UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ
COORDENAÇÃO DE ENGENHARIA FLORESTAL
CÂMPUS DOIS VIZINHOS

JÉSSICA CAMILE DA SILVA

COMPARAÇÃO DE DIFERENTES TÉCNICAS DE RESTAURAÇÃO ECOLÓGICA PELO USO DA COMUNIDADE DE FORMIGAS EPIEDÁFICAS (HYMENOPTERA: FORMICIDAE) NO SUDOESTE DO PARANÁ

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO II

DOIS VIZINHOS
2016

JÉSSICA CAMILE DA SILVA

COMPARAÇÃO DE DIFERENTES TÉCNICAS DE RESTAURAÇÃO ECOLÓGICA PELO USO DA COMUNIDADE DE FORMIGAS EPIEDÁFICAS (HYMENOPTERA: FORMICIDAE) NO SUDOESTE DO PARANÁ

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à disciplina de Trabalho de Conclusão de Curso II, do Curso Superior de Engenharia Florestal da Universidade Tecnológica Federal do Paraná – UTFPR, como requisito parcial para obtenção do título de Engenheiro Florestal.

Orientador: Prof. Dr. Gustavo Sene Silva.
Coorientador: Dr. Regiane Franco Vargas.

DOIS VIZINHOS

2016

S586c Silva, Jéssica Camile da.
Comparação de diferentes técnicas de restauração ecológica pelo uso da comunidade de formigas epiedáficas (Hymenoptera: Formicidae) no sudoeste do Paraná. / Jéssica Camile da Silva – Dois Vizinhos: [s.n], 2016.
53f.:il.

Orientador: Gustavo Sene Silva
Trabalho de Conclusão de Curso (graduação) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Curso de Engenharia Florestal. Dois Vizinhos, 2016.
Bibliografia p.45-53

1.Fauna epiedáfica. 2.Biologia do solo. I.Silva, Gustavo Sene, orient. II.Vargas, Regiane Franco, co-orient. III.Universidade Tecnológica Federal do Paraná – Dois Vizinhos. IV.Título

CDD: 634.9

Ficha catalográfica elaborada por Keli Rodrigues do Amaral CRB: 9/1559

Biblioteca da UTFPR-Dois Vizinhos

TERMO DE APROVAÇÃO

COMPARAÇÃO DE DIFERENTES TÉCNICAS DE RESTAURAÇÃO ECOLÓGICA PELO USO DA COMUNIDADE DE FORMIGAS EPIEDÁFICAS (HYMENOPTERA: FORMICIDAE) NO SUDOESTE DO PARANÁ

por

JÉSSICA CAMILE DA SILVA

Este Trabalho de Conclusão de Curso foi apresentado em 07 de Dezembro de 2016 como requisito parcial para a obtenção do título de Bacharel em Engenharia Florestal. O(a) candidato(a) foi arguido pela Banca Examinadora composta pelos professores abaixo assinados. Após deliberação, a Banca Examinadora considerou o trabalho aprovado.

_____
Prof. Dr. Gustavo Sene Silva
Orientador

_____
Prof. Dr. Diesse Aparecida de Oliveira Sereia
Membro titular (UTFPR)

_____
Prof. Dr. Dinéia Tessaro
Membro titular (UTFPR)

_____
Dr. Maria Antônia Michels de Souza
Bióloga autônoma

- O Termo de Aprovação assinado encontra-se na Coordenação do Curso -

Dedico este trabalho a Deus, por sua infinita bondade, cuidado, carinho e amor durante todos os momentos de minha vida.

A minha família, pela dedicação e amparo incondicionais.

Ao meu avô Gabino José da Silva (*in memorian*).

AGRADECIMENTOS

A Deus, meu Senhor, que todos os dias me deu forças através do Espírito Santo para seguir adiante, guiando todos os meus passos e abençoando todo o meu caminho, sem Ti nada seria possível em minha vida. A Virgem Maria Santíssima que sempre intercedeu ao Pai e a Jesus Cristo para que pudesse superar todas as dificuldades, se fazendo mãe e acalmando meu coração.

Aos meus pais Jair e Gilmara, que se dedicaram todos os dias de suas vidas para que eu pudesse completar meus estudos, e ao meu irmão e cunhada, Jean e Camila; eu jamais serei capaz de agradecer por toda a paciência, apoio compreensão e, principalmente, pelo amor de vocês.

Ao orientador Gustavo Sene, por me apresentar à biologia do solo, pela paciência e orientação durante esse tempo. A doutora Regiane Franco por ter me incentivado, apoiado e ensinado durante esses anos, pela amizade e companheirismo dentro e fora dos laboratórios, e pela sua coorientação.

A mestranda Joseane Derengoski, por sempre me inspirar a bucar mais conhecimento, pela paciência e por sua amizade. A Caroline Bonato Nardin pelo apoio na classificação taxonômica dos indivíduos. Ao professor Paulo Cesar, pela amizade e confiança durante os anos de trabalho juntamente ao Grupo de Pesquisa em Ciência do Solo.

Aos amigos Maria, Marcus, Andresa, Juliana, Daiane, Jéssica, Anna, Welida, Beatriz, Sarah e Matheus, pelo companheirismo, pela paciência, por me acalmarem e me aguentarem nos melhores e piores momentos. A todos os amigos do Ministério Universidades Renovadas e Guerreiros da Luz, durante esses cinco anos vocês foram minha família.

A todos que contribuíram nos últimos cinco anos e, principalmente, durante este trabalho de conclusão, muito obrigada!!

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 - Frequência relativa das subfamílias de Formicidae nas tecnologias de restauração. 34
Gráfico 2 - Contribuição dos gêneros de Formicidae nas tecnologias de restauração. 43
Gráfico 3 – Frequência de gêneros Predadores, Generalistas e Arbóreos em diferentes tecnologias de restauração ecológica. 40

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Classificação da fauna do solo por diâmetro. 19
Figura 2 - Localização da área de estudo. Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Campus Dois Vizinhos. 24
Figura 3 - Croqui da área com o delineamento experimental. UTFPR, Campus Dois Vizinhos. 25
Figura 4 - Croqui da parcela experimental referente ao tratamento de restauração passiva..... 26
Figura 5 - Croqui da parcela experimental referente ao tratamento plantio de árvores em área total sob linhas de preenchimento e dersidade. 27
Figura 6 - Croqui da parcela experimental referente ao tratamento de nucleação. . 28
Figura 7 - Armadilhas de queda em área de restauração ecológica (a) e floresta secundária (b). 29
Figura 8 -: Exemplares pertencentes às subfamílias de Formicidae encontradas nas coletas de novembro de 2010 e abril de 2011. 33

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Lista de subfamílias, gêneros e guildas de Formicidae coletadas em tecnologias de restauração passiva (RP), nucleação (N), plantio em alta diversidade (PAD) e floresta secundária (FL), em novembro de 2010 e abril de 2011. Os números referem-se ao total parcial de indivíduos coletados. 36

RESUMO

SILVA, Jéssica C. da. **Comparação de diferentes técnicas de restauração ecológica pelo uso da comunidade de formigas epiedáficas (Hymenoptera: Formicidae) no sudoeste do Paraná.** 2016. 53 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Florestal) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Dois Vizinhos, 2016.

A fragmentação dos remanescentes do bioma Mata Atlântica caracteriza a dificuldade em manter a conservação e preservação das espécies de fauna e flora presentes pela degradação vegetal e do solo. As comunidades da fauna do solo refletem a qualidade de funcionamento das áreas florestais, portando-se como bioindicadores de qualidade ambiental em áreas remanescentes e em processo de restauração ecológica. O presente trabalho apresenta como objetivo a comparação de áreas submetidas a diferentes técnicas de restauração ecológica através da comunidade de formigas edáficas (Hymenoptera: Formicidae) no sudoeste do Paraná. O estudo foi realizado pela utilização de banco de dados oriundo de coletas previamente realizadas em novembro de 2010 e abril de 2011, pela metodologia de armadinhas de queda do tipo *pitfall*, na UNEPE de Restauração da Universidade Tecnológica Federal do Paraná, câmpus Dois Vizinhos. Os indivíduos de Formicidae foram separados em morfotipos e identificados ao nível de gênero com o uso de literatura e chaves taxonômicas específicas. Os gêneros foram então classificados quanto a guildas funcionais, também de acordo com literatura atualizada. Os dados quantitativos foram utilizados para obtenção de dados de riqueza, abundância, frequência relativa, índice de Shannon e índice de Pielou. Os dados foram ainda submetidos a Análise de Similaridade (ANOSIM) para observação da diferenciação da comunidade de formigas e, quando presente, foram submetidos a Análise de Porcentagem de Similaridade (SIMPER) para observação dos grupos contribuintes para a dissimilaridade encontrada. Foram identificados 5895 organismos, 10 subfamílias, 37 gêneros e 8 guildas funcionais. As subfamílias Myrmicinae, Formicinae, Dolichoderinae e Ponerinae apresentaram maior frequência em ambas as coletas. Em 2010 a floresta apresentou maior índice de Shannon (2,12) e Pielou (0,72), indicando melhor distribuição dos organismos. Em 2011 a tecnologia plantio em alta diversidade apresentou maior índice de Shannon (1,84) e maior riqueza dentre todos os tratamentos (24), se sobressaindo aos demais. Durante o período de avaliação a tecnologia plantio em alta diversidade apresentou os melhores resultados em relação à comunidade de formigas epiedáficas.

Palavras-chave: Fauna epiedáfica. Biologia do solo. Nucleação. Restauração passiva.

ABSTRACT

SILVA, Jéssica C. da. **Comparison of different techniques for ecological restoration when using community epiedaphic ants (Hymenoptera: Formicidae) in southwestern Paraná.** 2016. 53 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Florestal) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Dois Vizinhos, 2016.

The fragmentation of the remnants of the Atlantic Forest biome characterizes the difficulty in maintaining the conservation and preservation of the species of fauna and flora present by plant and soil degradation. Soil fauna communities reflect the quality of functioning of forest areas, behaving as bioindicators of environmental quality in remaining areas and in the process of ecological restoration. The aim of the present work is to compare areas under different ecological restoration techniques through the community of soil ants (Hymenoptera: Formicidae) in southwestern Paraná. The study was carried out using a database from collections previously held in November 2010 and April 2011, by the *pitfall* type of trapdoors, at the UNEPE Restoration of the Federal Technological University of Paraná, Dois Vizinhos campus. The individuals of Formicidae were separated into morphotypes and identified at generic level by means of specific literature and taxonomic keys. The genera were then classified for functional guilds, also according to up-to-date studies. Quantitative data were used to obtain data on richness, abundance, relative frequency, Shannon index and Pielou index. Data were also submitted to Similarity Analysis (ANOSIM) to observe the ant community differentiation and, when present, were submitted to Similarity Percentage Analysis (SIMPER) to observe the groups contributing to the dissimilarity found. A total of 5895 individuals, 10 subfamilies, 37 genera and 8 functional guilds were identified. The subfamilies Myrmicinae, Formicinae, Dolichoderinae and Ponerinae showed higher frequency in both collections. In 2010 the forest showed a higher index of Shannon (2,12) and Pielou (0.72), indicating a better distribution of the organisms. In 2011, planting technology in high diversity showed a higher Shannon index (1.84) and greater richness among all treatments (24), surpassing the others. Throughout the evaluation period, planting technology in high diversity presented the best results regarding the epiedaphic ant community.

Key words: Epiedaphic fauna. Soil biology. Nucleation. Passive restoration.

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO 11
2. OBJETIVOS 13
2.1 OBJETIVO GERAL 13
2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS 13
3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA 14
3.1 ÁREAS DEGRADADAS E RESTAURAÇÃO ECOLÓGICA 14
3.2 SERAPILHEIRA 16
3.3 FAUNA EDÁFICA 18
3.4 FORMICIDAE COMO INDICADORES AMBIENTAIS 20
4. METODOLOGIAS E PROCEDIMENTOS 23
4.1 DESCRIÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO 23
4.1.1 Unidade de Ensino e Pesquisa (UNEPE) de Restauração 25
4.1.1.1 *Restauração passiva* 25
4.1.1.2 *Plantio em Alta Diversidade* 26
4.1.1.3 *Nucleação* 27
4.2 ÉPOCA DE COLETA E PONTOS AMOSTRAIS 28
4.3 MÉTODO DE COLETA DAS COMUNIDADES DE FORMICIDAE 29
4.4 ANÁLISE DOS DADOS 30
4.4.1 Índice de Shannon-Wiener (H') 30
4.4.2 Equitabilidade de Pielou (J) 31
4.4.3 Análises Multivariadas 32
5. RESULTADO E DISCUSSÃO 33
6. CONSIDERAÇÕES FINAIS 44
7. REFERENCIAL BIBLIOGRÁFICO 45

1. INTRODUÇÃO

O Brasil é considerado um dos doze países dotados da megadiversidade e conta com um dos maiores repositórios de biodiversidade do planeta, a Mata Atlântica. Este bioma apresenta elevado grau de endemismo tanto para espécies da fauna silvestre como a flora brasileira, além de abrigar grande parte das espécies consideradas ameaçadas de extinção (VARJABEDIAN, 2010). A biodiversidade brasileira é estimada em mais de 42.000 espécies de plantas (FLORA DO BRASIL, 2016) e, em estudo realizado por Lewinsohn e Prado (2005), cerca de 148.000 espécies de animais.

O alto número de espécies ainda desconhecidas, o aumento crescente no desmatamento e degradação ambiental, aliados à ação antrópica nos ecossistemas naturais, tornam a conservação da biodiversidade um grande desafio. Essa dificuldade é aumentada por conta de remanescentes florestais se encontrarem em sua maioria na forma de fragmentos (DERENGOSKI, 2014; VIANA; PINHEIRO, 1998). A Lista Vermelha da Fauna Brasileira aponta que o país soma 1.173 espécies ameaçadas, sendo outras 10 consideradas extintas. Se considerarmos apenas os invertebrados terrestres, um total de 233 espécies se encontram em risco de extinção (MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE, 2016).

Florestas secundárias podem abrigar grande diversidade da fauna, dentre os quais os insetos, que possuem grande adaptabilidade pela variação de idade e tamanho (THOMAZINI; THOMAZINI, 2000). O processo de fragmentação acarreta muitas vezes em diminuição do tamanho da população e destruição do habitat natural das espécies de fauna e flora, com consequente redução do fluxo gênico. Possibilita ainda a migração de espécies exóticas para o interior do fragmento, apresentando mecanismos e consequências pouco conhecidas (SANTOS, CÂMARA, 2002). Essas modificações no meio natural tornam possível a extinção, caso não ocorra adaptação à essas variações (THOMAZINI; THOMAZINI, 2000).

A avaliação do ambiente pode ser realizada pela utilização dos artrópodes terrestres (LEWINSOHN; FREITAS; PRADO, 2005). A diversidade dos insetos influencia a dinâmica desses ecossistemas através de decomposição da serapilheira, polinização e supressão do crescimento de plantas (THOMAZINI; THOMAZINI, 2000) além de seu papel na ciclagem de nutrientes (LEWINSOHN; FREITAS; PRADO, 2005). Os invertebrados apresentam ainda destaque pela

resposta aos diferentes sistemas de perturbação ou de manejo da terra (LEWINSOHN; FREITAS; PRADO, 2005).

Os membros da família Formicidae apresentam alta correlação com os atributos ambientais, tais como riqueza e densidade de plantas, propriedades físicas e químicas do solo, profundidade da serapilheira. (GOMES et al., 2010a; GOMES et al., 2010b; VARGAS et al., 2007). Tais atributos tornam os estudos de suas comunidades essenciais no entendimento do funcionamento dos ecossistemas e consequentemente, de extrema importância em estudos de biodiversidade.

Com a crescente simplificação e perda de habitats no ambiente, são perdidos também componentes do ecossistemas, dentre os quais podemos citar as guildas de formigas (BRANDÃO; SILVA; DELABIE, 2012). Silvestre (2000) considera as guildas como espécies diversas que compartilham as características do nicho multidimensional de forma sobreposta, atuando de modo similar no ecossistema.

O primeiro estudo utilizando Formicidae como indicador foi realizado por Majer (1983). No Brasil, diversos estudos têm utilizado a mirmecofauna como bioindicadora. Ribas et al. (2012) em sua revisão sobre o tema, avaliaram um período de publicação de 23 anos (1987-2010), dentre os quais foram citadas 187 espécies, sendo os gêneros mais frequentemente citados *Camponotus*, *Pseudomyrmex*, *Pachycondyla*, *Ectatomma*, *Gnamptogenys*, *Acromyrmex* e *Cephalotes*.

Segundo o mesmo autor, foram encontrandos no total 42 artigos onde as formigas foram utilizadas como indicadoras ambientais, confirmando a baixa frequência de estudos utilizando a família Formicidae para esse fim. Considerando a progressiva ocupação dos ecossistemas remanescentes nos últimos anos (LEWINSOHN; FREITAS; PRADO, 2005) e o elevado ritmo de degradação do solo em áreas utilizadas para pastagem e cultivo de plantas anuais, se proporcionou a avaliação da mirmecofauna para comparação de diferentes tecnologias de restauração ecológica de áreas degradas na Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Câmpus Dois Vizinhos.

2. OBJETIVOS

2.1 OBJETIVO GERAL

Composição de áreas submetidas a diferentes técnicas de restauração ecológica através da comunidade de formigas epiedáficas (Hymenoptera: Formicidae) no sudoeste do Paraná.

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Comparar em relação à abundância, riqueza e diversidade as comunidades de formigas epiedáficas amostradas em áreas submetidas a diferentes técnicas de restauração ecológica e em fragmento de floresta secundária, utilizada como área de referência;
- Identificar no nível de gênero os indivíduos da ordem Hymenoptera, família Formicidae, coletados em áreas submetidas a diferentes técnicas de restauração ecológica;
- Organizar os indivíduos classificados em nível de gênero e em guildas funcionais;
- Verificar diferenças na composição da comunidade de formigas epiedáficas entre as técnicas de restauração ecológica e também entre a área de referência;
- Verificar os grupos com maior contribuição para a diferenciação da composição da comunidade edáfica entre as técnicas de restauração ecológica.

3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

3.1 ÁREAS DEGRADADAS E RESTAURAÇÃO ECOLÓGICA

O desmatamento e a conversão das florestas nativas em áreas agrícolas continuam sendo executados em taxas alarmantes, preocupando pela perda de biodiversidade, extinção de espécies, redução da qualidade do solo, baixa fertilidade, e aceleração do processo de erosão (VIANI; DURIGAN; MELO, 2010). Essas mudanças afetam de forma diferenciada os parâmetros demográficos de mortalidade e natalidade de diferentes espécies e, portanto, a estrutura e dinâmica de ecossistemas (VIANA, PINHEIRO, 1998).

Sánchez (2015) define degradação ambiental como sendo “qualquer alteração adversa dos processos, funções ou componentes ambientais”, ou ainda “alteração adversa da qualidade ambiental”. Para o autor, a aplicação de metodologias visando a melhoria dos aspectos físicos e manejo dos fatores bióticos do ecossistema em questão, resulta em recuperação de áreas degradadas,e posterior restauração do ecossistema a seu estado original. Britez (2007) considera restauração ambiental como um processo dinâmico, resultante de técnicas de manejo que visam o retorno do processo sucessional natural tanto em nível edáfico, quanto vegetal e climático, devendo ser avaliado previamente a configuração da paisagem, evitando assim a desuniformidade com as florestas originais.

O Conselho Nacional do Meio Ambiente reconhece como vegetação em regeneração, em sua Resolução n°392, de 25 de junho de 2007, “aquela resultante dos processos naturais de sucessão, após supressão total ou parcial da vegetação primária por ações antrópicas ou causas naturais, podendo ocorrer árvores remanescentes da vegetação primária”, que surge com o abandono da terra, após o uso pela agricultura, pecuária ou pelo reflorestamento (IBGE, 2012).

Após ser abandonada pelo mau uso da terra ou por exaustão de fertilidade, uma área agrícola apresenta inicialmente um processo pioneiro de ocupação do solo por plantas de pequeno porte e pouco exigentes em fertilidade, passando por cinco fases de sucessão natural até se reestabelecer (IBGE, 2012). O devido cuidado deve ser tomado para que as espécies pioneiras não sejam confundidas com espécies invasoras, pois estas estagnam o processo sucessional, enquanto as pioneiras propiciam sucessão ao adequar o ecossistema para as fases sucessionais

seguintes. São inclusive interessantes para processos de restauração, capazes de sombrear rapidamente o solo e inibir temporariamente as gramíneas (BECHARA, 2003; BRANCALION et al., 2010).

Há um fator adicional que parece primordial para o sucesso da regeneração sob plantações florestais: o uso da terra anterior ao reflorestamento (VIANI; DURIGAN; MELO, 2010). Nestes casos, sementes dispersadas sobre uma área perturbada são essenciais para que ocorra a restauração natural, ou restauração passiva, através da sucessão secundária (BECHARA, 2003). Apresenta como principal vantagem o reestabelecimento do ecossistema pelas espécies já contidas no local, possibilitando consequente desenvolvimento do sub-bosque, com aumento na viabilidade e persistência da floresta no tempo (BRANCALION et al., 2010).

O processo de restauração passiva depende principalmente das características da serapilheira e sua capacidade de reter o banco de sementes, bem como a capacidade de germinação em áreas degradadas e/ou impactadas (SOUZA et al., 2006). De acordo com Santos (2013), as estratégias de recuperação de áreas degradas mais escolhidas pelos profissionais são a restauração passiva e o plantio em área total. Para os plantios, existem dois modelos básicos: plantio em módulos ou plantio em linhas, ambos explorando o uso de espécies pioneiras e secundárias tardias (CORRÊA, 2007; MORAES, et al., 2013).

Se tratando especificamente do plantio em linhas, deve-se levar em conta que o espaçamento utilizado implica na diversidade da vegetação (CORRÊA, 2007). Os plantios exercem a função de aceleração do processo de sucessão secundária, tendo em vista que o retorno da floresta depende inicialmente do sombreamento propiciado pelas mudas, que diretamente auxilia no combate à vegetação invasora (MORAES et al., 2013).

Outra estratégia usada em restauração florestal é a nucleação (BECHARA, 2003). O princípio da nucleação tem por base atuar sobre toda a diversidade, propiciando nichos distintos com a intenção de envolver organismos responsáveis pela maior dispersão. Por consequência, promove maior diversidade durante o processo sucessional, que resulta em maior heterogeneidade e fluxo gênico (REIS; TRES; SCARIOT, 2007).

Dentre as técnicas de nucleação, os autores citam algumas como sendo as mais utilizadas. Sant'ana,Três e Reis (2010) caracterizam o banco de sementes como sendo formado por sementes que permanecem viáveis no solo até encontrar

condições favoráveis para sua germinação, formando assim diferentes comunidades. A chuva de sementes consiste na coleta mensal de sementes de diferentes espécies com coletores permanentes, obtendo assim sementes diversas, incluindo frutíferas e nativas, auxiliando na manutenção da fauna e também maior interação gênica com os fragmentos e populações próximos (BECHARA, 2006).

Existem também técnicas as quais servem para moradia e descanso dos animais, auxiliando no aumento da chuva de sementes, como é o caso dos poleiros, formados por postes de eucalipto recobertos com trepadeiras, dispostos em estrutura de cone (BECHARA, 2006) ou ainda abrigos artificiais construídos por madeira empilhada, oriunda de resíduos florestais. Esses abrigos servem de moradia para répteis e pequenos mamíferos, que se refugiam das variações climáticas, e podem proporcionar a médio e longo prazo, maior dispersão de sementes, aumentando a diversidade da vegetação (SANT'ANNA; TRES; REIS, 2010).

Apesar dos diferentes métodos, o principal objetivo da restauração florestal é o restabelecimento de florestas biologicamente viáveis, capazes de se perpetuarem por conta própria, sem a necessidade da intervenção humana para quaisquer fins (BRANCALION et al., 2010). Partindo desse princípio, diferentes regimes de restauração de áreas degradadas estão sendo testados para se avaliar qual proporciona maior êxito em aproximar a área de seu estado original (ANDRADE, 2000).

3.2 SERAPILHEIRA

A serapilheira resulta do processo de retorno da matéria orgânica, nutrientes e elementos não essenciais para a superfície do solo (BORÉM; RAMOS, 2002), como nitrogênio, potássio, fósforo, magnésio e cálcio. Esta produção varia de acordo com as espécies, a estação do ano e local onde se encontra, devido às diferenças entre temperatura, fotoperíodo, estresse hídrico que cada local apresenta (SCHUMACHER et al., 2004; BRUN; CONCEIÇÃO, 2010).

As frações galhos, detritos, flores, frutos e sementes apresentam proporções muito variáveis dentro de diferentes formações florestais. As folhas, utilizadas como parâmetro de comparação entre sistemas florestais, embora apresentem queda durante todo o ano, apresentam índice elevado durante períodos primaveris

(CUNHA et al., 1993). As diferenças quanto à topografia podem influenciar na dinâmica de ciclagem de nutrientes, em decorrência da água da chuva causar maior escoamento superficial e subsuperficial (MOREIRA; SILVA, 2004).

Dickow et al. (2012), em estudo realizado sobre diferentes fases sucessionais de uma floresta subtropical secundária, aponta que, quantitativamente, florestas em estágio inicial e médio de sucessão apresentam maior quantidade de serapilheira. Este resultado, porém, quando avaliado qualitativamente, é favorável às florestas de mais idade, uma vez que a contribuição por diferentes espécies é maior.

A deposição e contribuição da serapilheira ao solo quanto aos valores de acúmulo de Carbono orgânico sofrem variações consideráveis dentro da ciclagem de nutrientes, devido a fatores como a origem das espécies que formam a floresta, refletindo na sua capacidade produtiva e no seu potencial de recuperação ambiental (SCHUMACHER et al., 2004; BRUN; CONCEIÇÃO, 2010)Observando a contribuição dos elementos na serapilheira, fica evidenciado que, independente da época de coleta, posição topográfica ou toposseqüência, existe maior contribuição por cálcio e magnésio, indicando uma menor quantidade desses nutrientes imobilizados na biomassa (BORÉM; RAMOS, 2002).

Em estudo feito em um povoamento de *Araucaria angustifolia* com 17 anos de idade, obteve-se quantidade de serapilheira no valor de 6,96 Mg/ha/ano (SCHUMACHER et al., 2004). Já em estudo realizado por Backes et al. (2000) em São Francisco de Paula-RS, utilizando araucária com 45 anos, a produção total anual de serapilheira foi de 7,90 Mg/ha/ano, enquanto a quantidade anual de queda de serapilheira, no primeiro ano de observação em Floresta Estacional Decidual, foi de 7,76 ton/ha/ano (CUNHA et al., 1993). Brun e Conceição (2010) apontam que quando sob manejo adequado, a quantidade de serapilheira e resíduos depositados por sistemas florestais sobre o solo é consideravelmente elevado, o que favorece uma maior ciclagem de nutrientes e consequente melhoria dos atributos do solo.

O eucalipto contribui para a ciclagem de nutrientes com a serapilheira, pois sua decomposição leva de um a três anos. Para produzir uma tonelada de madeira, a floresta deixa no solo cerca de 0,3 a 0,35 tonelada de serapilheira (VITAL, 2007). A elevada taxa de decomposição da serapilheira indica favorecer a rápida liberação e o conseqüente reaproveitamento dos nutrientes por parte do sistema radicular da vegetação (ARATO; MARTINS; FERRARI, 2003). Devido a isso, pode-se também considerar a serapilheira como parte da matéria orgânica do solo, pela sua

importância nos efeitos físicos, químicos e biológicos sobre o solo, embora tal aspecto não seja um consenso entre os pesquisadores (BRUN; CONCEIÇÃO, 2010).

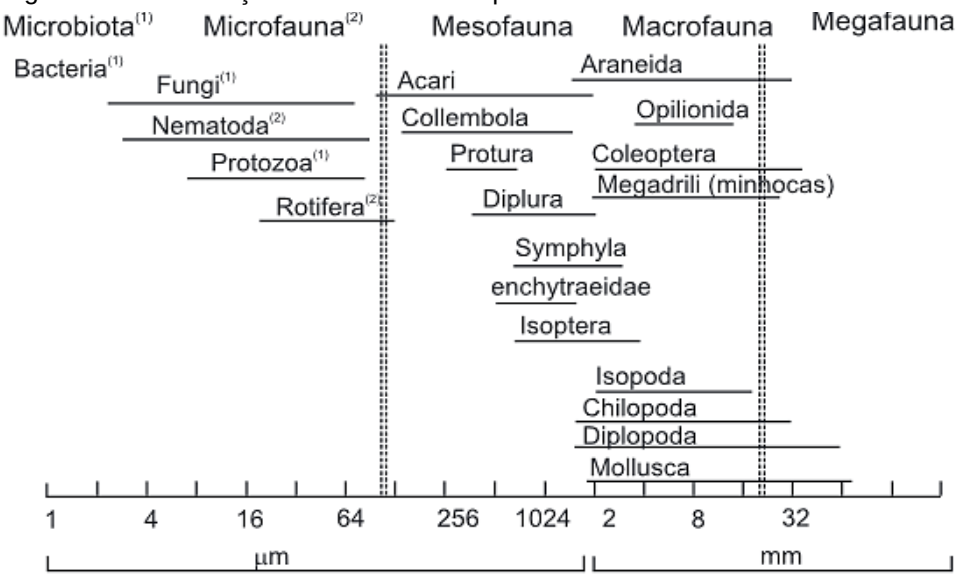
Ao longo de seu crescimento, sistemas florestais acumulam matéria seca e a depositam sobre o solo, onde, geralmente, formam uma camada espessa de folhas com vários estratos de matéria fresca, capaz de abrigar uma população diversificada da fauna epiedáfica, sendo decomposta em seguida (ANDRADE, 2000; GIRACCA et al., 2003). Os diferentes sistemas de manejo apresentam grande influência sobre a fauna do solo justamente por alterar o habitat natural das diferentes espécies e indivíduos, revolvendo tanto a estrutura quanto a cobertura do solo (KITAMURA et al., 2008).

Nas últimas décadas tem sido crescente a busca por sistemas de manejo do solo mais adequados e sustentáveis às condições edafoclimáticas (ALVES et al., 2008), tendo em vista que a eliminação da serapilheira retira a fonte de alimento e desestrutura o habitat. Sem habitat e alimentos, a recolonização nos organismos, quando ocorre, é lenta e restrita a poucos grupos (ANDRADE, 2000).

3.3 FAUNA EDÁFICA

A fauna edáfica é constituída pelos indivíduos que vivem no solo, sendo o tempo de permanência nesse local variável. Alguns grupos passam todos os estágios no solo, de forma permanente, já para algumas espécies de insetos, o solo é apenas um habitat temporário como, por exemplo, besouros durante a fase larval (LIMA, 1960). A classificação padronizada e, por consequência, mais utilizada pelos pesquisadores quando se trata da biologia do solo, é a proposta por Swift, Heal & Anderson (1979), a qual separa principalmente pelo tamanho a biota do solo (Figura 1), sendo: microfauna (0,2 mm), mesofauna (0,2-2,0 mm) e macrofauna (>2,0 mm).

Figura 1 - Classificação da fauna do solo por diâmetro.



Fonte: Swift et al.,(1979); Baretta et al., (2011).

As classes mais utilizadas para trabalhos, entretanto, são mesofauna e macrofauna, descritas por Baretta et al. (2011) como sendo:

- **Mesofauna:** representado por colêmbolos e ácaros, indivíduos numericamente mais representativos. Tem por função auxiliar na decomposição da matéria orgânica e ciclagem de nutrientes.
- **Macrofauna:** representado por diversos grupos, tendo como destaque formigas e minhocas. Tem por função auxiliar na aeração, fertilidade e estrutura do solo.

A fauna do solo também é classificada de acordo com seus aspectos funcionais, onde os saprófagos se alimentam de resíduos vegetais, fragmentando-os em partes menores (Blattodea, Dermaptera, Diplopoda, Diplura, Isopoda, Psocoptera e Symphyla). Os predadores utilizam-se de outros organismos para compor sua alimentação (Araneae, Chilopoda, Pseudoscorpionida e Hymenoptera). Outras ordens como Coleoptera, Thysanoptera e os insetos sociais Isoptera e Hymenoptera (Formicidae), podem ser tanto saprófagos como predadores (CORREIA et al., 1995; BARETTA et al., 2011; DERENGOSKI, 2014).

Felix et al. (2010) afirma que a dominância dos insetos se dá no ambiente terrestre, sendo responsáveis pela manutenção e sobrevivência dos ecossistemas, assegurando ainda a sobrevivência de outras espécies. A população desses

organismos pode ser influenciada pelo sistema de cultivo, adubação e calagem, variando na quantidade de indivíduos e grupos presentes (BARETTA et al., 2011).

As mudanças das condições climáticas podem afetar larvas, pupas, as atividades de forrageamento as condições para nidificação, bem como a atividade de variados grupos (QUEIROZ; ALMEIDA; PEREIRA, 2006). Lavelle e Spain (2005) afirmam que a temperatura juntamente com a umidade, determina a distribuição espacial destes e os períodos de maior atividade metabólica.

A influência do ambiente local sobre a fauna é muitas vezes relacionado à permanência de resíduos orgânicos sobre a superfície do solo, a serapilheira (GIRACCA et al., 2003; ALVES et al., 2008). Dependendo do tipo de sistema, as reações dos diferentes grupos de organismos podem ser negativas, positivas ou neutras, influenciando no aumento de pragas ou de predadores, conforme o tipo de ambiente proporcionado (ALVES; BARETTA; CARDOSO, 2006). O uso de diferentes coberturas vegetais e de práticas culturais parece atuar diretamente sobre a população da fauna do solo, pois se sabe que diferentes ambientes com diferentes manejos são diferentes em sua composição (BARETTA et al., 2011), bem como a ação antrópica, direta ou indireta (BARETTA, 2007).

As interações da fauna de solo com os microrganismos, a atividade sobre ciclagem de nutrientes e a decomposição variam para os diferentes grupos, sendo resultantes de características específicas de cada espécie, bem como o tamanho do organismo e sua capacidade de deslocamento (CORREIA; OLIVEIRA, 2005). Esses indivíduos apresentam a sensibilidade necessária para a avaliação das atividades antrópicas, sendo uma propriedade indicativa para monitorar a qualidade do solo (BARETTA et al., 2011).

3.4 FORMICIDAE COMO INDICADORES AMBIENTAIS

De modo geral, os insetos são considerados bons indicadores dos níveis de impacto ambiental por apresentarem importância nos processos biológicos naturais dos ecossistemas, grande diversidade de habitats e diversidade de espécies (JUNQUEIRA; POSSO; BARRILLI, 2012). Esses animais podem ser usados como indicadores da saúde do sistema e são importantes para a manutenção da fertilidade do solo e da produtividade vegetal. O melhor parâmetro para comparar a diversidade

entre ecossistemas, é utilizar a riqueza de espécies como medida (BROWN; MASCHIO; FROUTE, 2009).

Ambientes degradados ou com baixa diversificação vegetal apresentam limitações à presença de organismos, devido à falta de recursos proporcionados (PEREIRA et al., 2007). As formigas, neste caso, são importantes ecologicamente porque interagem com outros organismos em todos os níveis tróficos e, na maioria das espécies, possui ninho perene e estacionário (FREITAS et al., 2015).

As formigas são insetos eusociais da família Formicidae, com 13.171 espécies identificadas mundialmente de um total estimado de 22,000 espécies (GBIF, 2016). No Brasil são encontradas 1373 espécies de formigas, distribuídas em 109 gêneros e em treze subfamílias de Formicidae, sendo elas: *Agroecomyrmecinae* (Carpenter), *Amblyoponinae* (Forel), *Dolichoderinae* (Forel), *Dorylinae* (Leach), *Ectatomminae* (Emery), *Formicinae* (Latreille), *Heteroponerinae* (Bolton), *Martialinae* (Rabeling & Verhaagh), *Myrmicinae* (Lepeletier de Saint-Fargeau), *Paraponerinae* (Emery), *Ponerinae* (Forel), *Proceratiinae* (Emery), *Pseudomyrmecinae* (Smith) (FERNANDES, DELABIE, FEITOSA, 2016).

Do número total de espécies, se encontram hoje 13 espécies da família Formicidae na Lista Vermelha da Fauna Brasileira (MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE, 2016). Sua importância em ecossistemas naturais, agroecossistemas e ambientes urbanos é muito grande, tanto por suas atuações em diversos processos ecológicos, quanto por suas relações que afetam mais diretamente ao homem (QUEIROZ; ALMEIDA; PEREIRA, 2006).

Segundo Lima (1960), estes insetos apresentam importância no controle de pragas, participação na polinização de plantas floríferas, melhoria da fertilidade dos solos, dispersão de sementes, aeração e movimentação da água. Os hábitos alimentares e sociais dos grupos podem trazer informações sobre a diversidade de fauna e flora local, sendo favorável no caso de indivíduos coletores de néctar floral e extraforal, contribuindo, por exemplo, para a diversidade da vegetação (ROCHA, 2015).

Formigas com características predatórias podem causar diminuição da fauna edáfica presente, dificultando a dispersão e polinização de plantas, bem como ocasionar dominância da espécie em questão (ROCHA et al., 2015). As várias espécies de formigas, especialmente das subfamílias Myrmicinae, Dolichoderinae e

Formicinae, que interagem com hemípteros, podem acabar protegendo insetos que são pragas agrícolas (QUEIROZ; ALMEIDA; PEREIRA, 2006).

Rocha (2015) afirma que a maior diversidade de espécies e gêneros de formigas ocorre em locais com maior variedade de microhabitats, apresentando grande variação quanto aos nichos utilizados para nidificação. A utilização de formigas como indicadores ambientais vem aumentando em áreas diversificadas, como sujeitas a inundação (LUTINSKI; GARCIA, 2005), garimpo de diamante (ROCHA et al., 2015), em monocultura de *Eucalyptus* sp. (FRÖHLICH, 2011), efeitos do fogo (RIBAS, 2007) e mineração (RÉ, 2007).

Sendo que muitas formigas nidificam e forrageiam sobre a vegetação, espera-se que a riqueza e a diversidade de formigas sejam influenciadas pela riqueza e diversidade de plantas (FREITAS et al., 2015). Porém, acredita-se que pelo curto tempo de coleta e utilização de somente um método, os números obtidos não reflitam a realidade das áreas analisadas, necessitando novas investigações e com outras metodologias de coleta interligadas (FRÖHLICH, 2011), buscando uma maior eficiência e precisão na acurácia dos dados (LUTINSKI; GARCIA, 2005).

4. METODOLOGIAS E PROCEDIMENTOS

4.1 DESCRIÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

O município de Dois Vizinhos possui clima subtropical úmido com verões quentes, classificado por Köppen-Geiger como Cfa, sem estação seca definida, com temperatura média do mês mais frio, inferior a 15°C e o mês mais quente, acima de 22 °C. Quanto à precipitação, apresenta média aproximada de 2000 mm anuais (ALVARES et al., 2013). Apresenta ainda altitudes variáveis entre 475 a 510m e predominância de Latossolo Vermelho distroférrico e Nitossolo Vermelho distroférrico (EMBRAPA, 2006), advindos de formação geológica basáltica com relevo suavemente ondulado a ondulado (VALÉRIO; WATZLAWICK; BALBINOT, 2008).

A vegetação original da região Sudoeste do Paraná é classificada como Floresta Estacional Semidecidual em transição para Floresta Ombrófila Mista. Esta última apresenta característica de ocorrência em locais com altitudes mais elevadas, geralmente com média de 500m. Podendo chegar até altitudes superiores de 1000m, ao longo da Floresta Ombrófila Mista (FOM) é possível perceber a presença da *Araucaria angustifolia*, espécie representativa e indicativa deste tipo de floresta (BERTOLINI et al. 2012; IBGE, 2012). A Floresta Estacional Semidecidual (FES), também conhecida por Floresta Tropical Subcaducifólia, apresenta como principal característica o fato de que entre 20% e 50% de seus indivíduos apresentam perda das folhas em período com temperaturas médias mensais inferiores a 15°C (IBGE, 2012).

Gorestein et al. (2010) afirmam que o fragmento de floresta ciliar apresentado próximo à área de estudo localiza-se entre as coordenadas 25°41’30”S e 53°06’04”O e possui total de 48 hectares. Cortado por pequenos e poucos cursos d’água, apresenta manchas de estágios iniciais e médios da sucessão florestal, com poucas em estágio final. Pode ser considerada área de ecótono, com mistura de elementos isolados e dispersos de Floresta Ombrófila Mista Montana e Floresta Estacional Semidecidual Montana, formando conjuntos geralmente muito homogêneos ou uniformes (TRENTIN et al., 2011).

Figura 2 **-** Localização da área de estudo dentro da Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Câmpus Dois Vizinhos.

RP = restauração passiva, PAD = plantio em alta diversidade, N = nucleação.
Fonte: Google Earth (2015).

O experimento está instalado na Unidade de Pesquisa e Ensino (UNEPE) de Restauração, pertencente à Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Câmpus Dois Vizinhos (Figura 2.), localizada entre as coordenadas 25°41’36” – 25°41’49”S e 53°06’20” – 53°06’06” W, com altitude média de 502m. Inicialmente a área era classificada como remanescente de área ciliar, passando a ser recoberta por culturas anuais como soja e milho. Isto gerou intensa degradação do solo devido às condições inadequadas de uso, sendo considerada área de solo degradado (DERENGOSKI, 2014).

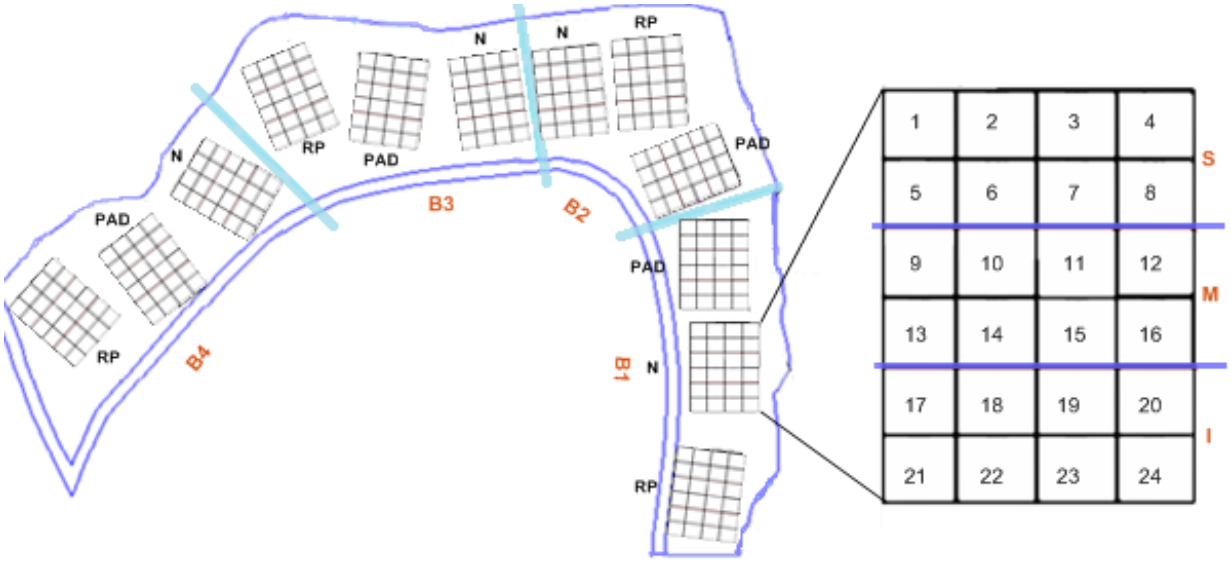
Entre os anos de 1993 e 2010, a área passou por transformações impactantes, tendo como uso do solo culturas anuais de inverno e de verão, sendo implantadas mudas de pastagens para bovinocultura em 2006, seguindo a volta das culturas anuais durante o ano de 2009. Em 2010, foi realizada roçada da área no mês de agosto e, posteriormente, permaneceu isolada de fatores de perturbação (TRENTIN et al., 2011).

4.1.1 Unidade de Ensino e Pesquisa (UNEPE) de Restauração

Para a realização deste estudo foi utilizado o experimento já existente na Universidade Tecnológica Federal do Paraná, o qual se trata da implantação de diferentes tecnologias de restauração ecológica para avaliação de melhor desenvolvimento em área degradada. As tecnologias utilizadas na condução do experimento são: restauração passiva, nucleação e plantio em alta diversidade.

O experimento foi conduzido em delineamento de blocos inteiramente casualizados, possuindo 4 repetições com parcelas experimentais de dimensões 40m x 54m cada, ou 2.160m², espaçadas 3m entre si. Cada parcela experimental apresenta 24 subparcelas de 9m x 10m, ou 90m², as quais são também arranjadas em: superior, mediana e inferior. Desta forma, a área total do experimento é de 8 hectares (Figura 3).

Figura 3 - Croqui da área com o delineamento experimental. UTFPR, Câmpus Dois Vizinhos.



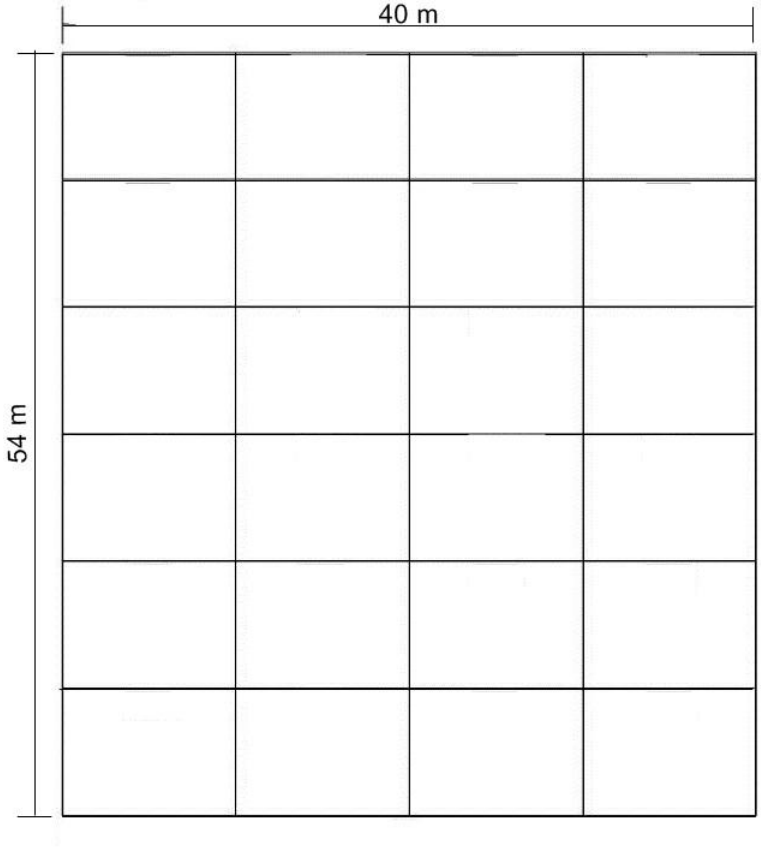
P= Parcela; RN= Restauração passiva; N= Nucleação; 3x2= Plantio em alta diversidade; R= Repetição; S= Região superior; M= Região mediana; I= Região Inferior.
Fonte: BECHARA, Fernando C. (2013), adaptado pelo Autor, (2016).

4.1.1.1 Restauração passiva

Essa técnica consiste no isolamento da parcela experimental, devendo permanecer livre de influências externa, ou fatores de perturbação antrópica, tendo

por base do processo o banco de sementes presente na área, propiciando a recolonização da vegetação, conforme figura 4.

Figura 4 - Croqui da parcela experimental referente ao tratamento de restauração passiva.

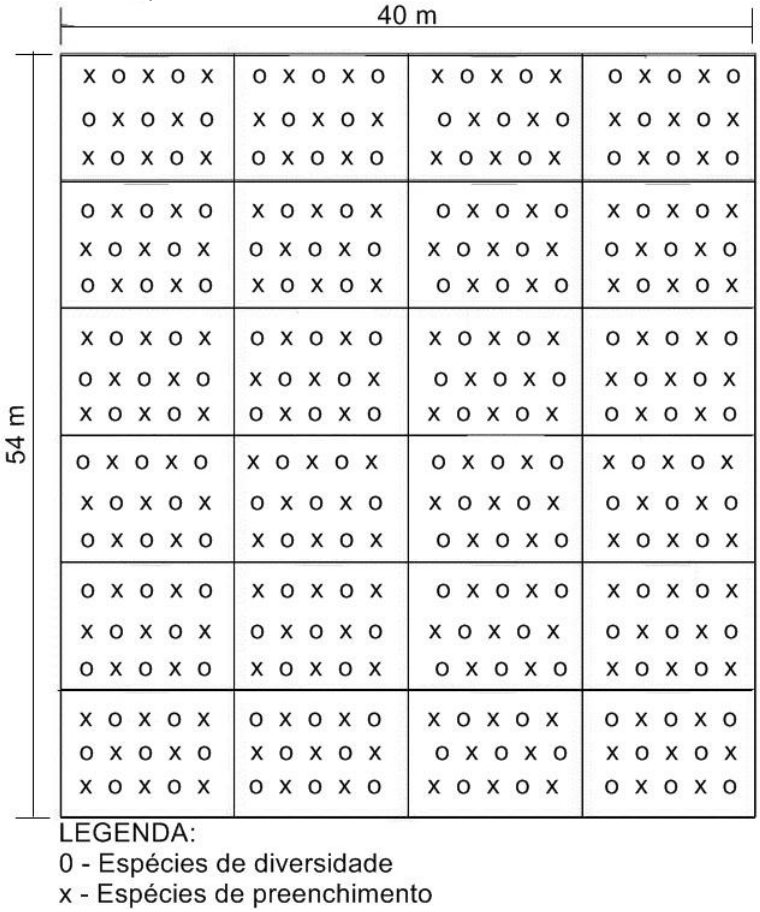


Fonte: O autor, (2016).

4.1.1.2 Plantio em Alta Diversidade

Foram utilizadas para este tratamento espécies de preenchimento, sendo pioneiras de crescimento rápido e densas copas, e também espécies de diversidade, possuindo crescimento mais lento, consideradas secundárias. As plantas foram dispostas em espaçamento 3m x 2m, sendo 3m de espaçamento entre linhas e 2m de espaçamento entre plantas. Para este experimento foram selecionadas 72 espécies, dispostas conforme a figura 5.

Figura 5 - Croqui da parcela experimental referente ao tratamento plantio em alta diversidade.



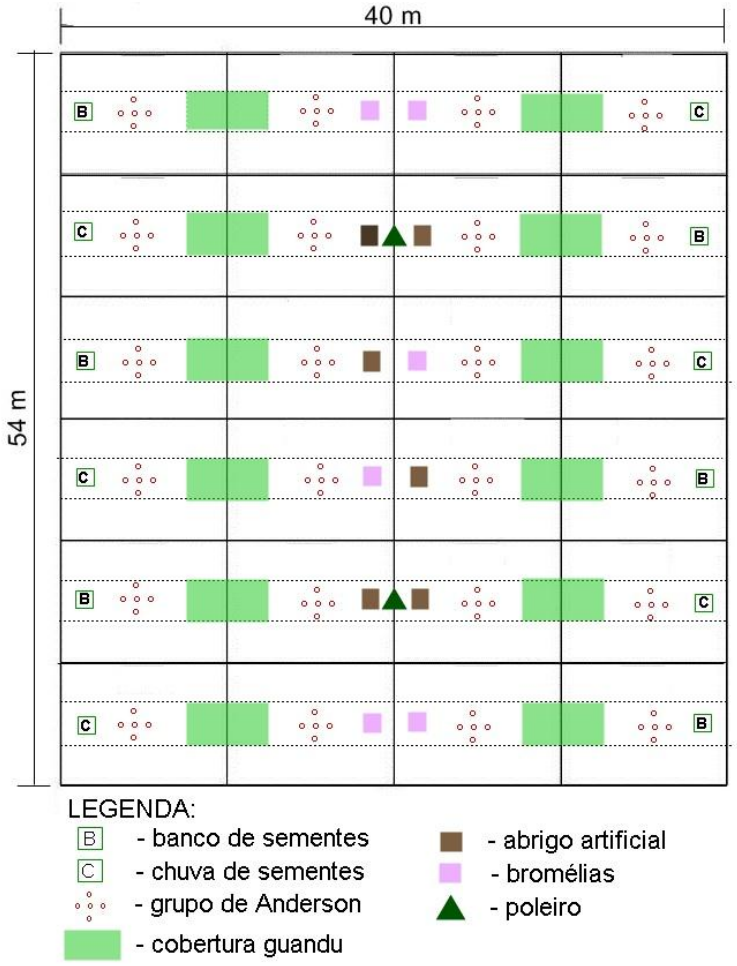
Fonte: O autor, (2016).

4.1.1.3 Nucleação

Este processo busca criar núcleos dentro da área degradada, servindo como pequenos habitats diversificados, propiciando a indução da heterogeneidade ambiental construída ao longo do tempo e espaço, capazes de formar novas populações, nichos de regeneração e conectividade na paisagem, uma vez que imitam a natureza pela restituição do mosaico do ambiente (BECHARA, 2006; SANT'ANNA; TRES; REIS, 2010).

Neste experimento foram utilizadas sete técnicas nucleadoras, sendo elas banco de sementes, chuva de sementes, grupos de Anderson, cobertura guandu, bromélias, poleiros e abrigos artificiais, dispostos de acordo com a figura 6.

Figura 6 - Croqui da parcela experimental referente ao tratamento de nucleação.



Fonte: O autor, (2016).

4.2 ÉPOCA DE COLETA E PONTOS AMOSTRAIS

Foram utilizados materiais provenientes de banco de dados de duas coletas previamente realizadas nos meses de novembro de 2010 e abril de 2011, gentilmente cedidos por outra equipe, a fim de avaliar a diversificação dos táxons encontrados. Foram distribuídas três armadilhas em cada parcela do experimento, aleatoriamente depositadas sobre a parte superior, média e inferior, resultando em doze armadilhas por tratamento. Para fins de comparação, implantou-se doze armadilhas no decorrer do fragmento florestal de referência. Desta forma, foi obtido um total de 48 pontos amostrais em cada ano de coleta.

4.3 MÉTODO DE COLETA DAS COMUNIDADES DE FORMICIDAE

Para realização de coleta das formigas epiedáficas, foram utilizadas armadilhas de queda do tipo *pitfall*. As armadilhas foram confeccionadas com potes plásticos transparentes com capacidade de 750ml enterrados ao nível do solo, preenchidos com solução fixadora de formol a 4% (20ml) para morte e conservação dos organismos. Ainda, três gotas de detergente adicionadas a fim de diminuir a tensão superficial, dificultando o retorno dos espécimes à superfície (MOLDENKE, 1994; SILVA; AMARAL, 2013;).

Ao enterrar as armadilhas, foi tomado o cuidade para que a borda estivesse rente ao solo e à cobertura vegetal em suas proximidades, de modo que a fauna pode se deslocar normalmente, até acidentalmente cair no recipiente (Figura 7). Os mesmos foram recobertos por pratos plásticos de metal apoiados sobre palitos de madeira, de forma a impedir a diluição da solução, bem como transbordamento, pela água da chuva, o que reduziria a eficiência das armadilhas e a qualidade das amostras.

Figura 7 – Armadilhas de queda em área de restauração ecológica (a) e floresta secundária (b).

Fonte: DERENGOSKI, J. A. (2011).

Após os sete dias em campo, as amostras foram levadas para o Laboratório de Controle Biológico I, da UTFPR Campus Dois Vizinhos para a realização da triagem com auxílio de estereomicroscópio. As amostras foram previamente lavadas, separadas e armazenadas em recipientes J23 contendo solução de etanol 70%.

Os indivíduos da família Formicidae foram separados em morfotipos e identificados ao nível taxonômico de gênero, utilizados como indicativos de qualidade ambiental. Para isso foram utilizados chaves, manuais e livros específicos, de acordo com o táxon em questão, sendo estes Bolton (2003), Baccaro (2006) e Baccaro et al. (2015). Em seguida, os gêneros foram classificados quanto a guildas funcionais, utilizando como referência os estudos de Brandão, Silva e Delabie (2012) e Baccaro et al. (2015).

4.4 ANÁLISE DOS DADOS

Os dados apresentados através da triagem das formigas foram inicialmente tabulados no programa Microsoft Office Excel para obtenção de dados riqueza (S) de grupos taxonômicos (número total de grupos), abundância de organismos (número total de indivíduos) e frequência relativa (Fr% - frequência absoluta/total de frequências absolutas) dos indivíduos observados nos diferentes tratamentos. A partir destes, serão calculados alguns índices ecológicos através do programa Primer 5.2.6.

4.4.1 Índice de Shannon-Wiener (H’)

Este índice representa a diversidade, tomando por base as razões entre o número de espécies e os valores de importância dos indivíduos, tendo por componentes principais a riqueza de espécies e a abundância relativa (ODUM, 2007).

Pode ser descrito pela equação:

$$H' = -\sum pi.\log_e pi \quad (1)$$

Sendo:

pi = ni / N

Onde:

ni = densidade de cada grupo

N = Σ da densidade de todos os grupos.

A diversidade de espécies tende a ser maior em ambientes ecologicamente controlados, enquanto apresenta menores valores para ambientes passíveis de algum tipo de controle físico-químico (ODUM, 2007). É representado por valores entre 0 e 5, sendo valores mais altos responsáveis pela maior diversidade.

4.4.2 Equitabilidade de Pielou (J)

Este índice se refere à distribuição quanto ao número de indivíduos das diferentes espécies, sendo o segundo principal componente da diversidade (ODUM, 2007). É representado por valores de 0 a 1, sendo valores mais altos responsáveis pela maior uniformidade. Pode ser descrito pela equação:

$$e = \frac{\mathrm{H}'}{\log \mathrm{S}} \quad (2)$$

Sendo:

H’ = Índice de Shannon-Wiener

S = número de espécies ou grupos

4.4.3 Análises Multivariadas

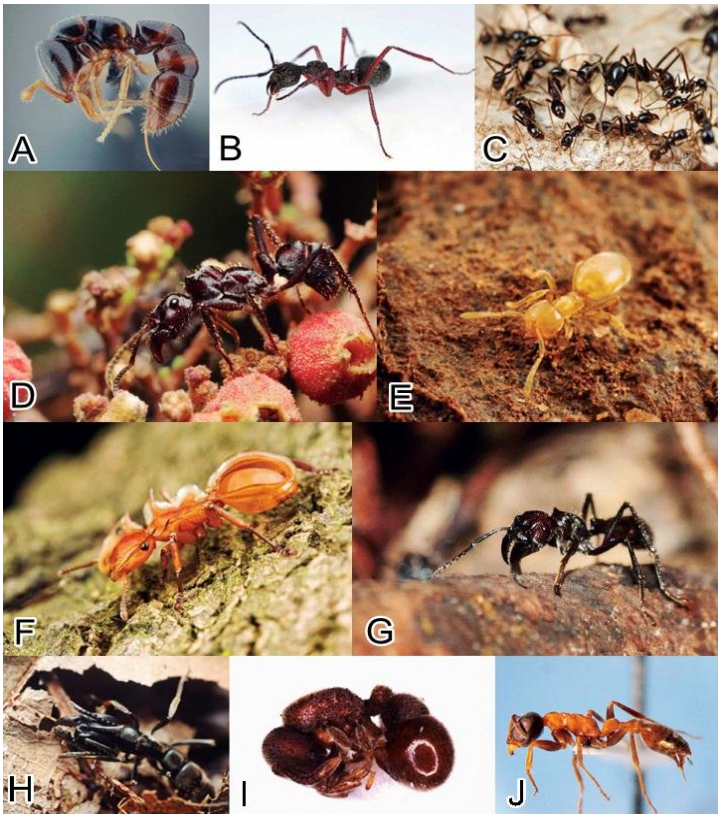
Os dados foram submetidos à Análise de Similaridade (ANOSIM) para observação das diferenças na composição da comunidade edáfica. A Análise de Porcentagem de Similaridade (SIMPER) foi utilizada em casos os quais ocorreram diferenças significativas na ANOSIM, tendo por objetivo verificar quais grupos mais contribuíram para a dissimilaridade encontrada (MELO; HEPP, 2008). A ANOSIM e o SIMPER foram realizadas com o auxílio do programa Primer 5.2.6©.

5. RESULTADO E DISCUSSÃO

Considerando as duas coletas realizadas, foram contabilizados 5895 indivíduos, sendo 1402 provenientes da coleta de novembro de 2010 e 4493 de abril de 2011. A maior presença de indivíduos durante a segunda coleta pode ser explicada pela maior heterogeneidade de ambientes propiciados pelo desenvolvimento das tecnologias de restauração, facilitando o desenvolvimento de grupos com diferentes hábitos.

Estes indivíduos foram classificados em 10 subfamílias: Amblyoponinae, Dolichoderinae, Dorylinae, Ectatomminae, Formicinae, Myrmicinae, Paraponerinae, Ponerinae, Proceratiinae e Pseudomyrmicinae (Figura 8). As subfamílias Myrmicinae, Dolichoderine, Formicinae, Ponerinae e Dorylinae apresentaram maior frequência relativa (Gráfico 1, A e B).

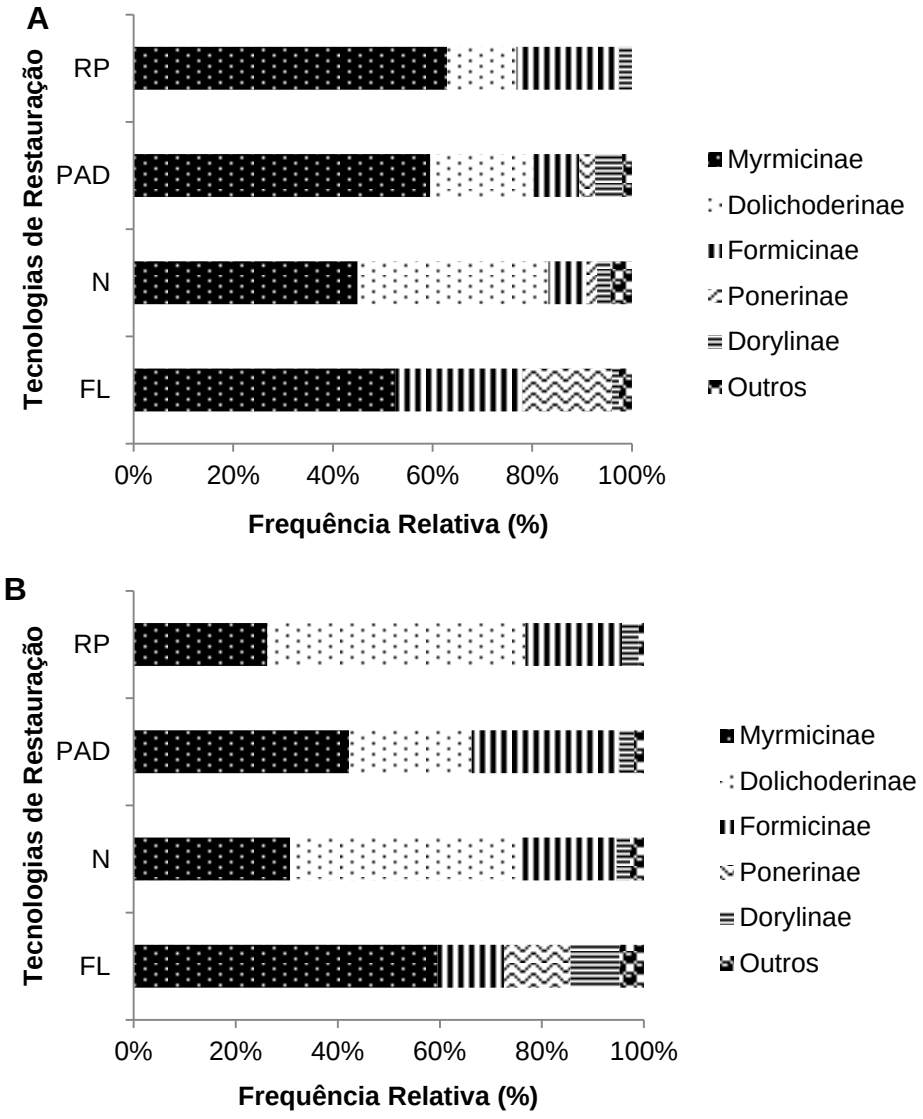
Figura 8 - Exemplares pertencentes às subfamílias de Formicidae encontradas nas coletas de novembro de 2010 e abril de 2011.



A – Amblyoponinae, B – Dolichoderinae, C – Dorylinae, D – Ectatomminae, E – Formicinae, F – Myrmicinae, G – Paraponerinae, H – Ponerinae, I – Proceratiinae, J – Pseudomyrmicinae.
Fonte: Baccaro et al. (2015).

Na primeira coleta, realizada em novembro de 2010, foram encontradas 10 subfamílias, sendo 8 na nucleação, 8 no plantio de alta diversidade e 4 na restauração passiva. De modo geral, Myrmicinae (55%), Dolichoderinae (20,55%) e Formicinae (13,3%) apresentaram maior frequência.

Gráfico 1 - Frequência relativa das subfamílias de Formicidae nas tecnologias de restauração. Restauração passiva (RP), plantio de alta diversidade (PAD), nucleação (N) e floresta secundária (FL). A - novembro de 2010, B - abril de 2011. Outros: somatório dos grupos menos frequentes.



Fonte: O autor, (2016).

Na segunda coleta, realizada em abril de 2011, dentre os 10 grupos taxonômicos encontrados, distribuíram-se 7 na nucleação, 9 no plantio de alta diversidade e 6 na restauração passiva. Os grupos Dolichoderinae (39,10%),

Myrmicinae (33,57) e Formicinae (21,72%) novamente apresentaram, de modo geral, maiores valores de frequência. Na área de floresta, em ambas as épocas avaliadas, a subfamília Dolichoderinae não foi registrada, porém a subfamília Ponerinae apresentou maior frequência em relação às áreas submetidas às tecnologias de restauração.

O número de grupos encontrados é elevado se considerarmos a ocorrência de 13 subfamílias na região subtropical (BACCARO et al., 2015) e de 12 subfamílias no estado do Paraná (CALIXTO, 2013). Este resultado é equivalente aos obtidos em área florestal por Assis (2015) e Castilho (2013), os quais encontraram 8 e 10 subfamílias, respectivamente, ambos utilizando o método de coleta *pitfall traps*. Gomes (2013) encontrou 7 subfamílias, enquanto Cantarelli et al. (2015), 8 subfamílias. Em todos os trabalhos, Myrmicinae foi predominante, enquanto Formicinae e Dolichoderinae estiveram também presentes em grande frequência.

A maior frequência observada aqui para esses grupos condiz com alguns registros na literatura. Os Myrmicinae distribuem-se mundialmente, se destacando por grandes variações na morfologia, hábito alimentar e nidificação (BACCARO et al., 2015; VIANA, 2009). São tidas como o grupo de maior riqueza em relação a gênero e espécie em diferentes regiões (SANTOS; DELABIE; RESENDE, 1999; VARGAS; MAYHÉ-NUNES; QUEIROZ, 2013; SUGUITURU et al., 2013; CANTARELLI et al., 2015). Por sua vez, formigas Formicinae podem habitar a serapilheira, o solo, serem subterrâneas ou ainda arborícolas (VIANA, 2009; BACCARO et al., 2015), enquanto a maioria das Dolichoderinae são forrageadoras (BACCARO et al., 2015).

Dentre os grupos encontrados, foram contabilizados 37 gêneros dos 52 de ocorrência já conhecida no Estado do Paraná (CALIXTO, 2013); o grupo de maior variedade taxonômica são os Myrmicinae (18), seguido dos Formicinae (6) e Ponerinae (3) (Tabela 1). Juntos, esses grupos foram responsáveis por 72,9% dos gêneros identificados neste trabalho, enquanto os demais, somados, contribuíram com 27,02%. Calixto (2016) encontrou resultados semelhantes em estudo realizado em Curitiba, com 34 gêneros dentre 9 subfamílias, das quais Myrmicinae, Ponerinae e Formicinae apresentaram maior diversidade.

Tabela 1 - Lista de subfamílias, gêneros e guildas de Formicidae coletadas em tecnologias de restauração passiva (RP), nucleação (N), plantio em alta diversidade (PAD) e floresta secundária (FL), em novembro de 2010 e abril de 2011. Os números referem-se ao total parcial de indivíduos coletados . (Continua).

Subfamília /Gênero	2010				2011				Guildas
	FL	N	PAD	RP	FL	N	PAP	RP	
Amblyoponinae									
Prionopelta	-	1	-	-	-	1	1	3	Predadoras
Dolichoderinae									
Dorymyrmex	-	226	115	27	-	657	319	776	Generalista
Forelius	-	-	-	-	-	1	9	-	Generalista
Dorylinae									
Neivamyrmex	3	9	30	5	14	38	38	50	Legionária
Ectatomminae									
Ectatomma	-	7	4	-	3	-	-	-	Arbóreas Dominantes
Gnamptogenys	1	-	3	-	1	0	18	-	Predadoras generalistas
Formicinae									
Brachymyrmex	-	14	31	5	-	154	283	30	Arbóreas Dominantes
Camponotus	9	4	1	-	1	4	7	11	Arbóreas Dominantes
Gigantiops	-	1	1	1	-	-	-	1	Generalistas
Myrmelachista	1	-	-	-	-	-	-	-	Arbóreas Dominantes
Nylanderia	9	6	11	34	11	117	99	240	Generalistas
Paratrechina	39	-	-	-	7	2	4	8	Generalistas
Myrmicinae									
Acanthognathus	-	-	-	-	-	9	35	6	Predadoras
Acromyrmex	5	-	-	-	3	-	-	-	Cultivadores de fungos
Atta	16	6	14	-	7	-	2	-	Cultivadores de fungos
Cephalotes	1	-	-	-	-	-	-	-	Arbóreas que se alimentam de pólen
Crematogaster	1	9	-	1	-	27	45	11	Arbóreas Dominantes
Cyphomyrmex	-	-	-	-	-	3	2	1	Cultivadores de fungos
Eurhopalothrix	1	-	-	-	-	-	-	-	Predadoras

(Continuação) Tabela 2 - Lista de subfamílias, gêneros e guildas de Formicidae coletadas em tecnologias de restauração passiva (RP), nucleação (N), plantio em alta diversidade (PAD) e floresta secundária (FL), em novembro de 2010 e abril de 2011. Os números referem-se ao total parcial de indivíduos coletados.

Subfamília /Gênero	2010				2011				Guildas
	FL	N	PAD	RP	FL	N	PAP	RP	
Hylomyrma	-	-	1	-	-	5	3	3	Predadoras generalistas
Monomorium	15	21	34	16	-	-	-	-	Arbóreas Dominantes
Mycetosoritis	-	-	-	-	-	-	1	-	Cultivadores de fungos
Oxyepoecus	3	-	-	-	5	-	-	-	Predadoras generalistas
Pheidole	73	107	200	101	72	378	463	362	Arbóreas Dominantes
Rogeria	1	-	-	-	-	-	6	7	Predadoras generalistas
Solenopsis	1	1	9	-	-	18	2	-	Generalistas
Stegomyrmex	3	3	52	4	-	8	13	12	Predadoras Especialistas
Strumigenys	-	1	-	-	-	-	3	-	Predadoras
Tetramorium	-	-	6	-	-	-	-	-	Generalistas
Wasmannia	-	-	15	-	-	1	-	-	Arbóreas Dominantes
Paraponerinae									
Paraponera	2	-	-	-	1	-	-	-	Predadoras
Ponerinae									
Neoponera	-	-	17	-	-	-	-	-	Predadoras Especialistas
Pachycondyla	41	7	1	-	19	1	1	-	Predadoras generalistas
Rasopone	-	-	-	-	-	-	1	-	Generalistas
Proceratiinae									
Proceratium	3	6	3	-	-	-	-	-	Predadoras Especialistas
Probolomyrmex	-	-	-	-	-	39	7	13	Predadoras Especialistas
Pseudomyrmicinae									
Pseudomyrmex	-	-	1	-	-	-	1	-	Arbóreas Dominantes
Riqueza	20	17	19	9	13	18	24	16	
Abundância	228	329	550	194	146	1463	1363	1534	
Shannon	2,12	1,79	2,03	1,45	1,76	1,60	1,84	1,42	
Pielou	0,71	0,63	0,69	0,66	0,69	0,56	0,58	0,51	

Fonte: O autor, (2016); Baccaro et al. (2015); Brandão, Silva e Delabie (2012).

Dos dados da coleta de novembro de 2010, a restauração passiva apresentou os menores valores de riqueza de gêneros e também de abundância, resultando num menor índice de diversidade de Shannon-Wiener (1,45). Quando comparada a outras tecnologias, o maior índice de Shannon-Wiener foi apresentado pela floresta (2,12), seguido do plantio em alta diversidade (2,03), tendo em vista que ambos apresentaram resultados maiores de riqueza, acompanhados pela nucleação (1,79) (Tabela 1).

A uniformidade de Pielou considera a distribuição dos grupos na comunidade, sendo que todas as tecnologias apresentaram menor uniformidade que a floresta (0,71), indicando que neste ambiente ocorreu uma melhor distribuição dos organismos nos diferentes gêneros identificados. Miranda et al. (2013) afirma que ambientes mais heterogêneos, como a floresta, geralmente ofertam maior diversidade de recursos para as formigas, o que é um fator favorável para a coexistência de variadas espécies em uniformidade.

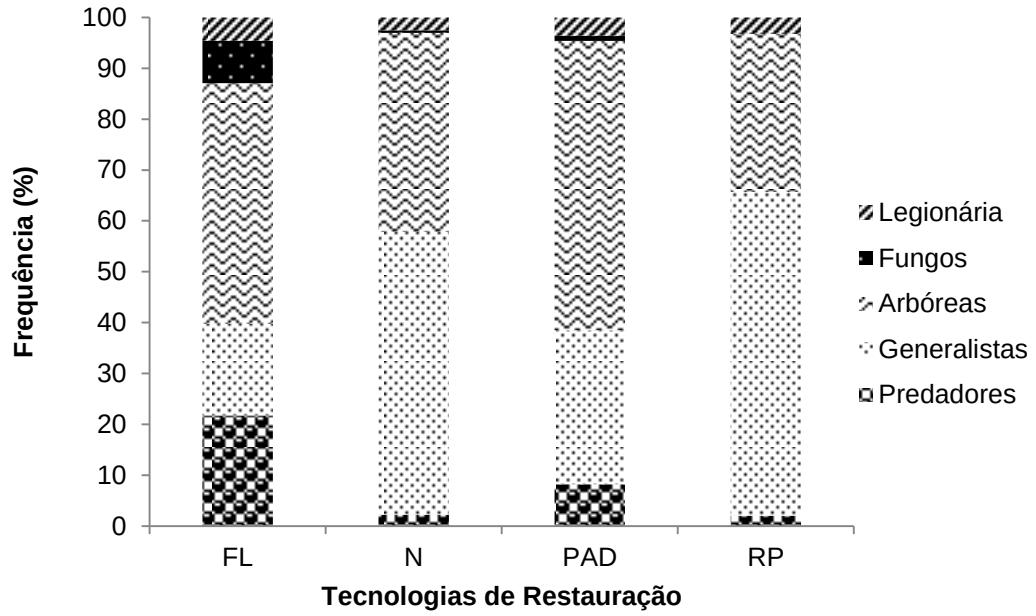
Dos dados da coleta de abril de 2011, a floresta apresentou menor valor para riqueza de grupos (gêneros) e menor abundância, entretanto o valor encontrado para uniformidade foi mais alto que das tecnologias (0.69). O índice de diversidade da floresta (1,76) foi menor apenas que a tecnologia de plantio em alta diversidade (1,84), o que é matematicamente explicado pelo fato da tecnologia possuir a maior riqueza de gêneros (24), uma vez que se utiliza este valor para o cálculo.

Embora a restauração passiva apresente maior abundância (1534), as subfamílias de Myrmicinae, Formicinae e Dolichoderinae somam 95% da frequência. Este fato contribuiu para a menor uniformidade (0,51) e diversidade (1,42) dentre as tecnologias, uma vez que sua riqueza foi baixa dentre as tecnologias (16 gêneros). Assis (2015) afirma em seu estudo que a dominância de alguns grupos de formigas nos fragmentos pode ser a causa de baixa riqueza. Observa-se semelhante cenário no presente estudo.

Brandão, Silva e Delabie (2012) afirmam que pela riqueza em ambientes e nichos ecológicos, a Mata Atlântica apresenta nove guildas de formigas que habitam a serapilheira, e mais 5 guildas que podem estar presentes tanto na serapilheira, quanto possuir hábitos arbóreos, nômades ou subterrâneos. Neste estudo foram encontradas 8 guildas funcionais (Tabela 1), divididas em 5 grandes grupos descritos conforme os autores, sendo:

- **Arbóreas**: representadas pelas guildas Arbóreas Dominantes, comumente encontradas em domáceas, com alimentação baseada em larvas de outros insetos, néctar e fluidos ricos em carboidratos e, Arbóreas Que se Alimentam de Pólen, que nidificam em ramos árvores e arbustos. Fazem parte deste grupo as subfamílias Ectatomminae (*Ectatomma*), Formicidae (*Brachymyrmex, Camponotus, Mirmelachista)*, Myrmicinae (*Cephalotes, Crematogaster, Monomorium, Pheidole, Wasmania*) e Pseudomyrmicinae (*Myrcidris).*
- **Generalistas**: possuem alimentação onívora e apresentam alta densidade de ninhos e espécies por área amostrada, estando presentes em todos os ambientes. Fazem parte deste grupo as subfamílias Dolichoderinae (*Dorymyrmex* e *Forelius*), Formicinae (*Gigantiops, Nylanderia* e *Paratrechina*), Myrmicinae (*Solenopsis* e *Tetramorium*) e Ponerinae (*Rasopone*).
- **Predadoras**: representado pelas guildas Predadoras Generalistas, com característica predatória e, Predadoras Especialistas, cuja alimentação e predação é voltada para ovos de insetos e outras formigas. Fazem parte deste grupo as subfamílias Amblyoponinae (*Prionopelta*), Ectatomminae (*Gnamptogenys*), Myrmicinae (*Acanthoagnathus, Eurhopalothrix, Hylomyrma, Oxyepoecus, Rogeria, Stegomyrmex* e *Strumigenys*), Paraponerinae (*Paraponera*), Ponerinae (*Neoponera* e *Pachycondyla*) e Proceratiinae (*Proceratium* e *Probolomyrmex*).
- **Cultivadoras de fungos**: esta guilda é representada por grupos de formigas que utilizam folhas, ramos ou até mesmo partes de animais para a criação de fungos em seus ninhos, o qual lhes serve como alimento. Faz parte desde grupo a subfamília Myrmicinae (*Acromyrmex, Atta, Cyphomyrmex* e *Mycetosoritis*).
- **Legionárias**: os indivíduos desda guilda apresentam comportamento nômade, comumente encontrados em grandes grupos para reconhecimento de campo e alimentação. Faz parte desde grupo a subfamília Dorylinae (*Neivamyrmex*).

Gráfico 2 **–** Frequência de gêneros Predadores, Generalistas e Arbóreos em diferentes tecnologias de restauração ecológica. FL – floresta, PAD – plantio em alta diversidade, N – nucleação, RP – restauração passiva.



Fonte: O autor, (2016).

Os grupos de guildas funcionais presentes no sistema apresentaram diferentes porcentagens em relação às tecnologias (Gráfico 3). De modo geral, a floresta apresentou mais indivíduos predadores (21,78%) que as tecnologias de plantio em alta diversidade (8,24%), nucleação (2,27%) e restauração passiva (2,02%). Esse dado pode ser explicado pela grande quantidade de formigas no gênero *Pachycondyla* capturado na floresta, e pelo gênero *Stegomyrmex,* encontrado em maior quantidade na tecnologia de plantio em alta diversidade, e menor quantidade nas demais.

Ambos os gêneros apresentam preferências por áreas sombreadas e de florestas úmidas, características presentes no fragmento florestal secundário (BACCARO et al., 2015). Entretanto, o autor apresenta característica de forrageamento do gênero *Stegomyrmex* em áreas com presença de serapilheira ou ainda na superfície do solo, características apresentadas pela área das tecnologias em 2010, a qual se encontrava apenas roçada, o que valida sua captura nestes locais.

Os grupos generalistas apresentaram maior valor para a tecnologia de restauração passiva (63,7%), acompanhada pelos valores da nucleação (55,5%). A tecnologia de plantio em alta diversidade (30,24%) e a floresta (18,01%) apresentaram os menores valores, sendo que a floresta permaneceu abaixo de

todas as tecnologias. Isso se deve principalmente ao fato de um dos gêneros em maior quantidade de indivíduos, *Dorymirmex*, não estar presente na floresta. Juntamente com *Nylanderia*, foram mais expressivas em abundância nas tecnologias.

Ambos os gêneros apresentam bom desenvolvimento e preferência por locais abertos e de baixa vegetação. Espécies de *Nylanderia* são potencialmente invasoras (BACCARO et al., 2015). Essas características podem ter sido favorecidas durante a coleta de 2010, quando o solo estava roçado e as tecnologias não estavam implantadas e, em 2011, pela baixa vegetação apresentada pelo desenvolvimento inicial das plantas. A menor quantidade desses grupos na tecnologia de plantio em alta diversidade pode ser explicada pelo controlde de matocompetição realizado no local, permanecendo exclusivamente as mudas nativas, fato que pode ter favorecido o desenvolvimento das formigas com hábitos arborícolas.

As formigas arbóreas tiveram maior valor para a tecnologia de plantio em alta diversidade (56,96%) e floresta (47,31%), enquanto os valores de nucleação (39,18%) e restauração passiva (31,04%) apresentaram os menores valores. Esta guilda reúne *Pheidole*, sendo um dos gêneros mais abundantes deste estudo, bem como estudos realizados por Assis (2015), Cantarelli (2015) e Calixto (2013), em diferentes estados. Sua presença foi elevada em todos os sistemas nos dois períodos de coletas, podendo ser explicado pelo fato de a família apresentar grande variedade de indivíduos e hábitos, e pode ser facilmente amostrada em diferentes estados e sistemas, como afirmam Baccaro et al., (2015).

Brachymyrmex também contribuiu com elevada participação nas tecnologias de restauração, não se fazendo presente na área de floresta em nem um dos períodos de coleta. Sua distribuição pode ser explicada por apresentar nidificação no solo, embaixo de pedras, troncos, na serapilheira e vegetação baixa (BACCARO et. al., 2015), características facilmente encontradas durante as duas coletas nas tecnologias de restauração.

Uma vez compreendidas as interações entre as guildas e gêneros em relação às características do ambiente durante as duas coletas, os dados quantitativos foram submetidos à Análise de Similaridade (ANOSIM), sendo possível observar a diferença na composição da comunidade de Formicidae dentre as tecnologias de restauração. Na avaliação realizada em novembro de 2010, a ANOSIM (R= 0,559; p= 0,01) apontou diferenças significativas entre as tecnologias de restauração e a

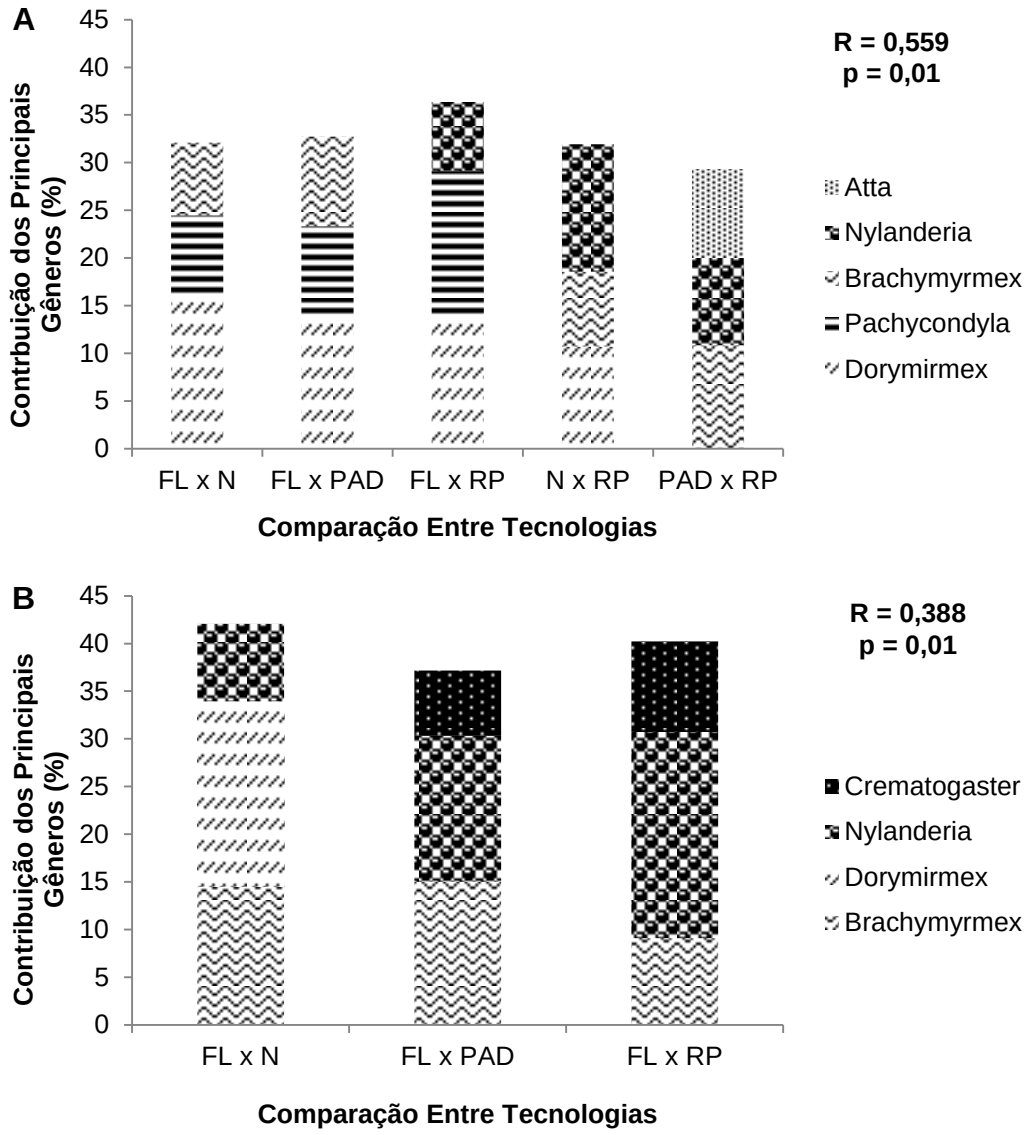
floresta, entre a nucleação e restauração passiva e também entre a o plantio em alta diversidade e a restauração passiva.

O SIMPER mostrou (Gráfico 2A) que os gêneros *Dorymirmex*, *Brachymyrmex* e *Pachycondyla* foram os principais responsáveis pela diferenciação da comunidade de formigas presente na nucleação em relação à floresta (FLxN) e entre plantio em alta diversidade e a floresta (FLxPAD). Os dois primeiros são os maiores grupos em frequência dentre as tecnologias, enquanto *Pachycondyla* é mais frequente na floresta. Os grupos *Dorymirmex*, *Pachycondyla* e *Nylanderia* foram responsáveis pela diferenciação significativa da tecnologia restauração passiva e a floresta (FLxRP), observando-se o fato que *Dorymirmex* e *Nylanderia* apresentaram maior frequência na tecnologia, enquanto *Pachychondyla,* na Floresta.

Dorymirmex, *Brachymyrmex* e *Nylanderia* contribuíram para a diferenciação das tecnologias nucleação e restauração passiva (NxRP), sendo que a nucleação teve o maior número de indivíduos dos dois primeiros. Entre as tecnologias plantio em alta diversidade e restauração passiva (PADxRP) os grupos que mais contribuíram foram *Brachymyrmex*, *Nylanderia* e *Atta*, sendo este último mais frequente no plantio em alta diversidade e os dois primeiros com maior frequência na restauração passiva.

Para os dados de abril de 2011, a ANOSIM ($R = 0,388$; $p = 0,01$) mostrou que as tecnologias não se diferenciaram, houve apenas diferenciação entre as tecnologias e a floresta (Gráfico 2B). Os grupos *Brachymyrmex*, *Dorymirmex* e *Nylanderia* foram os que contribuíram para a diferenciação entre a tecnologia nucleação e a floresta (FLxN), uma vez que apresentaram maior frequência na floresta. Para a tecnologia plantio em alta diversidade e floresta (FLxPAD) e restauração passiva e floresta (FLxRP), a diferenciação ocorreu pela contribuição significativa dos grupos *Brachymyrmex*, *Nylanderia* e *Crematogaster*, os quais apresentaram maior frequência nas tecnologias.

Gráfico 3 - Contribuição dos gêneros de Formicidae nas tecnologias de restauração. Restauração passiva (RP), plantio de alta diversidade (PAD), nucleação (N) e floresta secundária (FL). A - novembro de 2010, B - abril de 2011. Outros: somatório dos grupos menos frequentes



Fonte: O autor, (2016).

6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

- Os grupos Myrmicinae, Formicinae, Ponerinae e Dolichoderinae foram os mais frequentes nas tecnologias de restauração e no fragmento de floresta secundária nas duas coletas;

- As tecnologias apresentaram maiores valores de abundância total de organismos durante a segunda coleta, realizada em abril de 2011, favorecidas pelo desenvolvimento inicial das tecnologias, características ambientais e hábito de vida dos Formicidae;

- O índice de diversidade de Shannon-Wiener apresentou os menores índices para a restauração passiva durante nas duas coletas, sendo os maiores valores observados para a floresta e plantio em alta diversidade;

- A floresta apresentou maior valor para o índice de uniformidade para as duas coletas, sendo entre as tecnologias os melhores índices observados pelo plantio em alta diversidade;

- As guildas funcionais se fizeram presentes em todas as tecnologias e a floresta secundária, apresentando melhor distribuição para a tecnologia plantio em alta diversidade;

- Para os dois momentos de avaliação, a tecnologia que demonstrou melhores resultado em relação aos gêneros de Formicidae, foi o plantio em alta diversidade.

7. REFERENCIAL BIBLIOGRÁFICO

ALVARES, C. A. et al. Köppen's climate classification map for Brazil. **Meteorologische Zeitschrift**, Stuttgart, v. 22, n. 6, p. 711–728, 2013.

ALVES, M. V.; BARETTA, D.; CARDOSO, E. J. B. N. Fauna edáfica em diferentes sistemas de cultivo no estado de São Paulo. **Revista de Ciências Agroveterinárias**, Lages, v.5, n.1, p. 33-43, 2006.

ALVES, M. V. et al. Macrofauna do solo influenciada pelo uso de fertilizantes químicos e dejetos de suínos no oeste do estado de Santa Catarina. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.32, p. 589-598, 2008.

ANDRADE, L. B. **O uso da fauna edáfica como bio-indicadora de modificações ambientais em áreas degradadas**. 2000. p. 51. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Ecologia) - Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2000.

ARATO, H. D.; MARTINS, S. V.; FERRARI, S. H. S. Produção e decomposição de serapilheira em um sistema agroflorestal implantado para recuperação de área egradada em Viçosa-MG. **Revista Árvore**, Viçosa, v.27, n.5, p.715-721, 2003.

ASSIS, D. S. **Influência de variáveis ambientais e sistemas agrícolas sobre a comunidade de formigas (Hymenoptera: Formicidae).** 2015. 83 f. Dissertação (Pós-Graduação em Entomologia) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2015

BACCARO, F. B. et al. **Guia para gêneros de formigas no Brasil**. Manaus. Editora INPA, 2015.

BACKES, A.; FERNANDES, A. V.; ZENI, D. J. Produção de folhedo em uma floresta com Araucaria angustifolia no sul do Brasil. **Revista de Pesquisa Botânica**, v.50, p.97-117, 2000.

BARETTA, D**. Fauna do solo e outros atributos edáficos como indicadores de qualidade ambiental em áreas com *Araucaria angustifolia* no Estado de São Paulo**. 2007. p. 159. Tese (Doutorado em Agronomia) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2007.

BARETTA, D. et a.; Fauna edáfica e qualidade do solo. In: **Tópicos em Ciência do Solo**, ed. 7, p. 119-170, 2011.

BECHARA, F. C. **Restauração ecológica de restingas contaminadas por *Pinus* no parque florestal do Rio Vermelho, Florianópolis, SC**. 2003. p. 136. Tese (Mestrado em Biologia Vegetal) - Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2003.

BECHARA, F. C. **Unidades Demonstrativas de Restauração Ecológica através de Técnicas Nucleadoras: Floresta Estacional Semidecidual, Cerrado e Restinga**. 2006. p. 249. Tese (Doutorado em Recursos Florestais) - Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz” – Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2006.

BERTOLINI, Í. C. et al. Crescimento inicial em altura de 16 espécies florestais nativas plantadas na região sudoeste do Paraná**.** In: 4° Congresso Florestal Paranaense, Curitiba, 2012. In: **Anais...** Curitiba, 2012.

BORÉM, R. A. T.; RAMOS, D. P. Variação estacional e topográfica de nutrientes na serapilheira de um fragmento de Mata Atlântica. **Revista Cerne**, v. 8, n.2, p.42-59, 2002.

BRANCALION, P. H. S. et al. Instrumentos legais podem contribuir para a restauração de florestas tropicais biodiversas. **Revista Árvore**, Viçosa, v.34, n.3, p.455-470, 2010.

BRANDAO, C. R. F.; SILVA, R. R. Silva; DELABIE, J. H. C. Neotropical Ants (Hymenoptera) Functional Groups: Nutritional and Applied Implications**. Insect Bioecology and Nutrition for Integrated Pest Management.** p 213-236. 2012.

BRASIL. Resolução n.392, de 25 de junho de 2007. Dispõe da Definição de vegetação primária e secundária de regeneração de Mata Atlântica no estado de Minas Gerais. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, Seção 1, p. 41-42, jun. 2007.

BRITEZ, R. M. Aspectos ambientais a serem considerados na restauração da Floresta com Araucária no Estado no Paraná. **Pesquisa Florestal Brasileira**, Colombo, n.55, p. 37-43, 2007.

BROWN, G. G.; MASCHIO, W.; FROUFE, L. C. M. Macrofauna do Solo em Sistemas Agroflorestais e Mata Atlântica em Regeneração nos Municípios de Barra do Turvo, SP, e Adrianópolis, PR. **Documentos 184**, Colombo, Embrapa Florestas, 2009. p.

BRUN, E. J.; CONCEIÇÃO, P. C. Matéria orgânica como indicador da qualidade do solo em florestas plantadas. In: WACLAWOVSKY, Alessandro. **Sistemas de**

Produção Agropecuária (Ciências Agrárias, Animais e Florestais). Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Câmpus Dois Vizinhos, p. 385-407, 2010.

CALIXTO, J. M. **Lista preliminar das espécies de formigas (Hymenoptera: Formicidae) do estado do Paraná, Brasil**. 2013. 34 f. Monografia (Bacharel em Ciências Biológicas) - Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2013.

CALIXTO, J. M. **Valiação dos padrões de atividades de formigas de serapilheira (hymenoptera, formicidae) nos períodos diurno e noturno.** 2016. 45 f. DIssertação (Mestrado em Ciências Biológicas) - Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2016.

CANTARELI, E. B. et al. **Diversidade de formigas (Hymenoptera:Formicidae) da serrapilheira em diferentes sistemas de uso do solo. Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 25, n. 3, p. 607-616, jul.-set., 2015.

CASTILHO, G. A. **Estrutura da fauna de formigas epígeas em fragmentos de Floresta Atlântica Semidecidual com diferentes tamanhos.** 2013. 115 f. Dissertação (Mestrado em Biologia Animal) - Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, São José do Rio Preto, 2013.

CORRÊA, R. S. **Recuperação de áreas degradadas pela mineração no Cerrado: Manual para revegetação.** 2007

CORREIA, M. E. F. et al. Organização da comunidade de macroartrópodos edáficos em plantios de eucalipto e leguminosas arbóreas. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 25., Viçosa, 1995. **Anais…** Viçosa, Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, p. 442-444, 1995.

CORREIA, M. E. F.; OLIVEIRA, L. C. M. de. Importância da fauna de solo para a ciclagem de nutrientes. Capítulo 4. In: AQUINO, A. M. de; ASSIS, R. L. de (Ed.). **Processos biológicos no sistema solo-planta: ferramentas para uma agricultura sustentável**. Brasília, DF, Embrapa Informação Tecnológica, p. 77-99. 2005.

CUNHA, G. C. et al. Dinâmica nutricional em Floresta Estacional Decidual com enfase aos minerais provenientes da deposição da serapilheira. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v.3, n.1, p. 35-64, 1993.

DERENGOSKI, J. A. **Macrofauna edáfica em áreas de restauração ecológica em uma região de transição entre a floresta ombrófila mista e a floresta estacional**

semidecidual, no sudoeste do Paraná. 2014. p.80. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia Florestal) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Dois Vizinhos, 2014.

DICKOW, K. M. et al. Produção de serapilheira em diferentes fases sucessionais de uma floresta subtropical secundária, em Antonina, PR. **Revista Cerne**, Lavras, v.18, n.1, p. 75-86, 2012.
EMBRAPA. EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA (SNLCS). **Levantamento e Reconhecimento dos solos do estado do Paraná**. Curitiba, p.196, 1984. Complementação e Atualização (SiBCS, 2006).

FELIX, M. et al. **Insetos: Uma Aventura Pela Biodiversidade**. Editora Otten. Rio de Janeiro, 2010. Disponível em: <http://www.ioc.fiocruz.br/livroinsetos/>. Acesso em: 24 ago. 2015, 22:06.

FERNANDES I.O.; DELABIE J. H. C.; FEITOSA R. S. M. 2016. Formicidae in Catálogo Taxonômico da Fauna do Brasil. PNUD. Disponível em: <http://fauna.jbrj.gov.br/fauna/faunadobrasil/2617>. Acesso em: 23 Nov. 2016.

FREITAS, A. V. L. et al. Insetos como indicadores de conservação da paisagem. **Biologia da Conservação**, Editora da UERJ, Rio de Janeiro, p. 201-225, 2006.

FLORA DO BRASIL. **Flora do Brasil 2020 em construção.** Jardim Botânico do Rio de Janeiro. Disponível em: < http://floradobrasil.jbrj.gov.br/ >. Acesso em: 11 Dez. 2016

FRÖHLICH, F. R. da S. et al. Diversidade de formigas (formicidae) em áreas de eucalipto e vegetação nativa no município de Capitão, Rio Grande do Sul. **Caderno Pedagógico**, Lajeado, v. 8, n. 2, p. 109-124, 2011.

GIRACCA, E. M. N. et al. Levantamento da meso e macrofauna do solo na microbacia do Arroio Lino, Agudo/RS. **Revista Brasileira de Agrociência**, v. 9, n. 3, p. 257-261, 2003.

GBIF. Formicidae. Disponível em: <http://www.gbif.org/species/4342>. Acesso em: 23 Nov. 2016.

GOMES, E. C. F. **Comunidades de formigas (Hymenoptera:Formicidae) em dois estágios sucessionais e em um fragmento de mata atlântica do estado de Sergipe.** 2013. 53 f. Dissertação (Mestrado em Agroecossistemas) – Universidade Federal de Sergipe, 2013

GOMES, J. P.; IANNUZZI, L.; LEAL, I. R. Resposta da Comunidade de Formigas aos Atributos dos Fragmentos e da Vegetação em uma Paisagem da Floresta Atlântica Nordestina. **Neotropical Entomology**, v. 39, p. 898-905, 2010a.

GOMES, J. B. V. et al. Relações entre atributos do solo e atividade de formigas em restingas. **Revista Brasileira de Ciências do Solo**, v. 34, p. 67-78, 2010b.

GORENSTEIN, M. R et al. Estrutura e diversidade da comunidade arbórea na trilha ecológica da UTFPR, Campus Dois Vizinhos, através do método de quadrantes. In: WACLAWOVSKY, A. **Sistemas de Produção Agropecuária (Ciências Agrárias, Animais e Florestais)**. Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Câmpus Dois Vizinhos, Resumos, 2010.

IBGE. **Indicadores de Desenvolvimento Sustentável*:* Brasil 2010.** Rio de Janeiro: IBGE, p.141-167, 2010.

IBGE. **Manual Técnico da Vegetação Brasileira**. Rio de Janeiro: IBGE, 2012. p. 271.

IMAÑA-ENCINAS, J. et al. **Contribuição dendrométrica nos levantamentos fitossociológicos**. Universidade de Brasília, Faculdade de Tecnologia, Departamento de Engenharia Florestal, Brasília - DF, 2009. 46 p.

JUNQUEIRA, M. T.; POSSO, J. R.; BARRILLI, G. H. C. Entomofauna edáfica do parque ecológico baguaçu de araçatuba , SP. **VIII Fórum Ambiental da Alta Paulista**, v. 8, n.2, p. 395-406, 2012.

KITAMURA, A. E. et al. Recuperação de um solo degradado com a aplicação de adubos verdes e lodo de esgoto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 32, p. 405-416, 2008.

KÖPPEN, W. Klassifikation der Klimate nach Temperatur, Niederschlag und Jahreslauf. **Petermanns Geographische Mitteilungen**, Hamburg, p.193-203, 1918.

LAVELLE, P.; SPAIN, A. V. **Soil Ecology**, ed. 2, Springer, Netherlands, 2005.

LEWINSOHN, T. M.; FREITAS, A. V. L.; PRADO, P. I. Conservação de invertebrados terrestres e seus habitats no Brasil. **Megadiversidade**, Vol.1, Nº.1, p.62-69, jun. 2005.

LEWINSOHN, T. M.; PRADO, P. I. How Many Species Are There in Brazil?. **Conservation Biology**, Vol. 19, n. 3, p. 619–624, jun. 2005.

LIMA, A. M. C. 11° Tomo: Himenopteros (1° Parte). In: **Insetos do Brasil**. Escola Nacional de Agronomia, 1960. p. 284.

LUTINSKI, J. A.; GARCIA, F. R. M. Análise faunística de Formicidae (Hymenoptera: Apocrita) em ecossistema degradado no município de Chapecó, Santa Catarina. **Biotemas**, v.18, n.2, p. 73 – 86, 2005.

MAACK, R. **Geografia física do Estado do Paraná.** Rio de Janeiro: J. Olympio, 1981. p.442.

MAJER, J. D. Ants: bio-indicators of minesite rehabilitation, land-use, and land conservation. **Environmental Management**, vol. 7, no. 4, p. 375-383, 1983.

MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE.**Sumário Executivo da Lista Vermelha da Fauna Brasileira Ameaçada de Extinção.** Ministério do meio Ambiente, 2016.

MIRANDA, T. A. et al. Aspectos estruturais do ambiente e seus efeitos nas assembléias de formigas em ambientes de floresta e bosque. Cadernos UniFOA, ed. 21, p. 63-72, abril 2013.

MORAES, L. F. D. et al. **Manual Técnico para a Restauração de Áreas Degradadas no Estado do Rio de Janeiro**. Rio de Janeiro : Jardim Botânico do Rio de Janeiro, 2013.

MOREIRA, P. R.; SILVA, O. A. Produção de serapilheira em área reflorestada. **Revista Árvore**, Viçosa, v 28, n.1, p.49-59, 2004.

ODUM ,E. P. **Fundamentos de Ecologia**. 6ª ed. São Paulo, Fundação Calouste Gulbenkian , 2004 .

PEREIRA, M. P. S. et al. Effects of litter heterogeneity on twig-nesting ants in native forest and eucalyptus plantations. **Neotropical Biology and Conservation**, v. 2, n.3. p. 161-164, dec. 2006.

PEREIRA, M. P. S. Et al. Fauna de formigas como ferramenta para monitoramento de área de mineração reabilitada na ilha da madeira, Itaguaí, RJ. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 17, n. 3, p. 197-204, 2007.

QUEIROZ, J. M.; ALMEIDA, F. S.; PEREIRA, M. P. S. Conservação da biodiversidade e o papel das formigas (Hymenoptera: Formicidae) em agroecossistemas. **Revista Floresta e Ambiente**, v.13, n.2, p. 37-45, 2006.

RIBAS, C. R.; SCHMIDT, F.A.; SOLAR, R. R. C.; SCHOEREDER, J. H.; VALENTIM, C.L.; SANCHES, A.L.P.; ENDRINGER F.B. Formigas podem ser utilizadas como bioindicadoras de recuperação após impactos ambientais?. **Biológico,** São Paulo, v.69, suplemento 2, p.57-60, 2007.

RIBAS, C. R. et al. Ants as Indicators in Brazil: A Review with Suggestions to Improve the Use of Ants in EnvironmentalMonitoring Programs.

RÉ, T. M. **O uso de formigas como bioindicadores no monitoramento ambiental de revegetação de áreas mineradas.** 2007. p.246. Tese (Doutorado em Engenharia de Minas e de Petróleo) - Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2007.

REIS, A.; TRES, D. R.; SCARIOT, E C. Restauração na Floresta Ombrófila Mista através da sucessão natural. **Pesquisa Florestal Brasileira**, Colombo, n.55, p. 67-73, 2007.

ROCHA, W. de O. et al. Formigas (Hymenoptera: Formicidae) Bioindicadoras de Degradação Ambiental em Poxoréu, Mato Grosso, Brasil. **Floresta e Ambiente**, v.22, n.1, p. 88-98, 2015.

SÁNCHEZ, L. E. **Avaliação de Impactos Ambientais: conceitos e métodos**. Ed. 2, São Paulo: Oficina de Textos. 2013.

SANT'ANNA, C. S.; TRES, D. R.; REIS, A. **Restauração Ecológica: Sistemas de Nucleação**. Secretaria do Meio Ambiente, São Paulo, 2010.

SANTOS, G. M. M.; DELABIE, J. H. C.; RESENDE, J. J. Caracterização da mirmecofauna (Hymenoptera:Formicidae) associada à vegetação periférica de Inselbergs (Caatinga – arbórea – estacional – semi – decídua) em Itatim – Bahia – Brasil. **Sitientibus**, Feira de Santana, n. 20. p 33 – 43. 1999.

SANTOS, N. G. B. **Gestão do Projeto de Recuperação de Áreas Degradadas: Estratégia Para Aperfeiçoamento.** 2013. p.150. Tese (Mestrado em Engenharia Agrícola) – Universidade Federal do mato Grosso. Rondonópolis, 2013.

SANTOS, T. C. C.; CÂMARA, J. B. D. **GEO Brasil 2002: perspectivas do meio ambiente no Brasil**. Brasília, Edições IBAMA, 2002.

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

SILVA, L. N.; AMARAL, A. A. Amostragem da mesofauna e macrofauna de solo com armadilha de queda. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, v. 8, n. 5, Mossoró, p. 108-115, 2013.

SILVESTRE, R. **Estrutura de Comunidades de Formigas do Cerrado**. 2000. p.216.. 216 f. Tese (Doutorado em Entomologia) - Faculdade de Filosofia, Ciências e Letras de Ribeirão Preto – USP, Ribeirão Preto, 2000.

SOUZA, P. A. de. et al. Avaliação do banco de sementes contido na serapilheira de um fragmento florestal visando recuperação de áreas degradadas. **Revista Cerne**, Lavras, v. 12, n. 1, p. 56-67, 2006.

SUGUITURU, S. S. et al. Diversidade e riqueza de formigas (Hymenoptera: Formicidae) em remanescentes de Mata Atlântica na Bacia Hidrográfica do Alto Tietê, SP. **Biota Neotrop**., vol. 13, no. 2. p 141-152. 2013.

SWIFT, M. J.; HEAL, O. W.; ANDERSON, J. M. **Decomposition in terrestrial ecosystems**, Oxford, Blackwell, 1979, p. 372.
THOMAZINI, M. J.; THOMAZINI, A. P.B.W. A fragmentação florestal e a diversidade de insetos nas florestas tropicais úmidas. **Documentos 57**, Rio Branco, Embrapa Acre, 2000. p.21.

TRENTIN, B. E. et al. Caracterização ambiental e regeneração natural na região de Dois Vizinhos-PR. In: I CONGRESSO DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA DA UTFPR–CÂMPUS DOIS VIZINHOS, Dois Vizinhos, 2011. In: **Anais...** Dois Vizinhos, p.196-200, 2011.

URAMOTO, K.; WALDER, J. M. M.; ZUCCHI, R. A. Análise Quantitativa e Distribuição de Populações de Espécies de Anastrepha (Diptera: Tephritidae) no Campus Luiz de Queiroz, Piracicaba, SP. **Neotropical Entomology**, v.34, n.1, p.33-39, 2005.

VALÉRIO, Á. F.; WATZLAWICK, L. F.; BALBINOT, R. Análise florística e estrutural do componente arbóreo de um fragmento de floresta ombrófila mista em

Clevelândia, sudoeste do Paraná. **Revista Acadêmica Ciências Agrárias e Ambientais***,* v.6, n. 2, p. 239-248, 2008.

VARGAS, A. B. et al. Efeito de fatores ambientais sobre a mirmecofauna em comunidade de restinga no Rio de Janeiro, RJ. **Neotropical Entomology**, v. 36, p. 28–37, 2007.

VARGAS, A. B.; MAYHÉ-NUNES, E. J.; QUEIROZ, J. M. Riqueza e composição de formigas de serapilheira na Reserva Florestal da Vista Chinesa, Rio de Janeiro, Brasil. **Cadernos UniFOA**. p 85 – 94. 2013.

VARJABEDIAN, R. Lei da Mata Atlântica: Retrocesso Ambiental**. Revista Estudos Avançados**, São Paulo, vol. 24, n. 68, p.147-160, 2010.

VIANI, R. A. G.; DURIGAN, G.; MELO, A. C. G. A regeneração natural sob plantações florestais: desertos verdes ou redutos de biodiversidade?. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 20, n. 3, p. 533-552, 2010.

VIANA, V. M.; PINHEIRO, L. A. F. V. Conservação da biodiversidade em fragmentos florestais. **Série Técnica**, IPEF, v. 12, n. 32, p. 25-42, 1998.

VIANA, F. E. C. **Mirmecofauna de afloramentos ferríferos: diversidade e associação com a vegetação**. 2009. 52 f. Dissertação (Pós-Graduação em Ecologia) – Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2009.

VITAL, M. H. F. Impacto Ambiental de Florestas de Eucalipto. **Revista do BNDES,** Rio de Janeiro, v.14, n.28, p. 235-276, 2007.