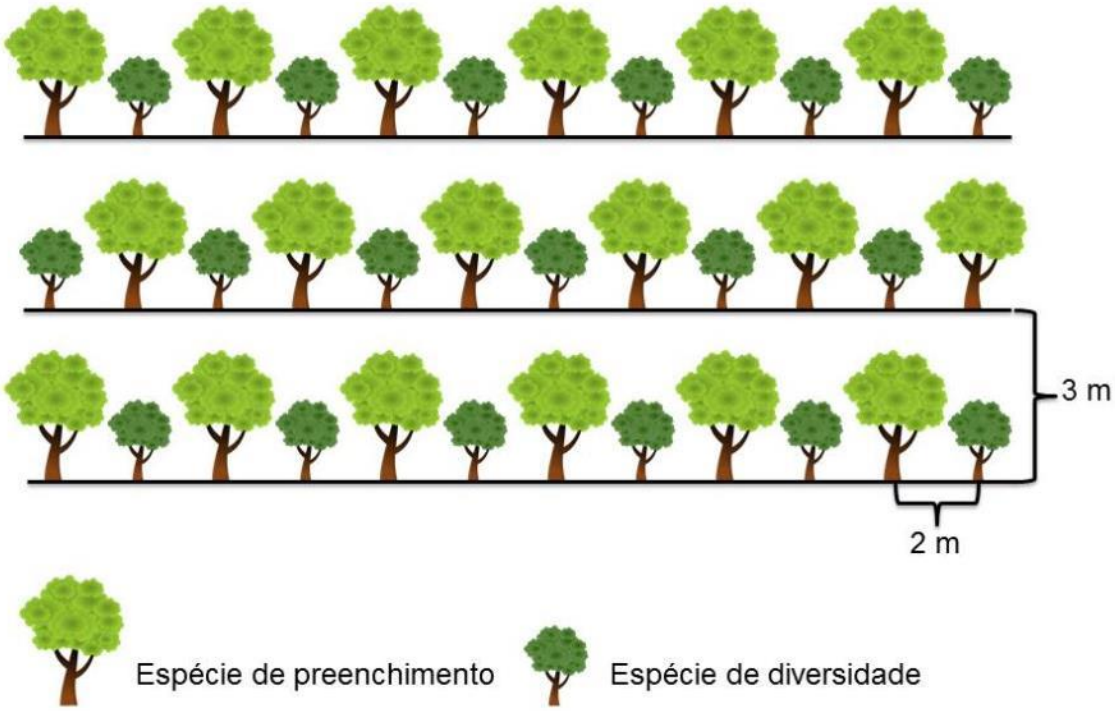
3.2.2 Implantação dos tratamentos e operações realizadas

3.2.2.1 Reflorestamento misto com espécies nativas em área total, em grupos de preenchimento e diversidade (REF)

Foi realizado aplicação de herbicida em área total, seguido de preparo de solo com trator e implemento tipo sulcador florestal, abrindo-se linhas de plantio. As covas foram abertas com perfurador de solo e as mudas plantadas com adubação de base, utilizando NPK (360 g de NPK 5-20-10), irrigação com três litros de hidrogel nas covas, uso de colar protetor e controle sistemático de formigas.

O tratamento de plantio convencional foi estabelecido de acordo com o método de alta diversidade adaptado de Rodrigues et al. (2009), que classifica as árvores a serem implantadas em dois grupos distintos, chamados de “grupo de preenchimento” (ou “recobrimento”) e “grupo de diversidade”. O desenho experimental incluiu 10 espécies de “preenchimento” (espécies pioneiras sombreadoras que apresentam rápido crescimento); e 60 espécies de “diversidade”, (espécies não pioneiras e com crescimento lento). O espaçamento utilizado foi o de 3 x 2 m (1.667 mudas.ha^{-1}) e as espécies de ambos os grupos foram intercaladas de forma sistematizada (ANEXO A) na linha e entre linhas sendo que cada espécie recebeu um número correspondente (ANEXO C; Figura 3).

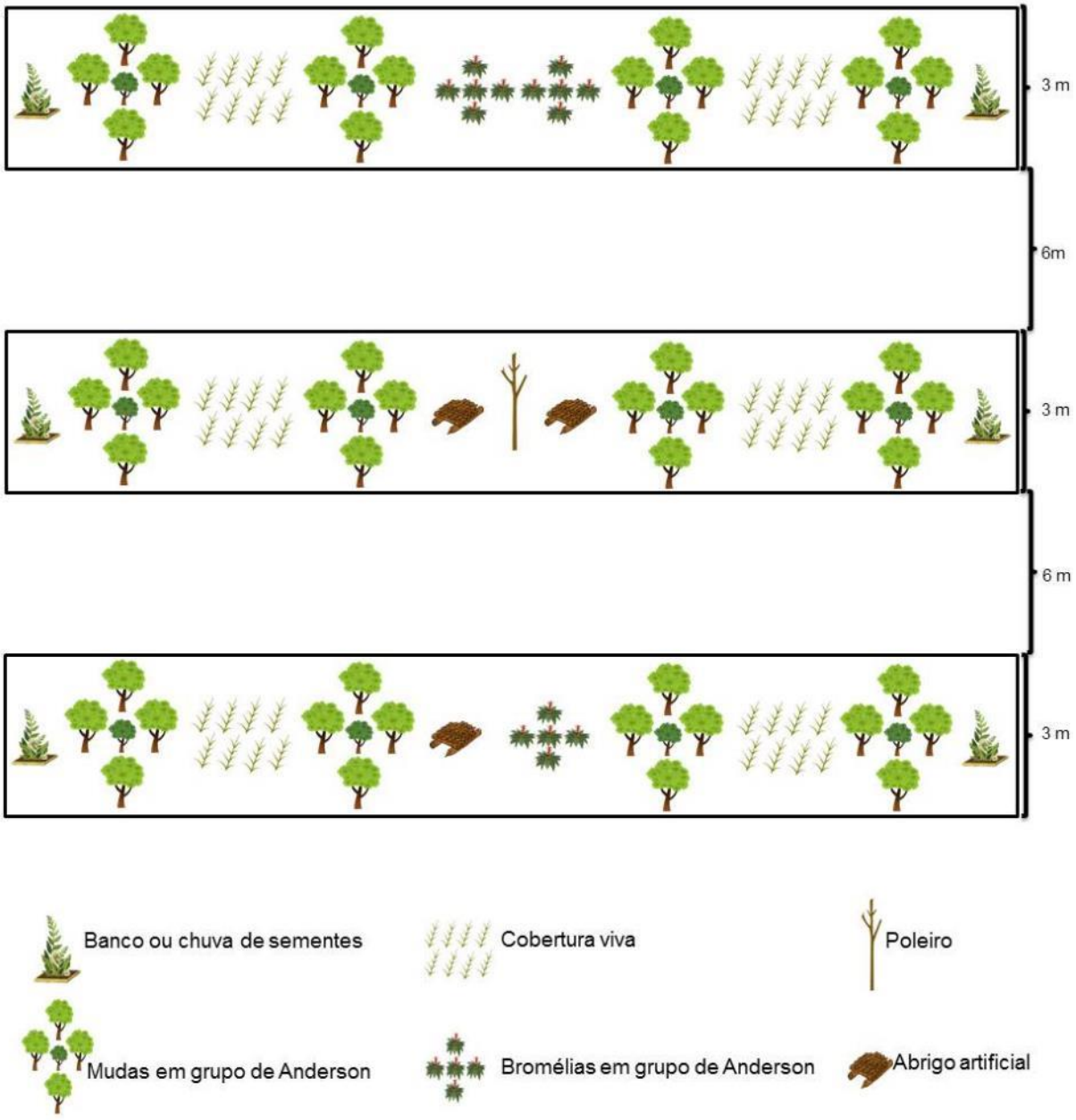
Figura 3 - Esquema do tratamento Reflorestamento misto de espécies nativas em grupos de preenchimento e diversidade, exemplificando a distribuição de espécies na linha e entre linhas.



3.2.2.2 Nucleação (NUC)

O tratamento nucleação consistiu na utilização de um conjunto de diferentes núcleos aplicado sistematicamente e em alta densidade. Primeiramente foram demarcadas seis faixas de 3x40 m em cada parcela, ocupando 33,3% da área total. Estas foram capinadas com herbicida (no mesmo dia que o tratamento reflorestamento) e, posteriormente, gradeadas com trator. Foram utilizados três conjuntos de técnicas diferentes (Figura 4). As técnicas foram espaçadas por dois metros entre si dentro da mesma faixa, e as faixas foram espaçadas, entre elas, por seis metros dentro da parcela. Cada conjunto de três faixas foi repetido duas vezes por parcela.

Figura 4 - Esquema do tratamento Nucleação exemplificando as diferentes técnicas implantadas e os três diferentes modelos de faixa.



As técnicas de nucleação implantadas foram:

1. Poleiros artificiais para avifauna (Figura 5): confeccionados com eucalipto, sendo plantadas em torno de cada poleiro nove mudas de *Passiflora alata* Curtis. Foi implantado um poleiro a cada três faixas, totalizando dois poleiros por parcela;

Figura 5 - Poleiros artificiais confeccionados com varas de eucalipto. Unidade experimental da Universidade Tecnológica Federal do Paraná – Dois Vizinhos, PR, Brasil.

2. Abrigos artificiais para atração da fauna terrestre (Figura 6): confeccionados com toras de madeira residual em volume de aproximadamente um estéreo. Foram implantados três abrigos a cada três faixas, totalizando seis abrigos por parcela;

Figura 6 - Abrigos artificiais sendo montados e após três anos da implantação. Unidade experimental da Universidade Tecnológica Federal do Paraná – Dois Vizinhos, PR, Brasil.

3. Plantio de placas de mudas procedentes de banco de sementes: foram coletadas mensalmente duas placas de 1 m x 1 m x 10 cm mais serapilheira, (Figura 7a) em área de floresta secundária localizada no município de São Jorge D'oeste - PR, sendo que as coletas foram realizadas mensalmente durante um ano. O material coletado mensalmente foi misturado em betoneira com hidrogel e adubo, posteriormente sendo colocado em bandejas (0,61 x 0,43 x 0,10 cm) furadas e forradas com tela (sombrite) que foram levadas ao viveiro (Figura 7b), onde ficaram por aproximadamente quatro meses. Após quatro meses, estas placas foram transpostas para a área (Figura 7c e Figura 7d). As placas foram adubadas e irrigadas na cova com hidrogel no momento do plantio. Foi implantado um núcleo de banco de sementes por faixa, totalizando seis núcleos por parcela;

Figura 7 - a) Coleta do banco de sementes; b) Implantação do banco de sementes no viveiro; c) Banco de sementes já germinado e pronto para a implantação no campo; d) Banco de sementes plantado no campo. Unidade experimental da Universidade Tecnológica Federal do Paraná – Dois Vizinhos, PR, Brasil.

4. Plantio de placas procedentes de chuva de sementes (Figura 8): foram instalados coletores para chuva de sementes de 1 m^2 de área de captação em floresta em estágio médio de sucessão localizada no município de São Jorge D'Oeste – PR, e as coletas foram realizadas mensalmente no período de um ano. O material coletado mensalmente foi peneirado em peneira de malha grossa e transferido para uma bandeja (0,61 x 0,43 x 0,10 cm) furada forrada com tela (sombrite), com substrato, hidrogel e adubo, a qual permaneceu no viveiro por aproximadamente quatro meses. Após aproximadamente quatro meses as placas foram transpostas na área. Foi implantado um núcleo de chuva de sementes por faixa, totalizando seis núcleos por parcela;

Figura 8 - a) Coletor de sementes instalado na floresta; b) Implantação das sementes no viveiro; c) Chuva de sementes germinada e pronta para implantação no campo; d) Chuva de sementes plantada no campo. Unidade experimental da Universidade Tecnológica Federal do Paraná – Dois Vizinhos, PR, Brasil.

5. Plantio de árvores em grupos de Anderson (1953) de cinco mudas (Figura 9): foram plantadas mudas sob espaçamento 1 x 1 m (em forma cruz) onde as quatro plantas laterais são sombreadoras (12 espécies de preenchimento, as mesmas utilizadas no reflorestamento, adicionando-se duas novas espécies (ANEXO C)) e a planta central sombreada (24 espécies de diversidade, selecionadas das 60 espécies utilizadas no reflorestamento). Foram implantados quatro núcleos por faixa, totalizando 24 núcleos por parcela. As covas foram feitas com perfurador de solo, sendo adicionadas 360 gramas de NPK e adicionado hidrogel na hora do plantio, sendo que as mudas foram protegidas com colar protetor;

Figura 9 - Plantio das mudas em grupos de Anderson e as mudas após três anos. Unidade experimental da Universidade Tecnológica Federal do Paraná – Dois Vizinhos, PR, Brasil.

6. Núcleo de 3 x 4 m com cobertura viva de Feijão-guandú (*Cajanus cajan* (L.) Huth) (Figura 10): a espécie foi semeada em sulcos, com aplicação de adubo NPK e hidrogel. Foram implantados três núcleos a cada três faixas, totalizando seis núcleos por parcela;

Figura 10 - Núcleo com cobertura de Feijão-guandú após três anos de implantação. Unidade experimental da Universidade Tecnológica Federal do Paraná – Dois Vizinhos, PR, Brasil.

7. Plantio de bromélias (*Bromelia antiacantha* Bertol.) em grupos de Anderson (1953) de cinco mudas (Figura 11): foram plantadas bromélias sob espaçamento 0,5 x 0,5 m (em forma cruz), procedentes do fragmento que circunda a área e de um experimento da UEL-Londrina/PR. Após aclimatação no viveiro, foram implantados no campo três grupos a cada três faixas, totalizando seis grupos por parcela.

Figura 11 - Mudas de bromélia em grupo de Anderson logo após o plantio e três anos após. Unidade experimental da Universidade Tecnológica Federal do Paraná – Dois Vizinhos, PR, Brasil.

3.2.2.3 Restauração passiva (PAS)

O tratamento restauração passiva consistiu apenas no isolamento da área para que o processo de restauração ocorresse através da regeneração natural.

3.3 Manutenção

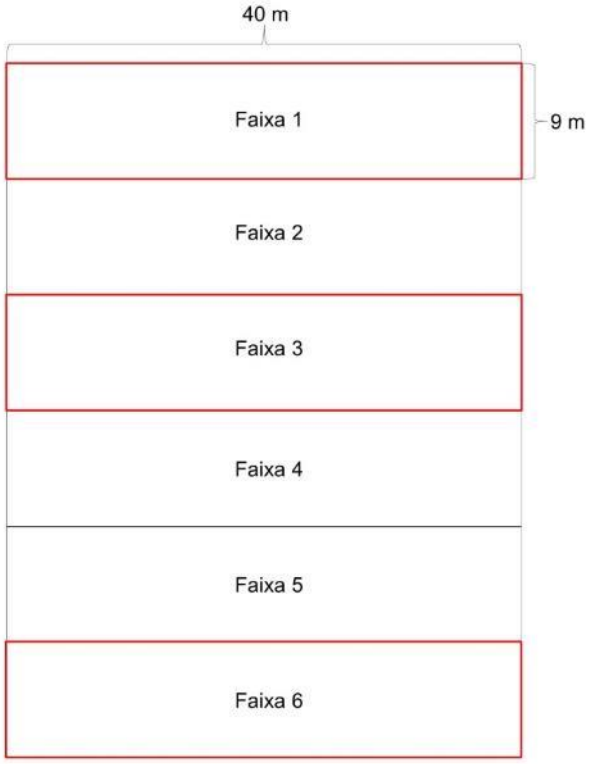
Durante os primeiros três anos após a implantação do experimento, todas as parcelas de reflorestamento e somente as faixas de nucleação foram roçadas (precedida por coroamento de mudas ou núcleos realizado com enxada), seguidas da aplicação de herbicida (glifosato) semestralmente, para controle de plantas daninhas. Foram distribuídas armadilhas de formicida (0,05% sulfluramida e 0,003% fipronil), também semestralmente, durante dois anos e meio, em todo o perímetro da área (a cada 15 m) e iscas granulares foram distribuídas sistematicamente (a cada 5 x 5 m) para controle de formiga cortadeira. O controle de formigas foi realizado em todas as parcelas, incluindo a Restauração Passiva. Depois de um e três anos, todas as mudas de *Hovenia dulcis* Thunb. (uva-do-japão), espécie exótica invasora

da região, foram removidas de todas as parcelas, incluindo a restauração passiva. As covas de plantio nos tratamentos Nucleação (incluindo banco e chuva de sementes, bromélias, feijão-guandú, e mudas de maracujá dos poleiros) e Reflorestamento foram fertilizadas com 360 g de NPK (5-20-10) e preenchidas com hidrogel anualmente até o terceiro ano. Além disso, foram realizadas aplicações superficiais pós-plantio com 40 g de ureia para cada muda, anualmente até o terceiro ano, e 27 g por m^2 de banco e chuva de sementes, nas parcelas de nucleação. As mudas mortas foram replantadas por quatro vezes até o segundo ano (novembro de 2012). Após quatro replantios, as mudas remanescentes apresentaram uma porcentagem de mortalidade de 10%.

3.4 Levantamento da vegetação

Realizamos o levantamento da comunidade de plantas de todos os indivíduos regenerantes e plantados (todas as formas de vida exceto gramíneas) com altura superior a 50 cm. O levantamento foi realizado de janeiro a fevereiro de 2017 (6 anos e 3 meses após a implantação do experimento). Foram amostradas três faixas de 40 x 9 m para cada parcela (Figura 12), totalizando 12.960 m^2 de área amostrada, de forma que o sorteio sistematizado para que as três diferentes faixas de nucleação fossem amostradas em todas as parcelas, e também de forma que as duas faixas que possuem um conjunto de espécies distintas no reflorestamento fossem amostradas. Na restauração passiva o sorteio foi totalmente aleatório.

Figura 12 - Exemplo de uma parcela de 40x54 m com as seis faixas, sendo que as destacadas em vermelho exemplificam três faixas amostradas.



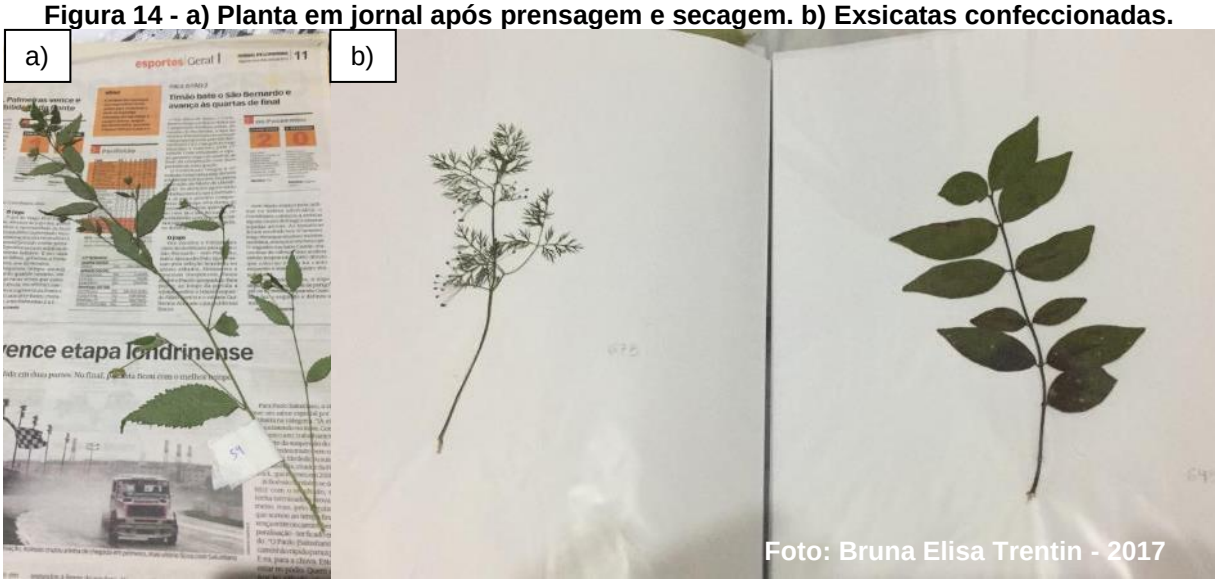
3.4.1 Classe I

Todos os indivíduos com altura > 50 cm e menores que 5 cm de DAP, foram enquadrados na Classe I (Figura 13), os quais foram quantificados e identificados ao nível de espécie. Durante a coleta de dados, os indivíduos foram classificados como plantados ou regenerantes e foram identificados nas planilhas de campo de forma a permitir posterior análise independente de indivíduos plantados e regenerantes. Os indivíduos oriundos de banco e chuva de sementes foram considerados regenerantes (em ambas as classes) devido à dificuldade de controle após a implantação no campo e ausência de identificação das espécies presentes no banco e chuva de sementes antes da implantação.

Figura 13 - Demonstração do processo de amostragem através da utilização de gabarito de madeira com a marcação de 50 cm. Unidade experimental da Universidade Tecnológica Federal do Paraná – Dois Vizinhos, PR, Brasil.

As espécies que não foram identificadas no campo foram coletadas para posterior identificação em laboratório. Após a coleta, as plantas foram prensadas e colocadas para secar em estufa a aproximadamente 65^{o}, durante 48 a 72 h (Figura 14a). Após a secagem, as plantas foram identificadas e confeccionaram-se exsicatas (Figura 14b), sendo que as plantas com coletas em boas condições foram depositadas no herbário da Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Campus Dois Vizinhos.

Figura 14 - a) Planta em jornal após prensagem e secagem. b) Exsicatas confeccionadas.



3.4.2 Classe II

Todos os indivíduos com DAP (diâmetro à altura do peito) maior ou igual a 5 cm foram medidos quanto ao CAP (circunferência à altura do peito, posteriormente transformada em DAP) e altura. A medição do CAP foi realizada com fita métrica, e a altura foi medida com a utilização do hipsômetro VERTEX® (Figura 15a). Os indivíduos que apresentaram bifurcação abaixo de 1,30 tiveram o CAP medido para cada bifurcação, porém foram considerados como um único indivíduo, tanto para a estimativa de densidade quanto para o cálculo da área basal, onde primeiro calculou-se a área basal de cada bifurcação e depois foram somadas todas as bifurcações para obtenção da área basal do indivíduo. Os indivíduos foram identificados na planilha de campo como plantados ou regenerantes.

3.4.3 Síndromes de dispersão

As espécies depois de identificadas foram classificadas quanto à síndrome de dispersão, sendo estas: 1) Anemocoria, 2) Zoocoria e 3) Autocoria, segundo a classificação proposta por Van der Pijl (1982) baseada em informações da literatura.

3.4.4 Hábito

As espécies identificadas foram classificadas quanto ao hábito, sendo estes: 1) Erva, 2) Liana, 3) Subarbusto, 4) Arbusto, 5) Arbusto/Erva, 6) Arbusto/Liana, 7) Arbusto/Árvore 8) Árvore e 9) Palmeira, segundo a classificação da Flora do Brasil (2016).

3.4.5 Indivíduos oriundos de espécies plantadas e não oriundos de espécies plantadas

De forma a estimar a origem dos indivídus regenerantes, classificou-se em oriundos de espécies plantadas e não oriundos de espécies plantadas, de forma que todos os indivíduos regenerantes pertencentes a espécies iguais às plantadas como parte dos tratamentos de nucleação e reflorestamento foram considerados oriundos

de plantadas, já os indivíduos de espécies novas foram considerados não oriundos de plantadas, para que pudéssemos avaliar a chegada de novas espécies nos tratamentos NUC e REF.

3.5 Cobertura de invasoras

A avaliação de espécies invasoras foi realizada por meio do método de intersecção de linhas (CANFIELD, 1941) o qual se baseia na utilização de linhas (três linhas por faixa amostrada) sistematicamente distribuídas nas parcelas, onde é realizada a medida do comprimento da linha que é interceptado por espécies invasoras. Nas parcelas de Nucleação, sistematizou-se a amostragem de forma a sempre amostrar uma linha na faixa das técnicas de nucleação, e outra linha fora da faixa. Já no Reflorestamento e na Restauração passiva, as duas linhas foram alocadas de forma aleatória. Neste trabalho foram utilizadas trenas esticadas nas faixas, onde uma pessoa segurava a trena em cada extremidade enquanto outra pessoa percorria a faixa realizando a contagem do comprimento (cm) com presença de espécies invasoras (Figura 15c). Algumas parcelas encontravam-se invadidas por amendoim-forrageiro (*Arachis pintoi*) de forma que este também foi medido utilizando o mesmo método (Figura 15b). Esta espécie não é descrita como invasora na literatura, porém neste local, por se tratar de uma espécie exótica e que apresentou cobertura total das áreas onde se desenvolveu, impedindo a colonização por outras espécies, foi considerada de alta capacidade invasora.

Figura 15 - a) Utilização do hipsômetro VERTEX® para medição de altura de árvore; b) Invasão por amendoim forrageiro; c) Invasão por gramíneas sendo analisada através do método de interceptação de linhas. Unidade experimental da Universidade Tecnológica Federal do Paraná – Dois Vizinhos, PR, Brasil.

3.6 Pesquisa operacional: custos de implantação e manutenção dos tratamentos

Para determinação dos custos de implantação e manutenção de cada tratamento, foram computados os valores atuais (2017) referentes a cada atividade realizada (mão-de-obra, máquinas e insumos), com base nos rendimentos operacionais das atividades desenvolvidas em cada um dos tratamentos, e custos atualizados de cada item do orçamento. Os custos de cercamento não foram contabilizados, pois este pode ser muito variável, dependendo do perímetro da área. Os valores foram pesquisados em três a cinco locais, nas regiões sul e sudeste, para posterior utilização da média desses valores.

Com base nos rendimentos e materiais utilizados por parcela de cada tratamento, estimou-se o custo por hectare para cada método, em que foram discriminadas todas as atividades realizadas, possibilitando a avaliação da influência de cada operação no custo total.

Os salários-base para mão de obra empregada no projeto de restauração florestal foram obtidos a partir de dados divulgados pelo Instituto de Economia Agrícola (IEA). Os cargos da equipe necessária para o projeto de restauração foram mensalistas e tratoristas, utilizando-se dados de salário-base das regiões do estado de São Paulo no período de novembro de 2016, e calculando uma média de todas as regiões. Sobre essa média de salário-base, foram adicionados os encargos

sociais e trabalhistas (13º salário, férias e FGTS), totalizando o equivalente às despesas com funcionário próprio, porém, considerou-se que o proprietário rural realizaria a contratação terceirizada do serviço, gerando um acréscimo de 38% em cima do cálculo anterior (18% referente aos impostos, 10% ao lucro e 10% aos custos administrativos da empresa prestadora do serviço). Após todos os acréscimos realizados, os custos mensais de mão de obra foram convertidos em hora/homem, considerando 8 h trabalhadas por dia em 22 dias úteis no mês.

Os custos com o uso de máquinas e equipamentos foram estimados com base no custo operacional de tratores agrícolas, disponibilizado pela Coordenadoria de Assistência Técnica Integral (CATI), da Secretaria de Agricultura e Abastecimento de São Paulo. Foram alterados os dados de preço de óleo diesel, de forma que se utilizou uma média das regiões sul e sudeste. Considerou-se que o produtor não adquiriu o maquinário, de forma que as despesas com maquinários foram calculadas, considerando que os equipamentos foram alugados, acarretando em um aumento de 30% na despesa.

As atividades que envolveram aplicação de herbicida foram realizadas com aplicador costal, o coveamento foi realizado com perfurador de solo, as roçagens de manutenção foram realizadas com roçadeira portátil, e o coroamento com enchada, de forma que a estimativa desses custos foi realizada utilizando-se o custo horário de implemento utilizado, disponibilizado pela Coordenadoria de Assistência Técnica Integral (CATI), adicionado da mão de obra do operador. No caso de implementos de baixo custo como aplicador costal e enchada, considerou-se apenas o custo da mão de obra.

Os custos de manutenção foram calculados, considerando três anos de atividades de manutenção, de forma que algumas atividades ocorreram semestralmente e outras, anualmente. Os custos de implantação e manutenção dos tratamentos envolveram uma série de atividades, que estão descritas na Tabela 1. Para o tratamento PAS, foram considerados custos de apenas duas atividades, sendo estas: controle de formigas e remoção da espécie exótica invasora, *Hovenia dulcis* (uva-do-japão). Isso ocorreu, pois se optou por realizar tais controles em toda a Unidade Experimental, o que incluiu as parcelas de PAS (Tabela 1).

Tabela 1 - Operações e insumos de implantação e manutenção para cada tratamento.

Implantação	Manutenção

Operações: tratamentos NUC e REF	
Preparo do solo com herbicida (utilizando aplicador costal)	Fertilização com uréia (3 manutenções)
Preparo do solo com trator + implemento	Confecção de porta isca para formicida
Marcação para plantio com trator + implemento	Controle de formigas (5 manutenções)
Coveamento e fertilização de mudas	Coroamento das mudas (6 manutenções)
Plantio de mudas e aplicação de hidrogel	Roçagem da área (6 manutenções)
Instalação de colar protetor de mudas	Aplicação de herbicida (6 manutenções)
	Coveamento e fertilização (4 replantios)
	Replantio de mudas e aplicação de hidrogel (4 replantios)
	Remoção de espécie exótica invasora (2 remoções)
Insumos: tratamentos NUC e REF	
Herbicida Pós-E (Glifosato)	Mudas (4 replantios)
Fertilizante NPK (5-20-10)	Hidrogel (4 replantios)
Mudas pioneiras e não pioneiras	Colar protetor de mudas (4 replantios)
Hidrogel	Uréia
Colar protetor de mudas	Formicida
	Gasolina para roçadeira portátil
	Herbicida Pós-E (Glifosato)
	Fertilizante NPK (5-20-10)
Operações exclusivas do tratamento NUC	
Confecção de poleiros	
Plantio de maracujá nos poleiros	
Fertilização do maracujá	
Abrigos artificiais	
Plantio de núcleo de bromélias	
Fertilização de núcleo de bromélias	
Semeadura dos núcleos de feijão-guandú	
Fertilização dos núcleos de feijão-guando	
Banco de sementes – coleta	
Banco de sementes – beneficiamento	
Banco de sementes – implantação no campo	
Chuva de sementes – coleta	
Chuva de sementes – beneficiamento	
Chuva de sementes – implantação no campo	
Insumos exclusivos do tratamento NUC	
Varas de eucalipto	
Mudas de maracujá	
Fertilizante NPK (5-10-20) para todas as técnicas implantadas	
Estéreos de madeira para composição de abrigos	
Muda de bromélia	

Implantação	Manutenção
Operações: tratamentos NUC e REF	
Sementes de feijão-guandú Materiais utilizados no beneficiamento do banco e chuva de sementes (NPK, hidrogel, bandeja, sombrite) Coletores de sementes	
Operações tratamento PAS	
	Controle de formigas (5 manutenções) Remoção de espécie exótica invasora (2 remoções)
Insumos tratamento PAS	
	Formicida

3.7 Análise de dados

Estimamos as variáveis de densidade e computamos a riqueza de espécies por tratamento, para ambas as classes e para indivíduos regenerantes e plantados, área basal para a Classe II e porcentagem de cobertura de invasoras. Foi checada a normalidade dos resíduos e a homogeneidade de variâncias para todas as variáveis anteriormente às análises (os dados referentes à cobertura de invasoras foram transformados anteriormente às análises (arc sen $((x)/100)^{0,5}$) por tratar-se de porcentagem).

Foram calculados os índices de diversidade de Shannon e Alfa de Fisher para cada tratamento, e a riqueza foi comparada entre tratamentos por meio de curvas de rarefação, baseado em indivíduos, utilizando o software PAST (HAMMER; HARPER; RYAN, 2001). Os parâmetros fitossociológicos de densidade (absoluta e relativa) e frequência (absoluta e relativa) foram calculados para cada tratamento com o uso do software Excel.

A densidade de indivíduos, a área basal e os índices de diversidades foram comparados para verificar diferença entre tratamentos por meio de ANOVA seguido de teste de médias, a relação entre a cobertura de invasoras e a densidade de indivíduos de ambas as classes de tamanho (Classe I e Classe II), riqueza de espécies da Classe I, e área basal dos indivíduos da Classe II, foram analisados por meio de regressão linear simples, e também se analisou a similaridade entre tratamentos por meio da análise multivariada NMDS utilizando a densidade de

indivíduos regenerantes para cada espécie, sendo que todas essas análises foram feitas utilizando-se o software R (R CORE TEAM, 2017).

4 RESULTADOS

4.1 Caracterização da vegetação

4.1.1 Classe I

Ao considerar os indivíduos da Classe I, tanto plantados como regenerantes, obteve-se um total de 64 famílias, 206 espécies e 53.035 indivíduos (Tabela 2), sendo 20.004 no tratamento restauração passiva (PAS), 11.587 no tratamento nucleação (NUC) e 21.444 no tratamento reflorestamento misto com espécies nativas em grupos de preenchimento e diversidade (REF).

Tabela 2 - Composição florística dos três tratamentos e número de indivíduos de cada espécie por tratamento. Dispersão: ne = não encontrada, zoo = zoocoria, ane = anemocoria, aut = autocoria; P = plantado, R = regenerante; NO = espécies não oriundas de plantadas, OP = espécies oriundas de plantadas; PAS = Restauração passiva; NUC = Nucleação; REF = Reflorestamento misto com espécies nativas em grupos de preenchimento e diversidade.

Família/Espécie	Hábito	Dispersão	P/R	NO/OP	PAS	NUC	REF
Acanthaceae							
Justicia lythroides (Nees) V.A.W.Graham	Erva	ne	R	NO	0	185	0
Amaranthaceae							
Chamissoa altissima (Jacq.) Kunth	Liana	ne	R	NO	14	2	4
Iresine diffusa Humb. & Bonpl. ex Willd.	Erva	ne	R	NO	405	330	12
Anacardiaceae							
Schinus terebinthifolia Raddi	Árvore	zoo	R	OP	471	127	600
Schinus terebinthifolia Raddi	Árvore	zoo	P	-	0	1	4
Anemiaceae							
Anemia phyllitidis (L.) Sw.	Erva	ane	R	NO	1	0	0
Annonaceae							
Annona cacans Warm.	Árvore	zoo	P	-	0	0	2
Annona sylvatica A.St.-Hil.	Árvore	zoo	R	NO	3	5	11
Apiaceae							
Cyclospermum leptophyllum (Pers.) Sprague	Erva	ne	R	NO	83	1	0
Apocynaceae							
Asclepias curassavica L.	Erva	ane	R	NO	25	10	5
Aspidosperma polyneuron Müll.Arg.	Árvore	ane	P	-	0	0	3
Condylocarpon isthmicum (Vell.) A.DC.	Liana	ane	R	NO	5	0	3
Ditassa hispida (Vell.) Fontella	Subarbusto	ne	R	NO	4	0	1
Fischeria stellata (Vell.) E.Fourn.	Liana	ane	R	NO	64	21	6

Família/Espécie	Hábito	Dispersão	P/R	NO/OP	PAS	NUC	REF
Forsteronia glabrescens Müll.Arg.	Liana	ane	R	NO	76	40	18
Oxypetalum alpinum (Vell.) Fontella	Liana	ane	R	NO	9	18	1
Oxypetalum molle Hook. & Arn.	Liana	ne	R	NO	5	0	0
Tabernaemontana catharinensis A.DC.	Arbusto/ árvore	zoo	R	NO	5	0	1
Aquifoliaceae							
Ilex paraguariensis A.St.-Hil.	Árvore	zoo	P	-	0	2	1
Araucariaceae							
Araucaria angustifolia (Bertol.) Kuntze	Árvore	aut/zoo	P	-	0	1	1
Arecaceae							
Butia capitata (Mart.) Becc.	Palmeira	zoo	R	OP	0	1	0
Butia capitata (Mart.) Becc.	Palmeira	zoo	P	-	0	3	5
Syagrus romanzoffiana (Cham.) Glassman	Árvore	zoo	P	-	0	2	1
Syagrus romanzoffiana (Cham.) Glassman	Árvore	zoo	R	OP	0	1	2
Aristolochiaceae							
Aristolochia sp. L.	-	-	R	NO	1	18	1
Asteraceae							
Austroeupatorium inulaefolium (Kunth) R.M.King & H.Rob.	Arbusto	ane	R	NO	2.253	734	883
Baccharis dracunculifolia DC.	Arbusto	ane	R	NO	185	160	132
Baccharis sp. L.	Arbusto/ árvore	ane	R	NO	317	93	217
Bidens pilosa L.	Erva	zoo	R	NO	189	170	229
Campuloclinium sp. *purpurascens* (Sch.Bip. ex Baker) R.M.King & H.Rob.	Subarbusto	ne	R	NO	0	0	1
Chromolaena laevigata (Lam.) R.M.King & H.Rob.	Arbusto	ane	R	NO	4	14	13
Chromolaena maximilianii (Schrad. ex DC.) R.M.King & H.Rob.	Arbusto	ane	R	NO	465	66	12
Chrysolaena platensis (Spreng.) H.Rob.	Subarbusto	ane	R	NO	6	0	0
Conyza sp. Less.	Erva	ane	R	NO	341	124	85
Cyrtocymura scorpioides (Lam.) H.Rob.	Subarbusto	ane	R	NO	2.450	3.039	2.275
Elephantopus mollis Kunth	Erva	ane	R	NO	142	5	71
Erechtites valerianifolius (Wolf) DC.	Erva	ane	R	NO	1	0	10
Gnaphalium sp. L.	Erva	-	R	NO	399	19	0
Moquiniastrum polymorphum (Less.) G. Sancho	Árvore	ane	P	-	0	0	1
Lactuca canadensis L.	Erva	ne	R	NO	180	61	56
Mikania cf. *glomerata* Spreng.	Liana	ane	R	NO	0	6	0
Mikania micrantha Kunth	Liana	ane	R	NO	3.870	1.571	1.238
Mutisia coccinea A.St.-Hil.	Liana	ane	R	NO	14	9	1
Porophyllum ruderale (Jacq.) Cass.	Erva	ane	R	NO	53	77	106
Pterocaulon lanatum Kuntze	Erva	ane	R	NO	25	1	2
Senecio brasiliensis (Spreng.) Less.	Arbusto	ane	R	NO	116	321	1.028
Sigesbeckia orientalis L.	Erva	zoo	R	NO	32	5	21
Solidago chilensis Meyen	Subarbusto	ane	R	NO	69	0	0

Família/Espécie	Hábito	Dispersão	P/R	NO/OP	PAS	NUC	REF
Sonchus oleraceus L.	Erva	ane	R	NO	0	1	0
Vernonanthura tweediana (Baker) H.Rob.	Arbusto	ane	R	NO	816	181	411
sp. 1	-	-	R	-	0	4	0
sp. 2	-	-	R	-	203	39	48
sp. 3	-	-	R	-	1	0	3
sp. 4	-	-	R	-	70	3	21
sp. 5	-	-	R	-	11	0	0
sp. 6	-	-	R	-	18	2	2
sp. 7	-	-	R	-	675	127	0
sp. 8	-	-	R	-	39	1	1
sp. 9	-	-	R	-	36	0	0
Bignoniaceae							
Amphilophium crucigerum (L.) L.G.Lohmann	Liana	ane	R	NO	1.608	179	18
Handroanthus chrysotrichus (Mart. ex DC.) Mattos	Árvore	ane	R	OP	2	0	0
Handroanthus chrysotrichus (Mart. ex DC.) Mattos	Árvore	ane	P	-	0	1	3
Jacaranda micrantha Cham.	Árvore	ane	P	-	0	0	1
Boraginaceae							
Cordia axillaris I.M.Johnst.	Árvore	zoo	R	NO	2	1	6
Cordia trichotoma (Vell.) Arráb. ex Steud.	Árvore	ane	P	-	0	4	3
Cordia trichotoma (Vell.) Arráb. ex Steud.	Árvore	ane	R	OP	49	23	15
Cordia americana (L.) Gottschling & J.S.Mill.	Árvore	ane	P	-	0	1	1
Heliotropium transalpinum Vell.	Arbusto	zoo	R	NO	0	2	0
Myriopus paniculatus (Cham.) Feuillet	Arbusto/ Liana	ne	R	NO	23	0	0
Tournefortia maculata Jacq.	ne	ne	R	NO	0	0	2
Bromeliaceae							
Bromelia antiacantha Bertol.	Erva	zoo	P	-	0	125	0
Cactaceae							
Pereskia aculeata Mill.	Liana	zoo	R	NO	0	4	0
Canellaceae							
Cinnamodendron dinisii Schwacke	Árvore	zoo	P	-	0	0	8
Cannabaceae							
Celtis iguanaea (Jacq.) Sarg.	Arbusto/ Árvore	zoo	R	NO	5	0	3
Celtis sp. L.	-	zoo	P	-	0	0	3
Trema micrantha (L.) Blume	Arbusto/ Árvore	zoo	P	-	0	2	3
Trema micrantha (L.) Blume	Arbusto/ Árvore	zoo	R	OP	4	55	2
Cannaceae							
Canna indica L.	Erva	ne	R	NO	0	60	0
Caricaceae							
Jacaratia spinosa (Aubl.) A.DC.	Árvore	zoo	P	-	0	0	1
Celastraceae							

Família/Espécie	Hábito	Dispersão	P/R	NO/OP	PAS	NUC	REF
Maytenus aquifolia Mart.	Arbusto/ Árvore	zoo	P	-	0	1	3
Commelinaceae							
Dichorisandra hexandra (Aubl.) C.B.Clarke	Erva	zoo	R	NO	0	5	0
Convolvulaceae							
Ipomoea quamoclit L.	Liana	aut	R	NO	2	0	0
Ipomoea sp. L.	-	-	R	NO	6	3	9
Ipomoea triloba L.	Liana	ne	R	NO	32	0	1
sp. 1	-	-	R	-	2	3	0
Cucurbitaceae							
Cayaponia floribunda Cogn.	Liana	zoo	R	NO	13	4	4
Cyperaceae							
Cyperus sp. L.	Erva	ane	R	NO	16	5	1
Pycreus lanceolatus (Poir.) C.B.Clarke	Erva	-	R	NO	45	23	16
Dryopteridaceae							
Lastreopsis effusa (Sw.) Tindale	Erva	ne	R	NO	0	0	1
Elaeocarpaceae							
Sloanea hirsuta (Schott) Planch. ex Benth. Vell.	Árvore	zoo	P	-	0	0	4
Erythroxylaceae							
Erythroxylum deciduum A.St.-Hil.	Arbusto/ Árvore	zoo	R	NO	13	9	22
Euphorbiaceae							
Acalypha brasiliensis Müll.Arg.	Arbusto	aut	R	NO	0	42	0
Alchornea triplinervia (Spreng.) Müll.Arg.	Árvore	zoo	P	-	0	3	4
Croton floribundus Spreng.	Árvore	aut	P	-	0	3	1
Croton floribundus Spreng.	Árvore	aut	R	OP	0	33	288
Croton urucurana Baill.	Árvore	aut	R	OP	12	1.225	10.379
Croton urucurana Baill.	Árvore	aut	P	-	0	2	0
Dalechampia stipulacea Müll.Arg.	Liana	aut	R	NO	12	4	0
Euphorbia heterophylla L.	Erva	aut	R	NO	79	112	23
Gymnanthes klotzschiana Müll.Arg.	Arbusto/ árvore	aut	R	NO	4	0	2
Gymnanthes schottiana Müll.Arg	Arbusto	aut	P	-	0	0	2
Fabaceae							
Arachis pintoi Krapov. & W.C.Greg.	Erva	ne	R	NO	0	489	45
Bauhinia forficata Link	Árvore	aut	R	OP	0	18	36
Bauhinia forficata Link	Árvore	aut	P	-	0	0	3
Calliandra foliolosa Benth.	Arbusto/ Árvore	aut	R	NO	0	0	7
Calliandra tweedii Benth.	Arbusto	aut	P	-	0	0	2
Calliandra tweedii Benth.	Arbusto	aut	R	OP	0	0	17
Cassia leptophylla Vogel	Árvore	aut	P	-	0	0	2
Dalbergia frutescens (Vell.) Britton	Arbusto/ Liana	ane	R	NO	9	5	0
Desmodium incanum (Sw.) DC.	Subarbusto	zoo	R	NO	125	32	0
Erythrina falcata Benth.	Árvore	aut	P	-	0	0	1

Família/Espécie	Hábito	Dispersão	P/R	NO/OP	PAS	NUC	REF
Leucochloron incuriale (Vell.) Barneby & J.W.Grimes	Arbusto/ árvore	aut	R	NO	1	1	0
Lonchocarpus sp.	-	-	P	-	0	0	2
Machaerium paraguariense Hassl.	Árvore	ane	R	NO	0	1	0
Machaerium stipitatum Vogel	Árvore	ane	P	-	0	0	3
Mimosa scabrella Benth.	Árvore	aut	P	-	0	0	1
Mimosa scabrella Benth.	Árvore	aut	R	OP	0	3	8
Muellera campestris (Mart. ex Benth.) M.J. Silva & A.M.G. Azevedo	Árvore	aut	R	NO	0	1	0
Parapiptadenia rigida (Benth.) Brenan	Árvore	aut	P	-	0	0	3
Parapiptadenia rigida (Benth.) Brenan	Árvore	aut	R	OP	29	160	1
Piptadenia gonoacantha (Mart.) J.F.Macbr.	Árvore	aut	P	-	0	3	6
Piptadenia gonoacantha (Mart.) J.F.Macbr.	Árvore	aut	R	OP	122	1	10
Gymnanthes klotzschiana Müll.Arg.	Árvore	aut	P	-	0	0	1
Senegalia velutina (DC.) Seigler & Ebinger	Liana	aut	R	NO	5	22	0
Indeterminada							
Morfoespécie 1	-	-	R	-	0	2	0
Morfoespécie 2	-	-	R	-	0	1	0
Morfoespécie 3	-	-	R	-	1	0	0
Morfoespécie 4	-	-	R	-	4	0	0
Morfoespécie 5	-	-	R	-	19	0	0
Morfoespécie 6	-	-	R	-	2	0	0
Morfoespécie 7	-	-	R	-	2	0	0
Morfoespécie 8	-	-	R	-	0	6	1
sp. 1	-	-	R	-	8	0	9
sp. 2	-	-	R	-	2	0	3
sp. 3	-	-	R	-	0	0	1
sp. 4	-	-	R	-	0	1	0
sp. 5	-	-	R	-	0	3	0
sp. 6	-	-	R	-	80	0	0
sp. 7	-	-	R	-	1	0	0
sp. 8	-	-	R	-	1	0	0
sp. 9	-	-	R	-	2	0	0
sp. 10	-	-	R	-	3	1	2
sp. 11	-	-	R	-	1	0	0
sp. 12	-	-	R	-	453	144	30
sp. 13	-	-	R	-	0	0	1
Lamiaceae							
Leonurus sibiricus L.	Erva	ne	R	NO	378	110	18
Vitex megapotamica (Spreng.) Moldenke		zoo	P	-	0	0	4
Lauraceae							
Cinnamomum burmanni (Nees & T.Nees) Blume		zoo	R	NO	0	0	1
Nectandra cf. *grandiflora* Nees	Árvore	zoo	R	NO	0	2	3
Nectandra lanceolata Nees	Árvore	zoo	P	-	0	0	1
Nectandra lanceolata Nees	Árvore	zoo	R	OP	47	22	36

Família/Espécie	Hábito	Dispersão	P/R	NO/OP	PAS	NUC	REF
Nectandra megapotamica (Spreng.) Mez	Árvore	zoo	R	NO	0	1	0
Ocotea diospyrifolia (Meisn.) Mez	Árvore	zoo	R	NO	1	0	0
Ocotea puberula (Rich.) Nees	Árvore	zoo	R	OP	26	100	107
Ocotea porosa (Nees & Mart.) Barroso	Árvore	zoo	P	-	0	0	7
Liliaceae							
sp. 1	-	-	R	-	20	0	0
Loganiaceae							
Strychnos brasiliensis Mart.	Arbusto/liana	zoo	P	-	0	2	6
Lythraceae							
Lafoensia pacari A.St.-Hil.	Árvore	ane	P	-	0	0	1
Malvaceae							
Bastardiopsis densiflora (Hook. & Arn.) Hassl.	Arbusto	aut	R	NO	0	53	0
Guazuma ulmifolia Lam.	Árvore	zoo	P	-	0	2	0
Luehea divaricata Mart. & Zucc.	Árvore	ane	R	NO	20	5	6
Melochia sp. L.	-	-	R	NO	0	0	8
Pavonia communis A.St.-Hil.	Arbusto	aut	R	NO	0	1	0
Pavonia sepium A.St.-Hil.	Arbusto	aut	R	NO	0	1	0
Sida rhombifolia L.	Subarbusto	aut	R	NO	336	84	1.294
Marantaceae							
Ctenanthe muelleri Petersen	Erva	ne	R	NO	0	1	0
Thalia geniculata L.	Erva	ne	R	NO	184	206	38
Melastomataceae							
Leandra australis (Cham.) Cogn.	Arbusto	zoo	R	NO	36	4	1
Miconia discolor DC.	Arbusto	zoo	R	NO	11	1	6
Meliaceae							
Cabralea canjerana (Vell.) Mart.	Árvore	zoo	P	-	0	0	2
Cedrela fissilis Vell.	Árvore	ane	P	-	0	1	2
Cedrela fissilis Vell.	Árvore	ane	R	OP	5	3	3
Melia azedarach L.	Árvore	zoo	R	NO	1	2	6
Trichilia elegans A.Juss.	Arbusto/árvore	zoo	R	NO	4	0	1
Trichilia claussenii C. DC.	Árvore	zoo	P	-	0	0	3
Moraceae							
Ficus sp.	Arbusto/árvore	zoo	R	NO	0	17	0
Maclura tinctoria (L.) D.Don ex Steud.	Arbusto/árvore	zoo	R	NO	1	22	3
Myrtaceae							
Campomanesia guazumifolia (Cambess.) O.Berg	Árvore	zoo	P	-	0	1	5
Campomanesia guazumifolia (Cambess.) O.Berg	Árvore	zoo	R	OP	0	0	1
Campomanesia xanthocarpa (Mart.) O.Berg	Árvore	zoo	P	-	0	0	8
Campomanesia xanthocarpa (Mart.) O.Berg	Árvore	zoo	R	OP	11	0	0
Eucalyptus sp.	Árvore	-	R	NO	0	0	1

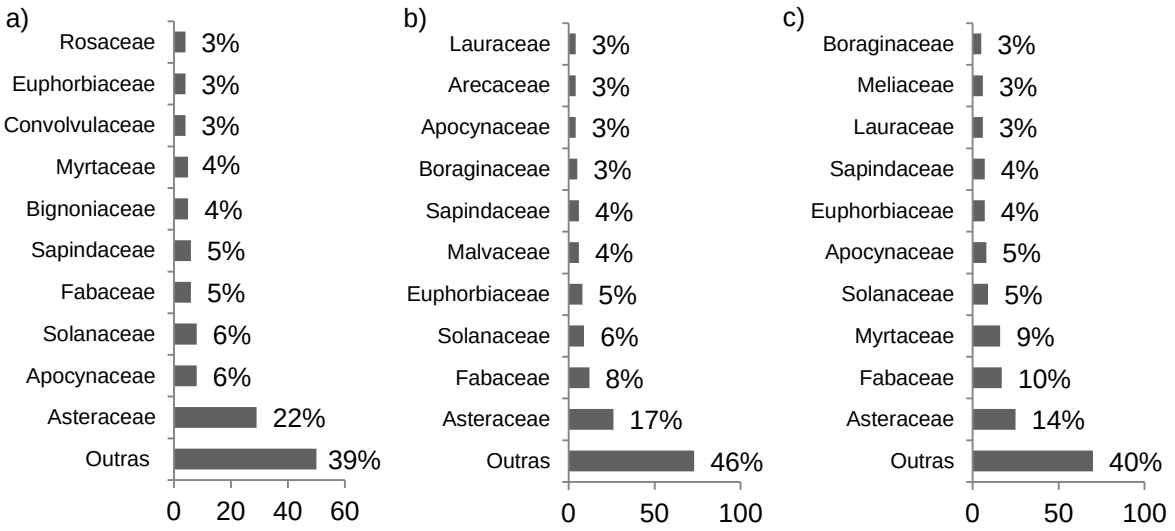
Família/Espécie	Hábito	Dispersão	P/R	NO/OP	PAS	NUC	REF
Eugenia pyriformis Cambess.	Arbusto/ árvore	zoo	P	-	0	2	4
Eugenia pyriformis Cambess.	Arbusto/ árvore	zoo	R	OP	0	0	1
Eugenia uniflora L.	Arbusto	zoo	P	-	0	0	8
Eugenia uniflora L.	Arbusto	zoo	R	OP	1	9	25
Eugenia involucrata DC.	Árvore	zoo	P	-	0	1	8
Myrceugenia euosma (O.Berg) D.Legrand	Árvore	zoo	P	-	0	0	4
Myrcia pulchra (O.Berg) Kiaersk.	Árvore	zoo	R	NO	1	0	6
Myrcianthes pungens (O.Berg) D.Legrand	Árvore	zoo	P	-	0	0	5
Plinia peruviana (Poir.) Govaerts	Árvore	zoo	P	-	0	0	4
Psidium guajava L.	Árvore	zoo	P	-	0	0	8
Psidium guajava L.	Árvore	zoo	R	OP	0	0	2
sp. 1	-	-	R	-	2	0	0
sp. 2	-	-	R	-	120	0	47
Oleaceae							
Ligustrum japonicum Thunb.	Árvore	zoo	R	NO	19	4	6
Passifloraceae							
Passiflora alata Curtis	Liana	zoo	R	OP	0	2	0
Passiflora amethystina J.C.Mikan	Liana	zoo	R	NO	0	1	0
Passiflora edulis Sims	Liana	zoo	R	NO	0	1	0
Passiflora urnifolia Rusby	Liana	zoo	R	NO	7	6	0
Phyllanthaceae							
Phyllanthus niruri L.	Erva	ne	R	NO	289	47	15
Phyllanthus tenellus Roxb.	Erva	aut	R	NO	3	2	1
Phytolaccaceae							
Gallesia integrifolia (Spreng.) Harms	Árvore	ane	P	-	0	0	7
Piperaceae							
Piper amalago L.	Arbusto	zoo	R	NO	11	7	14
Piper crassinervium Kunth	Arbusto	zoo	R	NO	11	2	2
Podocarpaceae							
Podocarpus sp. L'Hér. ex Pers.	-	-	P	-	0	0	6
Polygonaceae							
Ruprechtia laxiflora Meisn.	Árvore	ane	P	-	0	2	0
Portulacaceae							
Talinum paniculatum (Jacq.) Gaertn.	Erva	ane	R	NO	0	6	0
Primulaceae							
Myrsine coriacea (Sw.) R.Br. ex Roem. & Schult.	Arbusto/ Árvore	zoo	R	OP	60	29	467
Myrsine umbellata Mart.	Árvore	zoo	P	-	0	0	2
Myrsine umbellata Mart.	Árvore	zoo	R	OP	0	0	4
Pteridaceae							
Adiantum raddianum C.Presl	Erva	ne	R	NO	3	0	0
Ranunculaceae							
Clematis dioica L.	Liana	ane	R	NO	12	5	0
Rhamnaceae							
Gouania virgata Reissek	Liana	ane	R	NO	2	0	0

Família/Espécie	Hábito	Dispersão	P/R	NO/OP	PAS	NUC	REF
Hovenia dulcis Thunb.	Árvore	zoo	R	NO	97	5	45
Rosaceae							
Eriobotrya japonica (Thunb.) Lindl.	Árvore	zoo	R	NO	1	0	5
Prunus myrtifolia (L.) Urb.	Árvore	zoo	P	-	0	0	2
Prunus myrtifolia (L.) Urb.	Árvore	zoo	R	OP	78	24	89
Rubus erythroclados Mart. ex Hook.f.	Arbusto/ Liana	zoo	R	NO	12	0	2
Rubus urticifolius Poir.	Liana	zoo	R	NO	312	38	40
Rubiaceae							
Galianthe laxa (Cham.	Erva	ne	R	NO	3	0	0
Galium hypocarpium (L.) Endl. ex Griseb.	Erva	ane	R	NO	285	4	3
Psychotria carthagenensis Jacq.	Arbusto/ árvore	zoo	R	NO	1	2	4
Psychotria myriantha Müll.Arg.	Arbusto	zoo	R	NO	0	4	1
Randia ferox (Cham. & Schltdl.) DC.	Árvore	zoo	P	-	0	0	8
Rutaceae							
Balfourodendron riedelianum (Engl.) Engl.	Árvore	ane	P	-	0	2	4
Zanthoxylum rhoifolium Lam.	Árvore	zoo	R	OP	308	31	127
Salicaceae							
Banara tomentosa Clos	Arbusto/ Árvore	zoo	R	NO	3	0	0
Casearia obliqua Spreng.	Arbusto/ Árvore	zoo	R	NO	0	1	0
Casearia sylvestris Sw.	Arbusto/ árvore	zoo	R	NO	4	0	6
Casearia decandra Jacq.	Árvore	zoo	P	-	0	2	7
Prockia crucis P.Browne ex L.	Arbusto/ árvore	zoo	R	NO	2	0	2
Xylosma sp.	Árvore	-	P	-	0	0	3
Sapindaceae							
Allophylus edulis (A.St.-Hil. et al.) Hieron. ex Niederl.	Arbusto/ árvore	zoo	P	-	0	0	4
Allophylus edulis (A.St.-Hil. et al.) Hieron. ex Niederl.	Arbusto/ árvore	zoo	R	OP	19	17	78
Allophylus guaraniticus (A. St.-Hil.) Radlk.	Arbusto/ Árvore	zoo	R	NO	9	5	28
Cupania vernalis Cambess.	Árvore	zoo	P	-	0	1	2
Cupania vernalis Cambess.	Árvore	zoo	R	OP	0	0	1
Diatenopteryx sorbifolia Radlk.	Árvore	ane	P	-	0	0	7
Matayba elaeagnoides Radlk.	Arbusto/ árvore	zoo	R	NO	8	2	14
Serjania communis Cambess.	Liana	aut	R	NO	9	1	0
Serjania laruotteana Cambess.	Liana	ane	R	NO	12	0	0
Urvillea laevis Radlk.	Liana	ane	R	NO	31	13	0
Scrophulariaceae							
Buddleja stachyoides Cham. & Schltdl.	Arbusto/ Erva	aut	R	NO	8	2	0

Família/Espécie	Hábito	Dispersão	P/R	NO/OP	PAS	NUC	REF
Smilacaceae							
Smilax cognata Kunth	Liana	zoo	R	NO	8	1	1
Solanaceae							
Cestrum intermedium Sendtn.	Arbusto/ árvore	zoo	R	NO	0	2	5
Cestrum strigilatum Ruiz & Pav.	Arbusto/ Árvore	zoo	R	NO	51	49	127
Solanum americanum Mill.	Erva	zoo	R	NO	26	10	16
Solanum cf. *mauritianum* Scop.	Arbusto/ árvore	zoo	R	OP	27	17	8
Solanum cf. *pseudoquina* A.St.-Hil.	Árvore	zoo	R	NO	2	0	1
Solanum guaraniticum A.St.-Hil.	Arbusto	zoo	R	NO	15	16	2
Solanum hirtellum (Spreng.) Hassl.	Arbusto	zoo	R	NO	0	1	0
Solanum laxum Spreng.	Liana	zoo	R	NO	66	12	6
Solanum palinacanthum Dunal	Arbusto	zoo	R	NO	3	1	1
Solanum trachytrichium Bitter	Arbusto	zoo	R	NO	25	1	2
Thelypteridaceae							
Christella dentata (Forssk.) Brownsey & Jermy	Erva	ne	R	NO	1	5	1
Urticaceae							
Boehmeria caudata Sw.	Arbusto	ane	R	NO	0	35	0
Cecropia pachystachya Trécul	Árvore	zoo	R	NO	0	58	0
Urera pacifica V.W. Steinm.	Erva	ne	R	NO	2	6	0
Urtica dioica L.	Erva	ne	R	NO	0	13	0
Verbenaceae							
Aloysia virgata (Ruiz & Pav.) Juss.	Arbusto/ árvore	ane	R	NO	0	2	0
Lantana camara L.	Arbusto	zoo	R	NO	4	6	1
Violaceae							
Pombalia communis (A.St.-Hil.) Paula-Souza	Arbusto	aut	R	NO	0	2	0
Total					**20.004**	**11.587**	**21.444**

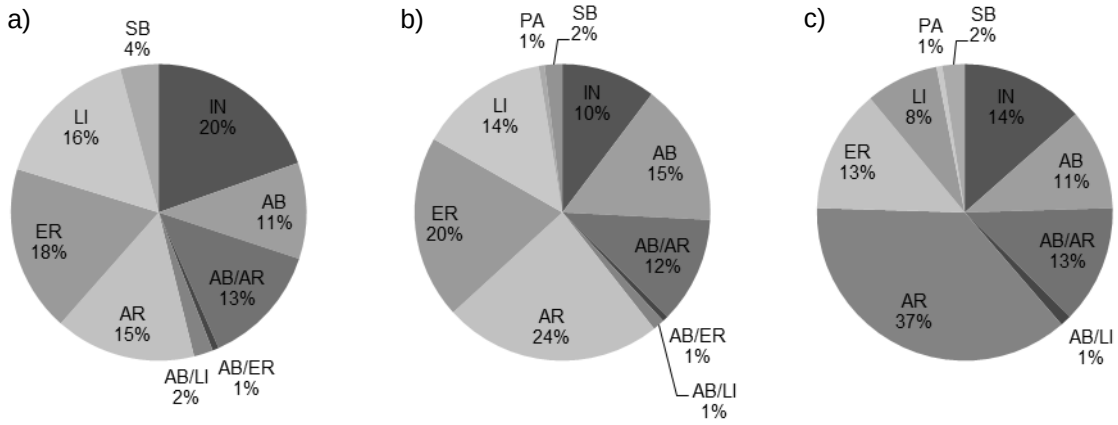
A família com maior número de espécies foi Asteraceae em todos os tratamentos (Figura 16), sendo a mais predominante na restauração passiva (29 espécies). A composição das famílias mais predominantes em cada tratamento foi variável, sendo que na passiva, Asteraceae foi seguida das famílias Apocynaceae, Solanaceae, e Fabaceae; na nucleação Fabaceae, Solanaceae e Euphorbiaceae; e no reflorestamento, Fabaceae, Myrtaceae e Solanaceae.

Figura 16 - Porcentagem de espécies (regenerantes e plantadas) para cada uma das dez famílias mais abundantes para cada tratamento; a) Restauração passiva; b) Nucleação; c) Reflorestamento misto com espécies nativas em grupos de preenchimento e diversidade.



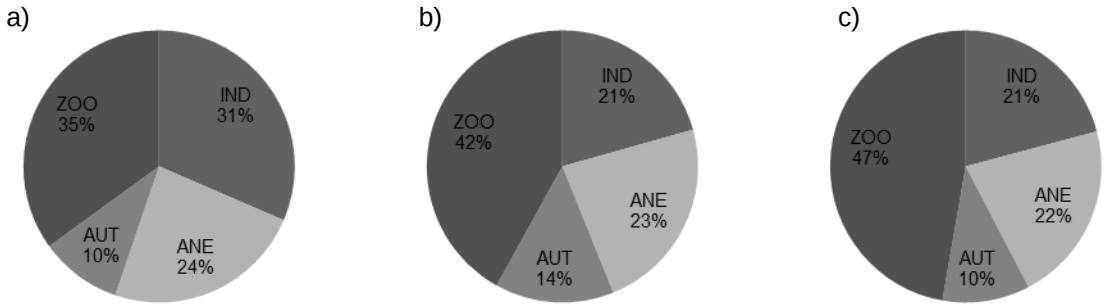
O hábito predominante no tratamento restauração passiva foi “erva” (18%), seguido de “liana” (16%) e “árvore” (15%) (Figura 17a). A nucleação e o reflorestamento apresentaram predominância do hábito arbóreo, já que as espécies plantadas em ambos os tratamentos, em sua maioria eram arbóreas. O segundo maior número de espécies da NUC foi considerado herbáceo (20%), seguido de arbustos (15%) (Figura 17b). No REF o segundo maior número de espécies foi de arbusto/árvore e ervas (13%) (Figura 17c).

Figura 17 - Hábitos das espécies amostradas para cada tratamento segundo a classificação da Flora do Brasil (2016); a) Hábitos das espécies do tratamento Restauração passiva (PAS); b) Hábitos das espécies do tratamento Nucleação (NUC); c) Hábitos das espécies do tratamento Reflorestamento misto de espécies nativas em grupos de preenchimento e diversidade (REF). Onde: IN = indeterminadas; AB/AR = arbusto/árvore; AB = arbusto; AB/ER = arbusto/erva; AB/LI = arbusto/liana; AR = árvore; ER = erva; LI = liana; SB = subarbusto; PA = palmeira.



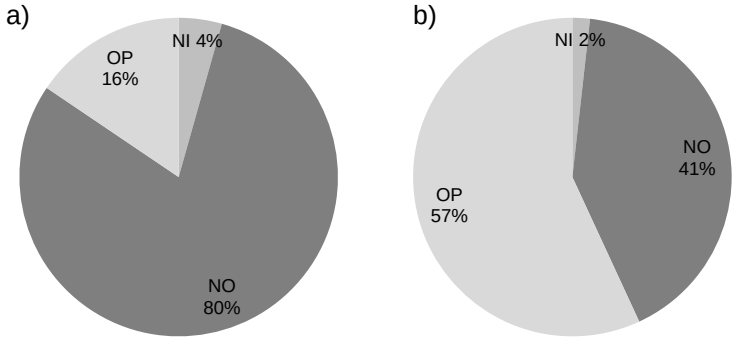
A síndrome de dispersão predominante em todos os tratamentos foi a Zoocoria, seguida da Anemocoria e por fim, a Autocoria (Figura 18). A maioria das espécies plantadas nos tratamentos nucleação e reflorestamento foram espécies zoocóricas. Porém, na restauração passiva, onde não houve plantio de espécies, observou-se também a ocorrência de um maior número de espécies zoocóricas.

Figura 18 - Síndromes de dispersão das espécies amostradas para cada tratamento. a) Hábitos das espécies do tratamento Restauração passiva (PAS); b) Hábitos das espécies do tratamento Nucleação (NUC); c) Hábitos das espécies do tratamento Reflorestamento misto de espécies nativas em grupos de preenchimento e diversidade (REF). Onde: ZOO = zoocoria; IND = indeterminadas; ANE = anemocoria; AUT = autocoria.



No tratamento NUC, a maioria dos indivíduos não são oriundos de espécies plantadas (80%), o que o a torna mais similar à PAS onde todos os indivíduos são oriundos de dispersão natural e não das espécies introduzidas. Já no tratamento REF, o número de indivíduos não oriundos de espécies plantadas foi muito menor, correspondendo apenas a 41% do número total de indivíduos, havendo uma predominância de indivíduos oriundos de espécies plantadas (57%) (Figura 19).

Figura 19 - Porcentagem de indivíduos não oriundos de espécies plantadas (NO), oriundos de espécies plantadas (OP) e não identificados (NI) em relação ao número total de indivíduos em cada tratamento; a) Nucleação; b) Reflorestamento misto de espécies nativas em grupos de preenchimento e diversidade.



A espécie de maior ocorrência no tratamento restauração passiva foi *Mikania micrantha*, uma liana herbácea (guaco) e que correspondeu a 19,35% da densidade. A segunda espécie de maior ocorrência foi *Cyrtocymura scorpioides* (assa-peixe), com 12,25% da densidade, seguida de *Austroeupatorium inulaefolium* (erva-lombrigueira) com 11,26% da densidade (Tabela 3). Essas três espécies de maior ocorrência pertencem a Asteraceae, e juntas correspondem a 42,86% da densidade total de indivíduos.

Tabela 3 - Relação das espécies amostradas em ordem decrescente de número de indivíduos (Ni), densidade absoluta (DA) expressa em ind.ha-1, densidade relativa (DR) expressa em %, frequência (FA) expressa em %, e frequência relativa (FR) expressa em %, das espécies amostradas em área de Restauração passiva (PAS).

Família	Espécie	Ni	DA	DR	FA	FR
Asteraceae	*Mikania micrantha*	3.870	8.958	19,35%	100%	1,21%
Asteraceae	*Cyrtocymura scorpioides*	2.450	5.671	12,25%	100%	1,21%
Asteraceae	*Austroeupatorium inulaefolium*	2.253	5.215	11,26%	100%	1,21%
Bignoniaceae	*Amphilophium crucigerum*	1.608	3.722	8,04%	100%	1,21%
Asteraceae	*Vernonanthura tweediana*	816	1.889	4,08%	100%	1,21%
Asteraceae	sp. 7	675	1.563	3,37%	25%	0,30%
Anacardiaceae	*Schinus terebinthifolia*	471	1.090	2,35%	100%	1,21%
Asteraceae	*Chromolaena maximilianii*	465	1.076	2,32%	100%	1,21%
Indeterminada	sp. 12	453	1.049	2,26%	100%	1,21%
Amaranthaceae	*Iresine diffusa*	405	938	2,02%	75%	0,91%
Asteraceae	*Gnaphalium* sp.	399	924	1,99%	100%	1,21%
Lamiaceae	*Leonurus sibiricus*	378	875	1,89%	100%	1,21%
Asteraceae	*Conyza* sp.	341	789	1,70%	100%	1,21%
Malvaceae	*Sida rhombifolia*	336	778	1,68%	100%	1,21%
Asteraceae	*Baccharis* sp.	317	734	1,58%	100%	1,21%
Rosaceae	*Rubus urticifolius*	312	722	1,56%	75%	0,91%
Rutaceae	*Zanthoxylum rhoifolium*	308	713	1,54%	75%	0,91%
Phyllanthaceae	*Phyllanthus niruri*	289	669	1,44%	100%	1,21%
Rubiaceae	*Galium hypocarpium*	285	660	1,42%	75%	0,91%
Asteraceae	sp. 2	203	470	1,01%	100%	1,21%
Asteraceae	*Bidens pilosa*	189	438	0,94%	100%	1,21%
Asteraceae	*Baccharis dracunculifolia*	185	428	0,92%	100%	1,21%
Marantaceae	*Thalia geniculata*	184	426	0,92%	100%	1,21%
Asteraceae	*Lactuca canadenses*	180	417	0,90%	100%	1,21%
Asteraceae	*Elephantopus mollis*	142	329	0,71%	75%	0,91%
Fabaceae	*Desmodium incanum*	125	289	0,62%	100%	1,21%
Fabaceae	*Piptadenia gonoacantha*	122	282	0,61%	25%	0,30%
Myrtaceae	sp. 2	120	278	0,60%	50%	0,60%
Asteraceae	*Senecio brasiliensis*	116	269	0,58%	100%	1,21%
Rhamnaceae	*Hovenia dulcis*	97	225	0,48%	100%	1,21%
Apiaceae	*Cyclospermum leptophyllum*	83	192	0,41%	75%	0,91%

Família	Espécie	Ni	DA	DR	FA	FR
Indeterminada	sp. 6	80	185	0,40%	50%	0,60%
Euphorbiaceae	*Euphorbia heterophylla*	79	183	0,39%	100%	1,21%
Rosaceae	*Prunus myrtifolia*	78	181	0,39%	75%	0,91%
Apocynaceae	*Forsteronia glabrescens*	76	176	0,38%	100%	1,21%
Asteraceae	sp. 4	70	162	0,35%	100%	1,21%
Asteraceae	*Solidago chilensis*	69	160	0,34%	50%	0,60%
Solanaceae	*Solanum laxum*	66	153	0,33%	75%	0,91%
Apocynaceae	*Fischeria stellata*	64	148	0,32%	100%	1,21%
Primulaceae	*Myrsine coriácea*	60	139	0,30%	100%	1,21%
Asteraceae	*Porophyllum ruderale*	53	123	0,26%	25%	0,30%
Solanaceae	*Cestrum strigilatum*	51	118	0,25%	75%	0,91%
Boraginaceae	*Cordia trichotoma*	49	113	0,24%	75%	0,91%
Lauraceae	*Nectandra lanceolata*	47	109	0,23%	75%	0,91%
Cyperaceae	*Pycreus lanceolatus*	45	104	0,22%	100%	1,21%
Asteraceae	sp. 8	39	90	0,19%	25%	0,30%
Melastomataceae	*Leandra australis*	36	83	0,18%	75%	0,91%
Asteraceae	sp. 9	36	83	0,18%	75%	0,91%
Convolvulaceae	*Ipomoea triloba*	32	74	0,16%	50%	0,60%
Asteraceae	*Sigesbeckia orientalis*	32	74	0,16%	100%	1,21%
Sapindaceae	*Urvillea laevis*	31	72	0,15%	50%	0,60%
Fabaceae	*Parapiptadenia rigida*	29	67	0,14%	100%	1,21%
Solanaceae	*Solanum* cf. *mauritianum*	27	63	0,13%	100%	1,21%
Lauraceae	*Ocotea puberula*	26	60	0,13%	75%	0,91%
Solanaceae	*Solanum americanum*	26	60	0,13%	100%	1,21%
Apocynaceae	*Asclepias curassavica*	25	58	0,12%	75%	0,91%
Asteraceae	*Pterocaulon lanatum*	25	58	0,12%	100%	1,21%
Solanaceae	*Solanum trachytrichium*	25	58	0,12%	75%	0,91%
Boraginaceae	*Myriopus paniculatus*	23	53	0,11%	50%	0,60%
Malvaceae	*Luehea divaricata*	20	46	0,10%	100%	1,21%
Liliaceae	sp. 1	20	46	0,10%	50%	0,60%
Sapindaceae	*Allophylus edulis*	19	44	0,09%	100%	1,21%
Oleaceae	*Ligustrum japonicum*	19	44	0,09%	25%	0,30%
Indeterminada	Morfoespécie 5	19	44	0,09%	50%	0,60%
Asteraceae	sp. 6	18	42	0,09%	75%	0,91%
Cyperaceae	*Cyperus* sp.	16	37	0,08%	25%	0,30%
Solanaceae	*Solanum guaraniticum*	15	35	0,07%	75%	0,91%
Amaranthaceae	*Chamissoa altissima*	14	32	0,07%	25%	0,30%
Asteraceae	*Mutisia coccínea*	14	32	0,07%	50%	0,60%
Cucurbitaceae	*Cayaponia floribunda*	13	30	0,06%	25%	0,30%
Erythroxylaceae	*Erythroxylum deciduum*	13	30	0,06%	100%	1,21%
Ranunculaceae	*Clematis dioica*	12	28	0,06%	50%	0,60%
Euphorbiaceae	*Croton urucurana*	12	28	0,06%	50%	0,60%
Euphorbiaceae	*Dalechampia stipulacea*	12	28	0,06%	75%	0,91%
Rosaceae	*Rubus erythroclados*	12	28	0,06%	25%	0,30%
Sapindaceae	*Serjania laruotteana*	12	28	0,06%	50%	0,60%
Myrtaceae	*Campomanesia xanthocarpa*	11	25	0,05%	50%	0,60%
Melastomataceae	*Miconia discolor*	11	25	0,05%	75%	0,91%

Família	Espécie	Ni	DA	DR	FA	FR
Piperaceae	*Piper amalago*	11	25	0,05%	50%	0,60%
Piperaceae	*Piper crassinervium*	11	25	0,05%	75%	0,91%
Asteraceae	sp. 5	11	25	0,05%	25%	0,30%
Sapindaceae	*Allophylus guaraniticus*	9	21	0,04%	25%	0,30%
Fabaceae	*Dalbergia frutescens*	9	21	0,04%	50%	0,60%
Apocynaceae	*Oxypetalum alpinum*	9	21	0,04%	50%	0,60%
Sapindaceae	*Serjania communis*	9	21	0,04%	75%	0,91%
Scrophulariaceae	*Buddleja stachyoides*	8	19	0,04%	75%	0,91%
Sapindaceae	*Matayba elaeagnoides*	8	19	0,04%	100%	1,21%
Smilacaceae	*Smilax cognata*	8	19	0,04%	50%	0,60%
Indeterminada	sp. 1	8	19	0,04%	25%	0,30%
Passifloraceae	*Passiflora urnifolia*	7	16	0,03%	50%	0,60%
Asteraceae	*Chrysolaena platensis*	6	14	0,03%	25%	0,30%
Convolvulaceae	*Ipomoea* sp.	6	14	0,03%	50%	0,60%
Meliaceae	*Cedrela fissilis*	5	12	0,02%	25%	0,30%
Cannabaceae	*Celtis iguanaea*	5	12	0,02%	50%	0,60%
Apocynaceae	*Condylocarpon isthmicum*	5	12	0,02%	25%	0,30%
Apocynaceae	*Oxypetalum molle*	5	12	0,02%	25%	0,30%
Fabaceae	*Senegalia velutina*	5	12	0,02%	25%	0,30%
Apocynaceae	*Tabernaemontana catharinensis*	5	12	0,02%	50%	0,60%
Salicaceae	*Casearia sylvestris*	4	9	0,02%	25%	0,30%
Asteraceae	*Chromolaena laevigata*	4	9	0,02%	75%	0,91%
Apocynaceae	*Ditassa hispida*	4	9	0,02%	25%	0,30%
Euphorbiaceae	*Gymnanthes klotzschiana*	4	9	0,02%	25%	0,30%
Verbenaceae	*Lantana camara*	4	9	0,02%	50%	0,60%
Indeterminada	Morfoespécie 4	4	9	0,02%	25%	0,30%
Cannabaceae	*Trema micrantha*	4	9	0,02%	50%	0,60%
Meliaceae	*Trichilia elegans*	4	9	0,02%	25%	0,30%
Pteridaceae	*Adiantum raddianum*	3	7	0,01%	25%	0,30%
Annonaceae	*Annona sylvatica*	3	7	0,01%	50%	0,60%
Salicaceae	*Banara tomentosa*	3	7	0,01%	25%	0,30%
Rubiaceae	*Galianthe laxa*	3	7	0,01%	25%	0,30%
Phyllanthaceae	*Phyllanthus tenellus*	3	7	0,01%	75%	0,91%
Solanaceae	*Solanum palinacanthum*	3	7	0,01%	25%	0,30%
Indeterminada	sp. 10	3	7	0,01%	25%	0,30%
Boraginaceae	*Cordia axillaris*	2	5	0,01%	25%	0,30%
Rhamnaceae	*Gouania virgata*	2	5	0,01%	25%	0,30%
Bignoniaceae	*Handroanthus chrysotrichus*	2	5	0,01%	25%	0,30%
Convolvulaceae	*Ipomoea quamoclit*	2	5	0,01%	25%	0,30%
Indeterminada	Morfoespécie 6	2	5	0,01%	25%	0,30%
Indeterminada	Morfoespécie 7	2	5	0,01%	25%	0,30%
Salicaceae	*Prockia crucis*	2	5	0,01%	25%	0,30%
Solanaceae	*Solanum* cf. *pseudoquina*	2	5	0,01%	50%	0,60%
Convolvulaceae	sp. 1	2	5	0,01%	50%	0,60%
Myrtaceae	sp. 1	2	5	0,01%	50%	0,60%
Indeterminada	sp. 2	2	5	0,01%	25%	0,30%
Indeterminada	sp. 9	2	5	0,01%	25%	0,30%

Família	Espécie	Ni	DA	DR	FA	FR
Urticaceae	*Urera pacifica*	2	5	0,01%	25%	0,30%
Anemiaceae	*Anemia phyllitidis*	1	2	0,005%	25%	0,30%
Aristolochiaceae	*Aristolochia* sp.	1	2	0,005%	25%	0,30%
Thelypteridaceae	*Christella dentata*	1	2	0,005%	25%	0,30%
Asteraceae	*Erechtites valerianifolius*	1	2	0,005%	25%	0,30%
Rosaceae	*Eriobotrya japonica*	1	2	0,005%	25%	0,30%
Myrtaceae	*Eugenia uniflora*	1	2	0,005%	25%	0,30%
Fabaceae	*Leucochloron incuriale*	1	2	0,005%	25%	0,30%
Moraceae	*Maclura tinctoria*	1	2	0,005%	25%	0,30%
Meliaceae	*Melia azedarach*	1	2	0,005%	25%	0,30%
Indeterminada	Morfoespécie 3	1	2	0,005%	25%	0,30%
Myrtaceae	*Myrcia pulchra*	1	2	0,005%	25%	0,30%
Lauraceae	*Ocotea diospyrifolia*	1	2	0,005%	25%	0,30%
Rubiaceae	*Psychotria carthagenensis*	1	2	0,005%	25%	0,30%
Indeterminada	sp. 11	1	2	0,005%	25%	0,30%
Asteraceae	sp. 3	1	2	0,005%	25%	0,30%
Indeterminada	sp. 7	1	2	0,005%	25%	0,30%
Indeterminada	sp. 8	1	2	0,005%	25%	0,30%
Total	**143 espécies**	**20.004**	**46.306**	**100%**		**100%**

Na nucleação, a espécie de maior ocorrência foi *C. scorpioides*, com 26,23% da densidade. A segunda espécie de maior ocorrência foi *M. micrantha,* com 13,56% da densidade. Ambas correspondem às mesmas espécies de maior ocorrência na PAS. A terceira espécie de maior ocorrência foi *Croton urucurana* (10,57% da densidade), uma espécie arbórea de dispersão autocórica (Tabela 3). *C. urucarana* foi plantada como parte do tratamento NUC, porém a densidade encontrada (2.835,65 ind.ha^{-1}) corresponde a indivíduos regenerantes. Esta espécie formou densos agrupamentos de plântulas nas proximidades das árvores-mãe, de forma que houve certa dominância dessas plântulas, provavelmente inibindo a regeneração de outras espécies no local (Figura 20).

Figura 20 - Áreas dominadas por plântulas de *Croton urucurana* na NUC.

Tabela 4 - Relação das espécies amostradas em ordem decrescente de número de indivíduos (Ni), densidade absoluta (DA) expressa em ind.ha-1, densidade relativa (DR) expressa em %, frequência (FA) expressa em %, e frequência relativa (FR) expressa em %, das espécies amostradas em área de Nucleação (NUC), plantado ou regenerante (P/R).

Família	Espécie	P/R	Ni	DA	DR	FA	FR
Asteraceae	*Cyrtocymura scorpioides*	R	3.039	7.034,72	26,23%	75%	0,9%
Asteraceae	*Mikania micrantha*	R	1.571	3.636,57	13,56%	100%	1,2%
Euphorbiaceae	*Croton urucurana*	R	1.225	2.835,65	10,57%	75%	0,9%
Asteraceae	*Austroeupatorium inulaefolium*	R	734	1.699,07	6,33%	100%	1,2%
Fabaceae	*Arachis pintoi*	R	489	1.131,94	4,22%	25%	0,3%
Amaranthaceae	*Iresine diffusa*	R	330	763,89	2,85%	75%	0,9%
Asteraceae	*Senecio brasiliensis*	R	321	743,06	2,77%	100%	1,2%
Marantaceae	*Thalia geniculata*	R	206	476,85	1,78%	100%	1,2%
Acanthaceae	*Justicia lythroides*	R	185	428,24	1,60%	25%	0,3%
Asteraceae	*Vernonanthura tweediana*	R	181	418,98	1,56%	100%	1,2%
Bignoniaceae	*Amphilophium crucigerum*	R	179	414,35	1,54%	75%	0,9%
Asteraceae	*Bidens pilosa*	R	170	393,52	1,47%	100%	1,2%
Asteraceae	*Baccharis dracunculifolia*	R	160	370,37	1,38%	100%	1,2%
Fabaceae	*Parapiptadenia rigida*	R	160	370,37	1,38%	50%	0,6%
Indeterminada	sp. 12	R	144	333,33	1,24%	100%	1,2%
Anacardiaceae	*Schinus terebinthifolia*	R	127	293,98	1,10%	100%	1,2%
Asteraceae	sp. 7	R	127	293,98	1,10%	50%	0,6%
Bromeliaceae	*Bromelia antiacantha*	P	125	289,35	1,08%	100%	1,2%
Asteraceae	*Conyza* sp.	R	124	287,04	1,07%	100%	1,2%
Euphorbiaceae	*Euphorbia heterophylla*	R	112	259,26	0,97%	75%	0,9%
Lamiaceae	*Leonurus sibiricus*	R	110	254,63	0,95%	100%	1,2%
Lauraceae	*Ocotea puberula*	R	100	231,48	0,86%	100%	1,2%

Família	Espécie	P/R	Ni	DA	DR	FA	FR
Asteraceae	*Baccharis* sp.	R	93	215,28	0,80%	100%	1,2%
Malvaceae	*Sida rhombifolia*	R	84	194,44	0,72%	100%	1,2%
Asteraceae	*Porophyllum ruderale*	R	77	178,24	0,66%	75%	0,9%
Asteraceae	*Chromolaena maximilianii*	R	66	152,78	0,57%	75%	0,9%
Asteraceae	*Lactuca canadensis*	R	61	141,20	0,53%	100%	1,2%
Cannaceae	*Canna indica*	R	60	138,89	0,52%	25%	0,3%
Urticaceae	*Cecropia pachystachya*	R	58	134,26	0,50%	100%	1,2%
Cannabaceae	*Trema micrantha*	R	55	127,31	0,47%	100%	1,2%
Malvaceae	*Bastardiopsis densiflora*	R	53	122,69	0,46%	75%	0,9%
Solanaceae	*Cestrum strigilatum*	R	49	113,43	0,42%	100%	1,2%
Phyllanthaceae	*Phyllanthus niruri*	R	47	108,80	0,41%	100%	1,2%
Euphorbiaceae	*Acalypha brasiliensis*	R	42	97,22	0,36%	50%	0,6%
Apocynaceae	*Forsteronia glabrescens*	R	40	92,59	0,35%	50%	0,6%
Asteraceae	sp. 2	R	39	90,28	0,34%	75%	0,9%
Rosaceae	*Rubus urticifolius*	R	38	87,96	0,33%	50%	0,6%
Urticaceae	*Boehmeria caudata*	R	35	81,02	0,30%	50%	0,6%
Euphorbiaceae	*Croton floribundus*	R	33	76,39	0,28%	100%	1,2%
Fabaceae	*Desmodium incanum*	R	32	74,07	0,28%	75%	0,9%
Rutaceae	*Zanthoxylum rhoifolium*	R	31	71,76	0,27%	75%	0,9%
Primulaceae	*Myrsine coriacea*	R	29	67,13	0,25%	100%	1,2%
Rosaceae	*Prunus myrtifolia*	R	24	55,56	0,21%	50%	0,6%
Boraginaceae	*Cordia trichotoma*	R	23	53,24	0,20%	50%	0,6%
Cyperaceae	*Pycreus lanceolatus*	R	23	53,24	0,20%	75%	0,9%
Moraceae	*Maclura tinctoria*	R	22	50,93	0,19%	100%	1,2%
Lauraceae	*Nectandra lanceolata*	R	22	50,93	0,19%	75%	0,9%
Fabaceae	*Senegalia velutina*	R	22	50,93	0,19%	25%	0,3%
Apocynaceae	*Fischeria stellata*	R	21	48,61	0,18%	75%	0,9%
Asteraceae	*Gnaphalium* sp.	R	19	43,98	0,16%	50%	0,6%
Aristolochiaceae	*Aristolochia*sp.	R	18	41,67	0,16%	100%	1,2%
Fabaceae	*Bauhinia forficata*	R	18	41,67	0,16%	25%	0,3%
Apocynaceae	*Oxypetalum alpinum*	R	18	41,67	0,16%	25%	0,3%
Sapindaceae	*Allophylus edulis*	R	17	39,35	0,15%	100%	1,2%
Moraceae	*Ficus* sp.	R	17	39,35	0,15%	100%	1,2%
Solanaceae	*Solanum* cf. *mauritianum*	R	17	39,35	0,15%	100%	1,2%
Solanaceae	*Solanum guaraniticum*	R	16	37,04	0,14%	50%	0,6%
Asteraceae	*Chromolaena laevigata*	R	14	32,41	0,12%	50%	0,6%
Urticaceae	*Urtica dioica*	R	13	30,09	0,11%	50%	0,6%
Sapindaceae	*Urvillea laevis*	R	13	30,09	0,11%	50%	0,6%
Solanaceae	*Solanum laxum*	R	12	27,78	0,10%	50%	0,6%
Apocynaceae	*Asclepias curassavica*	R	10	23,15	0,09%	75%	0,9%
Solanaceae	*Solanum americanum*	R	10	23,15	0,09%	75%	0,9%
Erythroxylaceae	*Erythroxylum deciduum*	R	9	20,83	0,08%	50%	0,6%
Myrtaceae	*Eugenia uniflora*	R	9	20,83	0,08%	75%	0,9%
Asteraceae	*Mutisia coccinea*	R	9	20,83	0,08%	50%	0,6%
Piperaceae	*Piper amalago*	R	7	16,20	0,06%	50%	0,6%
Verbenaceae	*Lantana camara*	R	6	13,89	0,05%	25%	0,3%
Asteraceae	*Mikania* cf. *glomerata*	R	6	13,89	0,05%	50%	0,6%

Família	Espécie	P/R	Ni	DA	DR	FA	FR
Indeterminada	Morfoespécie 8	R	6	13,89	0,05%	25%	0,3%
Passifloraceae	*Passiflora urnifolia*	R	6	13,89	0,05%	25%	0,3%
Portulacaceae	*Talinum paniculatum*	R	6	13,89	0,05%	75%	0,9%
Urticaceae	*Urera pacifica*	R	6	13,89	0,05%	100%	1,2%
Sapindaceae	*Allophylus guaraniticus*	R	5	11,57	0,04%	25%	0,3%
Annonaceae	*Annona sylvatica*	R	5	11,57	0,04%	25%	0,3%
Thelypteridaceae	*Christella dentata*	R	5	11,57	0,04%	75%	0,9%
Ranunculaceae	*Clematis dioica*	R	5	11,57	0,04%	50%	0,6%
Cyperaceae	*Cyperus* sp.	R	5	11,57	0,04%	25%	0,3%
Fabaceae	*Dalbergia frutescens*	R	5	11,57	0,04%	25%	0,3%
Commelinaceae	*Dichorisandra hexandra*	R	5	11,57	0,04%	50%	0,6%
Asteraceae	*Elephantopus mollis*	R	5	11,57	0,04%	25%	0,3%
Rhamnaceae	*Hovenia dulcis*	R	5	11,57	0,04%	75%	0,9%
Malvaceae	*Luehea divaricata*	R	5	11,57	0,04%	25%	0,3%
Asteraceae	*Sigesbeckia orientalis*	R	5	11,57	0,04%	50%	0,6%
Cucurbitaceae	*Cayaponia floribunda*	R	4	9,26	0,03%	25%	0,3%
Boraginaceae	*Cordia trichotoma*	P	4	9,26	0,03%	50%	0,6%
Euphorbiaceae	*Dalechampia stipulacea*	R	4	9,26	0,03%	25%	0,3%
Rubiaceae	*Galium hypocarpium*	R	4	9,26	0,03%	25%	0,3%
Melastomataceae	*Leandra australis*	R	4	9,26	0,03%	25%	0,3%
Oleaceae	*Ligustrum japonicum*	R	4	9,26	0,03%	50%	0,6%
Cactaceae	*Pereskia aculeata*	R	4	9,26	0,03%	50%	0,6%
Rubiaceae	*Psychotria myriantha*	R	4	9,26	0,03%	25%	0,3%
Asteraceae	sp. 1	R	4	9,26	0,03%	50%	0,6%
Euphorbiaceae	*Alchornea triplinervia*	P	3	6,94	0,03%	25%	0,3%
Arecaceae	*Butia capitata*	P	3	6,94	0,03%	75%	0,9%
Meliaceae	*Cedrela fissilis*	R	3	6,94	0,03%	25%	0,3%
Euphorbiaceae	*Croton floribundus*	P	3	6,94	0,03%	50%	0,6%
Convolvulaceae	*Ipomoea* sp.	R	3	6,94	0,03%	25%	0,3%
Fabaceae	*Mimosa scabrella*	R	3	6,94	0,03%	50%	0,6%
Fabaceae	*Piptadenia gonoacantha*	P	3	6,94	0,03%	50%	0,6%
Convolvulaceae	sp. 1	R	3	6,94	0,03%	25%	0,3%
Asteraceae	sp. 4	R	3	6,94	0,03%	25%	0,3%
Indeterminada	sp. 5	R	3	6,94	0,03%	50%	0,6%
Verbenaceae	*Aloysia virgata*	R	2	4,63	0,02%	25%	0,3%
Rutaceae	*Balfourodendron riedelianum*	P	2	4,63	0,02%	50%	0,6%
Scrophulariaceae	*Buddleja stachyoides*	R	2	4,63	0,02%	25%	0,3%
Salicaceae	*Casearia decandra*	P	2	4,63	0,02%	50%	0,6%
Solanaceae	*Cestrum intermedium*	R	2	4,63	0,02%	50%	0,6%
Amaranthaceae	*Chamissoa altissima*	R	2	4,63	0,02%	25%	0,3%
Euphorbiaceae	*Croton urucurana*	P	2	4,63	0,02%	25%	0,3%
Myrtaceae	*Eugenia pyriformis*	P	2	4,63	0,02%	50%	0,6%
Malvaceae	*Guazuma ulmifolia*	P	2	4,63	0,02%	25%	0,3%
Boraginaceae	*Heliotropium transalpinum*	R	2	4,63	0,02%	50%	0,6%
Aquifoliaceae	*Ilex paraguariensis*	P	2	4,63	0,02%	50%	0,6%
Sapindaceae	*Matayba elaeagnoides*	R	2	4,63	0,02%	50%	0,6%
Meliaceae	*Melia azedarach*	R	2	4,63	0,02%	50%	0,6%

Família	Espécie	P/R	Ni	DA	DR	FA	FR
Indeterminada	Morfoespécie 1	R	2	4,63	0,02%	25%	0,3%
Lauraceae	*Nectandra* cf. *grandiflora*	R	2	4,63	0,02%	25%	0,3%
Passifloraceae	*Passiflora alata*	R	2	4,63	0,02%	25%	0,3%
Phyllanthaceae	*Phyllanthus tenellus*	R	2	4,63	0,02%	25%	0,3%
Piperaceae	*Piper crassinervium*	R	2	4,63	0,02%	50%	0,6%
Violaceae	*Pombalia communis*	R	2	4,63	0,02%	25%	0,3%
Rubiaceae	*Psychotria carthagenensis*	R	2	4,63	0,02%	50%	0,6%
Polygonaceae	*Ruprechtia laxiflora*	P	2	4,63	0,02%	50%	0,6%
Asteraceae	sp. 6	R	2	4,63	0,02%	25%	0,3%
Loganiaceae	*Strychnos brasiliensis*	P	2	4,63	0,02%	50%	0,6%
Arecaceae	*Syagrus romanzoffiana*	P	2	4,63	0,02%	50%	0,6%
Cannabaceae	*Trema micrantha*	P	2	4,63	0,02%	25%	0,3%
Araucariaceae	*Araucaria angustifolia*	P	1	2,31	0,01%	25%	0,3%
Arecaceae	*Butia capitata*	R	1	2,31	0,01%	25%	0,3%
Myrtaceae	*Campomanesia guazumifolia*	P	1	2,31	0,01%	25%	0,3%
Salicaceae	*Casearia obliqua*	R	1	2,31	0,01%	25%	0,3%
Meliaceae	*Cedrela fissilis*	P	1	2,31	0,01%	25%	0,3%
Boraginaceae	*Cordia axillaris*	R	1	2,31	0,01%	25%	0,3%
Boraginaceae	*Cordia americana*	P	1	2,31	0,01%	25%	0,3%
Marantaceae	*Ctenanthe muelleri*	R	1	2,31	0,01%	25%	0,3%
Sapindaceae	*Cupania vernalis*	P	1	2,31	0,01%	25%	0,3%
Apiaceae	*Cyclospermum leptophyllum*	R	1	2,31	0,01%	25%	0,3%
Myrtaceae	*Eugenia involucrata*	P	1	2,31	0,01%	25%	0,3%
Bignoniaceae	*Handroanthus chrysotrichus*	P	1	2,31	0,01%	25%	0,3%
Fabaceae	*Leucochloron incuriale*	R	1	2,31	0,01%	25%	0,3%
Fabaceae	*Machaerium paraguariense*	R	1	2,31	0,01%	25%	0,3%
Celastraceae	*Maytenus aquifolia*	P	1	2,31	0,01%	25%	0,3%
Melastomataceae	*Miconia discolor*	R	1	2,31	0,01%	25%	0,3%
Indeterminada	Morfoespécie 2	R	1	2,31	0,01%	25%	0,3%
Fabaceae	*Muellera campestris*	R	1	2,31	0,01%	25%	0,3%
Lauraceae	*Nectandra megapotamica*	R	1	2,31	0,01%	25%	0,3%
Passifloraceae	*Passiflora amethystina*	R	1	2,31	0,01%	25%	0,3%
Passifloraceae	*Passiflora edulis*	R	1	2,31	0,01%	25%	0,3%
Malvaceae	*Pavonia communis*	R	1	2,31	0,01%	25%	0,3%
Malvaceae	*Pavonia sepium*	R	1	2,31	0,01%	25%	0,3%
Fabaceae	*Piptadenia gonoacantha*	R	1	2,31	0,01%	25%	0,3%
Asteraceae	*Pterocaulon lanatum*	R	1	2,31	0,01%	25%	0,3%
Anacardiaceae	*Schinus terebinthifolia*	P	1	2,31	0,01%	25%	0,3%
Sapindaceae	*Serjania communis*	R	1	2,31	0,01%	25%	0,3%
Smilacaceae	*Smilax cognata*	R	1	2,31	0,01%	25%	0,3%
Solanaceae	*Solanum hirtellum*	R	1	2,31	0,01%	25%	0,3%
Solanaceae	*Solanum palinacanthum*	R	1	2,31	0,01%	25%	0,3%
Solanaceae	*Solanum trachytrichium*	R	1	2,31	0,01%	25%	0,3%
Asteraceae	*Sonchus oleraceus*	R	1	2,31	0,01%	25%	0,3%
Indeterminada	sp. 10	R	1	2,31	0,01%	25%	0,3%
Indeterminada	sp. 4	R	1	2,31	0,01%	25%	0,3%
Asteraceae	sp. 8	R	1	2,31	0,01%	25%	0,3%

Família	Espécie	P/R	Ni	DA	DR	FA	FR
Arecaceae	*Syagrus romanzoffiana*	R	1	2,31	0,01%	25%	0,3%
Total	**164 espécies**		**11.587**	**26.821,76**	**100%**		**100%**

A espécie de maior ocorrência no reflorestamento foi *C. urucurana*, correspondendo a 48,40% da densidade total, novamente demonstrando a dominância das plântulas dessa espécie, que foi maior no REF provavelmente devido ao maior número de indivíduos plantados dessa espécie, aumentando as fontes de propágulos. A segunda espécie de maior ocorrência foi *C. scorpioides*, com 10,61% da densidade total, e esta espécie também apresentou alta densidade nos demais tratamentos (PAS e NUC). A terceira espécie de maior densidade foi *Sida rhombifolia* (6,03%), sendo que as três espécies de maior ocorrência correspondem a 65,04% da densidade total (Tabela 5).

Tabela 5 - Relação das espécies amostradas em ordem decrescente de número de indivíduos (Ni), densidade absoluta (DA) expressa em ind.ha-1, densidade relativa (DR) expressa em %, frequência (FA) expressa em %, e frequência relativa (FR) expressa em %, das espécies amostradas em área de Reflorestamento misto de espécies nativas em grupos de preenchimento e diversidade (REF), plantado ou regenerante (P/R).

Família	Espécie	P/R	Ni	DA	DR	FA	FR
Euphorbiaceae	*Croton urucurana*	R	10.379	24.025,46	48,400%	100%	0,88%
Asteraceae	*Cyrtocymura scorpioides*	R	2275	5266,20	10,609%	75%	0,66%
Malvaceae	*Sida rhombifolia*	R	1294	2995,37	6,034%	100%	0,88%
Asteraceae	*Mikania micrantha*	R	1238	2865,74	5,773%	100%	0,88%
Asteraceae	*Senecio brasiliensis*	R	1028	2379,63	4,794%	100%	0,88%
Asteraceae	*Austroeupatorium inulaefolium*	R	883	2043,98	4,118%	100%	0,88%
Anacardiaceae	*Schinus terebinthifolia*	R	600	1388,89	2,798%	100%	0,88%
Primulaceae	*Myrsine coriacea*	R	467	1081,02	2,178%	100%	0,88%
Asteraceae	*Vernonanthura tweediana*	R	411	951,39	1,917%	100%	0,88%
Euphorbiaceae	*Croton floribundus*	R	288	666,67	1,343%	100%	0,88%
Asteraceae	*Bidens pilosa*	R	229	530,09	1,068%	100%	0,88%
Asteraceae	*Baccharis* sp.	R	217	502,31	1,012%	100%	0,88%
Asteraceae	*Baccharis dracunculifolia*	R	132	305,56	0,616%	100%	0,88%
Solanaceae	*Cestrum strigilatum*	R	127	293,98	0,592%	100%	0,88%
Rutaceae	*Zanthoxylum rhoifolium*	R	127	293,98	0,592%	100%	0,88%
Lauraceae	*Ocotea puberula*	R	107	247,69	0,499%	100%	0,88%
Asteraceae	*Porophyllum ruderale*	R	106	245,37	0,494%	75%	0,66%
Rosaceae	*Prunus myrtifolia*	R	89	206,02	0,415%	100%	0,88%
Asteraceae	*Conyza* sp.	R	85	196,76	0,396%	100%	0,88%
Sapindaceae	*Allophylus edulis*	R	78	180,56	0,364%	100%	0,88%

Família	Espécie	P/R	Ni	DA	DR	FA	FR
Asteraceae	*Elephantopus mollis*	R	71	164,35	0,331%	75%	0,66%
Asteraceae	*Lactuca canadensis*	R	56	129,63	0,261%	100%	0,88%
Asteraceae	sp. 2	R	48	111,11	0,224%	100%	0,88%
Myrtaceae	sp. 2	R	47	108,80	0,219%	50%	0,44%
Fabaceae	*Arachis pintoi*	R	45	104,17	0,210%	50%	0,44%
Rhamnaceae	*Hovenia dulcis*	R	45	104,17	0,210%	100%	0,88%
Rosaceae	*Rubus urticifolius*	R	40	92,59	0,187%	100%	0,88%
Marantaceae	*Thalia geniculata*	R	38	87,96	0,177%	25%	0,22%
Fabaceae	*Bauhinia forficata*	R	36	83,33	0,168%	100%	0,88%
Lauraceae	*Nectandra lanceolata*	R	36	83,33	0,168%	100%	0,88%
Indeterminada	sp. 12	R	30	69,44	0,140%	100%	0,88%
Sapindaceae	*Allophylus guaraniticus*	R	28	64,81	0,131%	100%	0,88%
Myrtaceae	*Eugenia uniflora*	R	25	57,87	0,117%	100%	0,88%
Euphorbiaceae	*Euphorbia heterophylla*	R	23	53,24	0,107%	100%	0,88%
Erythroxylaceae	*Erythroxylum deciduum*	R	22	50,93	0,103%	75%	0,66%
Asteraceae	*Sigesbeckia orientalis*	R	21	48,61	0,098%	50%	0,44%
Asteraceae	sp. 4	R	21	48,61	0,098%	50%	0,44%
Bignoniaceae	*Amphilophium crucigerum*	R	18	41,67	0,084%	100%	0,88%
Apocynaceae	*Forsteronia glabrescens*	R	18	41,67	0,084%	100%	0,88%
Lamiaceae	*Leonurus sibiricus*	R	18	41,67	0,084%	100%	0,88%
Fabaceae	*Calliandra tweedii*	R	17	39,35	0,079%	50%	0,44%
Cyperaceae	*Pycreus lanceolatus*	R	16	37,04	0,075%	75%	0,66%
Solanaceae	*Solanum americanum*	R	16	37,04	0,075%	100%	0,88%
Boraginaceae	*Cordia trichotoma*	R	15	34,72	0,070%	75%	0,66%
Phyllanthaceae	*Phyllanthus niruri*	R	15	34,72	0,070%	100%	0,88%
Sapindaceae	*Matayba elaeagnoides*	R	14	32,41	0,065%	75%	0,66%
Piperaceae	*Piper amalago*	R	14	32,41	0,065%	75%	0,66%
Asteraceae	*Chromolaena laevigata*	R	13	30,09	0,061%	50%	0,44%
Asteraceae	*Chromolaena maximilianii*	R	12	27,78	0,056%	50%	0,44%
Amaranthaceae	*Iresine diffusa*	R	12	27,78	0,056%	50%	0,44%
Annonaceae	*Annona sylvatica*	R	11	25,46	0,051%	75%	0,66%
Asteraceae	*Erechtites valerianifolius*	R	10	23,15	0,047%	75%	0,66%
Fabaceae	*Piptadenia gonoacantha*	R	10	23,15	0,047%	25%	0,22%
Convolvulaceae	*Ipomoea* sp.	R	9	20,83	0,042%	75%	0,66%
Indeterminada	sp. 1	R	9	20,83	0,042%	50%	0,44%
Myrtaceae	*Campomanesia xanthocarpa*	P	8	18,52	0,037%	100%	0,88%
Canelaceae	*Cinnamodendron dinisii*	P	8	18,52	0,037%	100%	0,88%
Myrtaceae	*Eugenia uniflora*	P	8	18,52	0,037%	100%	0,88%
Myrtaceae	*Eugenia involucrata*	P	8	18,52	0,037%	100%	0,88%
Malvaceae	*Melochia*sp.	R	8	18,52	0,037%	75%	0,66%

Família	Espécie	P/R	Ni	DA	DR	FA	FR
Fabaceae	*Mimosa scabrella*	R	8	18,52	0,037%	75%	0,66%
Myrtaceae	*Psidium guajava*	P	8	18,52	0,037%	100%	0,88%
Rubiaceae	*Randia ferox*	P	8	18,52	0,037%	100%	0,88%
Solanaceae	*Solanum* cf. *mauritianum*	R	8	18,52	0,037%	100%	0,88%
Fabaceae	*Calliandra foliolosa*	R	7	16,20	0,033%	50%	0,44%
Salicaceae	*Casearia decandra*	P	7	16,20	0,033%	100%	0,88%
Sapindaceae	*Diatenopteryx sorbifolia*	P	7	16,20	0,033%	100%	0,88%
Phytolaccaceae	*Gallesia integrifolia*	P	7	16,20	0,033%	100%	0,88%
Lauraceae	*Ocotea porosa*	P	7	16,20	0,033%	100%	0,88%
Salicaceae	*Casearia sylvestris*	R	6	13,89	0,028%	50%	0,44%
Boraginaceae	*Cordia axillaris*	R	6	13,89	0,028%	75%	0,66%
Apocynaceae	*Fischeria stellata*	R	6	13,89	0,028%	75%	0,66%
Oleaceae	*Ligustrum japonicum*	R	6	13,89	0,028%	75%	0,66%
Malvaceae	*Luehea divaricata*	R	6	13,89	0,028%	50%	0,44%
Meliaceae	*Melia azedarach*	R	6	13,89	0,028%	100%	0,88%
Melastomataceae	*Miconia discolor*	R	6	13,89	0,028%	75%	0,66%
Myrtaceae	*Myrcia pulchra*	R	6	13,89	0,028%	50%	0,44%
Fabaceae	*Piptadenia gonoacantha*	P	6	13,89	0,028%	75%	0,66%
Podocarpaceae	*Podocarpus* sp.	P	6	13,89	0,028%	100%	0,88%
Solanaceae	*Solanum laxum*	R	6	13,89	0,028%	50%	0,44%
Loganiaceae	*Strychnos brasiliensis*	P	6	13,89	0,028%	100%	0,88%
Apocynaceae	*Asclepias curassavica*	R	5	11,57	0,023%	75%	0,66%
Arecaceae	*Butia capitata*	P	5	11,57	0,023%	100%	0,88%
Myrtaceae	*Campomanesia guazumifolia*	P	5	11,57	0,023%	75%	0,66%
Solanaceae	*Cestrum intermedium*	R	5	11,57	0,023%	50%	0,44%
Rosaceae	*Eriobotrya japonica*	R	5	11,57	0,023%	50%	0,44%
Myrtaceae	*Myrcianthes pungens*	P	5	11,57	0,023%	100%	0,88%
Euphorbiaceae	*Alchornea triplinervia*	P	4	9,26	0,019%	50%	0,44%
Sapindaceae	*Allophylus edulis*	P	4	9,26	0,019%	100%	0,88%
Rutaceae	*Balfourodendron riedelianum*	P	4	9,26	0,019%	75%	0,66%
Cucurbitaceae	*Cayaponia floribunda*	R	4	9,26	0,019%	25%	0,22%
Amaranthaceae	*Chamissoa altissima*	R	4	9,26	0,019%	100%	0,88%
Myrtaceae	*Eugenia pyriformis*	P	4	9,26	0,019%	100%	0,88%
Myrtaceae	*Myrceugenia euosma*	P	4	9,26	0,019%	100%	0,88%
Primulaceae	*Myrsine umbellata*	R	4	9,26	0,019%	25%	0,22%
Myrtaceae	*Plinia peruviana*	P	4	9,26	0,019%	75%	0,66%
Rubiaceae	*Psychotria carthagenensis*	R	4	9,26	0,019%	75%	0,66%
Anacardiaceae	*Schinus terebinthifolia*	P	4	9,26	0,019%	75%	0,66%
Elaeocarpaceae	*Sloanea hirsuta*	P	4	9,26	0,019%	100%	0,88%
Lamiaceae	*Vitex megapotamica*	P	4	9,26	0,019%	50%	0,44%
Apocynaceae	*Aspidosperma polyneuron*	P	3	6,94	0,014%	75%	0,66%
Fabaceae	*Bauhinia forficata*	P	3	6,94	0,014%	75%	0,66%
Meliaceae	*Cedrela fissilis*	R	3	6,94	0,014%	75%	0,66%

Família	Espécie	P/R	Ni	DA	DR	FA	FR
Cannabaceae	*Celtis iguanaea*	R	3	6,94	0,014%	25%	0,22%
Cannabaceae	*Celtis* sp.	P	3	6,94	0,014%	75%	0,66%
Apocynaceae	*Condylocarpon isthmicum*	R	3	6,94	0,014%	25%	0,22%
Boraginaceae	*Cordia trichotoma*	P	3	6,94	0,014%	75%	0,66%
Rubiaceae	*Galium hypocarpium*	R	3	6,94	0,014%	50%	0,44%
Bignoniaceae	*Handroanthus chrysotrichus*	P	3	6,94	0,014%	75%	0,66%
Fabaceae	*Machaerium stipitatum*	P	3	6,94	0,014%	75%	0,66%
Moraceae	*Maclura tinctoria*	R	3	6,94	0,014%	75%	0,66%
Celastraceae	*Maytenus aquifolia*	P	3	6,94	0,014%	75%	0,66%
Lauraceae	*Nectandra* cf. *grandiflora*	R	3	6,94	0,014%	25%	0,22%
Fabaceae	*Parapiptadenia rigida*	P	3	6,94	0,014%	50%	0,44%
Indeterminada	sp. 2	R	3	6,94	0,014%	25%	0,22%
Asteraceae	sp. 3	R	3	6,94	0,014%	25%	0,22%
Cannabaceae	*Trema micrantha*	P	3	6,94	0,014%	75%	0,66%
Meliaceae	*Trichilia claussenii*	P	3	6,94	0,014%	75%	0,66%
Salicaceae	*Xylosma* sp.	P	3	6,94	0,014%	75%	0,66%
Annonaceae	*Annona cacans*	P	2	4,63	0,009%	50%	0,44%
Meliaceae	*Cabralea canjerana*	P	2	4,63	0,009%	50%	0,44%
Fabaceae	*Calliandra tweedii*	P	2	4,63	0,009%	50%	0,44%
Fabaceae	*Cassia leptophylla*	P	2	4,63	0,009%	50%	0,44%
Meliaceae	*Cedrela fissilis*	P	2	4,63	0,009%	50%	0,44%
Sapindaceae	*Cupania vernalis*	P	2	4,63	0,009%	50%	0,44%
Euphorbiaceae	*Gymnanthes klotzschiana*	R	2	4,63	0,009%	50%	0,44%
Fabaceae	*Lonchocarpus* sp.	P	2	4,63	0,009%	50%	0,44%
Primulaceae	*Myrsine umbellata*	P	2	4,63	0,009%	50%	0,44%
Piperaceae	*Piper crassinervium*	R	2	4,63	0,009%	50%	0,44%
Salicaceae	*Prockia crucis*	R	2	4,63	0,009%	25%	0,22%
Rosaceae	*Prunus myrtifolia*	P	2	4,63	0,009%	50%	0,44%
Myrtaceae	*Psidium guajava*	R	2	4,63	0,009%	50%	0,44%
Asteraceae	*Pterocaulon lanatum*	R	2	4,63	0,009%	25%	0,22%
Rosaceae	*Rubus erythroclados*	R	2	4,63	0,009%	25%	0,22%
Euphorbiaceae	*Gymnanthes schottiana*	P	2	4,63	0,009%	50%	0,44%
Solanaceae	*Solanum guaraniticum*	R	2	4,63	0,009%	25%	0,22%
Solanaceae	*Solanum trachytrichium*	R	2	4,63	0,009%	25%	0,22%
Indeterminada	sp. 10	R	2	4,63	0,009%	25%	0,22%
Asteraceae	sp. 6	R	2	4,63	0,009%	50%	0,44%
Arecaceae	*Syagrus romanzoffiana*	R	2	4,63	0,009%	50%	0,44%
Boraginaceae	*Tournefortia maculata*	R	2	4,63	0,009%	25%	0,22%
Cannabaceae	*Trema micrantha*	R	2	4,63	0,009%	50%	0,44%
Araucariaceae	*Araucaria angustifolia*	P	1	2,31	0,005%	25%	0,22%
Aristolochiaceae	*Aristolochia*sp.	R	1	2,31	0,005%	25%	0,22%

Família	Espécie	P/R	Ni	DA	DR	FA	FR
Myrtaceae	*Campomanesia guazumifolia*	R	1	2,31	0,005%	25%	0,22%
Asteraceae	*Campuloclinium* sp. *Purpurascens*	R	1	2,31	0,005%	25%	0,22%
Thelypteridaceae	*Christella dentata*	R	1	2,31	0,005%	25%	0,22%
Lauraceae	*Cinnamomum burmanni*	R	1	2,31	0,005%	25%	0,22%
Boraginaceae	*Cordia americana*	P	1	2,31	0,005%	25%	0,22%
Euphorbiaceae	*Croton floribundus*	P	1	2,31	0,005%	25%	0,22%
Sapindaceae	*Cupania vernalis*	R	1	2,31	0,005%	25%	0,22%
Cyperaceae	*Cyperus* sp.	R	1	2,31	0,005%	25%	0,22%
Apocynaceae	*Ditassa hispida*	R	1	2,31	0,005%	25%	0,22%
Fabaceae	*Erythrina falcata*	P	1	2,31	0,005%	25%	0,22%
Myrtaceae	*Eucalyptus*sp.	R	1	2,31	0,005%	25%	0,22%
Myrtaceae	*Eugenia pyriformis*	R	1	2,31	0,005%	25%	0,22%
Asteraceae	*Moquiniastrum polymorphum*	P	1	2,31	0,005%	25%	0,22%
Aquifoliaceae	*Ilex paraguariensis*	P	1	2,31	0,005%	25%	0,22%
Indeterminada	sp. 30	R	1	2,31	0,005%	25%	0,22%
Convolvulaceae	*Ipomoea triloba*	R	1	2,31	0,005%	25%	0,22%
Bignoniaceae	*Jacaranda micrantha*	P	1	2,31	0,005%	25%	0,22%
Caricaceae	*Jacaratia spinosa*	P	1	2,31	0,005%	25%	0,22%
Lythraceae	*Lafoensia pacari*	P	1	2,31	0,005%	25%	0,22%
Verbenaceae	*Lantana camara*	R	1	2,31	0,005%	25%	0,22%
Dryopteridaceae	*Lastreopsis effusa*	R	1	2,31	0,005%	25%	0,22%
Melastomataceae	*Leandra australis*	R	1	2,31	0,005%	25%	0,22%
Fabaceae	*Mimosa scabrella*	P	1	2,31	0,005%	25%	0,22%
Indeterminada	Morfoespécie 8	R	1	2,31	0,005%	25%	0,22%
Asteraceae	*Mutisia coccinea*	R	1	2,31	0,005%	25%	0,22%
Lauraceae	*Nectandra lanceolata*	P	1	2,31	0,005%	25%	0,22%
Apocynaceae	*Oxypetalum alpinum*	R	1	2,31	0,005%	25%	0,22%
Fabaceae	*Parapiptadenia rigida*	R	1	2,31	0,005%	25%	0,22%
Phyllanthaceae	*Phyllanthus tenellus*	R	1	2,31	0,005%	25%	0,22%
Rubiaceae	*Psychotria myriantha*	R	1	2,31	0,005%	25%	0,22%
Fabaceae	*Gymnanthes klotzschiana*	P	1	2,31	0,005%	25%	0,22%
Smilacaceae	*Smilax cognata*	R	1	2,31	0,005%	25%	0,22%
Solanaceae	*Solanum* cf. *pseudoquina*	R	1	2,31	0,005%	25%	0,22%
Solanaceae	*Solanum palinacanthum*	R	1	2,31	0,005%	25%	0,22%
Indeterminada	sp. 3	R	1	2,31	0,005%	25%	0,22%
Asteraceae	sp. 8	R	1	2,31	0,005%	25%	0,22%
Arecaceae	*Syagrus romanzoffiana*	P	1	2,31	0,005%	25%	0,22%
Apocynaceae	*Tabernaemontana catharinensis*	R	1	2,31	0,005%	25%	0,22%
Meliaceae	*Trichilia elegans*	R	1	2,31	0,005%	25%	0,22%
Total	**183 espécies**		**21.444**	**49.638,89**	**100%**		**100%**

4.1.2 Classe II

Foi amostrado um número total de 1.817 ind.ha^{-1} na Classe II, sendo que 241 foram no tratamento restauração passiva, 632 na nucleação, e 944 no reflorestamento misto de espécies nativas em grupos de preenchimento e diversidade (Tabela 6). Foram identificadas 52 espécies distintas, sendo que destas, apenas seis são espécies diferentes das introduzidas. No tratamento PAS houve uma predominância de indivíduos das espécies *Solanum mauritianum*, *Baccharis* sp. e *Schinus terebinthifolia*. Já no tratamento NUC houve uma predominância de *S. mauritianum, S. terebinthifolia* e *Trema micrantha*, sendo que todas as espécies correspondem a espécies plantadas como parte do tratamento. *S. mauritianum, C. urucurana, Guazuma ulmifolia* e *Croton floribundus* foram as predominantes no tratamento REF, sendo que todas também correspondem a espécies plantadas como parte do tratamento.

Tabela 6 - Lista de espécies (plantadas e regenerantes) da Classe II por tratamento, incluindo densidade de indivíduos por hectare, área basal por hectare e altura média. PAS = Restauração passiva; NUC = Nucleação; REF = Reflorestamento misto de espécies nativas em grupos de preenchimento e diversidade.

	PAS	NUC	REF	PAS	NUC	REF	PAS	NUC	REF
	Densidade (ind.ha^{-1})			Área basal (m^2.ha^{-1})			Altura média (m)		
Anacardiaceae									
Schinus terebinthifolia Raddi	67	60	69	0,325	1,249	3,944	5,5	5,9	6,3
Annonaceae									
Annona cacans Warm.			2,3			0,024			8,0
Aquifoliaceae									
Ilex paraguariensis A.St.-Hil.			2,3			0,005			5,5
Araucariaceae									
Araucaria angustifolia (Bertol.) Kuntze		2,3	16		0,009	0,069		6,3	6,6
Arecaceae									
Syagrus romanzoffiana (Cham.) Glassman			6,9			0,039			4,6
Asteraceae									
Baccharis sp. L.	72	28		0,588	0,448		4,9	6,3	
Moquiniastrum polymorphum (Less.) G. Sancho			6,9			0,214			5,8
Bignoniaceae									
Jacaranda micrantha Cham.			2,3			0,005			5,0
Boraginaceae									
Cordia trichotoma (Vell.) Arráb. ex Steud.		16	12		0,073	0,066		7,8	8,6

	PAS	NUC	REF	PAS	NUC	REF	PAS	NUC	REF
	Densidade (ind.ha^{-1})			Área basal (m^2.ha^{-1})			Altura média (m)		
Cordia americana (L.) Gottschling & J.S.Mill.			4,6			0,047			4,6
Cannabaceae									
Trema micrantha (L.) Blume		88	72		1,726	7,738		6,4	8,1
Celtis sp. L.			2,3			0,005			4,2
Caricaceae									
Jacaratia spinosa (Aubl.) A.DC.			2,3			0,012			7,0
Euphorbiaceae									
Alchornea triplinervia (Spreng.) Müll.Arg.		14	37		0,129	0,473		6,2	8,7
Croton floribundus Spreng.		35	81		3,179	5,791		8,4	11,5
Croton urucurana Baill.		53	83		10,786	34,215		8,0	
Gymnanthes schottiana Müll.Arg.			2,3			0,597			3,5
Gymnanthes klotzschiana Müll.Arg.			4,6			0,185			6,1
Fabaceae									
Albizia polycephala (Benth.) Killip			6,9			0,087			9,0
Bauhinia forficata Link			58			0,633			7,6
Cassia leptophylla Vogel			4,6			0,020			5,0
Enterolobium contortisiliquum (Vell.) Morong		28			1,802			7,9	
Inga cf. *uruguensis* Hook. & Arn.			9,3			0,601			7,7
Lonchocarpus sp.			2,3			0,017			6,7
Machaerium stipitatum Vogel			2,3			0,009			7,0
Mimosa bimucronata (DC.) Kuntze		35			8,431			7,9	
Mimosa scabrella Benth.		35	67		3,920	7,252		10,6	10,7
Parapiptadenia rigida (Benth.) Brenan		2,3	14		0,135	0,130		7	6,2
Peltophorum dubium (Spreng.) Taub.			19			0,248			9,3
Piptadenia gonoacantha (Mart.) J.F.Macbr.		9,3	53		0,273	1,026		7,5	8,2
Senegalia velutina (DC.) Seigler & Ebinger		2,3			0,013			7,4	
Lauraceae									
Cinnamomum burmanni (Nees & T.Nees) Blume		2,3			0,007			5,1	
Nectandra lanceolata Nees			6,9			0,021			6,3
Lythraceae									
Lafoensia pacari A.St.-Hil.			16			0,287			6,6
Malvaceae									
Bastardiopsis densiflora (Hook. & Arn.) Hassl.		16			0,116			6,4	
Ceiba speciosa (A.St.-Hil.) Ravenna			16			0,176			8,3
Guazuma ulmifolia Lam.		32	81		1,342	6,271		8,7	11,2
Meliaceae									
Cabralea canjerana (Vell.) Mart.			6,9			0,021			6,7
Cedrela fissilis Vell.	2,3	6,9	16	0,006	0,114	0,226	4,5	4,9	6,9
Melia azedarach L.			2,3			0,005			7

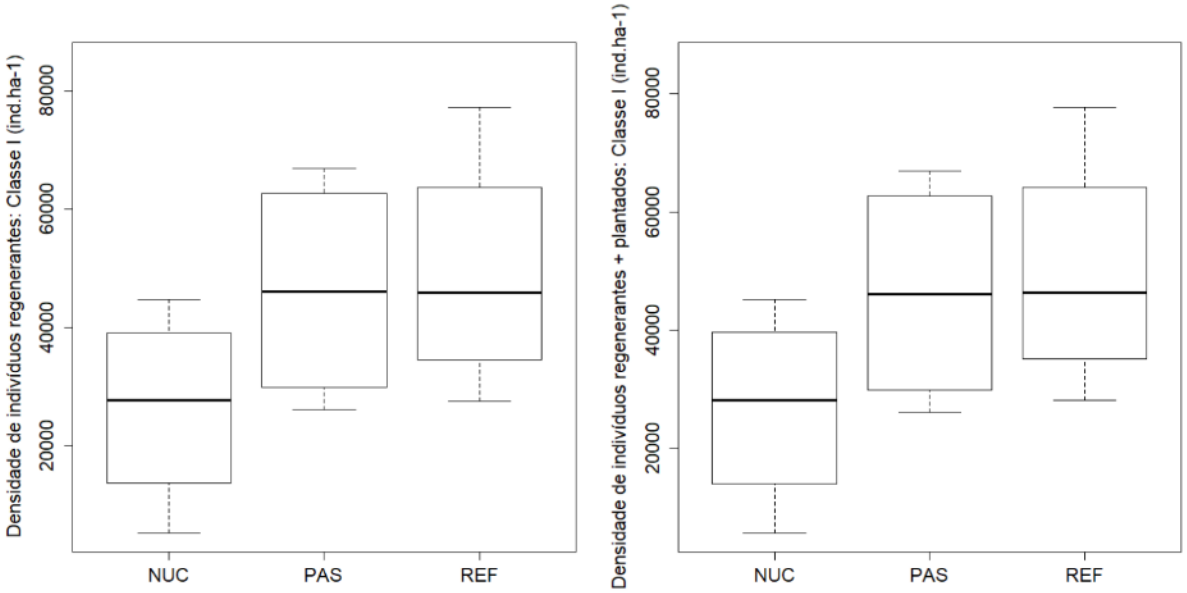
	PAS	NUC	REF	PAS	NUC	REF	PAS	NUC	REF
	Densidade (ind.ha^{-1})			Área basal (m^2.ha^{-1})			Altura média (m)		
Moraceae									
Ficus enormis Mart. ex Miq.		4,6	9,3		0,091	0,152		8,9	6,3
Podocarpaceae									
Podocarpus sp. L'Hér. ex Pers.			4,6			0,029			6,3
Polygonaceae									
Ruprechtia laxiflora Meisn.			9,3			0,024			6,4
Primulaceae									
Myrsine coriacea (Sw.) R.Br. ex Roem. & Schult.		2,3	2,3		0,007	0,031		4,6	9,6
Rhamnaceae									
Hovenia dulcis Thunb.		2,3			0,029			5,7	
Rosaceae									
Prunus myrtifolia (L.) Urb.	19	9,3	14	0,057	0,009	0,067	6,2	6	8,9
Rutaceae									
B*alfourodendron riedelianum* (Engl.) Engl.			9,3			0,080			7,5
Zanthoxylum rhoifolium Lam.			16			0,328			8,3
Sapindaceae									
Cupania vernalis Cambess.			2,3			0,006			5,4
Diatenopteryx sorbifolia Radlk.			2,3			0,005			7,9
Solanaceae									
Solanum mauritianum Scop.	79	118	86	1,849	1,742	4,543	7,1	6,5	8,7
Urticaceae									
Cecropia pachystachya Trécul		30			0,214			6,8	
Verbenaceae									
Aloysia virgata (Ruiz & Pav.) Juss.	2,3			0,027			5,3		
Média	**40**	**26,3**	**21**	**0,475**	**1,494**	**1,721**	**5,6**	**7,0**	**7,2**

4.2 Comparação entre tratamentos

4.2.1 Classe I

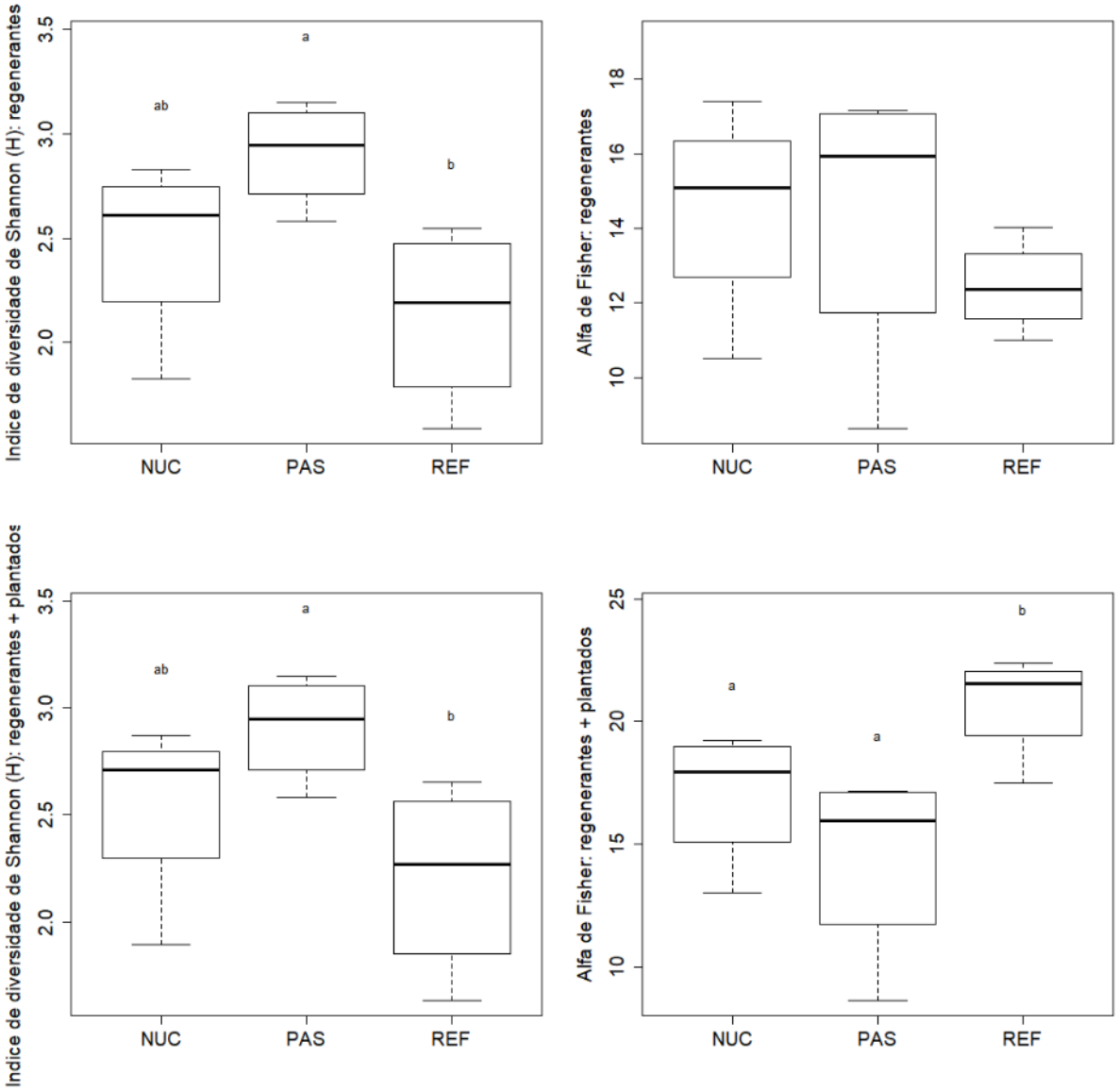
A densidade de indivíduos regenerantes não variou (F=1,162; p=0,375) entre tratamentos. A densidade de indivíduos regenerantes e plantados também não apresentou diferença entre tratamentos (F = 1,15; p = 0,378) (Figura 21).

Figura 21 - Densidade de indivíduos regenerantes, e regenerantes + plantados da Classe I, para cada tratamento. Caixas indicam o primeiro e o terceiro quartis, linhas horizontais dentro das caixas indicam média, linhas pontilhadas a amplitude. PAS = Restauração passiva; NUC = Nucleação; REF = Reflorestamento misto com espécies nativas em grupos de preenchimento e diversidade.



Considerando os indivíduos plantados e regenerantes, o índice de diversidade de Shannon foi maior no tratamento restauração passiva e menor no reflorestamento, enquanto que a nucleação não foi diferente de ambos os tratamentos (F = 12,355; p = 0,00745) (Figura 22a). Já para o Alfa de Fisher, o reflorestamento apresentou maior diversidade (F = 23,49; p = 0,00145), comparado aos outros tratamentos (Figura 22b). Ao avaliar apenas os indivíduos regenerantes, o padrão referente ao índice de Shannon se manteve o mesmo que considerando plantados e regenerantes (F = 14,865; p = 0,00474) (Figura 22c), mas em relação ao Alfa de Fisher não houve diferença (F = 1,552; p = 0,286) entre os tratamentos (Figura 22d).

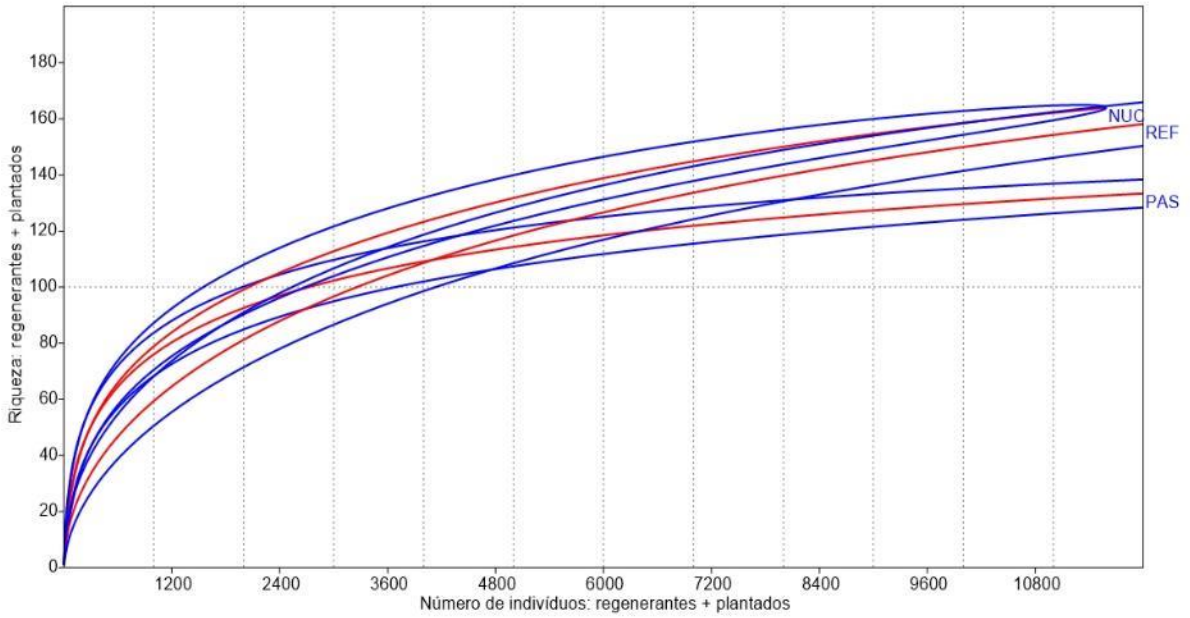
Figura 22 – a) Índice de diversidade de Shannon (H) de indivíduos regenerantes da Classe I para cada tratamento; b) Alfa de Fisher de indivíduos regenerantes da Classe I para cada tratamento; c) Índice de diversidade de Shannon (H) de indivíduos plantados e regenerantes da Classe I para cada tratamento; d) Alfa de Fisher de indivíduos plantados e regenerantes da Classe I para cada tratamento. Caixas indicam o primeiro e o terceiro quartis, linhas horizontais dentro das caixas indicam média, linhas pontilhadas a amplitude. Letras diferentes indicam diferença entre tratamentos (p < 0,05, teste de Tukey). PAS = Restauração passiva; NUC = Nucleação; REF = Reflorestamento misto com espécies nativas em grupos de preenchimento e diversidade.



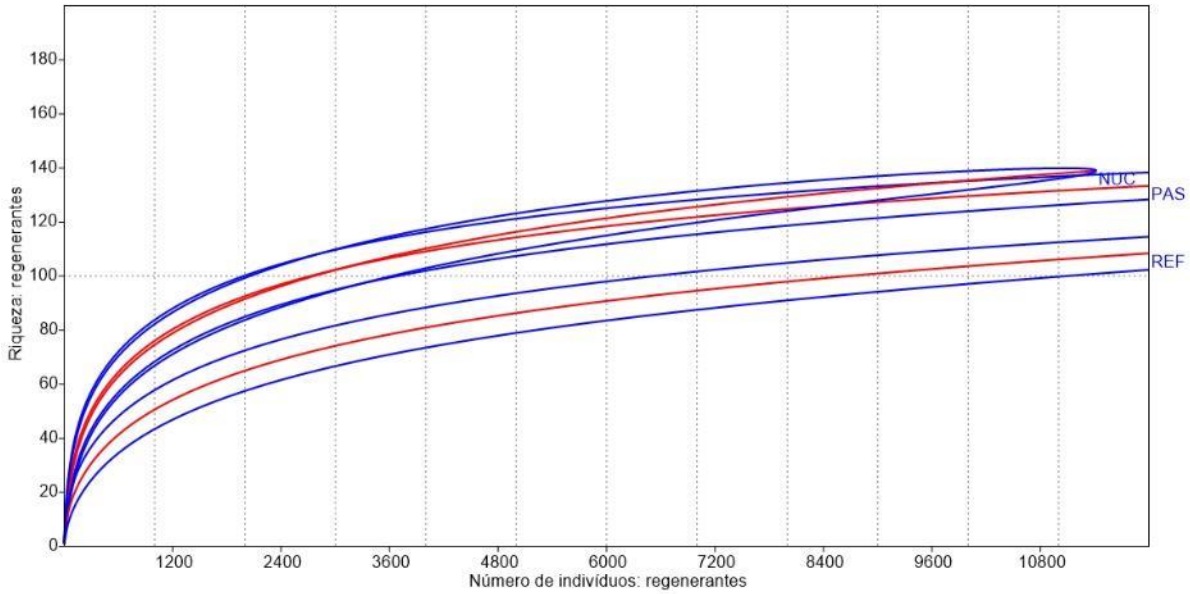
Ao considerar indivíduos plantados e regenerantes, detectou-se maior riqueza na nucleação e no reflorestamento, já a restauração passiva apresentou menor riqueza, sendo diferente dos demais tratamentos (Figura 23a). Considerando apenas indivíduos regenerantes, a NUC novamente apresentou maior riqueza, porém dessa vez não apresentou diferença em relação à PAS. Já o REF apresentou menor riqueza (Figura 23b).

Figura 23 - Curvas de rarefação para os três tratamentos considerando a abundância acumulada dos indivíduos da Classe I. PAS = Restauração passiva; NUC = Nucleação; REF = Reflorestamento misto com espécies nativas em grupos de preenchimento e diversidade; a) Classe I – indivíduos regenerantes e plantados; b) Classe I – indivíduos regenerantes. Linhas azuis representam o intervalo de confiança (95%).

a)



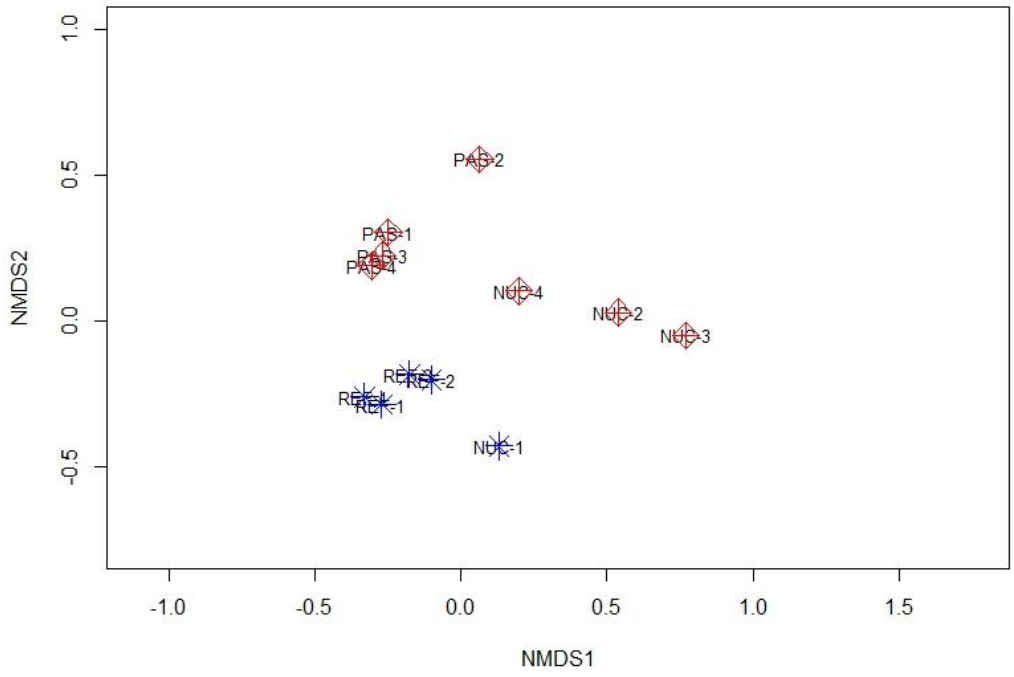
b)



Utilizando as espécies encontradas em cada tratamento e a sua abundância nas diferentes parcelas, através da similaridade de Bray-curtis e do escalonamento multidimensional não métrico (NMDS), ao agrupar as parcelas em dois grupos

distintos, observou-se que as parcelas da Restauração passiva se agruparam com três parcelas de Nucleação, sendo que a outra parcela de Nucleação agrupou-se com as parcelas de Reflorestamento (Figura 24).

Figura 24 - Escalonamento multidimensional não métrico (NMDS) utilizando a abundancia de indivíduos regenerantes de cada espécie por tratamento. Stress = 0,14; ajuste não-métrico, R^2 = 0,98; ajuste linear, R^2 = 0,90, N=12. Cores diferentes representam grupos distintos. PAS-1 = Restauração passiva bloco 1; PAS-2 = Restauração passiva bloco 2; PAS-3 = Restauração passiva bloco 3; PAS-4 = Restauração passiva bloco 4; NUC-1 = Nucleação bloco 1; NUC-2 = Nucleação bloco 2; NUC-3 = Nucleação bloco 3; NUC-4 = Nucleação bloco 4. REF-1 = Reflorestamento bloco 1; REF-2 = Reflorestamento bloco 2; REF-3 = Reflorestamento bloco 3; REF-4 = Reflorestamento bloco 4.

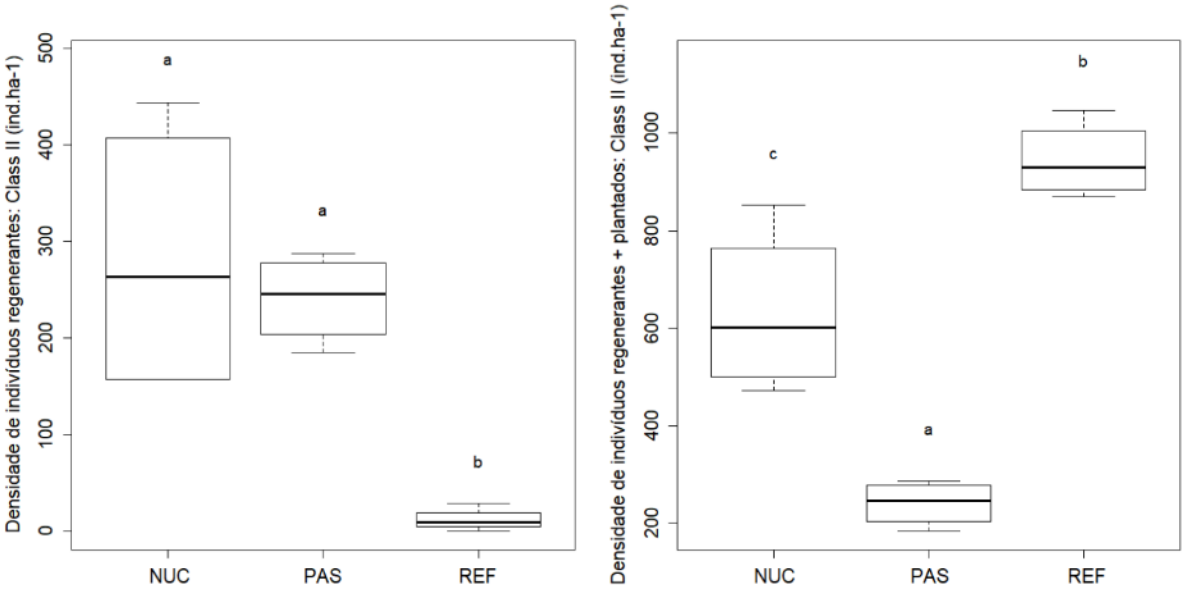


4.2.2 Classe II

A densidade de indivíduos da Classe II variou entre os tratamentos, sendo que considerando os indivíduos regenerantes, a restauração passiva e a nucleação não apresentaram diferença, enquanto que o reflorestamento foi diferente (F = 13,596; p = 0,0059) por apresentar um número de indivíduos regenerantes muito inferior (12 ind.ha^{-1}). Considerando os indivíduos plantados e regenerantes todos os tratamentos foram diferentes entre si (F = 63,33; p = 0,00009). O REF apresentou o maior número de indivíduos, seguido da NUC e por último a PAS. A maior densidade de indivíduos da Classe II no REF quando considerado indivíduos regenerantes e

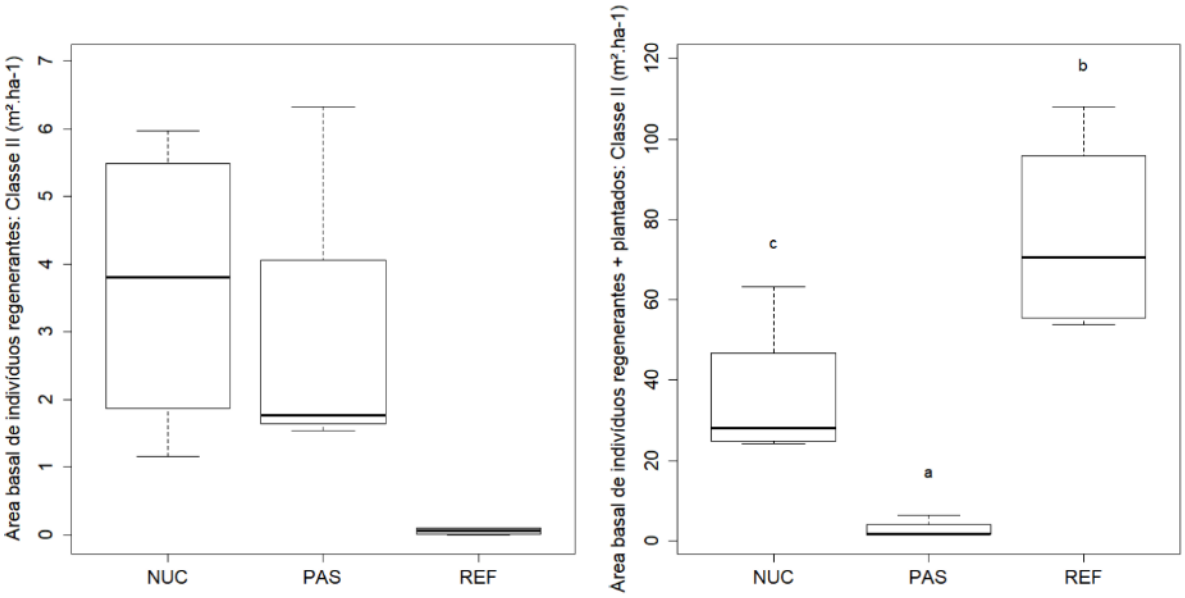
plantados já era esperada devido ao maior número de mudas arbóreas por hectare introduzidas nesse tratamento seis anos atrás, o que faz com que a maioria desses indivíduos se enquadre na Classe II atualmente (Figura 25).

Figura 25 - Densidade de indivíduos regenerantes e regenerantes + plantados da Classe II para cada tratamento. Caixas indicam o primeiro e o terceiro quartis, linhas horizontais dentro das caixas indicam média, linhas pontilhadas a amplitude. Letras diferentes indicam diferença entre tratamentos (p < 0,05, teste de Tukey). PAS = Restauração passiva; NUC = Nucleação; REF = Reflorestamento misto com espécies nativas em grupos de preenchimento e diversidade. Dados não transformados.



A área basal de indivíduos regenerantes da Classe II foi baixa e não variou entre tratamentos (F = 3,56; p = 0,0957). Já a área basal de indivíduos regenerantes e plantados foi maior no reflorestamento (F = 24,39; p = 0,0013), mais uma vez devido ao maior número de mudas arbóreas da Classe II nesse tratamento, seguido da NUC também devido provavelmente aos indivíduos plantados como parte do tratamento, enquanto que as plantas na PAS expressaram menor área basal/ha (Figura 26).

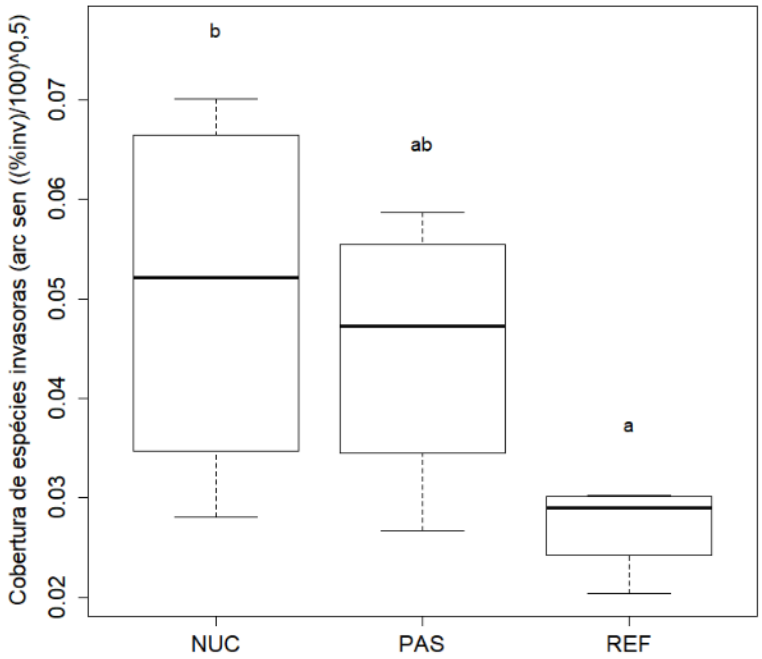
Figura 26 - Área basal de indivíduos regenerantes e regenerantes + plantados da Classe II para cada tratamento. Caixas indicam o primeiro e o terceiro quartis, linhas horizontais dentro das caixas indicam média, linhas pontilhadas a amplitude. Letras diferentes indicam diferença entre tratamentos (p < 0,05, teste de Tukey). PAS = Restauração passiva; NUC = Nucleação; REF = Reflorestamento misto com espécies nativas em grupos de preenchimento e diversidade.



4.2.3 Cobertura de invasoras

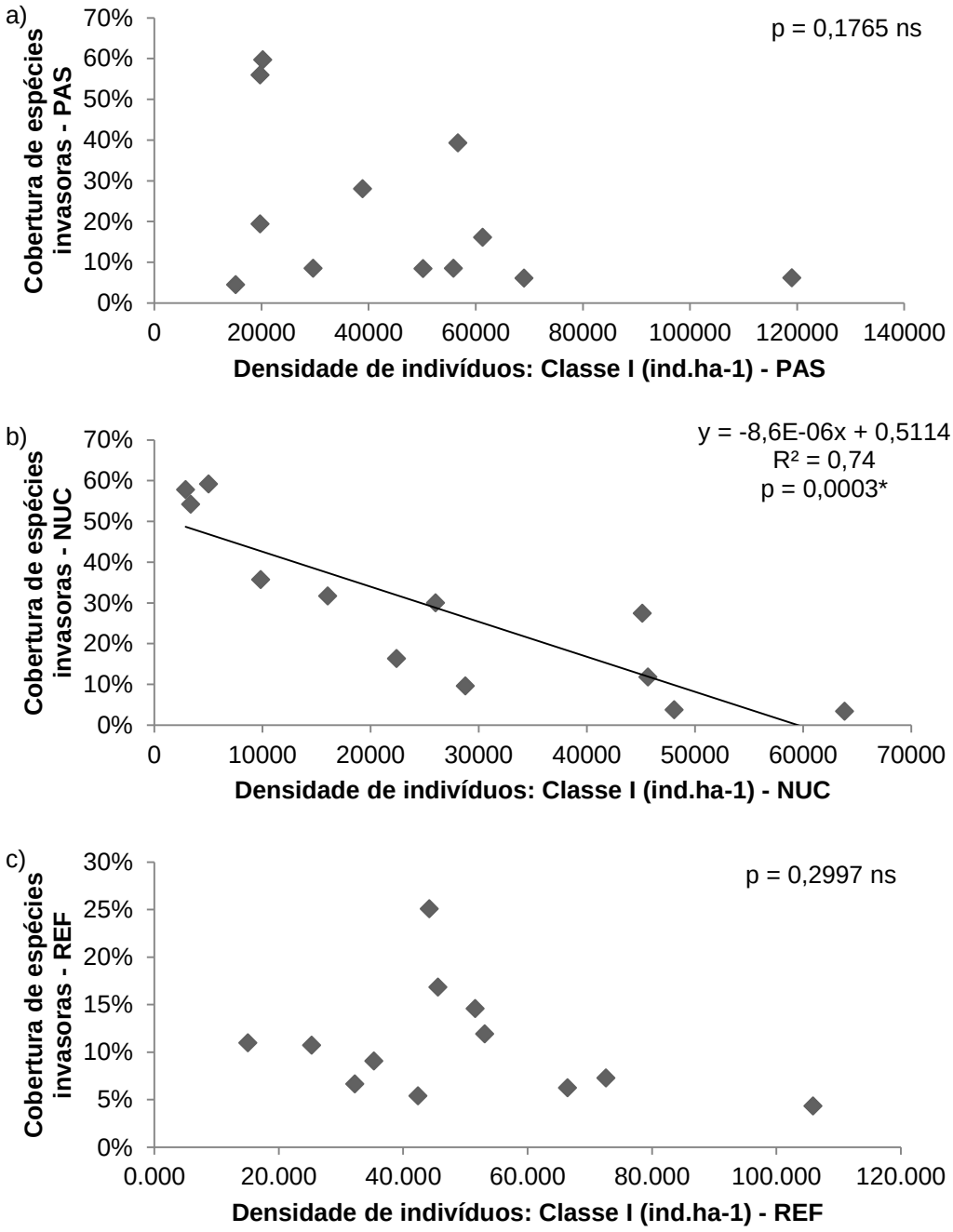
A cobertura de espécies invasoras - gramíneas e amendoim forrageiro - variou entre os tratamentos (F = 5,61; p = 0,0423), sendo que a nucleação apresentou a maior porcentagem de cobertura invadida (28%), maior que o reflorestamento que apresentou apenas uma cobertura de 8% de invasão. Já a restauração passiva apresentou-se de forma intermediária, não sendo diferente do REF e da NUC, com uma invasão de 22% (Figura 27).

Figura 27 - Cobertura de invasoras em cada tratamento. Caixas indicam o primeiro e o terceiro quartis, linhas horizontais dentro das caixas indicam média, linhas pontilhadas a amplitude. Letras diferentes indicam diferença entre tratamentos (p < 0,05, teste de Tukey). PAS = Restauração passiva; NUC = Nucleação; REF = Reflorestamento misto com espécies nativas em grupos de preenchimento e diversidade; Dados não transformados.



O efeito da densidade de indivíduos regenerantes da Classe I na cobertura de espécies invasoras em cada tratamento foi testado por meio de análises de regressão, onde foi possível notar que a densidade de indivíduos regenerantes influenciou a cobertura de espécies invasoras apenas no tratamento NUC (p = 0,0003; R^2 = 0,74), sendo que quanto maior a densidade de indivíduos, menor a cobertura de espécies invasoras (Figura 28b).

Figura 28 – a) Análise de regressão dos efeitos da densidade de indivíduos regenerantes da Classe I na cobertura de espécies invasoras – PAS; b) Análise de regressão dos efeitos da densidade de indivíduos regenerantes da Classe I na cobertura de espécies invasoras – NUC; c) Análise de regressão dos efeitos da densidade de indivíduos regenerantes da Classe I na cobertura de espécies invasoras - REF.

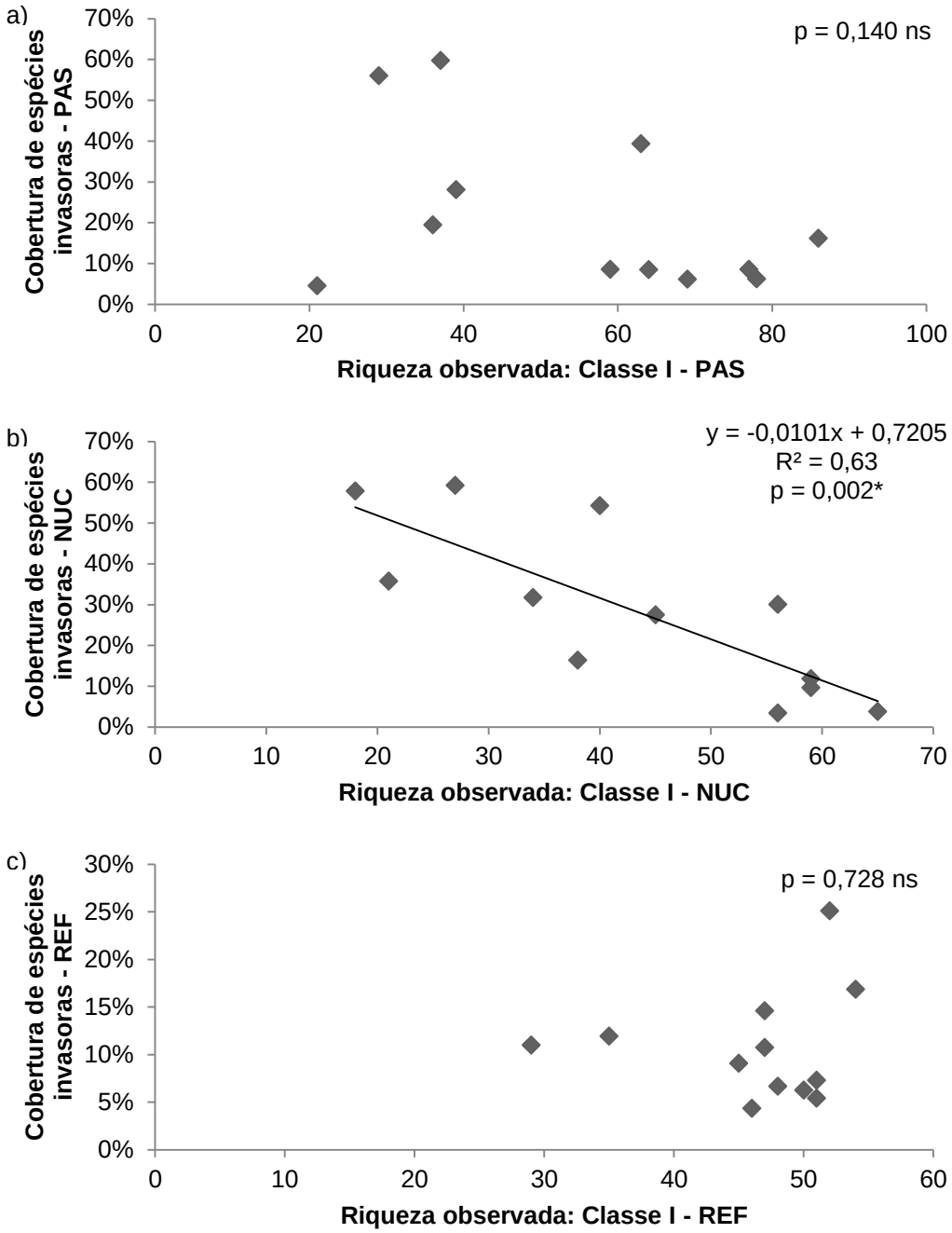


Nos tratamentos PAS e REF (Figura 28a e 28c), a densidade de indivíduos não influenciou a cobertura de espécies invasoras (p=0,1765 e p=0,2997, respectivamente).

Houve também efeito da riqueza observada da Classe I na cobertura de espécies invasoras apenas para o tratamento NUC (p = 0,002; R^2 = 0,63), de forma

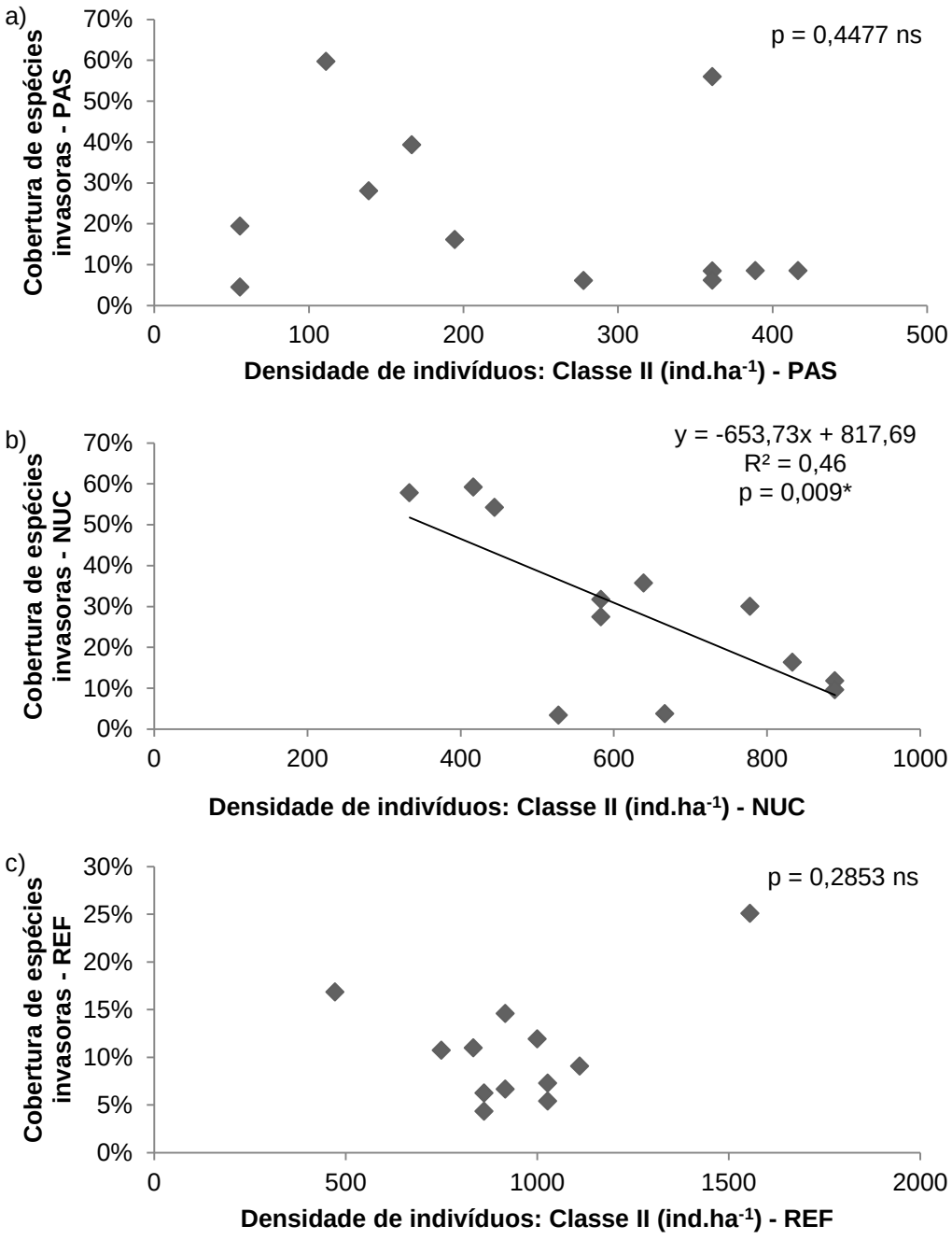
que quanto maior o número de espécies menor a cobertura de invasoras (Figura 29b). Nos tratamentos PAS e REF (Figura 29a e 29c) não foi observado efeito da riqueza observada na cobertura de espécies invasoras ($p = 0,140$ e $p = 0,728$ respectivamente).

Figura 29 – a) Análise de regressão do efeito da riqueza observada de indivíduos regenerantes da Classe I na cobertura de espécies invasoras – PAS; b) Análise de regressão do efeito da riqueza observada de indivíduos regenerantes da Classe I na cobertura de espécies invasoras – NUC; c) Análise de regressão do efeito da riqueza observada de indivíduos regenerantes da Classe I na cobertura de espécies invasoras – REF.



O efeito da densidade de indivíduos da Classe II na cobertura de espécies invasoras também pôde ser observado apenas no tratamento NUC ($p = 0,009$; $R^2 = 0,46$), sendo que, quanto maior a densidade de indivíduos da Classe II, menor a cobertura de espécies invasoras (Figura 30b).

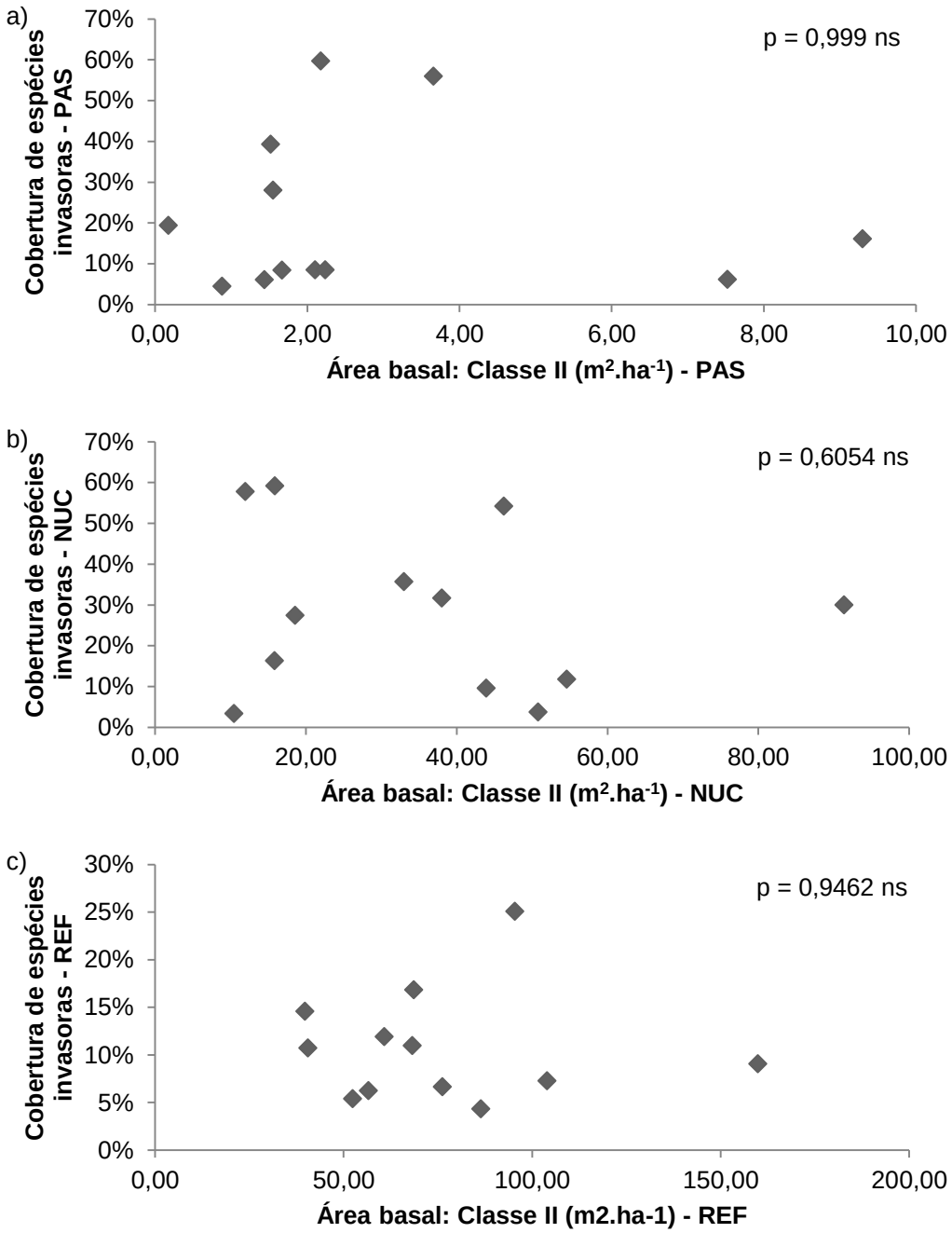
Figura 30 - Análise de regressão dos efeitos da cobertura de invasoras na densidade de indivíduos da Classe II.



Nos tratamentos PAS e REF (Figura 30a e 30c) não houve efeito da densidade de indivíduos da Classe II na cobertura de espécies invasoras (p = 0,4477 e p = 0,2853 respectivamente).

A área basal de indivíduos da Classe II não apresentou efeito na cobertura de espécies invasoras em nenhum tratamento (Figura 31a, 31b e 31c), não havendo relação de valores de área basal com porcentagens de cobertura de invasoras.

Figura 31 - Análise de regressão dos efeitos da cobertura de invasoras na área basal dos indivíduos da Classe II.



A PAS apresentou baixos valores de área basal independente da cobertura de invasoras (Figura 31a), enquanto que o REF apresentou altos valores de área basal também independente da porcentagem de invasoras (Figura 31c).

4.2.4 Custos de implantação e manutenção

4.2.4.1 Custos de implantação por hectare

Os custos de implantação de ambos os tratamentos nucleação e reflorestamento estão detalhados na Tabela 7, de forma que o custo somente para implantação de 1 (um) hectare de nucleação, utilizando todas as técnicas descritas neste trabalho, foi de R$/ha 13.127,41, ao passo que o REF custou, em média, R$12.713,18/ha.

A operação que apresentou o maior custo na NUC foi a técnica de transposição de chuva de sementes (R$/ha 4.305,11). A técnica de transposição de banco de sementes foi o segundo mais alto custo deste tratamento (R$/ha 2.175,63). O custo das mudas implantadas neste tratamento foi o terceiro maior custo (R$/ha 1.635,81), porém não se torna um custo elevado se comparado a outras metodologias com maior número de árvores por hectare. O maior custo do tratamento REF foram as mudas (R$/ha 6.504,63), o que era esperado devido ao grande número de mudas plantadas por hectare e o custo elevado de mudas nativas. O segundo maior custo do REF foi com coveamento e fertilização de mudas (R$ 3.612,82) que foi realizado nas covas, de forma que esse tratamento exige mais fertilização pelo maior número de covas por hectare, acarretando também em maior mão de obra. O custo de colares protetores de mudas foi o terceiro maior (R$/ha 794,81) devido também ao grande número de mudas plantadas por hectare.

O tratamento de restauração passiva não possuiu custos de implantação, uma vez que não houve técnicas ativas de restauração nesse tratamento.

Tabela 7 - Custos por hectare para implantação de Nucleação e Reflorestamento misto de espécies nativas em grupos de preenchimento e diversidade.

	Rendimentos										
	Mensalista	Tratorista	Maquinário								Custo total/ha (R$/ha)
	Unidades			Custos		Material			Custos		
	HH/ha	HH/ha	HM/ha	Valor unitário (R$)	Valor total (R$)	Insumo	Unidade	Quantidade	Valor unitário (R$)	Valor total (R$)	
Implantação Nucleação (NUC)											
Preparo do solo com herbicida	2,31	-	2,31	14,57	33,73	Herbicida Pós-E (Glifosato)	kg/ha	1,12	35,76	40,10	**73,82**
Preparo do solo com trator	-	1,21	1,21	122,81	148,02	-	-	-	0,00	0,00	**148,02**
Marcação para plantio com trator	-	1,83	1,83	122,81	224,31	-	-	-	0,00	0,00	**224,31**
Coveamento e fertilização de mudas	11,00	-	11,00	41,97	461,60	Fertilizante NPK 5-20-10	kg/ha	60	4,33	260,00	**721,60**
Plantio de mudas e aplicação de hidrogel	14,99	-	-	14,57	218,47	-	-	-	0,00	0,00	**218,47**
Mudas Pioneiras	-	-	-	0,00	0,00	Mudas	un/ha	444	2,92	1.296,30	**1.296,30**
Mudas Não pioneiras	-	-	-	0,00	0,00	Mudas	un/ha	111	3,06	339,51	**339,51**
Hidrogel	-	-	-	0,00	0,00	Hidrogel	kg/ha	7,99	32,68	260,99	**260,99**
Colar protetor de mudas	3,05	-	-	14,57	44,49	Colar protetor	un/ha	556	0,40	222,22	**266,71**
Confecção de poleiros	32,38	-	-	14,57	471,80	Varas de eucalipto	un/ha	28	5,75	159,72	**631,52**
Plantio de maracujá (nos poleiros)	11,93	-	-	14,57	173,86	Mudas de maracujá	un/ha	84	2,92	245,00	**418,86**
Fertilização do maracujá	-	-	-	0,00	0,00	Fertilizante NPK 5-20-10	kg/ha	9	4,33	39,00	**39,00**
Abrigos artificiais	7,57	-	-	14,57	110,27	Estereo de madeira	st/ha	28	31,05	862,50	**972,77**
Plantio de núcleo de bromélias	1,85	-	-	14,57	26,98	Muda de bromélia	un/ha	139	2,92	405,42	**432,40**
Fertilização de núcleo de bromélias	-	-	-	0,00	0,00	Fertilizante NPK 5-20-10	kg/ha	15	4,33	65,00	**65,00**
Semeadura dos núcleos de feijão-guandú	23,27	-	-	14,57	339,07	Sementes de feijão-guandu	kg/ha	3,33	7,50	25,00	**364,07**
Fertilização dos núcleos de feijão-guandú	-	-	-	0,00	0,00	Fertilizante NPK 5-20-10	kg/ha	40,00	4,33	173,33	**173,33**
Banco de sementes - coleta	41,67	-	-	14,57	607,08	-	-	-	0,00	0,00	**607,08**
Banco de sementes - beneficiamento	11,57	-	-	14,57	168,63	Materiais (NPK, hidrogel, bandeja, sombrite)	un/ha	1	1.149,92	1.149,92	**1.318,55**
Banco de sementes - implantação no campo	12,70	-	-	14,57	185,00	Fertilizante NPK 5-20-10	kg/ha	15	4,33	65,00	**250,00**

Chuva de sementes - coleta	62,50	-	-	14,57	910,63	Coletores	un/ha	35	19,31	670,37	**1.581,00**
Chuva de sementes - beneficiamento	11,57	-	-	14,57	168,63	Materiais (NPK, hidrogel, bandeja, sombrite, substrato)	un/ha	1	2.305,47	2.305,47	**2.474,11**
Chuva de sementes - implantação no campo	12,70	-	-	14,57	185,00	Fertilizante NPK 5-20-10	kg/ha	15	4,33	65,00	**250,00**
Custo Total de Implantaçãon da Nucleação (NUC)											**13.127,41**
Implantação Reflorestamento (REF)											
Preparo do solo com herbicida	6,79	-	6,79	14,57	98,93	Herbicida Pós-E (Glifosate)	kg/ha	1,88	35,76	67,26	**166,19**
Preparo do solo com trator	-	1,86	1,86	122,81	228,33	-	-	-	0,00	0,00	**228,33**
Marcação para plantio com trator	-	2,75	2,75	122,81	338,30	-	-	-	0,00	0,00	**338,30**
Coveamento e fertilização de mudas	24,13	-	24,13	41,97	1.012,82	Fertilizante NPK 5-20-10	kg/ha	600,00	4,33	2.600,00	**3.612,82**
Plantio de mudas e aplicação de hidrogel	49,94	-	-	14,57	727,68	-	-	-	0,00	0,00	**727,68**
Mudas Pioneiras	-	-	-	0,00	0,00	Mudas	un/ha	833,33	4,75	3.958,33	**3.958,33**
Mudas Não pioneiras	-	-	-	0,00	0,00	Mudas	un/ha	833,33	3,06	2.546,30	**2.546,30**
Hidrogel	-	-	-	0,00	0,00	Hidrogel	kg/ha	10,42	32,68	340,42	**340,42**
Colar protetor de mudas	8,80	-	-	14,57	128,15	Colar protetor	un/ha	1.666,67	0,40	666,67	**794,81**
Custo Total de Implantação do Reflorestamento (REF)											**12.713,18**

4.2.4.2 Custos de manutenção por hectare

Os custos de manutenção dos tratamentos podem ser observados na Tabela 8, sendo que os três anos de manutenção do tratamento NUC custaram R$/ha 5.197,72. O coroamento das mudas foi a atividade de manutenção que apresentou maiores custos (R$/ha 890,39). As mudas utilizadas para replantio foi o segundo maior custo das manutenções (R$/ha 836,39). O terceiro maior custo foi o de roçagem da área (R$/ha 830,11).

A manutenção do tratamento REF teve um custo total de R$/ha 12.156,91. O maior custo de manutenção no tratamento REF foi o de roçagem da área (R$/ha 2.601,39). Esse custo é mais alto no plantio, pois a roçagem foi realizada em área total durante os três anos, enquanto que na NUC foi realizado apenas nas faixas onde as técnicas foram implantadas. O segundo maior custo de manutenção do REF foi o custo com mudas para replantio (R$/ha 2.363,04) sendo que esse tratamento teve uma taxa de mortalidade de aproximadamente 49%, considerando os quatro replantios. O terceiro maior custo de manutenção do REF foi o de coveamento e fertilização para os replantios (R$/ha 1.714,64).

Os custos de manutenção do tratamento PAS incluíram apenas duas atividades realizadas em área total (controle de formigas e controle de espécie exótica invasora), totalizando um custo de R$/ha 1.133,38.

Tabela 8 - Custos por hectare de manutenção para o tratamento Nucleação, Reflorestamento misto de espécies nativas em grupos de preenchimento e diversidade, e Restauração passiva, considerando três anos de manutenções.

	Rendimentos										
	Mensalista	Tratorista	Maquinário								
	Unidades			Custos		Material			Custos		Custo total/ha (R$/ha)
	HH/ha	HH/ha	HM/ha	Valor unitário (R$)	Valor total (R$)	Insumo	Unidade	Quantidade	Valor unitário (R$)	Valor total (R$)	
Manutenção da Nucleação (NUC)											
Fertilização com uréia (1 manutenção anual por 3 anos)	1,37	-	-	14,57	19,96	Uréia	kg/ha	71,33	1,82	130,05	**150,01**
Confecção de porta isca para formicida	14,68	-	-	14,57	213,83	-	-	-	-	0,00	**213,83**
Controle de formigas (2 manutenções anuais por 2 anos e meio)	26,52	-	-	14,57	386,35	Formicida	kg/ha	34,72	10,76	373,51	**759,86**
Coroamento das mudas (2 manutenções anuais por 3 anos)	61,11	-	-	14,57	890,39	-	-	-	-	0,00	**890,39**
Roçagem da área (2 manutenções anuais por 3 anos)	26,63	-	26,63	20,77	553,07	Gasolina para roçadeira portátil	l/ha	77,60	3,57	277,05	**830,11**
Aplicação de herbicida (2 manutenções anuais por 3 anos)	26,55	-	26,55	14,57	386,85	Herbicida Pós-E (Glifosate)	kg/ha	6,17	35,76	220,78	**607,63**
Coveamento e fertilização (4 replantios)	4,48	-	4,48	41,97	188,15	Fertilizante NPK 5-20-10	kg/ha	77,64	4,33	336,45	**524,60**
Replantio de mudas e aplicação de hidrogel (4 replantios)	7,84	-	-	14,57	114,22	-	-	-	-	0,00	**114,22**
Mudas (4 replantios)	-	-	-	0,00	0,00	Mudas	un/ha	280	2,99	836,39	**836,39**
Hidrogel (4 replantios)	-	-	-	0,00	0,00	Hidrogel	kg/ha	1,75	32,68	57,21	**57,21**
Colar protetor de mudas (4 replantios)	4,65	-	-	14,57	67,71	Colar protetor	un/ha	280	0,40	112,04	**179,74**
Remoção de espécie exótica invasora (2 remoções)	2,31	-	-	14,57	33,73	-	-	-	-	0,00	**33,73**
Custo Total de Manutenção da Nucleação (NUC)											**5.197,72**
Manutenção Reflorestamento (REF)											
Fertilização com uréia (1 manutenção anual por 3 anos)	18,27	-	-	14,57	266,16	Uréia	kg/ha	195,63	1,82	356,66	**622,82**
Confecção de porta isca para formicida	14,68	-	-	14,57	213,83	-	-	-	0,00	0,00	**213,83**
Controle de formigas (2 manutenções anuais por 2 anos e meio)	26,35	-	-	14,57	383,94	Formicida	kg/ha	34,72	10,76	373,51	**757,45**
Coroamento das mudas (2 manutenções anuais por 3 anos)	113,89	-	-	14,57	1.659,36	-	-	-	0,00	0,00	**1.659,36**
Roçagem da área (2 manutenções anuais por 3 anos)	94,21	-	94,21	20,77	1.956,80	Gasolina para roçadeira portátil	l/ha	180,56	3,57	644,58	**2.601,39**
Aplicação de herbicida (2 manutenções anuais por 3 anos)	33,91	-	33,91	14,57	494,02	Herbicida Pós-E (Glifosate)	kg/ha	19,60	35,76	700,77	**1.194,79**

Coveamento e fertilização (4 replantios)	10,74	-	10,74	41,97	450,75	Fertilizante NPK 5-20-10	kg/ha	291,67	4,33	1.263,89	**1.714,64**
Replantio de mudas e aplicação de hidrogel (4 replantios)	22,13	-	-	14,57	322,43	-	-	-	0,00	0,00	**322,43**
Mudas (4 replantios)	-	-	-	0,00	0,00	Mudas	un/ha	810,19	2,92	2.363,04	**2.363,04**
Hidrogel (4 replantios)	-	-	-	0,00	0,00	Hidrogel	kg/ha	5,06	32,68	165,48	**165,48**
Colar protetor de mudas (4 replantios)	12,47	-	-	14,57	181,63	Colar protetor	un/ha	810	0,40	324,07	**505,71**
Remoção de espécie exótica invasora (2 remoções)	2,47	-	-	14,57	35,98	-	-	-	0,00	0,00	**35,98**
Custo Total de Manutenção do Reflorestamento (REF)											**12.156,91**
Manutenção da Restauração passiva (PAS)											
Confecção de porta isca para formicida	14,68	-	-	14,57	213,83	-	-	-	0,00	0,00	**213,83**
Controle de formigas (2 manutenções anuais por 2 anos e meio)	26,67	-	-	14,57	388,65	Formicida	kg/ha	34,72	10,76	373,51	**762,16**
Remoção de espécie exótica invasora (2 remoções)	10,80	-	-	14,57	157,39	-	-	-	0,00	0,00	**157,39**
Custo Total de Manutenção da Restauração passiva (PAS)											**1.133,38**

4.2.4.3 Custos totais por hectare

Considerando os custos totais por hectare, o tratamento reflorestamento mostrou o maior custo (R$/ha 24.870,09), seguido da nucleação (R$/ha 18.325,13), e por fim a restauração passiva (R$ 1.133,38) a qual possuiu apenas custos de manutenção (Tabela 9).

Tabela 9 - Custo total por hectare para cada tratamento.

	Custo de implantação (R$/ha)	Custo de manutenção (R$/ha)	Custo total (R$/ha)
Nucleação (NUC)	13.127,41	5.197,72	**18.325,13**
Reflorestamento (REF)	12.713,18	12.156,91	**24.870,09**
Restauração Passiva (PAS)	-	1.133,38	**1.133,38**

Desta forma, apesar da NUC apresentar maiores custos de implantação em comparação ao REF, os custos de manutenção são muito menores, fazendo com que este tratamento se torne 26% mais barato que o REF ao considerar os custos totais.

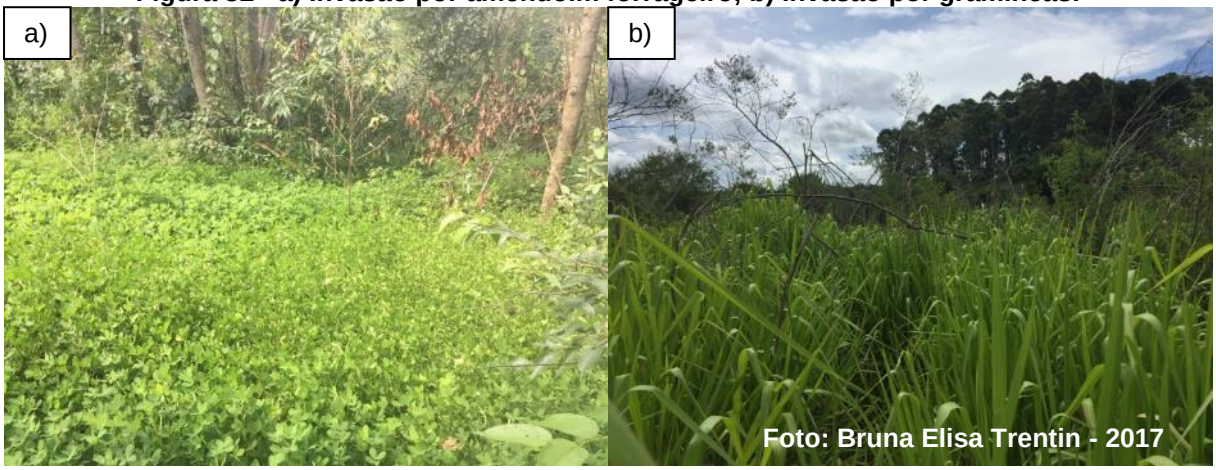
5 DISCUSSÃO

As condições de determinado habitat podem funcionar como filtros, em que as espécies que não são adequadas para o local não farão parte da assembléia de espécies (KEDDY, 1992). Neste estudo podemos supor que pelo menos dois filtros estavam presentes e definindo a assembléia de espécies e a sobrevivência. A cobertura de espécies invasoras foi um filtro na nucleação, uma vez que a cobertura estava relacionada com a riqueza observada e densidade de espécies em ambas as classes de tamanho (Figura 28b, 29b e 30b), quanto menor a riqueza e densidade, maior a cobertura de espécies invasoras. Este filtro foi mais expressivo nas parcelas de nucleação, que foram mais invadidas que os demais tratamentos (Figura 27). A manutenção realizada na nucleação pode ter influenciado o crescimento de espécies invasoras ou até mesmo favorecido seu desenvolvimento (por exemplo, a gradação do solo nas faixas de 3 m na NUC pode ter exposto o banco de sementes de espécies invasoras; no REF houve apenas sulcamento das linhas de plantio). Embora o reflorestamento também tenha sofrido manutenção (em área total), provavelmente isso não permitiu a colonização por espécies invasoras, devido ao maior número de mudas plantadas, o que proporcionou maior cobertura de área em um período inicial.

A maior densidade de indivíduos da Classe II (quando considerando regenerantes + plantados) no reflorestamento (Tabela 6) também pode ter contribuído para a menor cobertura de espécies invasoras; indivíduos de classes de tamanho maior geralmente têm copas maiores, que irão sombrear a área e diminuir a cobertura de espécies invasoras. Os núcleos implantados provavelmente não foram grandes o suficiente para promover a irradiação que tornaria a nucleação mais efetiva contra espécies invasoras. A nucleação não foi mais efetiva para suprimir espécies invasoras do que a restauração passiva (Figura 27), já que ambos os tratamentos apresentaram alta invasão, provavelmente devido à falta de indivíduos plantados, o que podem ter comprometido a capacidade de controle de espécies invasoras em PAS, devido ao maior tempo necessário para que as espécies da regeneração natural cresçam até o ponto de desenvolver um dossel. Algumas parcelas de nucleação e restauração passiva foram amplamente dominadas por gramíneas exóticas (*Brachiaria* sp., *Panicum maximum* Jacq., *Pennisetum purpureum* Schum, Cynodon sp.) e algumas parcelas de nucleação tiveram alta

invasão de *Arachis pintoi*, inibindo a regeneração de espécies (Figura 32). A invasão de A. pintoi pôde ser observada tanto em pleno sol quanto nas áreas de sombra.

Figura 32 - a) Invasão por amendoim forrageiro; b) Invasão por gramíneas.



O segundo filtro foi relacionado à competição com espécies plantadas. O padrão de alta densidade de indivíduos regenerantes da Classe I no reflorestamento (Tabela 5) não se assemelhou à densidade de indivíduos regenerantes da Classe II (Tabela 6), que apresentaram densidade muito baixa. Isso pode indicar que, embora a regeneração ocorra no sub-bosque do reflorestamento (apesar da alta densidade de espécies plantadas), esses indivíduos regenerantes não atingem a Classe II (> 5 cm DAP), sugerindo que as espécies plantadas como parte do tratamento têm uma vantagem comparada às espécies regenerantes, as quais perdem por competição para as espécies plantadas e já estabelecidas, que irão pré-determinar a futura floresta. Esta dominância de espécies plantadas no reflorestamento também pode ser corroborada pela alta porcentagem de espécies regenerantes “oriundas de plantadas” (57%) encontradas neste tratamento.

Ao se considerar apenas indivíduos regenerantes, o reflorestamento apresentou uma diminuição na riqueza rarefeita (Figura 23), devido a uma diminuição na riqueza (anteriormente 34% composta por espécies plantadas), e uma alta densidade de indivíduos, que se manteve muito semelhante, devido à baixa densidade das espécies plantadas em comparação com espécies regenerantes. Ao se considerar apenas indivíduos regenerantes, foi possível verificar também que não houve diferença entre as curvas de rarefação da nucleação e da restauração passiva (Figura 23b), evidenciando uma maior similaridade desses tratamentos em

estimular a regeneração natural. Esta maior similaridade entre a nucleação e as parcelas de restauração passiva provavelmente ocorreu porque a intervenção no reflorestamento foi mais intensa ocorrendo em área total, enquanto na nucleação as técnicas ocuparam apenas 9,94% da área total, permitindo que processos que ocorrem em restauração passiva, como regeneração natural, ocorressem desde a implantação. Desta forma, podemos selecionar métodos que sejam mais eficientes superando cada filtro. Enquanto o reflorestamento foi efetivo em superar o filtro de espécies invasoras, a nucleação não foi afetada negativamente pela competição com espécies plantadas.

O fato de o local de estudo estar inserido em uma paisagem favorável, pode ter influenciado a resiliência, a riqueza de espécies regenerantes, bem como a dispersão de sementes, indicada pela predominância de espécies zoocóricas em todos os tratamentos. A nucleação teve 28 espécies exclusivas (Tabela 2), sendo a maioria (93%) espécies diferentes das plantadas, provavelmente devido à transposição de banco e chuva de sementes. A maioria dessas espécies é zoocórica e arbustiva. A restauração passiva teve 14 espécies exclusivas, onde a maioria é anemocórica e lianas, indicando que são espécies mais características de áreas abertas. O reflorestamento teve 13 espécies exclusivas, a maioria zoocórica e árvores, porém apenas 54% não correspondem a espécies plantadas.

O custo da restauração é um fator muito importante devido à alta demanda por ações de restauração. Neste contexto, comparando os custos de implantação e manutenção entre os tratamentos, o custo total da nucleação foi 26% menor que o reflorestamento. Os custos da nucleação ainda oferecem a possibilidade de ser reduzidos devido a algumas atividades que poderiam ter seus custos minimizados, ou ainda, o uso de apenas algumas das técnicas descritas, reduzindo custos com pouca influência nas variáveis estudadas. Bechara et al. (2007), ao comparar a nucleação com técnicas convencionais, também encontraram valores em que a nucleação foi aproximadamente 34% mais barata. O uso de banco de sementes e chuva de sementes foram as duas técnicas de nucleação mais caras. Isso ocorreu porque todo o processo envolveu muitas horas de trabalho devido às coletas, que foram realizadas mensalmente durante um ano, resultando em um alto custo de mão-de-obra. O que também aumentou muito os custos dessas técnicas foram os materiais usados para processar e, no caso da chuva de sementes, a compra de substrato. As bandejas usadas para germinação no viveiro tiveram custos elevados,

bem como os coletores de sementes, que aumentaram os custos da chuva de sementes. Alternativas que poderiam tornar a nucleação mais barata e não excluir essas técnicas seria o uso de materiais de baixo custo, como o solo disponível no local, em vez de solo comercial, e a diminuição do número de coletas. Bento et al. (2013) também verificaram um alto custo da transposição de banco de sementes, que em seu estudo foi o segundo maior custo de implantação da nucleação. Outra opção para minimizar os custos é com poleiros e abrigos artificiais usando madeira disponível no local, para que não haja custo com toras. No reflorestamento, é mais difícil minimizar custos, já que o maior custo foi com mudas, o que é esperado por ser um reflorestamento em área total. O grande número de mudas plantadas gera custos mais altos com insumos, mão de obra e manutenção. Uma opção para reduzir custos seria reduzir a freqüência das manutenções, em vez de semestralmente, anualmente; no entanto, isso poderia afetar a sobrevivência das mudas e o efeito de sombreamento proporcionado por essa comunidade plantada, afetando a eficácia da superação do filtro de espécies invasoras.

Técnicas de restauração ativa têm custos mais elevados, e os custos de reflorestamento podem variar muito, dependendo de metodologias específicas de plantio, bem como o uso de fertilizantes, hidrogéis e outros insumos que podem torná-los mais caros. O uso de um delineamento experimental consome mais trabalho, pois requer mais cuidado na distribuição de mudas, identificação de espécies, bem como a posição de cada técnica de nucleação nas parcelas (ANEXO A, B). Além disso, quanto maior é a área a ser restaurada, a tendência é que, menor será o custo de implantação por hectare (compra de maiores volumes de insumos, etc.). Desta forma, é importante ressaltar que estimar custos de restauração para um local com base em estudos de outros locais específicos pode apresentar grande variabilidade, no entanto, a importância deste trabalho é a comparação de três métodos no mesmo local, o que nos permite verificar a porcentagem que pode ser economizada ao utilizar técnicas menos ativas como nucleação e restauração passiva em relação ao reflorestamento em área total.

Diversos estudos demonstraram a importância da regeneração natural para a restauração de ecossistemas (CHAZDON et al., 2016; CHAZDON; GUARIGUATA, 2016; GILMAN et al., 2016) sendo que em muitos casos, essa pode ser a melhor opção (CROUZEILLES et al., 2017; HOLL; AIDE, 2011), tanto econômica como ecologicamente. Frequentemente, as técnicas de restauração ativa são

desnecessárias quando existe alta resiliência e baixo nível de degradação, e torna-se crucial encontrar alternativas de baixo custo, especialmente no contexto que enfrentamos: milhões de hectares a serem restaurados e pouco ou nenhum incentivo econômico para que isso ocorra. Desta forma, também é importante destacar como resultado deste estudo que a restauração passiva pode ser um método viável de restauração, que prioriza os processos naturais.

6 CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES PARA A PRÁTICA

A nucleação não foi eficiente no controle de espécies invasoras até o momento (seis anos de experimento), enquanto o reflorestamento foi o único tratamento efetivo para suprimir espécies invasoras. É possível afirmar que a nucleação apresenta resultados semelhantes à restauração passiva, que consiste basicamente em regeneração natural; consequentemente, a nucleação tem maior semelhança com os processos de sucessão natural, porém, acredita-se que o sucesso de ambos (restauração passiva e nucleação) depende muito do local e do contexto de paisagem.

Desta forma, embora a nucleação tenha custos mais baixos que o reflorestamento, eles não podem ser justificados, uma vez que a restauração passiva tem custos muito menores. O reflorestamento foi eficiente, apresentando como lado negativo o maior custo e uma comunidade menos similar à sucessão natural.

O desafio remanescente é investigar modelos de nucleação que sejam eficientes no controle de espécies invasoras para que esta técnica seja mais difundida, aliada ao seu menor custo, menor interferência nos processos naturais de sucessão e importancia para trazer espécies exclusivas em estágios iniciais. Utilizando núcleos maiores, especialmente em áreas onde há invasão, pode ser uma alternativa que possivelmente resolveria o problema com espécies invasoras.

O sucesso ou o fracasso de uma determinada técnica de restauração depende do contexto de paisagem, que determinará a resiliência local e, consequentemente, a necessidade de usar técnicas mais ou menos ativas. Entretanto, conhecer a vantagem ou desvantagem de uma técnica de restauração em detrimento de outra é importante na escolha da metodologia mais apropriada para restaurar um determinado local. A combinação de um conjunto de técnicas ativas com técnicas passivas pode enriquecer de maneira ecológica e tornar o projeto de restauração mais atraente economicamente. Recomendamos projetos mistos, enriquecendo o reflorestamento com um espaço destinado à restauração passiva, onde pode ser possível utilizar algumas técnicas de nucleação isoladas, com o objetivo de trazer novas espécies, reduzindo a invasão e custos e promovendo a diversidade de espécies regenerantes. No entanto, em áreas com

alta resiliência e sem problemas de invasão, a restauração passiva sozinha pode ser a melhor opção.

REFERÊNCIAS

ANDERSON, M. L. Spaced-Group planting. **Unasylva**, Roma, v. 7, n. 2, 1-15, 1953.

BECHARA, F. C. **Restauração ecológica de restingas contaminadas por pinus no Parque Florestal do Rio Vermelho, Florianópolis, SC.** 2003. 136 f. Dissertação (Mestrado em Biologia Vegetal) - Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2003.

BECHARA, F. C.; CAMPOS FILHO, E. M.; BARRETTO, K. D.; GABRIEL, V. A.; ANTUNES, A. Z.; REIS, A. Unidades demonstrativas de restauração ecológica através de técnicas nucleadoras de biodiversidade. **Revista Brasileira de Biociências**, Porto Alegre, v. 5, n. 1, p. 9-11, jul. 2007.

BECHARA, F. C.; DICKENS, S. J.; FARRER, E. C.; LARIOS, L.; SPOTSWOOD, E. N.; MARIOTTE, P. SUDING, K. N. Neotropical rainforest restoration: comparing passive, plantation and nucleation approaches. **Biodiversity and Conservation**, v. 25, n. 11, p. 2021-2034, 2016.

BENAYAS, J. M. R. 2005. Restoring forests after land abandonment. In: **Forest restoration in landscapes:** beyond planting trees. MANSOURIAN, S.; VALLAURI, D.; DUDLEY, N. eds. Pp. 356-360. Springer, New York.

BENTO, R. A.; VIEIRA, G.; PANHOCA, L.; CARNEIRO, L. M.; GUERRA, C. M. S. Activity based costing of the nucleation techniques implemented in forest clearings due to oil exploration in the central Amazon. **Revista de Administração e Contabilidade da Unisinos**, v. 10, n. 2, p. 117-129, 2013.

BOANARES, D.; AZEVEDO, C. S. The use of nucleation techniques to restore the environment: a bibliometric analysis. **Natureza & Conservação**, v. 12, n. 2, p. 93-98, 2014.

BRANCALION, P. H. S.; RODRIGUES, R. R.; GANDOLFI, S.; KAGEYAMA, P. Y.; NAVE, A. G.; GANDARA, F. B.; BARBOSA, L. M.; TABARELLI, M. Instrumentos legais podem contribuir para a restauração de florestas tropicais biodiversas. **Revista Árvore**, n. 34, p. 455–470, 2010.

BRASIL. Decreto n. 8.972, de 23 de jan. de 2017. **Institui a Política Nacional de Recuperação da Vegetação Nativa**, Brasília, DF, jan. 2017.

CANFIELD, R. H. Application of the line interception method in sampling range vegetation. **Journal of Forestry**, v. 39, n. 4, p. 388 – 394, abr. 1941.

CBD – CONVENTION ON BIOLOGICAL DIVERSITY. 2010. **Strategic plan for biodiversity 2011-2020**. Disponível em: <https://www.cbd.int/doc/meetings/cop/cop-10/information/cop-10-inf-12-rev1-en.pdf>. Acesso em: 06 fev. 2018.

CELENTANO, D.; ZAHAWI, R. A.; FINEGAN, B.; OSTERTAG, R.; COLE, R. J.; HOLL, K. D. Litterfall dynamics under different tropical forest restoration strategies in Costa Rica. **Biotropica**, v. 43, n. 3, p. 279-287, 2011.

CHAZDON, R. L.; BROADBENT, E. N.; ROZENDAAL, D. M. A.; et al. Carbon sequestration potential of second-growth forest regeneration in the Latin American tropics. **Science Advances**, v. 2, p. 1-10, 2016.

CHAZDON, R. L.; GUARIGUATA, M. R. Natural regeneration as a tool for large-scale forest restoration in the tropics: Prospects and challenges. **Biotropica**, v. 48, p. 844–855, 2016.

CHEUNG, K. C.; LIEBSCH, D.; MARQUES, M. C. M. Forest recovery in newly abandoned pastures in southern Brazil: implications for the Atlantic Rain Forest resilience. **Natureza & Conservação**, v. 8, n. 1, p. 66-70, 2010.

CLEWELL, A.; MCDONALD, T. Relevance of natural recovery to ecological restoration. **Ecological Restoration**, v. 27, n. 2, p. 122-124, jun. 2009.

COLE, R. J.; HOLL, K. D.; ZAHAWI, R. A. Seed rain under tree islands planted to restore degrade lands in a tropical agriculture landscape. **Ecological Applications**, v. 20, n.5, p. 1255-1269, 2010.

CONNELL, J. H.; SLATYER, R. O. Mechanisms of succession in natural communities and their role in community stability and organization. **The American Naturalist**, v. 111, n. 982, p. 1119-1144, 1977.

CORBIN, J. D.; HOLL, K. D. Applied nucleation as a forest restoration strategy. **Forest Ecology and Management**, v. 265, p. 37-46, 2012.

CROUZEILLES, R.; FERREIRA, M. S.; CHAZDON, R. L.; LINDENMAYER, D. B.; SANSEVERO, J. B. B.; MONTEIRO, L.; IRIBARREN, A.; LATAWIEC, A. E.; STRASSBURG, B. B. N. Ecological restoration success is higher for natural regeneration than for active restoration in tropical forests. **Science Advances**, v. 3, p. 1-7, 2017.

DELLASALA, D. A.; MARTIN, A.; SPIVAK, R.; SCHULKE, T.; BIRD, B.; CRILEY, M.; VAN DAALEN, C.; KREILICK, J.; BROWN, R.; APLET, G. A citizen's call for ecological forest restoration: forest restoration principles and criteria. **Ecological Restoration**, v. 21, p. 14–23, 2003.

DEVOTO, M.; SALLIE, B.; CRAZEL, P.; MEMMOTT, J. Understanding and planning ecological restoration of plant–pollinator networks. **Ecology Letters**, v. 15, p. 319-328, 2012.

DURIGAN, G.; ENGEL, V. L. Restauração de ecossistemas no Brasil: onde estamos e para onde podemos ir? In: MARTINS, S.V. (ed.). **Restauração ecológica de ecossistemas degradados**. 2.ed. Viçosa: Editora UFV, 2015. p. 42-69.

DURIGAN, G.; ENGEL, V. L.; TOREZAN, J. M.; MELO, A. C. G.; MARQUES, M. C. M.; MARTINS, S. V.; REIS, A.; SCARANO, F. R. Normas jurídicas para a restauração ecológica: uma barreira a mais a dificultar o êxito das iniciativas. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 34, p. 471-485, 2010.

ENGEL, V. L.; PARROTTA, J. A. An evaluation of direct seeding for reforestation of degraded lands in central São Paulo state, Brazil. **Forest Ecology and Management**, v. 152, p. 169 – 181, 2001.

ERSKINE, P. D. Land clearing and forest rehabilitation in the Wet Tropics of north Queensland, Australia. **Ecological Management & Restoration**, v. 3, n. 2, p. 135-141, ago. 2002.

FILHO, N. L.; SANTOS, G. R.; FERREIRA, R. L. Comparando técnicas de nucleação utilizadas na restauraçãode áreas degradadas na Amazônia brasileira. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 37, n. 4, p. 587-597, 2013.

FLORA DO BRASIL 2020 EM CONSTRUÇÃO. 2016. **Jardim Botânico do Rio de Janeiro.** Disponível em: < http://floradobrasil.jbrj.gov.br/>. Acesso em: 22 Jun. 2017.

GILMAN, A. C.; LETCHER, S. G.; FINCHER, R. M.; PEREZ, A. I.; MADELL, T. W.; FINKELSTEIN, A. L.; CORRALES-ARAYA, F. Recovery of floristic diversity and basal area in natural forest regeneration and planted plots in a Costa Rican wet forest. **Biotropica**, v. 48, n. 6, p. 798-808, 2016.

HAMMER, O.; HARPER, D. A. T.; RYAN, P. D. Past: Paleontological Statistics Software Package for Education and Data Analysis. **Palaeontologia Electronica**, v. 4, n. 1, p. 1-9, 2001.

HOBBS, R. J.; JENTSCH, A.; TEMPERTON, V. M. (2007). Restoration as a process of assembly and sucession mediated by disturbance. In: WALKER, L. R.; WALKER, J.; HOBBS, R. J. (Eds.), **Linking Restoration and Ecological Sucession** (pp. 150-167). New York, NY: Springer.

HOLL, K. D.; AIDE, T. M. When and where to actively restore ecosystems? **Forest Ecology and Management**, Netherlands, v. 261, p. 1558-1563, 2011.

HOLL, K. D.; ZAHAWI, R. A.; COLLE, R. J.; OSTERTAG, R.; CORDELL, S. Planting seedlings in tree islands versus plantations as a large-scale tropical forest restoration strategy. **Restoration Ecology**, v. 19, n. 4, p. 470-479, jul. 2011.

ITTO - International Tropical Timber Organization. **Guidelines for the Restoration, Management and Rehabilitation of Degraded and Secondary Tropical Forests**. ITTO, Yokohama, Japan, 2002.

IUCN - International Union for the Conservation of Nature. 2011. **Forest landscape restoration**. Disponível em: <https://www.iucn.org/theme/forests/our-work/forest-landscape-restoration/bonn-challenge>. Acesso em: 06 fev. 2018.

KAGEYAMA, P.; GANDARA, F. B.; OLIVEIRA, R. E. 2003. Biodiversidade e restauração da floresta tropical. In: KAGEYAMA, P. Y.; OLIVEIRA, R. E.; MORAES, L. F. D.; ENGEL, V. L.; GANDARA, F. B. (eds). **Restauração Ecológica de Ecossistemas Naturais**. Botucatu, SP, p. 27-48.

KEDDY, P. A. Assembly and response rules: two goals for predictive community ecology. **Journal of Vegetation Science**, v. 3, p. 157-164, 1992.

KEDDY, P. A. Wetland restoration: the potential for assembly rules in the service of conservation. **Wetlands**, v. 10, n. 4, p. 716-732, 1999.

KÖPPEN, W. **Climatologia**: con un estudio de los climas de la tierra. México: Fondo de Cultura Econômica, 1948.

LAMB, D. Forest restoration – the third big silvicultural challenge. **Journal of Tropical Forest Science**, v. 24, n. 3, p. 295-299, 2012.

LAMB, D.; ERSKINE, P. D.; PARROTTA, J. A. Restoration of degraded tropical forest landscapes. **Science**, v. 310, p. 1628 – 1632, dez. 2005.

LAWTON, J. H. Are there general laws in ecology? **Oikos**, v. 84, n. 2, p. 177-192, 1999.

LETCHER, S. G.; CHAZDON, R. L. Rapid recovery of biomass, species richness, and species composition in a forest chronosequence in Northeastern Costa Rica. **Biotropica**, v. 41, n. 5, p. 608-617, 2009.

MARCUZZO, S. B.; GANADE, G.; ARAÚJO, M. M.; MUNIZ, M. F. B. Comparação da eficácia de técnicas de nucleação para restauração de área degradada no sul do Brasil. **Revista Floresta**, Curitiba, v. 43, n. 1, 2013.

MCKAY J. K.; CHRISTIAN C. E.; HARRISON S.; RICE K. J. How local is local? A review of practical and conceptual issues in the genetics of restoration. **Restoration Ecology**, v. 13, p. 432–440, 2005.

MYERS, J. A.; HARMS, K. E. Seed arrival, ecological filters, and plant species richness: a meta-analysis. **Ecology letters**, v. 12, p. 1250-1260, 2009.

NORDEN, N.; CHAZDON, R. L.; CHAO, A.; JIANG, Y. H.; VILCHEZ ALVARADO, B. Resilience of tropical rain forests: tree community reassembly in secondary forests. **Ecology Letters**, v.12, p. 384–394, 2009.

PARROTTA, J. A.; TURNBULL, J. W.; JONES, N. Catalyzing native forest regeneration on degrade tropical lands. **Forest Ecology and Management**, v. 99, p. 1-7, 1997.

PRACH, K.; HOBBS, R. J. Spontaneous succession versus technical reclamation in the restoration of disturbed sites. **Restoration Ecology**, v. 16, n. 3, p. 363-366, set. 2008.

R CORE TEAM. 2017. **R**: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. URL https://www.R-project.org/.

REIS, A.; BECHARA, F. C.; ESPINDOLA, M. B.; VIEIRA, N. K.; LOPES, L. Restoration of damaged land areas: using nucleation to improve successional processes. **Natureza & Conservação**, v. 1, n. 1, p. 85-92, abr. 2003.

REIS, A.; BECHARA, F. C.; TRES, D. R. Nucleation in tropical ecological restoration. **Sci. Agric.**, Piracicaba, v.67, n.2, p.244-250, mar./abr. 2010.

REIS, A.; BECHARA, F. C.; TRES, D. R.; TRENTIN, B. E. Nucleação: concepção biocêntrica para a restauração ecológica. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 24, n. 2, p. 509-519, abr./jun. 2014.

RODRIGUES, R. R.; BRANCALION, P. H. S.; ISERNHAGEN, I. (Orgs.) **Pacto para a restauração ecológica da Mata Atlântica:** referencial dos conceitos e ações de restauração florestal. São Paulo: Instituto BioAtlântica, 2009.

RODRIGUES, R. R.; LIMA, R. A. F.; GANDOLFI, S.; NAVE, A. G. On the restoration of high diversity forests: 30 years of experience in the Brazilian Atlantic Forest. **Biological Conservation**, v. 142, p. 1242 – 1251, 2009.

SANSEVERO, J. B. B.; ALONSO, J. M.; BOOTH, M. C.; BUENO, M. M.; CARVALHO, L. S.; CLEMENTE, N.; FOESCH, M. D. S.; MATEUS, F. A.; VALCARCEL, R. On the teaching of ecological restoration in Brazil: an analysis of postgraduate courses. **Restoration Ecology**, p. 1-8, 2017.

TEMPERTON, V. M.; HOBBS, R. J. (2004). The search for ecological assembly rules and its relevance to restoration ecology. In: TEMPERTON, V.; HOBBS, R. J.; NUTTLE, T.; HALLE, S. (Eds.), **Assembly Rules and Restoration Ecology:** Bridging the Gap Between Theory and Practice (pp. 34-54). Washington, D.C.: Island Press.

VAN DER PIJL, L. **Principles of dispersal in higher plants.** New York: Springer-Verlag, 1982. 213 p.

VOGEL, H. F.; SPOTSWOOD, E.; CAMPOS, J. B.; BECHARA, F. C. Annual changes in a bird assembly on artificial perches: Implications for ecological restoration in a subtropical agroecosystem. **Biota Neotrop.**, Campinas, v. 16, n. 1, 2016.

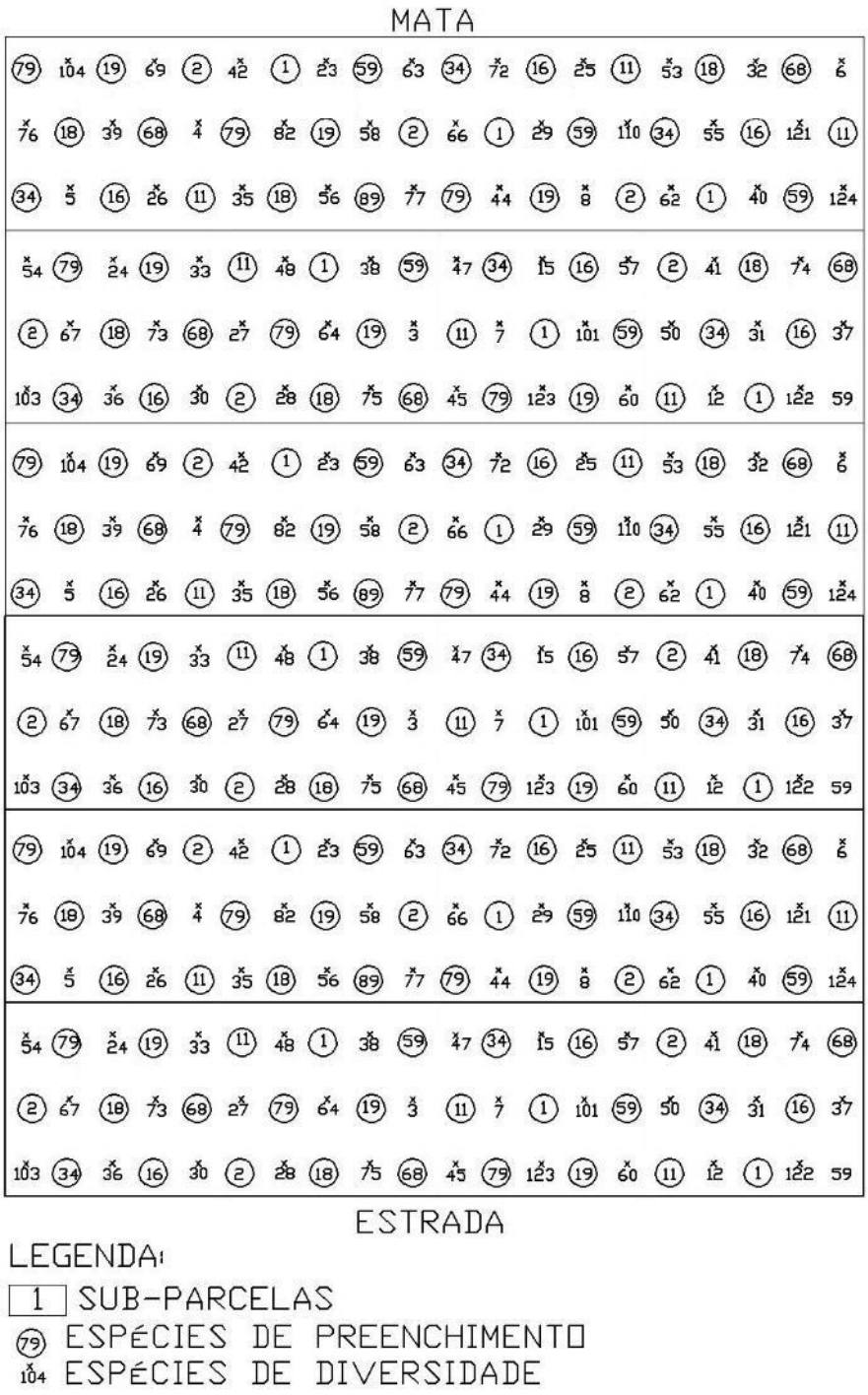
WORTLEY L.; HERO, J. M.; HOWES, M. Evaluating ecological restoration success: a review of the literature. **Restoration Ecology**, v. 21, p. 537–543, 2013.

WRI – World Resources Institute. 2014. **Initiative 20x20.** Disponível em: <http://www.wri.org/our-work/project/initiative-20x20/>. Acesso em 06 fev. 2018.

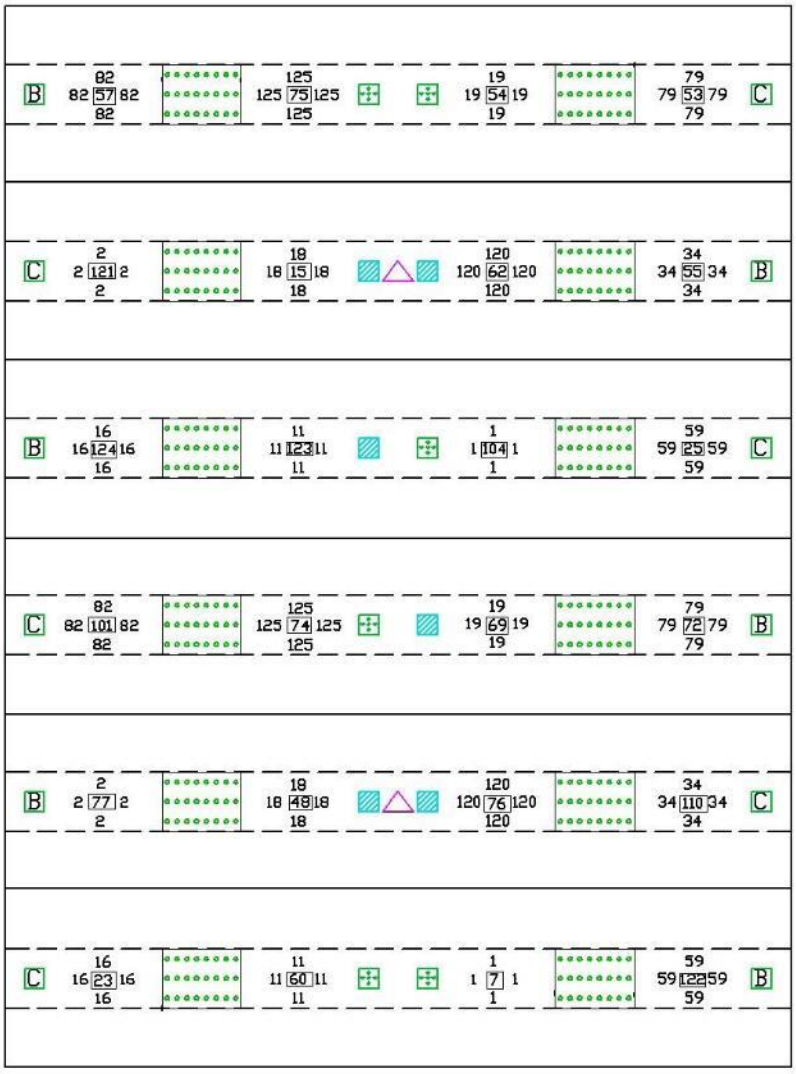
YARRANTON, G. A.; MORRISON, R. G. Spacial dynamics of a primary succession: nucleation. **The Journal of Ecology**, v. 62, n. 2, p. 417-428, jul. 1974.

ZAHAWI, R. A.; REID, J. L.; HOLL, K. D. Hidden costs of passive restoration. **Restoration Ecology**, v. 22, n. 3, p. 284-287, 2014.

ANEXO A - Mapa com esquematização das linhas de plantio do tratamento Reflorestamento, onde cada número corresponde a uma espécie.



ANEXO B – Mapa com esquematização das faixas de nucleação, onde cada número corresponde a uma espécie.



Legenda:
34 Espécie
B Banco de sementes (1x1m)
C Chuva de sementes (1x1m)
Grupos de anderson (2x2m)
Cobertura guandú (3X4m)
Bromélias (1x1m)
Poleiros (1x1m)
Abrigos artificiais (1x1m)
Distância entre técnicas = 2m

ANEXO C – Lista de espécies utilizadas nos tratamentos Reflorestamento misto por espécies nativas em grupos de preenchimento e diversidade e Nucleação, incluindo o código da espécie (CE), o nome popular, a categoria sucessional (NS) e silvicultural (CS), a origem da muda e também em quais tratamentos foi utilizada (Reflorestamento (REF) ou Nucleação (NUC)).

Família	Nome científico	Nome popular	CE	REF	NUC	NS	CS	Origem
Anacardiaceae	*Schinus terebinthifolia* Raddi	Aroeira pimenteira	59	X	X	PP	Preenchimento	Copel/Salto Segredo
Annonaceae	*Annona cacans* Warm.	Araticum cagão	12	X		P(D)	Diversidade	IAP Cascavel
Apocynaceae	*Aspidosperma polyneuron* Müll. Arg.	Peroba rosa	101	X	X	NP	Diversidade	Copel/Salto Caxias
Aquifoliaceae	*Ilex paraguariensis* A. St.-Hil.	Erva-mate	7	X	X	NP	Diversidade	IAP Fernandes Pinheiro
Araucariaceae	*Araucaria angustifolia* (Bertol.) Kuntze	Pinheiro do Paraná	104	X	X	NP	Diversidade	Copel/Salto Segredo
Arecaceae	*Butia capitata* (Mart.) Becc.	Butiá	121	X	X	NP	Diversidade	Copel/Salto Caxias
	Syagrus romanzoffiana (Cham.) Glassman	Jerivá	124	X	X	NP	Diversidade	Copel/Salto Caxias
Asteraceae	*Moquiniastrum polymorphum* (Less.) G. Sancho	Cambará	38	X		P(D)	Diversidade	Copel/Salto Segredo
Bignoniaceae	*Jacaranda micrantha* Cham.	Caroba	37	X		P(D)	Diversidade	Copel/Salto Segredo
	Handroanthus chrysotrichus (Mart. ex DC.) Mattos	Ipê amarelo	57	X	X	NP	Diversidade	Copel/Salto Caxias
Boraginaceae	*Cordia americana* (L.) Gottschling & J.S. Mill.	Guajuvira	48	X	X	NP	Diversidade	Copel/Salto Caxias
	Cordia trichotoma (Vell.) Arráb. ex Steud.	Louro Pardo	82	X	X	NP	Preenchimento	Copel/Salto Caxias
Cannelaceae	*Cinnamodendron dinisii* Schwacke	Pimenteira	44	X		NP	Diversidade	Copel/Foz do Areia
Cannabaceae	*Celtis* sp. L.	Curupiá	31	X		P(D)	Diversidade	Copel/Foz do Areia
	Trema micrantha (L.) Blume	Grandiuva	11	X	X	PP	Preenchimento	IAP Cascavel
Caricaceae	*Jacaratia spinosa (Aubl.) A.DC.*	Jaracatiá	15	X	X	NP	Diversidade	Copel/Salto Caxias
Celastraceae	*Maytenus aquifolia* Mart.	Espinheira Santa	122	X	X	NP	Diversidade	Copel/Salto Caxias
Elaeocarpaceae	*Sloanea hirsuta (Schott)* Planch. ex Benth.	Sapopema	30	X		NP	Diversidade	Copel/Foz do Areia
Euphorbiaceae	*Alchornea triplinervia* (Spreng.) Müll.Arg.	Tapiá	34	X	X	PP	Preenchimento	Copel/Salto Segredo
	Croton floribundus Spreng.	Capixingui	1	X	X	PP	Preenchimento	IAP Salgado Filho
	cf. *Croton urucurana* Baill.	Sangra d'agua	16	X	X	PP	Diversidade	IAP Paranavaí

	Gymnanthes schottiana Müll.Arg	Sarandi	50	X		NP	Diversidade	Copel/Salto Caxias
	Gymnanthes klotzschiana Müll.Arg.	Branquilho	47	X		P(D)	Diversidade	Copel/Salto Caxias
Fabaceae	*Albizia polycephala* (Benth.) Killip	Angico branco	103	X		P(D)	Diversidade	Copel/Salto Caxias
	Bauhinia forficata Link	Pata de vaca	68	X		PP	Preenchimento	Copel/Salto Caxias
	Calliandra tweedii Benth.		41	X		P(D)	Diversidade	Copel/Salto Segredo
	Cassia leptophylla Vogel	Falso-barbatimão	28	X		NP	Diversidade	Copel/Foz do Areia
	Enterolobium contortisiliquum (Vell.) Morong	Tamboril, timbaúva	125		X	PP	Preenchimento	Copel/Salto Caxias
	Erythrina falcata Benth.	Corticeira	67	X		NP	Diversidade	Copel/Salto Caxias
	Inga uruguensis Hook. & Arn.	Ingá de brejo	36	X		NP	Diversidade	Copel/Salto Segredo
	Lonchocarpus sp. Kunth	Rabo de bugio	64	X		P(D)	Diversidade	Copel/Salto Caxias
	Machaerium stipitatum (DC.) Vogel	Sapuva	24	X		NP	Diversidade	Copel/Foz do Areia
	Mimosa bimucronata (DC.) Kuntze	Maricá	120		X	PP	Preenchimento	Copel/Salto Caxias
	Mimosa scabrella Benth.	Bracatinga	2	X	X	PP	Preenchimento	IAP Salgado Filho
	Parapiptadenia rigida (Benth.) Brenan	Angico vermelho	110	X	X	NP	Diversidade	Copel/Salto Caxias
	Piptadenia gonoacantha (Mart.) J.F. Macbr.	Pau jacaré	19	X	X	PP	Preenchimento	IAP Cornélio Procópio
	Peltophorum dubium (Spreng.) Taub.	Canafistula	63	X		P(D)	Diversidade	Copel/Salto Caxias
Lamiaceae	*Vitex megapotamica (Spreng.) Moldenke*	Tarumã	8	X		NP	Diversidade	IAP Fernandes Pinheiro
Lauraceae	*Ocotea puberula* (Rich.) Nees	Canela guaicá	40	X		NP	Diversidade	Copel/Salto Segredo
	Ocotea porosa (Nees & Mart.) Barroso	Imbuia	29	X		NP	Diversidade	Copel/Foz do Areia
Loganiaceae	*Strychnos brasiliensis* (Spreng.) Mart.	Maria-pula-pula	23	X	X	NP	Diversidade	Copel/Foz do Areia
Lythraceae	*Lafoensia pacari* A. St.-Hil.	Dedaleiro	32	X		NP	Diversidade	Copel/Foz do Areia
Malvaceae	*Ceiba speciosa* (A. St.-Hil.) Ravenna	Paineira	56	X		P(D)	Diversidade	Copel/Salto Caxias
	Guazuma ulmifolia Lam.	Mutambo	18	X	X	PP	Preenchimento	IAP Paranavaí
Meliaceae	*Cabralea canjerana* (Vell.) Mart.	Canjarana	39	X		NP	Diversidade	Copel/Salto Segredo
	Cedrela fissilis Vell.	Cedro rosa	55	X	X	NP	Diversidade	Copel/Salto Caxias
	Trichilia clausenni C. DC.	Quebra machado	72	X	X	NP	Diversidade	Copel/Salto Caxias
Moraceae	*Ficus enormis* (Mart. ex Miq.) Mart.	Figueira	60	X	X	P(D)	Diversidade	Copel/Salto Segredo
Myrsinaceae	*Myrsine coriacea* (Sw.) R.Br. ex Roem. & Schult.	Capororoca	3	X		P(D)	Diversidade	Copel/Salto Segredo

	Myrsine umbellata Mart.	Capororocão	33	X		NP	Diversidade	IAP Salgado Filho
Myrtaceae	*Campomanesia guazumifolia* (Cambess.) O. Berg	Sete capotes	53	X	X	NP	Diversidade	Copel/Salto Caxias
	Campomanesia xanthocarpa Mart. ex O. Berg	Guabiroba	35	X		NP	Diversidade	Copel/Salto Segredo
	Eugenia involucrata DC.	Cerejeira nativa	76	X	X	NP	Diversidade	Copel/Salto Caxias
	Eugenia pyriformis Cambess.	Uvaia	74	X	X	NP	Diversidade	Copel/Salto Caxias
	Eugenia uniflora L.	Pitanga	75	X	X	NP	Diversidade	Copel/Salto Caxias
	Myrceugenia cf. *euosma* (O. Berg) D. Legrand	Cambuim	73	X		NP	Diversidade	
	Myrcianthes pungens (O. Berg) D. Legrand	Guabiju	6	X		NP	Diversidade	IAP/Prefeitura Francisco Beltrão
	Plinia peruviana (Poir.) Govaerts	Jabuticabeira	77	X	X	NP	Diversidade	Copel/Salto Caxias
	Psidium cattleianum Sabine	Araçá	4	X		NP	Diversidade	IAP/Prefeitura Francisco Beltrão
Phytollacaceae	*Gallesia integrifolia* (Spreng.) Harms	Pau d'alho	5	X		NP	Diversidade	IAP Salgado Filho
Podocarpaceae	*Podocarpus* sp. Labill.	Pinheiro bravo	42	X		NP	Diversidade	Copel/Foz do Areia
Polygonaceae	*Ruprechtia laxiflora* Meisn.	Marmeleiro	123	X	X	NP	Diversidade	Copel/Salto Caxias
Rosaceae	*Prunus myrtifolia* (L.) Urb.	Pessegueiro-bravo	25	X	X	NP	Diversidade	Copel/Foz do Areia
Rubiaceae	*Randia ferox* (Cham. & Schltdl.) DC.	Limão-de-mico	26	X		P(D)	Diversidade	Copel/Foz do Areia
Rutaceae	*Balfourodendron riedelianum* (Engl.) Engl.	Pau marfim	62	X	X	NP	Diversidade	Copel/Salto Caxias
	Zanthoxylum rhoifolium Lam.	Mamica de porca	58	X		NP	Diversidade	Copel/Salto Segredo
Salicaceae	*Casearia decandra* Jacq.	Cafezeiro do mato	69	X	X	NP	Diversidade	Copel/Salto Caxias
	Xylosma sp. G. Forst.	Sucará	45	X		P(D)	Diversidade	Copel/Foz do Areia
Sapindaceae	*Allophylus edulis* (A. St.-Hil., A. Juss. & Cambess.) Hieron. ex Niederl.	Vacum	27	X		P(D)	Diversidade	Copel/Foz do Areia
	Cupania vernalis Cambess.	Camboatá vermelho	54	X	X	NP	Diversidade	Copel/Salto Caxias
	Diatenopteryx sorbifolia Radlk.	Maria preta	66	X		P(D)	Diversidade	Copel/Salto Caxias
Solanaceae	*Solanum mauritianum* Scop.	Fumeiro-bravo	79	X	X	PP	Preenchimento	Copel/Salto Caxias