

UNESP – UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA “JÚLIO DE MESQUITA FILHO”
INSTITUTO DE BIOCÊNCIAS
CAMPUS DE BOTUCATU

MONITORAMENTO DA QUALIDADE AMBIENTAL DE ÁREAS
CITRÍCOLAS UTILIZANDO FORMIGAS (HYMENOPTERA: FORMICIDAE)
COMO BIOINDICADORES

RAFAEL FORTI BARBIERI

Biólogo

Dissertação apresentada ao Instituto de
Biociências de Botucatu da Universidade
Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”,
para obtenção do Título de Mestre em
Ciências Biológicas – Área de concentração
Zoologia.

BOTUCATU
Estado de São Paulo

2009

UNESP – UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA “JÚLIO DE MESQUITA FILHO”
INSTITUTO DE BIOCIÊNCIAS
CAMPUS DE BOTUCATU

MONITORAMENTO DA QUALIDADE AMBIENTAL DE ÁREAS
CITRÍCOLAS UTILIZANDO FORMIGAS (HYMENOPTERA: FORMICIDAE)
COMO BIOINDICADORES

RAFAEL FORTI BARBIERI

Biólogo

Dissertação apresentada ao Instituto de
Biociências de Botucatu da Universidade
Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”,
para obtenção do Título de Mestre em
Ciências Biológicas – Área de concentração
Zoologia.

Orientador: Prof. Dr. Luiz Carlos Forti

BOTUCATU
Estado de São Paulo

2009

FICHA CATALOGRÁFICA ELABORADA PELA SEÇÃO TÉCNICA DE AQUISIÇÃO E TRATAMENTO
DA INFORMAÇÃO
DIVISÃO TÉCNICA DE BIBLIOTECA E DOCUMENTAÇÃO - CAMPUS DE BOTUCATU - UNESP
BIBLIOTECÁRIA RESPONSÁVEL: Selma Maria de Jesus

Barbieri, Rafael Forti.

Monitoramento da qualidade ambiental de áreas citrícolas utilizando formigas (Hymenoptera: Formicidae) como biondicadores / Rafael Forti Barbieri. – Botucatu : [s.n.], 2009.

Dissertação (mestrado) – Universidade Estadual Paulista, Instituto de Biociências, Botucatu, 2009.

Orientador: Luiz Carlos Forti

Assunto CAPES: 20406002

1. Meio ambiente - Qualidade 2. Formigas 3. Zoologia

CDD 577

Palavras-chave: Agroecossistemas; Certificação ambiental; *Citrus spp*; Formigas; Grupos funcionais;

AGRADECIMENTOS

A Deus, que tornou tudo isto possível;

Todas as pessoas que, de forma direta ou indireta, contribuíram para a realização deste trabalho, especialmente:

Prof. Dr. Luiz Carlos Forti pela amizade, orientação e confiança na minha pessoa no decorrer de todo o trabalho;

Todos os amigos de trabalho do LISP – Laboratório de Insetos Sociais/Praga da Faculdade de Ciências Agrônômicas – UNESP de Botucatu, pela amizade e contribuições, sendo estes: Dra. Ana Paula Protti de Andrade Crusciol, Dr. Nilson Satoru Nagamoto, M.sc. Amanda Carlos, M.sc. Sinara Moreira, M.sc. Sandra Regina Cardoso, Nadia Caldato e David Kleber Generoso. Em especial aos amigos M.sc. Ricardo Toshio Fujihara e Dr. Roberto Camargo pelo auxílio durante toda a execução deste trabalho, e momentos de diálogo que muito acrescentaram;

Ao amigo Caio Martins Torres, por auxiliar nas coletas e processamento das amostras e pela amizade que cultivamos durante todos esses anos em que nos conhecemos;

Prof. Dra. Ana Eugênia de Carvalho Campos-Farinha, a M.sc. Maria Fernanda Miori de Zarzuela e Neiva Sibinel por auxiliarem na identificação das formigas amostradas;

Prof. Dra. Juliane Floriano Lopes, pela amizade e por auxiliar nos momentos estatísticos;

Fernando Mucoucah, Msc. Adriano Pulz, Merino Roque, Alam Kenji Minowa, e M.sc. Marcelo Carminati de Almeida, por viabilizarem a utilização das áreas de estudo utilizadas neste trabalho;

A Coordenação de Aperfeiçoamento de Nível Superior pela bolsa concedida durante todo o período de mestrado;

Minha esposa, Amanda por me apoiar durante todo este período;

Meus pais, Marco e Márcia;

Ao meu irmão Samuel.

...não temam a perfeição. Vocês não a alcançarão jamais! Se são medíocres e mesmo que façam esforços...sempre hão de ver que vocês são medíocres.

Salvador Dalí

SUMÁRIO

RESUMO.....	01
ABSTRACT.....	02
1. INTRODUÇÃO.....	03
2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	06
2.1. Ecossistemas.....	06
2.2. A citricultura no Estado de São Paulo.....	10
2.3. Modelos de cultivo.....	11
2.3.1. Agricultura convencional.....	11
2.3.2. Agricultura orgânica.....	12
2.4. Lei e diretrizes da agricultura orgânica.....	13
2.5. Bioindicadores e suas aplicações.....	15
2.6. O uso dos artrópodes como bioindicadores.....	17
2.7. Formigas como bioindicadores.....	18
2.8. Análise de dados.....	22
2.8.1. Riqueza de espécies.....	22
2.8.2. Diversidade de Shannon (H).....	23
2.8.3. Equitabilidade (J').....	23
2.8.4. Diversidade de Simpson ($1-D$).....	24
2.8.5. Análise de variância de Kruskal-Wallis (H).....	24
2.8.6. Análise de Similaridade.....	25
2.9. Grupos funcionais.....	27
3. OBJETIVOS.....	30
4. MATERIAIS E MÉTODOS.....	31
4.1. Áreas de estudo.....	31
4.1.1. Áreas de cultivo convencional.....	32
4.1.2. Áreas de cultivo orgânico.....	35
4.2. Amostragem.....	38
4.2.1. Armadilhas de solo – “ <i>pitfall traps</i> ”.....	38
4.2.2. Coletas de copa – “ <i>guarda-chuva entomológico</i> ”.....	40
4.2.3. Processamento das amostras.....	42
4.2.4. Identificação das espécies coletadas.....	42
4.3. Análise de dados.....	42
4.4. Análise de grupos funcionais.....	44
5. RESULTADOS.....	45
5.1. Análises em agrupamentos de morfo-espécies.....	45
5.1.1. Riqueza e abundância de espécies.....	45
5.1.2. Índices de diversidade.....	46
5.1.3. Análise de similaridade (Jaccard).....	48

5.1.4. Análise de variância de Kruskal-Wallis (H).....	51
5.2. Análise de grupos funcionais.....	57
5.2.1. Índices de Diversidade.....	75
5.2.2. Análise de similaridade (Morisita e Ward).....	76
5.2.3. Análise de variância de Kruskal-Wallis (H).....	79
6. DISCUSSÃO.....	84
7. CONCLUSÕES.....	99
8. CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	100
9. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	102
ANEXOS.....	115

RESUMO

Monitoramento da qualidade ambiental de áreas citrícolas utilizando formigas (Hymenoptera: Formicidae) como bioindicadores

O uso de formigas como bioindicadores constitui-se de uma ferramenta poderosa para avaliação de mudanças na estrutura dos ecossistemas, podendo ser um elo de confiança entre as partes interessadas (governo, mercado e a sociedade civil) no direcionamento de políticas públicas, e em processos de certificação, garantindo um desenvolvimento sustentável. Para validar as formigas como bioindicadores de áreas citrícolas foram amostradas quatro áreas, duas áreas de cultivo convencional e duas áreas de cultivo orgânico, e dois fragmentos florestais próximos a duas das áreas cultivadas, uma orgânica e uma convencional. A amostragem da mirmecofauna foi realizada utilizando-se armadilhas de solo tipo “*pitfall traps*” e em coletas realizadas na copa das árvores de citros através de guarda-chuva entomológico (batimento). Com os dados obtidos em campo foram calculados índices faunísticos de riqueza de espécies (S), diversidade de Shannon (H'), diversidade de Simpson ($1-D$) e equitabilidade (J') para cada área amostrada. As espécies foram ainda classificadas em grupos funcionais e submetidos a análise estatística de similaridade e de variância de Kruskal-Wallis, que quando apresentaram valores significativos ($p < 0.05$), foram pareados dois a dois em teste de Student-Newman-Keuls. Segundo os dados estatísticos obtidos e integrados a análise de grupos funcionais, a área de cultivo orgânico apresentou maior similaridade com seu fragmento florestal quando comparado à similaridade apresentada pela área de cultivo convencional e seu respectivo fragmento florestal. Ponderando as relações de dominância e os dados estatísticos obtidos em análises entre os grupos funcionais as áreas de cultivo orgânico apresentam melhor qualidade ambiental quando comparadas às áreas de cultivo convencional.

Palavras-chave: certificação ambiental; grupos funcionais, *Citrus* spp.; formigas; agroecossistemas

ABSTRACT

Using ants (Hymenoptera: Formicidae) as bioindicators to monitoring
citrus orchards environmental quality

The use of ants as bioindicators consist in a powerful tool for evaluation of changes in the structure of ecosystems, being able to be a reliable link among stakeholders (government, market and the civil society) aiming public politics and certification's processes, guaranteeing a sustainable development. To validate ants as bioindicators of citrus orchards, four agricultural areas were sampled, two of them are organic and the other two, are conventional areas. Two forest fragments, next to both cultivated areas, one organic and one conventional, were also sampled. Two methods were used to collect the ants, on soil surface using pitfall traps, and collects on canopies' citrus trees using entomological umbrella. With the data obtained in field the following indexes were calculated: Species richness (S), Shannon diversity (H'), Simpson diversity ($1-D$) and equitability (J') for each sampled area. All the collected species were classified by functional groups and submitted to similarity's analyses, and variance of Kruskal-Wallis, that when showed significant values ($p < 0.05$) were submitted to pairwise test of Student-Newman-Keuls. According to statistical data and the functional group analyses, the organic culture showed a greater similarity with its forest fragment when compared to similarity showed between the conventional culture and its own forest fragment. Considering the statistical data and dominance between the ant's functional groups, organic cultures showed better environmental quality when compared to conventional cultures.

Key words: environmental certification; functional grups; *Citrus* spp.; ants; agroecosystems.

1. INTRODUÇÃO

A expansão das fronteiras agrícolas, que ocorreu devido ao aumento da cadeia produtiva de alimentos para suprir as necessidades de uma população que, somente no Brasil, passou de 93 milhões para 170 milhões de habitantes, aproximadamente, em apenas 30 anos (IBGE, 2001), gerou uma crescente preocupação da sociedade com a preservação e conservação do meio ambiente.

O mercado consumidor exige cada vez mais que os produtos agrícolas apresentem padrões mínimos de qualidade, não apenas no que diz respeito à qualidade do produto, mas, de igual forma, qualidade em todo o processo produtivo, desde o plantio até que o produto final chegue ao mercado consumidor. Esta exigência está acompanhada de uma preocupação com o tempo de vida da agricultura frente aos modelos de cultivo utilizados atualmente na maioria dos ecossistemas agrícolas, cujo objetivo é maximizar a produtividade, utilizando para tanto técnicas que podem desestruturar os ecossistemas e causar um declínio na produtividade das áreas cultivadas devido à simplificação dos ecossistemas naturais.

Essa simplificação é tida como negativa, pois, se por um lado reduz as competições interespecíficas, favorecendo o setor produtivo em um curto prazo de tempo, por outro, impacta drasticamente os ecossistemas gerando grandes perdas à sua estrutura funcional, e, com isso, altos custos com medidas que em alguns casos buscam reparar sua estrutura e favorecer o fluxo de energia entre os subsistemas que o compõe.

Como reflexo da preocupação do mercado consumidor, nota-se um crescente aumento no interesse em aprofundar informações que demonstrem como os diversos ecossistemas funcionam e são influenciados pelos mais diversos fatores, sejam eles bióticos ou abióticos; causado por ações antrópicas ou interações interespecíficas entre os indivíduos presentes no ecossistema.

O monitoramento de ecossistemas é fundamental para se elaborar um prognóstico da qualidade ambiental, oferecendo informações que demonstre a real situação de áreas afetadas por ações que desestremem as relações

entre os organismos e o sistema onde estão inseridos. Na agricultura, uso intensivo do solo, a aplicação de fertilizantes inorgânicos, e controle químico de pragas se estabeleceram como principais práticas de cultivo para a produção agrícola, acarretando riscos ao equilíbrio dos ecossistemas. Ao utilizar-se de bioindicadores, esse prognóstico mostra-se extremamente expressivo, pois, emprega atributos ecológicos em seu delineamento.

Esses atributos buscam refletir inter-relações entre organismos e o meio onde estão inseridos (Bakelaar & Odum, 1978; Folgarait, 1998), e, com isso, demonstrar a complexidade das interações que estão ocorrendo através das estratégias desempenhadas pelos organismos ali presentes (Grime, 1977; Andersen, 1995), avaliando quais suas implicações para o funcionamento dos ecossistemas, uma vez que muitos desses organismos podem moldar e preparar o ambiente, possibilitando assim, que outros organismos ocupem os novos nichos que surgiram com as modificações geradas (Hastings *et al.*, 2007), resultado de interações entre os organismos ali presentes e o meio onde estão inseridos, incrementando a estrutura ambiental.

O uso de bioindicadores no monitoramento de ecossistemas consiste de uma abordagem ecológica que apresenta grande potencial de aplicação na avaliação de impactos causados aos mais diversos ecossistemas (Bisevac & Majer, 1999; Delabie *et al.*, 2006). Isto se torna possível através de análises que indicam, através de variações em uma situação em particular, como os organismos que estão inseridos num dado ecossistema são afetados por impactos e se relacionam com as outras espécies e com o meio onde estão inseridos (Green *et al.*, 2005).

O modelo de atuação das agências de controle ambiental tem no biomonitoramento uma ferramenta eficaz para estabelecer quais as medidas a serem tomadas pelos órgãos que atuam na sua fiscalização ou certificação, bem como, definir estratégias que guiem o processo de restauração de áreas impactadas, entretanto, este setor carece de padronizações e estudos.

As formigas mostram-se excelentes objetos de estudo na avaliação da qualidade ambiental, pois: *i)* reagem rapidamente a mudanças ambientais; *ii)* são os organismos mais abundantes na maioria dos ecossistemas terrestres; *iii)* a maioria

das espécies possui colônias fixas; *iv*) apresentam grande diversidade de espécies e habitats; *v*) alta capacidade de dispersão; *vi*) respondem rapidamente a qualidade e quantidade de recursos disponíveis, tendendo a refletir a natureza do ambiente em que ocorrem (Kaspari, 2000).

Ao utilizarmos as formigas como bioindicadores da qualidade ambiental, escolhemos uma comunidade inserida no grande sistema, neste caso, a área citrícola, para avaliar como se encontra a composição ambiental local, e, com isso, delinear a complexidade das interações entre os organismos, e, através desta complexidade, apresentar um diagnóstico da qualidade ambiental de áreas citrícolas, comparando áreas que se utilizam do método de cultivo convencional com áreas de cultivo orgânico, e com fragmentos florestais localizados próximos às áreas cultivadas, utilizados como parâmetro comparativo entre as áreas.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1. *Ecossistemas*

A diversidade biológica é tida como recurso renovável e extremamente importante para a manutenção dos recursos naturais, pois, através dela, ocorrem processos vitais que garantem o fluxo de energia nos ecossistemas, garantindo a manutenção de muitos recursos necessários para a manutenção da vida, nos fornecendo matérias-primas, energia, preservando a qualidade do ar, da água, e dos solos. Dentre os diversos componentes do ecossistema, o *indivíduo* (organismo) mostra-se como sua menor unidade, e ao interagir com outros de sua espécie ocupando uma mesma área e escala temporal, forma uma *população*. Diferentes populações interagindo na mesma escala temporal e ocupando o mesmo espaço formam *comunidades*, que, integradas ao meio físico formam o que chamamos de *ecossistema*, podendo variar de tamanho conforme ampliamos o nosso campo de visão (Miller Jr., 2007).

O conceito de ecossistema, descrito por Tansley (1935), trata pela primeira vez o que chamamos de ecossistema como um sistema físico, composto tanto por fatores bióticos como abióticos, tendo como característica fundamental as interações entre estes fatores, onde o “*clímax*” representa o mais alto estágio de integração entre seus componentes, aproximando-se de um equilíbrio dinâmico, sendo a instabilidade no ecossistema reflexo de imperfeições deste equilíbrio. Entretanto, segundo Parker & Pickett (1999), este modelo sugere que os ecossistemas são fechados e auto-reguláveis, controlando o fluxo de minerais e energia dentro dos sistemas que o compõe, onde qualquer processo que o desvie deste equilíbrio considerado um distúrbio.

Segundo Odum (1968), quando componentes bióticos e abióticos interagem pelos mais diversos e complexos caminhos trocando energia, temos como resultado o que chamamos de ecossistema, podendo interagir em diversos níveis organizacionais denominados subsistemas, entretanto, a

energia total que entra no sistema nem sempre é transformada totalmente, simplesmente passando pela estrutura que compõe o sistema.

Sutton & Harmon (1973) ao discutir o funcionamento dos ecossistemas, os tratam como um conjunto de partes (subsistemas) que formam um único sistema que chamaram de “*caixa preta*”. Nesta caixa, a energia entra e sai, podendo ser transformada e afetada por fatores bióticos e abióticos durante seu percurso dentre os diversos elementos que a compõe. A energia que sai do sistema está diretamente relacionada com a energia que entra, necessitando constantemente de novas entradas para garantir o seu funcionamento, sendo estas reguladas por mecanismos de retro-alimentação, que modulam internamente as populações dos diversos subsistemas que o compõe, assumindo os ecossistemas como sistemas abertos, influenciados por fatores externos, e sujeito a distúrbios naturais.

Em revisão feita por Odum (1992) sobre os conceitos e diferentes pontos de vista sobre o funcionamento dos ecossistemas, nos deparamos com um sistema extremamente complexo, onde as populações são as primeiras afetadas por perturbações na dinâmica dos ecossistemas; influenciando o fluxo de energia e matéria; integrando organismos, o ambiente físico, e a atividade humana, nos apresentando uma visão dinâmica sobre seu funcionamento.

As interações entre fatores bióticos e abióticos são extremamente importantes na determinação da composição dos ecossistemas. Muitos organismos podem atuar como “*engenheiros ambientais*”, alterando a composição biótica e abiótica através de modulações na oferta de recursos a outros organismos (Jones *et al.*, 1994; 1997). Essa disponibilidade de recursos pode ser positiva ou negativa, favorecendo alguns e, ao mesmo tempo, desfavorecendo outros organismos, alterando a riqueza e abundância de espécies e criando novos habitats. Os organismos ditos “*engenheiros*” podem ser classificados como *altogênicos* – transformando o ambiente por processos endógenos; ou *alogênicos* – transformando qualquer matéria, seja ela viva ou não viva, para outra conformação, diferente da apresentada antes de sua presença no ecossistema, atuando direta ou indiretamente. Ao modificar o ambiente, novos recursos são gerados e habitats são criados,

possibilitando a colonização do ecossistema por novas espécies e enquanto as modificações geradas estiverem disponíveis, as espécies terão suporte para sua sobrevivência (Hastings *et al.*, 2007).

Alguns organismos possuem a habilidade de modificar a estrutura dos ecossistemas, aumentando a complexidade das interações entre as diferentes populações que o ocupam, determinando quais os caminhos a serem tomados. Isto indica que os organismos presentes possuem uma relação estreita com distúrbios a estrutura dos ecossistemas, sejam eles causados por fatores internos ou externos, promovendo sucessões que alterarão a composição dos ecossistemas, ocupando nichos disponíveis, e promovendo desde a reestruturação do solo até o estabelecimento de interações entre diferentes organismos.

A teoria da *r*- e *K*- seleção (MacArthur, 1962; MacArthur & Wilson, 1967; Pianka, 1970) propõe que organismos com alta capacidade de aumentar suas populações seriam favorecidos durante a colonização dos ecossistemas. Organismos ditos “*estrategistas r*” possuem alta capacidade em colonizar habitats, com altas taxas de crescimento populacional, entretanto, com baixa capacidade de competição. Já os organismos “*estrategistas K*” competem bem por novos nichos, mas tendem a se desenvolver mais lentamente.

Essa competição na busca por novos nichos é regulada pela disponibilidade de recursos, pela variabilidade ambiental, e por fatores dependentes ou independentes da densidade (Reznick *et al.*, 2002).

Muitas alterações ocorrem no tamanho das populações, entretanto, quando essas flutuações são causadas por alterações climáticas ou outros fatores não vinculados às populações, por exemplo, tempestades ou invernos rigorosos, estes são considerados mecanismos independentes da densidade, onde após grande mortalidade das populações afetadas gera-se uma grande disponibilidade de recursos, causando um grande aumento no tamanho de algumas populações que rapidamente utilizam os recursos disponibilizados, sendo estas chamadas por MacArthur de *estrategistas r*.

Em ambientes estáveis, onde as relações dependentes da densidade mostram-se refletidas por grandes pressões intra-específicas na busca por

recursos que não ultrapassam a capacidade de suporte do ambiente, a densidade da população torna-se limitante para seu crescimento devido à escassez de recursos, caracterizando o termo estrategistas **K**-.

Segundo Murdoch (1994), os mecanismos que determinam as relações dependentes da densidade são essenciais para a manutenção das espécies, regulando e estabilizando o equilíbrio dos ecossistemas através da dinâmica apresentada pelas populações no tempo e no espaço. Este equilíbrio é mantido devido a constantes mecanismos de retroalimentação que contribuem com saídas (por exemplo, predação) e, através de refúgios e mecanismos reprodutivos que contribuem constantemente com o restabelecimento da estabilidade ao sistema, modulando a densidade das populações.

Para Grime (1977), o estresse é caracterizado por pressões externas que atuam limitando um determinado fator produtivo, causando distúrbios que afetam a densidade das populações. Quando em baixa intensidade são característicos de habitats produtivos, apenas modulando os mecanismos competitivos que determinam as relações entre seus componentes. Entretanto, quando em alta intensidade são característicos de impactos severos sobre a composição e estrutura do ecossistema, afetando espécies altamente competitivas e favorecendo espécies mais tolerantes e preparadas para explorar as condições geradas temporariamente pelo estresse produzido.

Grime (1977) delineou três estratégias (figura 1) a que chamou de estrategistas **R** (ruderais), característicos de ambientes altamente produtivos e com distúrbios expressivos; estrategistas **S** (tolerantes ao estresse), resistentes a ambientes sobre condições improdutivas causadas por estresse; e estrategistas **C** (competidores); com habilidades competitivas e relacionados a ambientes não perturbados.

O modelo de colonização proposto por Grime demonstra uma seqüência na ocorrência de organismos nos ecossistemas, adaptados para as condições a que estão sendo submetidos, demonstrando variações em densidade e dominância, controlando a composição do sistema por mecanismos positivos e negativos de retroalimentação.

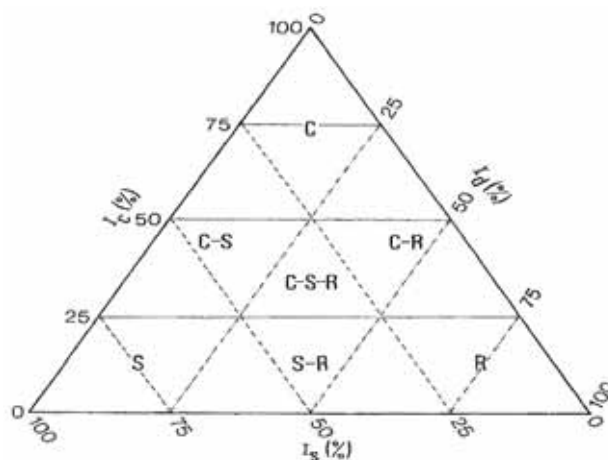


Figura 1. Extraído de Grime (1977). Classificação das comunidades em relação ao estresse e distúrbio onde: (C) - competidoras; (S) – estresse tolerante; (R) – ruderais.

2.2. A citricultura no Estado de São Paulo

Os citros compreendem um grande grupo de plantas do gênero *Citrus* e outros gêneros afins (*Fortunella* e *Poncirus*) ou híbridos da família Rutaceae, representado, na maioria, por laranjas (*Citrus sinensis*), tangerinas (*Citrus reticulata* e *Citrus deliciosa*), limões (*Citrus limon*), limas ácidas como o Tahiti (*Citrus latifolia*) e o Galego (*Citrus aurantiifolia*), e doces como a lima da Pérsia (*Citrus limettioides*), pomelo (*Citrus paradisi*), cidra (*Citrus medica*), laranja-azeda (*Citrus aurantium*) e toranjas (*Citrus grandis*) (Mattos Junior *et al.*, 2005).

As plantas do gênero *Citrus* são nativas do sudeste do continente asiático, entretanto, no Brasil encontraram condições favoráveis ao seu desenvolvimento, o que facilitou sua dispersão por todo país após sua introdução pelos portugueses no início do século XVI, tendo como foco de dispersão o município de Cananéia, localizada no litoral do Estado de São Paulo, sendo hoje cultivadas em muitas regiões do mundo, embora as principais áreas produtoras se encontrem em regiões subtropicais (Donadio *et al.*, 2005).

Na cidade de Limeira, localizada no interior do Estado de São Paulo, iniciou-se uma grande expansão da cadeia produtiva em meados de 1930, atingindo varias cidades do interior paulista que também se tornaram grandes produtores citrícolas, atingindo na década de 80 um total de 12 milhões de mudas plantadas anualmente, chegando ao número de 170 milhões de plantas ocupando 800 mil ha. O Brasil, até

o momento, é o maior produtor e exportador de suco concentrado, sendo o Estado de São Paulo responsável por 78,2% de toda a produção nacional (Donadio *et al.*, 2005).

Dentre as pragas e doenças que acometem a citricultura, destacam-se os ácaros, cochonilhas, coleobrocas (besouros que perfuram o tronco e ramos), pulgões, moscas-das-frutas, lagartas, cochonilhas e formigas. Entretanto, as doenças mais comuns são causadas por fungos: verrugose (lesões nas folhas e brotos), gomose (afeta os ramos, raízes e caule), melanose (lesões nos frutos, folhas e ramos), rubelose (ramos e tronco), mancha preta (frutos), e bactérias: cancro cítrico (folhas, ramos e frutos), clorose variegada dos citros (folhas e frutos) e *huanglongbing* (HLB). A manutenção do pomar em bom estado fitossanitário requer vigilância sistemática e efetiva ao aparecimento de problemas (Mattos Junior *et al.*, 2005).

2.3. Modelos de cultivo

2.3.1. Agricultura Convencional

Tendo como objetivo a maximização da produção em um menor período de tempo, a agricultura convencional se utiliza de práticas que podem desestabilizar a dinâmica ecológica dos ecossistemas agrícolas. O cultivo intensivo do solo, monocultura, irrigação, aplicação de fertilizantes inorgânicos, controle químico de pragas, e o melhoramento genético, formam a base da agricultura convencional que se iniciou com a revolução verde na década de 60 e se estabeleceu como principal método de cultivo para a produção agrícola, comprometendo o equilíbrio dos ecossistemas devido às grandes alterações que suas práticas culturais proporcionam.

O uso intensivo do solo, que conta com auxílio de máquinas envolvidas desde a preparação do solo para o plantio, até o momento de colheita, gera perda de matéria orgânica e compacta o solo. Devido à falta de cobertura vegetal, toda a matéria orgânica é lixiviada, forçando o produtor a utilizar adubação química, e o solo compactado devido ao trânsito de maquinário, força o agricultor a tomar medidas corretivas para descompactação do solo (Gliessman, 2001). A

compactação, somada à falta de cobertura do solo, aumentam também os riscos de erosão, pois, a capacidade de drenagem do solo é reduzida e a falta de cobertura facilita a perda de grandes quantidades de solo pela ação da água e do vento (Bonilla, 1992).

Os agrotóxicos surgiram com a promessa de acabar com organismos que competiam diretamente com as espécies cultivadas, reduzindo as perdas e conseqüentemente aumentando a produtividade das lavouras. O uso desta prática reduz a população de pragas, entretanto, reduz concomitantemente a população de predadores naturais, proporcionando que futuramente a população da praga aumente, forçando o agricultor a utilizar novamente o controle químico, podendo desenvolver em algumas espécies, resistência ao produto e indiretamente contaminando rios, reservatórios de água subterrânea e incorporando esses elementos na cadeia alimentar (Gliessman, 2001), uma vez que muita das moléculas químicas utilizadas atualmente no controle de pragas possui alta persistência no ambiente (Tomlin, 2000).

O modelo de maximização se utiliza de aplicação intensa de adubos químicos, solúveis em água, inibindo o desenvolvimento dos microorganismos do solo, gerando com isso processos de desertificação, tornando os solos inutilizáveis. Os adubos são rapidamente absorvidos pelas plantas, levando em conta apenas o retorno em curto prazo, desconsiderando a importância da microbiota presente no solo (Bonilla, 1992).

Facilmente lixiviados, principalmente em ambientes irrigados, os fertilizantes químicos acabam em rios e córregos, causando a eutrofização, e contaminando a água subterrânea, podendo provocar danos à saúde da população que se utiliza desta água (Gliessman, 2001).

2.3.2. Agricultura Orgânica

Dentre as práticas culturais que regem a agricultura orgânica, o reconhecimento da importância dos microorganismos e da matéria orgânica do solo sobre o desenvolvimento das plantas, a exclusão de fertilizantes e pesticidas sintéticos, o uso do controle biológico de pragas, e respeito os ecossistemas naturais (tendo como base os conceitos ecológicos); a agricultura orgânica trata o

sistema agrícola como um corpo vivo, buscando um equilíbrio entre produtividade e gastos energéticos, assegurando uma continuidade no fluxo produtivo (Bonilla, 1992).

A agricultura orgânica tem como principal premissa preservar e melhorar as propriedades físicas, químicas e biológicas do solo, utilizando para tanto técnicas capazes de enriquecer o solo com matéria orgânica (esterco ou resíduos orgânicos), substratos que mantenham a microbiota do solo, que quebra moléculas complexas em moléculas simples sendo facilmente absorvidas pelas raízes das plantas, e, mantendo assim a fertilidade do solo em longo prazo (Altieri, 2002).

Ao preservar as características biológicas do solo, garantimos que as suas propriedades físicas e químicas se mantenham. Isto ocorre devido à ação dos organismos que formam uma estrutura chamada húmus, que estabiliza o pH do solo, definitivo no processo de disponibilização dos nutrientes a serem absorvidos pelos vegetais, e mantendo a estrutura do solo, melhorando sua aeração e infiltração, reduzindo a perda de solo por processos erosivos (Bonilla, 1992).

Na ocorrência de pragas em áreas orgânicas evita-se combatê-las. Práticas de manejo adequadas podem evitar muitos problemas, principalmente no que diz respeito ao controle de ervas daninhas. O controle biológico, o controle biológico artificial, e o uso de inseticidas vegetais, como a nicotina, são as principais ferramentas utilizadas por produtores orgânicos no controle de pragas e doenças.

No controle biológico artificial, a população de predadores, nativos ou introduzidos, reduz a população da praga, podendo utilizar fungos, bactérias, vírus, protozoários ou até mesmo outros artrópodes, no controle da praga (Bonilla, 1992).

Segundo Altieri (2002), o controle biológico em monoculturas é deficiente, pois estes carecem de recursos adequados ao desempenho efetivo de inimigos naturais, entretanto, em sistemas de cultivo diversificados, a diversidade de habitats pode favorecer a abundância e eficiência dos inimigos naturais.

2.4. *Lei e diretrizes da agricultura orgânica*

A lei 10.831 de 23 de dezembro de 2003, regulamentada em 27 de dezembro de 2007, dispõe sobre a agricultura orgânica (Casa Civil, 2007).

Dentre as diretrizes apresentadas pela legislação. Consta no Artigo 3º: i) parágrafo VI – “preservação da diversidade biológica dos ecossistemas naturais e a recomposição ou incremento da diversidade biológica dos ecossistemas modificados em que se insere o sistema de produção”; ii) parágrafo XI – “adoção de práticas na unidade de produção que contemplem o uso saudável do solo, da água e do ar, de modo a reduzir ao mínimo todas as formas de contaminação e desperdícios desses elementos”; iii) parágrafo XII – “utilização de práticas de manejo produtivo que preservem as condições de bem-estar dos animais”; iv) parágrafo XIII – “incremento dos meios necessários ao desenvolvimento e equilíbrio da atividade biológica do solo; parágrafo XVI - conversão progressiva de toda a unidade de produção para o sistema orgânico”.

No Artigo 7º, permite a produção paralela nas unidades de produção e estabelecimentos onde haja cultivo ou processamento de produtos orgânicos, desde que os produtos orgânicos sejam claramente separados dos produtos não orgânicos.

O Artigo. 10 determina a elaboração de manual das boas práticas de produção orgânica. Em seu Parágrafo único, diz que o manual deverá orientar a melhoria contínua dos sistemas orgânicos de produção por meio da adoção progressiva de boas práticas de manejo, sempre que forem verificadas as condições necessárias para tanto.

No Artigo 29º fica determinado que o órgão responsável pela avaliação de conformidade de áreas de produção orgânica fica sobre cargo do Sistema Brasileiro de Avaliação da Conformidade Orgânica, órgão gerido pelo Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento – a quem compete atuar na fiscalização dos organismos de avaliação da conformidade orgânica através da Comissão Nacional da Produção Orgânica (CNPOrg), cujos objetivos, determinados no Artigo 33º, visam auxiliar em ações necessárias ao desenvolvimento da produção orgânica, tendo por base a integração entre os diversos agentes da rede de produção orgânica do setor público e do privado, e a participação efetiva da sociedade no planejamento e gestão democrática das políticas públicas do setor.

Cabe ainda ao Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento: credenciar os organismos de avaliação de conformidade, seja ele públicos ou

privados, que serão credenciados a certificar e auditar sistemas de produção orgânica, conforme consta no Artigo 36º.

A concessão ou a manutenção da certificação será precedida de auditoria, a ser realizada por organismo de avaliação da conformidade credenciado junto ao Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento, com a finalidade de avaliar a conformidade com as normas regulamentadas para a produção orgânica. Os procedimentos utilizados no processo de certificação deverão seguir os critérios reconhecidos internacionalmente para organismos certificadores, acrescidos dos requisitos específicos estabelecidos nos regulamentos técnicos brasileiros de produção orgânica.

Para garantir a qualidade do processo produtivo dentro das diretrizes determinadas, as ações de inspeção e de fiscalização devem ser executadas de forma permanente e constituirão de atividades de rotina. Os métodos oficiais de análise, compreendendo a coleta de amostras, as determinações analíticas, a interpretação dos resultados e os modelos de certificados oficiais de análise serão previamente definidos pelo Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento, cabendo aos agentes fiscalizadores coletar amostras necessárias para efetuar determinações microbiológicas, biológicas, físicas e químicas de matéria-prima, insumos, subprodutos, resíduos de produção, beneficiamento e transformação de produtos orgânicos, assim como de solo e água, a fim de verificar o atendimento das condições relativas à qualidade ambiental.

2.5. Bioindicadores e suas aplicações

Os bioindicadores são descritos por Blandin (1986 *apud* Jamil, 2001) como um organismo ou um conjunto de organismos que possibilita a caracterização da situação em que se encontra um dado ecossistema, indicando modificações naturais ou provocadas por fatores externos, que estariam expressos na presença, ausência ou abundância de certas espécies, fornecendo informações sobre a qualidade do ambiente estudado.

Segundo Spellerberg (1991), distúrbios e mudanças nas variáveis ambientais, terão como conseqüência uma mudança na composição das espécies, sendo que, algumas dessas mudanças podem ser utilizadas para

determinar a condição estrutural em que se encontra o ambiente quando comparado a variável ambiental em questão, podendo esta análise se estender para as populações ou comunidades presentes.

Carignan & Villard (2002) apresentam uma visão muito crítica sobre o uso de bioindicadores, buscando estabelecer um critério para escolha de organismos que representem de forma concisa a integridade do ecossistema, pois cada ecossistema possui composição e características únicas, determinadas ao longo do tempo por interações entre fatores bióticos e abióticos, não podendo ser representada por um ponto final (*clímax*), nos mostrando que a integridade do ecossistema é extremamente subjetiva, e determinada por uma visão humana.

Segundo Karr & Dudley (1981) a integridade do ecossistema consiste na capacidade em dar suporte e manter o equilíbrio entre as espécies que o compõe, mantendo a diversidade e a organização funcional do sistema similar ao de áreas não perturbadas que estiverem próximos.

Jeffrey & Madden (1991) mostram diversos organismos e metodologias que podem ser usados como bioindicadores da integridade dos ecossistemas, utilizando desde organismos ditos mais simples, como os fungos e líquens; até organismos altamente estruturados, como invertebrados terrestres, aves e mamíferos.

Para Carignan & Villard (2002), devemos considerar caso a caso qual bioindicador deve ser utilizado, sugerindo o uso de invertebrados e plantas em uma escala mais sutil, devido à ligação íntima destes grupos nos processos vitais dos ecossistemas; e organismos maiores, ditos superiores, como alguns mamíferos e répteis, em escalas de maior grandeza, localizando as aves entre estes dois grupos, pois respondem às variações ambientais em várias escalas espaciais. Ao definir critérios para determinação de potenciais bioindicadores, indicam espécies que: ocupem grande variedade de habitats; ocupem amplas áreas de diversas formas estruturais; e que dependam de processos ecológicos, exibindo assim ampla sensibilidade a fatores que venham a perturbar ou modificar seus processos naturais. Entretanto, devem possibilitar uma análise contínua, estabelecendo padrões que nos indiquem de modo claro como se encontra a integridade do ecossistema.

Brouwer & Crabtree (1999) discutem a importância do desenvolvimento de novas aplicações para o uso de bioindicadores, podendo estes ser utilizados como mecanismos de tomada de decisão para políticas agrícolas e ambientais que busquem através do monitoramento práticas sustentáveis baseadas em informações científicas sobre o funcionamento dos ecossistemas, determinando quais os mecanismos necessários para manter sua composição, estrutura e funcionalidade, garantindo assim o fluxo energético entre os vários sistemas que compõe o ecossistema.

2.6. O uso dos artrópodes como bioindicadores

Dentre os diversos grupos de organismos presentes nos ecossistemas, os artrópodes representam cerca de 60% de toda a biodiversidade do planeta, totalizando aproximadamente 1.000.000 espécies catalogadas, sendo que, os insetos, que compreendem grande parte dos artrópodes, possuem cerca de 925.000 espécies catalogadas (Miller Jr., 2007).

Por serem componentes importantes nos ecossistemas, o uso de artrópodes mostra-se viável para os estudos sobre impactos ambientais. Segundo Majer (1989), isto se torna possível por tratar-se de um grupo que ocupa vários níveis na cadeia trófica, e estarem intimamente ligados a vários processos funcionais na restauração dos ecossistemas.

Segundo Panizzi & Parra (1991), se imaginarmos um ambiente, com fatores bióticos e abióticos como, quantidade e qualidade de alimento, luz, umidade e ausência de inimigos naturais, este ambiente seria ideal para que os insetos atingissem seu potencial fisiológico máximo de suas atividades biológicas. Já em ambientes naturais, com variações constantes nos componentes bióticos e abióticos, ocorreriam reduções em seu potencial fisiológico, gerando respostas fisiológicas e comportamentais que acarretariam em consequências ecológicas, determinando vários estilos de vida, favorecendo a ocupação dos diversos nichos disponíveis no ecossistema.

Se a dinâmica estrutural do ecossistema não estiver restaurada este não conseguira atingir um equilíbrio dinâmico (Majer, 1989). Para tanto, algumas funções e processos básicos devem ser reestruturados, sendo que em vários destes

processos os artrópodes estão envolvidos, como: as formigas e cupins contribuindo com a pedogenese (Abbott, 1989); abelhas contribuindo com a polinização (Conceição *et al.*, 2004); e besouros predadores controlando populações de outros insetos (Kromp, 1999), favorecendo a diversidade do grupo.

Muitos estudos com vários grupos taxonômicos estão sendo conduzidos com o objetivo de se obter um diagnóstico da integridade de ecossistemas, como: Isopoda (Paoletti & Hassall, 1999); Araneae (Paoletti *et al.*, 1991 *apud* Marc *et al.*, 1999); Hemiptera (Massei, 1958); Coleoptera (Bohac, 1990); e Formicidae (Andersen, 1995). Entretanto, alguns grupos apresentam um maior potencial para serem utilizados como bioindicadores. Isto se torna possível devido à grande quantidade de informações disponíveis e facilidade de coleta de alguns grupos, como as formigas (Hymenoptera: Formicidae).

2.7. Formigas como bioindicadores

Dentre os artrópodes terrestres as formigas apresentam-se ótimos bioindicadores. Isto ocorre devido à previsibilidade das respostas das formigas a distúrbios, o que possibilitou a criação de um protocolo para o uso das formigas como bioindicadores da qualidade ambiental “*The All Protocol: A standard protocol for the collection of Ground-Dwelling Ants*” (Agosti & Alonso, 2000).

As formigas são os animais mais abundantes em pomares citrícolas (Samways, 1983), e, segundo Fowler *et al.*, (1991) na maioria dos ecossistemas terrestres; buscando seu alimento na superfície, que pode ser: o solo, a serrapilheira ou as plantas. Estima-se que em áreas tropicais e subtropicais, possa chegar a 500 o número de espécies de formigas, entretanto, em habitats homogêneos, como cultivares anuais e campos de gramíneas, o número de espécies é relativamente baixo, entre 10 a 100 espécies.

A maioria dos grupos de formigas apresenta alta variabilidade alimentar, diversificando suas fontes de obtenção de alimento, ocupando as mais diferentes funções dentro da cadeia trófica. Sementes, néctar e corpúsculos alimentares das plantas são importantes fontes de carboidratos e aminoácidos. Um dos alimentos mais comuns entre algumas formigas é o “*honeydew*”, uma secreção líquida

expelida pelo ânus de afídeos e outros homópteros sugadores de plantas, que recebem proteção das formigas em troca de alimento (Fowler *et al.*, 1991). A dieta mais especializada surgiu entre as formigas da tribo Attini e caracteriza-se pela preferência por folhas verdes que são cortadas e transportadas para o interior da colônia, onde são processadas para servir de substrato para o cultivo do fungo simbiote (Weber, 1972).

Conforme mencionado acima, as formigas podem ocupar os mais diversos níveis tróficos, apresentando dietas bem generalizadas, o que implica em grandes sobreposições de nichos alimentares entre as espécies, podendo gerar uma especialização da dieta e intensa competição por nichos tróficos, sendo este um fator que pode limitar a ocupação de determinadas espécies em um determinado ambiente (Fowler *et al.*, 1991).

Segundo Kaspari (2000) a disponibilidade de locais para nidificação da colônia também é um fator limitante à ocupação do habitat por novas espécies, sendo o padrão estrutural do habitat fator determinante para que haja incremento na diversidade de espécies de formigas, onde, quanto maior a disponibilidade de substratos para a nidificação, maior será o número de espécies coexistentes, entretanto, restringindo sua atividade a determinados períodos do dia ou do ano, reduzindo assim a competição e o risco de predação por outras espécies que coexistem no mesmo habitat.

Os programas de monitoramento ambiental têm como primícia à descrição das comunidades presentes em um determinado habitat, levando em consideração seu tipo, função e diversidade (Bisevac & Majer, 1999; Delabie *et al.* 2006).

Segundo Kaspari (2000), ao analisarmos uma comunidade, descrevemos a sua forma, tamanho e biomassa. As formigas possuem colônias fixas, e com diferenças de castas, levando o autor a refletir em como as colônias variam em tamanho e forma, gerando custos e benefícios que refletem na redução ou aumento do número de indivíduos na colônia e buscando uma forma de ajuste, ocupando nichos disponíveis em seu habitat.

Em experimentos realizados por Kaspari & Byrne (1995), foi demonstrado que ocorrem flutuações no número de indivíduos da colônia quando também variadas às condições ambientais, entretanto, essas flutuações se concentram na casta de operárias, que são responsáveis pela obtenção de alimento para a colônia.

As formigas desempenham varias funções nos ambientes que ocupam podendo ser consideradas engenheiros ecológicos (Hastings *et al.*, 2006), alterando fisicamente os ambientes por elas ocupados e com isso moldando o ecossistema, possibilitando que outros organismos o ocupem. Kaspari (2000) coloca algumas espécies de formigas em uma posição de perturbadoras (ex. *Eciton burchelli*), abrindo novos nichos quando inseridas na comunidade; destaca ainda a importância de outras espécies no processo de aeração do solo (ex. *Atta* spp.; *Acromyrmex* spp.), construindo túneis, galerias e câmaras subterrâneas (Moreira *et al.*, 2004); e na dispersão de sementes (ex. *Linepithema humile*) (Brown, 2000).

Fowler *et al.* (1991) destaca ainda a importância das formigas atuando em todos os níveis de determinadas cadeias tróficas, constituindo o item alimentar mais importante de algumas aves, e ajudando na re-incorporação de carcaça de animais mortos.

As formigas apresentam grande diversidade de espécies, habitats, e funções nos ecossistemas, entretanto, Kaspari (2000) nos relembra que estudos de diversidade levam em conta o número e a identidade de espécies de uma determinada área, destacando que a riqueza de espécies é uma variável complexa que deve ser cuidadosamente estudada, pois, determina as relações interespecíficas entre os indivíduos, moldando quais espécies irão conseguir se estabelecer no ambiente ocupado.

Brown (1997) estabeleceu um ranqueamento de potenciais insetos para serem utilizados como bioindicadores levando em conta a praticidade de uso, sendo que as formigas atingiram 19 pontos de um total máximo de 20.

As formigas vêm sendo utilizadas como bioindicadores de perturbações ambientais por muitos autores (Majer, 1983; Kaspari & Majer, 2000; Underwood & Fisher, 2006; Vargas *et al.*, 2007), todos objetivando avaliar mudanças na estrutura ambiental de ecossistemas no tempo e no espaço.

Majer (1992) avaliou áreas mineradas reabilitadas; Majer & Delabie (1999) e Vasconcelos (1999) avaliaram diferentes práticas de uso do solo; Ramos *et al.* (2003), o efeito de iscas formicidas, utilizadas no controle de formigas cortadeiras, na mirmecofauna não alvo em florestas de eucalipto.

O trabalho realizado por Rocha (2004) mostra o potencial do uso das formigas como bioindicadores. A Constituição Federal de 1988, em seu artigo

225, §2, obriga a recuperação das áreas degradadas por mineração, de acordo com as soluções técnicas exigidas pelo órgão público competente (IBAMA, 1990). O plano de recuperação, contendo as metas determinadas a serem cumpridas em curto (recomposição da paisagem) e longo prazo (auto-sustentação dos processos de recuperação), devem fazer parte do Estudo de Impactos Ambientais (EIA) e do Plano de Controle Ambiental (PCA), podendo-se utilizar as formigas na determinação de modelos para análise do processo de recuperação das áreas pelo empreendedor, determinando padrões mínimos de qualidade para entrega da área impactada.

Da mesma forma, se padrões de análise que visem monitorar alterações na estrutura que compõe a assembléia de formigas forem estabelecidos – não de forma estocástica, mas ponderando tanto as relações de diversidade e abundância dos diferentes grupos que compõem as áreas citrícolas – estes irão refletir a complexidade das interações que estão ocorrendo entre as comunidades que compõe o ecossistema onde estão inseridos, e assim, nos fornecer informações que auxiliem no processo de monitoramento da qualidade ambiental de áreas citrícolas, conforme determinado na Lei de Orgânicos (Lei nº10831).

Segundo Silvestre & Silva (2001), a utilização de formigas como bioindicadores torna-se possível, pois reconhecemos grupos funcionais (guildas) nos ecossistemas que respondem a mudanças ambientais.

Para Kremen *et al.* (1993), podemos acessar a qualidade ambiental com estudos da fauna de formigas avaliando:

- i) Presença ou ausência de espécies raras indicadoras de estágios sucessionais definidos;
- ii) As diferenças entre populações de diferentes áreas;
- iii) Os grupos funcionais associados às condições específicas do habitat.

2.8. Análise de Dados

A utilização de análises estatísticas é fundamental para a avaliação dos dados obtidos em campo para determinação da integridade de ecossistemas. As análises demonstram com razoável precisão semelhanças ou diferenças entre diferentes áreas estudadas, que quando comparadas nos fornecem informações sobre o impacto gerado ou como se encontra o processo de recuperação de um dado ecossistema, entretanto, não representam uma cópia da realidade sobre o funcionamento de um sistema ecológico. Os fatores considerados são estimados, e algumas variáveis que podem influenciar os dados gerados podem ser excluídas, entretanto, ajuda-nos a testar hipóteses, nos dando um limite de aceitação da hipótese gerada (Farmer & Wiens, 1999).

Segundo Spellerberg (1991), o número de espécies, a composição das espécies e a proporção da abundância de espécies são determinantes para o monitoramento. Com estes dados, plotados em modelos, serão gerados índices que auxiliarão na determinação da integridade ambiental.

Muitos modelos matemáticos são desenvolvidos e aprimorados à medida que novos estudos estão sendo feitos na busca de um melhor entendimento sobre o funcionamento dos ecossistemas (Kroon *et al.*, 2000; Stanley, 2000; Tienderen, 2000), nos proporcionando maior segurança na avaliação da integridade de ecossistemas.

2.8.1. Riqueza de espécies

A proposta apresentada por Margalef (1958) é a mais utilizada, pois independe do tamanho da amostra. Esta embasada nas relações entre a riqueza de espécies (**S**), e o número total de indivíduos observados (**n**), podendo variar de acordo com o esforço amostral.

O índice de Margalef é expresso por:

$$R1 = \frac{S - 1}{\ln(n)}$$

Onde: R = riqueza de espécies

S = número total de espécies

n = número total de indivíduos observados

2.8.2. Diversidade de Shannon (H')

Baseado na teoria de Shannon & Weaver (1949), nos fornece informações sobre quão comuns ou raras são as espécies amostradas. Onde $H' = 0$ se apenas uma espécie for registrada na amostra, e H' se apresenta com valor máximo se todas S espécies amostradas estiverem representadas pelo mesmo número de indivíduos, igualmente nas amostras.

O índice de diversidade de Shannon (H') pode ser expresso por:

$$H' = - \sum_{i=1}^{s^*} (p_i \ln p_i)$$

Onde: H' = Índice de diversidade de Shannon

s^* = Número total de espécies na comunidade com as abundâncias conhecidas

p_i = parâmetro populacionais de abundância em cada amostra

2.8.3. Equitabilidade (J')

Proposto por Pielou (1975), o índice avalia como os dados de abundância estão distribuídos entre as espécies que compõem, neste caso, a assembléia de formigas. Quando as espécies amostradas encontram-se igualmente abundantes o índice expressa valor máximo, entretanto, decai para zero se as abundâncias relativas fogem de um padrão de igualdade.

O índice de equitabilidade de Pielou (J') pode ser expresso por:

$$E1 = \frac{H'}{\ln(S)} = \frac{\ln(N1)}{\ln(N0)}$$

Onde: $E1$ = Índice de equitabilidade de Pielou

H' = valor obtido do índice de diversidade de Shannon

S = Número total de espécies amostradas

2.8.4. Índice de diversidade de Simpson ($1 - D$)

Proposto por Simpson (1949), o índice sugere que a diversidade está inversamente ligada à probabilidade de que dois indivíduos, aleatoriamente selecionados de uma amostra, pertençam à mesma espécie (ou a outra categoria de agrupamento proposta).

O índice varia de 0 (menor valor de diversidade) até aproximadamente 1 ($1 - 1/s$), demonstrando o número de espécies em comum necessárias para garantir heterogeneidade, onde **1-D** expressa a probabilidade de que dois indivíduos selecionados aleatoriamente de uma amostra pertençam a diferentes espécies.

O índice de Simpson é expresso por:

$$1 - \hat{D} = 1 - \sum_{i=1}^s \left[\frac{n_i(n_i - 1)}{N(N - 1)} \right]$$

Onde: $(1 - D)$ = Índice de diversidade de Simpson

n_i = número de indivíduos da espécie i na amostra

N = número total de indivíduos na amostra

S = número de espécies na amostra

2.8.5. Análise de variância de Kruskal-Wallis (H)

Desenvolvido por Kruskal & Wallis (1952), é um teste não paramétrico indicado para analisar a igualdade das medianas de amostras univariadas entre diferentes grupos com distribuição não normal. Isto se torna possível devido à normalização dos dados obtidos, atribuindo-lhes um nível significabilidade através de ranqueamento.

O teste pode ser expresso por:

$$K = (N - 1) \frac{\sum_{i=1}^g n_i (\bar{r}_i - \bar{r})^2}{\sum_{i=1}^g \sum_{j=1}^{n_i} (r_{ij} - \bar{r})^2}$$

Onde: K = valor de H calculado

g = número de amostras

n_i = número de observações na i^{a} amostra

$N = \sum n_i$, número de observações em todas as amostras

r = ranking atribuído à amostra

r_i = a soma dos ranking na i^{a} amostra.

Quanto maior é o valor de H (na formula acima representado por K), maior é a rejeição da hipótese nula ($p < 0,05$), aceitando similaridades entre os dados. Quando significativos ($p < 0,05$), os dados foram comparados em pares por Student-Newman-Keuls (SNK).

2.8.6. Análise de Similaridade

O coeficiente de similaridade nos informa quão distinta (ou similar) é a composição de espécies de diferentes áreas, nos fornecendo uma análise descritiva das similaridades apresentadas (Krebs, 1998).

O coeficiente de similaridade pode ser calculado levando em conta apenas a presença ou ausência de dados (binário) ou quantitativamente, considerando a abundância (número de indivíduos) de cada componente a ser analisado.

A proposta de Jaccard avalia os dados de forma binária, considerando apenas a presença ou a ausência de dados.

O coeficiente pode ser expresso por:

$$S_j = \frac{a}{a + b + c}$$

Onde: S_j = coeficiente de similaridade de Jaccard

a, b, c = presença ou ausência na matriz de dados

Dentre as propostas quantitativas para análise de similaridade, a proposta feita por Morisita (1959) destaca-se por ser quase independente do tamanho da amostra, sendo afetado apenas por amostras muito pequenas, como demonstrado por Wolda (1981, *apud* Krebs, 1998), que considera a proposta de Morisita a melhor opção para estudos ecológicos.

O coeficiente de similaridade de Morisita é expresso por:

$$C_\lambda = \frac{2 \sum X_{ij}X_{ik}}{(\lambda_1 + \lambda_2)N_jN_k}$$

Onde: C_λ = Índice de Morisita de similaridade entre a amostra j e k

X_{ik} e X_{ij} = Número de indivíduos da espécie i na amostra j e na amostra k

$N_j = \sum X_{ij}$ = Número total de indivíduos na amostra j

$N_k = \sum X_{ik}$ = Número total de indivíduos na amostra k

Com a matriz de dados obtidos com a análise de similaridade binária e quantitativa, é possível construir uma análise de “clusters”, agrupando, pelo método do vizinho mais próximo, áreas similares, onde o coeficiente de similaridade é expresso pela distância apresentada entre as áreas.

A proposta de similaridade feita por Ward (1963) normaliza as variâncias apresentadas pelos postos para calcular as distâncias entre os clusters, isto se torna possível uma vez que a análise procura por postos que podem ser agrupados, reduzindo os erros de soma entre as matrizes de dados.

A proposta de Ward é expressa por:

$$ESS(X) = \sum_{i=1}^{N_X} |x_i - \frac{1}{N_X} \sum_{j=1}^{N_X} x_j|^2$$

Onde: $ESS = (\text{"Error Sum of Squares"})$

X = cluster X gerado com valores plotados na matriz de dados

As distâncias entre os valores dos clusters X e Y gerados (ESS) são descritos pela seguinte expressão a seguir, onde XY é o cluster resultante da fusão entre os clusters X e Y :

$$D(X, Y) = ESS(XY) - [ESS(X) + ESS(Y)]$$

2.9. Grupos Funcionais

Embora haja outras propostas de enquadramento das formigas em grupos funcionais (Bestelmeyer & Wiens, 1996; Silvestre e Silva, 2001) utilizaremos no presente trabalho a proposta apresentada por Andersen (1995), que, embasado nos trabalhos publicados por Grime (1977), classificou as formigas em sete grupos funcionais. Baseado em relações entre a sistemática e a ecologia comportamental das espécies, a proposta de Andersen esta correlacionada às estratégias de colonização propostas por Grime (figura 2a) com as estratégias apresentadas pelos grupos de Formicidae (figura 2b), sendo estes grupos divididos em:

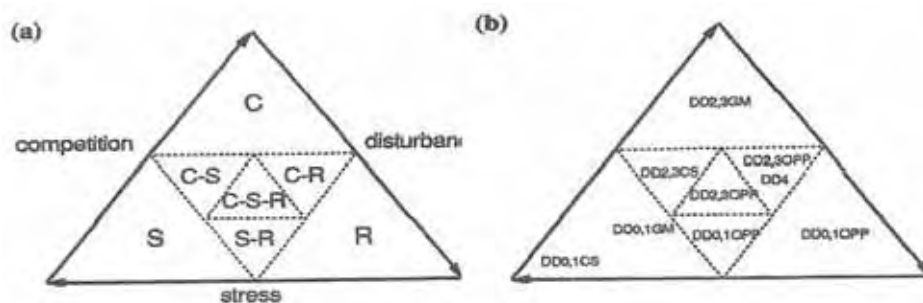


Figura 2. Extraído de Andersen (1995). Correlação entre a proposta feita por Grime (1977) e a proposta de Andersen (1995). Letras inseridas na *figura b* representam o grupo funcional a que as espécies de formigas pertencem em relação à proposta de Grime (1977) (a). Na figura (a): C = Competidoras; S = Estresse Tolerantes; R = Ruderais. Na figura (b) DD = Dominantes Dolichoderinae; GM = Generalistas Myrmicinae; OPP = Oportunistas; CS = Especialistas Climáticas.

- i) **Dominante Dolichoderinae (DD):** são dominantes, predominando em ambientes de baixos níveis de estresse e perturbação, exerce alta

influencia competitiva com outras formigas, e ocorrem moderadamente ou são muitas vezes ausentes em habitats estressados.

- ii) **Subordinada Camponotini (SC):** são diversas e abundantes em comunidades de formigas, apresentam comportamento submisso às Dominantes Dolichoderinae quando coexistentes no mesmo habitat, entretanto, podem ser competitivas e dominantes na ausência destas.
- iii) **Especialistas Climáticas (CS):** estas foram divididas em três zonas climáticas distintas: **Especialistas de Clima Quente (HCS)**, concentradas em regiões áridas; **Especialistas de Clima Tropical (TCS)**, concentradas em regiões úmidas; e **Especialistas de Clima Frio (CCS)**, concentradas em regiões temperadas frias. As especialistas de clima frio e tropical são encontradas apenas em áreas que apresentam baixas abundância de Dominantes Dolichoderinae. Já as Especialistas de Clima Quente são encontradas em áreas que apresentam alta abundância de Dominantes Dolichoderinae, pois forrageiam apenas em altas temperaturas, momento em que não há outras espécies forrageando, reduzindo interações com outras formigas.
- iv) **Espécies Cripticas (C):** são espécies de pequeno tamanho, predominando as subfamílias Myrmicinae e Ponerinae, que nidificam e forrageiam em solos, serrapilheira e troncos em decomposição, tendo poucas interações com outras formigas.
- v) **Oportunistas (O):** são espécies pouco competitivas, encontradas em ambientes ruderais, ocupando apenas habitats que não favorecem a outras formigas, devido à escassez de nichos e recursos produtivos para serem utilizados, sendo fortemente influenciadas pela competição com outras espécies de formigas.
- vi) **Generalistas Myrmicinae (GM):** representadas pelos gêneros *Pheidole*, *Monomorium* e *Crematogaster*, são as formigas mais

abundantes na maioria dos habitats, sendo extremamente competitivas, principalmente com as Dominantes Dolichoderinae, na disputanda por recursos energéticos e áreas para fundação de suas colônias, geralmente fundadas próximo à fonte de alimento, possibilitando rápido recrutamento de outros indivíduos para a defesa da colônia.

- vii) ***Predadoras Especialistas (SP)***: a este grupo pertencem as formigas de tamanho médio e grande, predadoras de outros artrópodes. Exceto pela predação direta, elas tendem a ter pouca interação com outras formigas devido a sua dieta e a sua baixa densidade populacional.

Baseado nos grupos funcionais descritos por Andersen (1995), Brown (2000) classificou, em grupos funcionais, os gêneros de formigas de todo o mundo, sendo estes usados como base para a classificação das espécies amostradas no presente estudo.

3. OBJETIVOS

Os objetivos do presente trabalho foram:

- a)* Avaliar o potencial de uso das formigas como bioindicadores da qualidade ambiental de áreas citrícolas.
- b)* Avaliar se há ganho na estrutura ambiental de áreas que se utilizam do modelo de cultivo orgânico frente ao modelo convencional, utilizando as formigas como bioindicadores da qualidade ambiental.

Para tanto, foram testadas as seguintes hipóteses:

- i)* H_1 – Áreas de cultivo orgânico apresentam maior similaridade com fragmentos florestais próximos do que áreas de cultivo convencional;
- ii)* H_1 – A assembléia de formigas em áreas de cultivo convencional apresenta diferenças da assembléia de formigas em áreas de cultivo orgânico;

4. MATERIAIS E MÉTODOS

4.1. Áreas de estudo

Foram realizadas coletas em quatro áreas citrícolas localizadas em quatro cidades do Estado de São Paulo, sendo estes os municípios de: Santa Cruz do Rio Pardo (A1C); Botucatu (A2C); Mogi-Guaçu (A4O); e Monte Azul Paulista (A6O) (figura 3). Dentre as áreas estudadas duas utilizam o modelo convencional de cultivo (A1C e A2C) e duas o modelo orgânico (A4O e A6O).

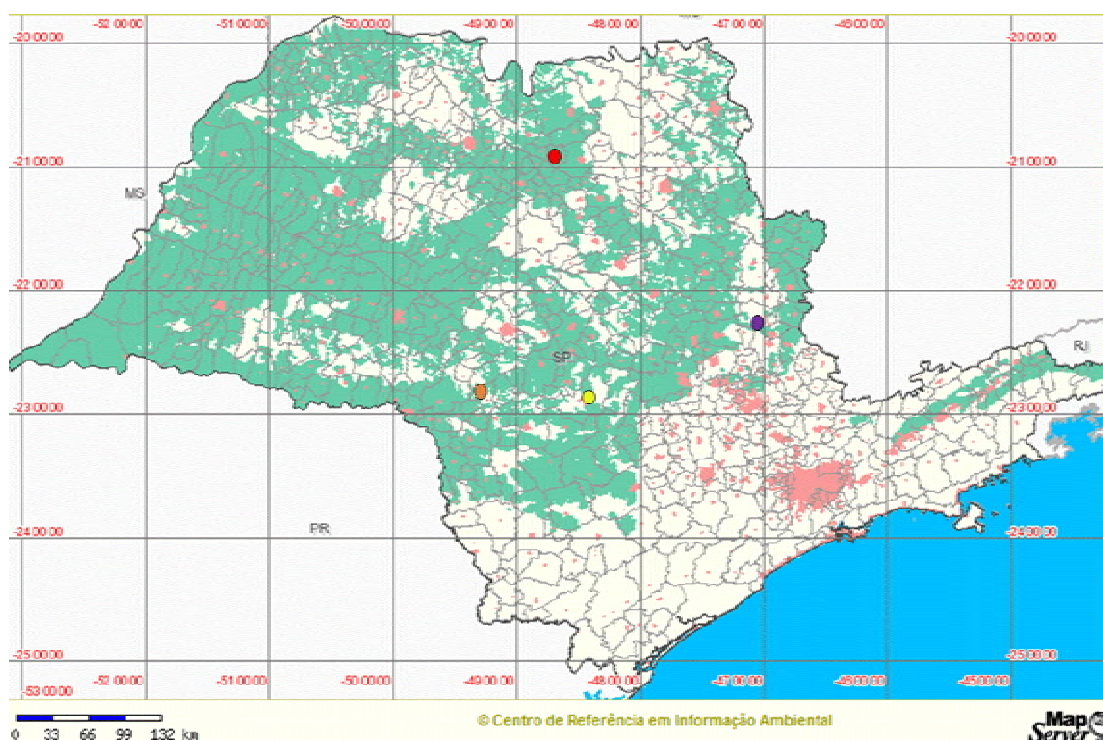


Figura 3. Localização dos municípios onde se encontram as áreas estudadas. ● Município de Monte Azul Paulista; ● Município de Mogi-Guaçu; ● Município de Botucatu; ● Município de Santa Cruz do Rio Pardo. ■ Mar territorial (370 km); ■ Área urbana; ■ Floresta estacional semidecidual.

*Mapa gerado a partir do programa *SinBiota* – Sistema de informação ambiental do Biota (CRIA, 2009).

Todos os talhões amostrados tinham, no mínimo, sido plantados há 15 anos, reduzindo assim fatores de interferência referentes ao antigo uso da área; e localização central na área da cultura, reduzindo possíveis efeitos de borda que ficaram restritos aos carreadores.

As duas áreas de cultivo orgânico estavam a mais de três anos sob este método de cultivo e isoladas de áreas cultivadas de forma convencional, conforme ditam as premissas do cultivo orgânico.

Em uma das áreas convencionais e em uma área orgânica foi amostrado seu respectivo fragmento florestal. Conforme exposto na figura 3, todas as áreas amostradas estão inseridas em formações florestas típicas de Mata Atlântica, denominadas Floresta Estacional Semi-Decidual.

A nomenclatura destinada a esta formação esta correlacionada à dupla estacionalidade climática; uma tropical, com épocas de intensas chuvas (verão); seguido por um longo período de seco, onde a seca fisiológica é provocada pelo frio do inverno. É constituída basicamente por fanerófitos com gemas foliares protegidas da seca por escamas, com folhas adultas esclerófilas ou membranáceas decíduais. A porcentagem de árvores que perdem suas folhas durante a seca varia entre 20% e 50%. Possui na fitofisionomia uma dominância de gêneros amazônicos, como: *Parapiptadenia*, *Peltophorum*, *Cariniana*, *Lecythis*, *Tabebuia*, *Astronium*, entre outros (Veloso *et al.*, 1991).

Em levantamento feito por Meira-Neto & Martins (2002), a fitofisionomia de uma floresta estacional semidecidual foi composta, na sua maioria, pelas Famílias: Rubiaceae; Leguminosae Papilionoideae; Lauraceae; Leguminosae Mimosoideae; Euphorbiaceae; Myrtaceae; Annonaceae; Flacourtiaceae; e Melastomataceae; demonstrando que ocorre similaridade entre as fitofisionomias apresentada por fragmentos presentes em áreas distintas que se localizam em latitudes semelhantes.

4.1.1. Áreas de Cultivo Convencional

ÁREA 1 - Fazenda Guacho (A1C)

Localizada no município de Santa Cruz do Rio Pardo, na região centro oeste Paulista, nas coordenadas 22º 48'S e 49º 22'W, a 607 metros de altitude.

Área Cultivada

A propriedade possui área cultivada de 3.200 ha. No talhão amostrado, as árvores tinham 17 anos e estavam distribuídas em espaçamento de 8,0 x 4,0 metros (figura 4). A variedade cultivada é Laranja Pêra utilizando como porta-enxerto Tangerina Cleópatra.



Figura 4. Fazenda Guacho (A1C): Área de cultivo convencional – talhão amostrado.

Para o controle de pragas era realizada aplicação dos seguintes produtos na propriedade (abaixo seguem informações extraídas das fichas técnicas que acompanham os produtos):

- Dimetoato (Dimexion): inseticida organofosforado (O, O-dimethyl S-methylcarbamoylmethyl phosphorodithionate). O produto apresenta alta toxicidade para peixes e invertebrados. É aplicado por pulverização diluído em água. Para os insetos (*Apis* sp.) DL_{50} (24hs) < 1µg/abelha, seja por contato ou ingestão.
- Isca formicida (Mirex): As iscas formicidas são inseticidas utilizados para controle de formigas cortadeiras. São processados de forma granulada, sendo classificado como não móvel. Utiliza como

ingrediente ativo a Sulfluramida (N-etilperfluorooctano-1-sulfonamida). Para insetos (*Apis* sp.) DL50 (24hs) > 20 µg/abelha.

- Regent 800WG: Inseticida líquido do grupo químico pirazol. O ingrediente ativo é o Fipronil ([RS]-5-amino-1-[2,6-dichloro- α,α,α -trifluoro-p-tolyl]-4-trifluoro methylsulfinylpyrazole-3-carbonitrile). O produto é pulverizado na parte aérea das plantas. Para insetos (*Apis* sp.) DL50 (24hs) 4.17 ng/abelha.

Fragmento Florestal

O fragmento florestal da fazenda Guacho (figura 5) possui uma área total de 754 hectares. Apresenta uma vegetação típica de Mata Atlântica chamada de Floresta Estacional Semidecidual.

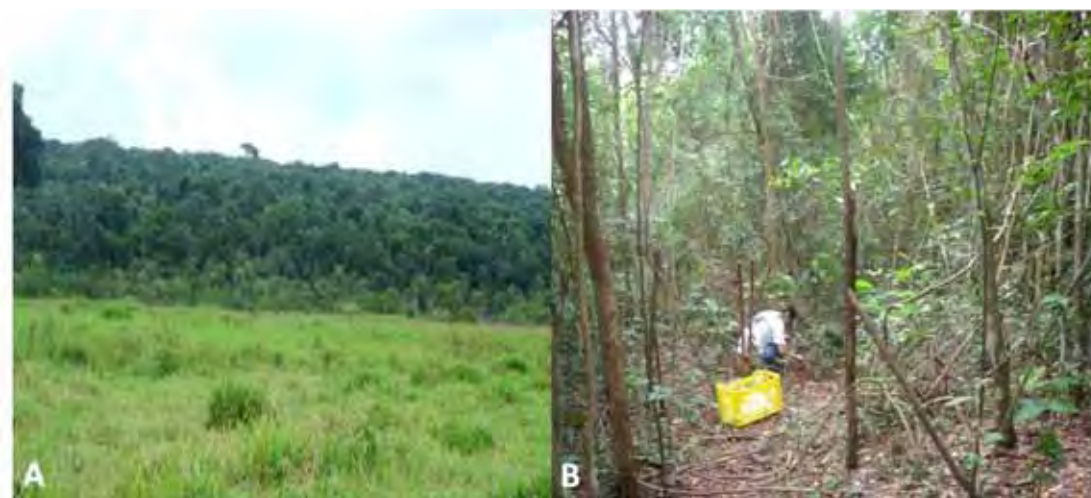


Figura 5. Fazenda Guacho (A1F): fragmento de floresta estacional semidecidual amostrado. A) Vista externa ao fragmento de florestal. B) Área interna do fragmento florestal.

ÁREA 2 - Fazenda São Domingos (A2C)

Localizada no município de Botucatu, na região centro oeste Paulista, nas coordenadas 22º 42'S e 48º 15'W, a 804 metros de altitude.

Área Cultivada

A propriedade possui uma área cultivada de 110 alqueires. No talhão amostrado as árvores tinham 15 anos e estavam distribuídas na área em espaçamento 7,0 x 3,0 metros (figura 6). A variedade cultivada é Laranja Folha Murcha, utilizando como porta-enxerto Limoeiro Cravo.



Figura 6. Fazenda São Domingos (A2C): Área de cultivo convencional – talhão amostrado.

Para o controle de pragas utiliza os mesmos produtos descritos na Área 1 (A1C).

4.1.2. Áreas de Cultivo Orgânico

ÁREA 4 - Fazenda Yamaguishi (A4O)

Localizada no município de Mogi-Guaçu, na região leste do Estado de São Paulo, nas coordenadas 22º 09'S e 47º 08'W, a 604 metros de altitude.

Área Cultivada

A fazenda possui uma área plantada total de 1000 alqueires totalmente destinados ao cultivo orgânico. No talhão amostrado as árvores tinham 15 anos e

estavam distribuídas em espaçamento 7,0 x 3,0 metros (figura 7). A variedade cultivada é Laranja Pêra, utilizando como porta-enxerto Limoeiro Cravo.



Figura 7. Fazenda Yamaghisha (A4O): Área de cultivo orgânico – talhão amostrado.

Para o controle de pragas era realizada aplicação dos seguintes produtos na propriedade:

- Calda sufocálica: O preparado a base de água, cal, enxofre e espalhante adesivo. A solução é pulverizada na copa das plantas. Na citricultura é indicada principalmente para o controle de ácaros e rubelose (Paulus *et al.*, 2000).
- Calda Bordalesa (Sulfato de cobre/ Oxicloreto de cobre): é um tradicional fungicida agrícola, resultado da mistura simples de sulfato de cobre, cal hidratada ou cal virgem e água. Tem eficiência comprovada sobre numerosas doenças fúngicas dos citros e de outras culturas. A calda é pulverizada na copa das plantas, formando uma camada que recobre o tecido vegetal (Paulus *et al.*, 2000).

- Enxofre: o enxofre é diluído em óleo mineral e pulverizado na copa das plantas. Tem eficiência comprovada no controle de pragas da citricultura, como o ácaro da falsa ferrugem e o ácaro branco (Paulus *et al.*, 2000).

Fragmento Florestal

O fragmento florestal da fazenda Yamaghisha (figura 8) possui uma área total de 12 hectares. Assim como A1C, apresenta uma vegetação típica de Mata Atlântica – Floresta Estacional Semidecidual.



Figura 8. Fazenda Yamaghisha (A4F): fragmento de floresta estacional semidecidual amostrado. A) Vista externa ao fragmento de florestal. B) Área interna do fragmento florestal

ÁREA 6 - Fazenda Campo Alegre (A6O)

Localizada no km município de Monte Azul Paulista, na região norte do Estado de São Paulo, nas coordenadas 20° 57'S e 48° 42'W, a 611 metros de altitude.

Área Cultivada

A fazenda possui uma área total de 600 hectares. No talhão amostrado as árvores tinham 17 anos que estavam distribuídas em espaçamento 8,0 x 4,0 metros (figura 9). A variedade cultivada é Laranja Natal, utilizando como porta-enxerto Laranja Cleópatra.



Figura 9. Fazenda Campo Alegre (A6O): Área de cultivo orgânico – talhão amostrado.

Para o controle de pragas utiliza os mesmos produtos descritos na Área 4 (A4O).

4.2. Métodos de Amostras

As coletas foram realizadas entre agosto de 2007 e abril de 2008, em duas oportunidades em cada área amostrada, seja nos fragmentos florestais ou área cultivada, sendo uma das amostragens realizada durante o período seco (agosto/setembro) e outra durante o período chuvoso (março/abril).

4.2.1. Armadilhas de solo – “Pitfall Traps”

Tanto nas áreas cultivadas como nos fragmentos florestais foram utilizadas armadilhas de solo tipo “*pitfall traps*” (Martin, 1977) para as coletas. As armadilhas consistiam de recipientes plásticos transparentes com volume de 600mL; 15.5cm de altura; 10.0cm de diâmetro na abertura; e 6.5cm de diâmetro no fundo (figura 10A). Segundo Parr & Chown (2001) o diâmetro da armadilha interfere na eficiência de captura, destacando a importância de se usar armadilhas com mesmo diâmetro em

todas as áreas amostradas, evitando assim erros amostrais. A armadilha do tipo “*pitfall*” foi escolhida por ser eficiente na amostragem de artrópodes terrestres, fácil manuseio e instalação, e baixo custo (Majer, 1978).

Em cada coleta, os recipientes plásticos foram enterrados no solo, com auxílio de uma cavadeira manual, com a abertura para cima e rente ao solo (figura 10B), possibilitando que as formigas caiam dentro do recipiente ao cruzar o trajeto da armadilha durante seu deslocamento no solo.



Figura 10. Armadilha de solo “*Pitfall Trap*”. A) Posicionamento da armadilha no solo. B) Armadilha alocada. *Seta vermelha indicando cobertura de discos plásticos

Dentro de cada recipiente foi acondicionado 300mL de solução contendo álcool 70% (7/3 - sete partes de álcool para três partes de água) e cinco gotas de detergente líquido neutro, que foram diluídas em 2000mL de solução. O álcool tem como função preservar a integridade do material biológico coletado até o recolhimento das armadilhas. O detergente rompe a tensão superficial da água, fazendo que as formigas, ao cair dentro da armadilha, afundem imediatamente, impossibilitando sua fuga.

Depois de instalada e despejada a solução dentro do recipiente, a armadilha foi recoberta com discos de plástico com 15.0cm de diâmetro que ficavam elevados a aproximadamente 2.0cm de altura do solo (figura 10B), impedindo que pequenos mamíferos e anfíbios caíssem dentro da armadilha. A cobertura da armadilha também evita que em caso de chuva a armadilha se encha de água e transborde, levando a perda do material coletado até aquele momento, ou que folhas ou outros fragmentos vegetais presentes na área venham tampar a abertura do recipiente, impedindo ou dificultando a queda de indivíduos na armadilha.

Para cada coleta realizada em cada área foram utilizadas 20 armadilhas dispostas em linha reta, formando um transecto. Os 20 pontos amostrais foram distanciados a 20.0m entre cada armadilha, formando um transecto de 380.0m em cada área amostrada. Foi também delimitada uma distância mínima de 20.0m entre os carregadores e as armadilhas a fim de evitar efeito de borda. No local onde foram colocadas as armadilhas foram colocadas fitas de alerta, o que facilitou a localização das armadilhas no dia da retirada das mesmas.

As coordenadas referentes à localização das áreas e dos pontos amostrados foram marcados com auxílio de GPS (Global Positioning System), modelo eTrex Venture – Garmin, estando estes descritos no Anexo 1. Devido a precisão do GPS, que variou entre 5.0m e 15.0m, e de acordo com as condições climáticas do dia da coleta e localização das áreas amostradas, alguns pontos não foram coletados. Entretanto, com apenas alguns dos pontos é possível demarcar novamente o transecto e, com isso, determinar novamente o espaçamento entre as armadilhas. As coordenadas de localização das áreas foram transcritas em coordenadas geográficas (WGS84 – World Geodetic System), pois objetiva indicar uma área geográfica, entretanto, os pontos amostrais foram marcados em UTM (*Universal Transverse Mercator*), pois plota os dados em um plano cartesiano, o que facilita o enquadramento dos pontos amostrados em mapas georeferenciados.

As armadilhas permaneceram em campo por sete dias (Aquino *et al.*, 2006) sendo posteriormente recolhidas e acondicionadas individualmente em sacos plásticos e levados para o Laboratório de Insetos Sócios/Pragas (LISP) da Faculdade de Ciências Agrônômicas (FCA) da UNESP – Botucatu para serem triadas.

4.2.2. Coletas na copa - Guarda-chuva entomológico

As coletas utilizando guarda-chuva entomológico (Vanzoline & Papavero, 1967) foram realizadas apenas na copa das árvores de citros, no mesmo talhão onde foram realizadas as amostras de solo, obedecendo ao mesmo transecto onde foram instaladas as armadilhas de solo.

As coletas na copa das plantas de citros foram realizadas devido à variação na constância e dominância que algumas espécies possuem em relação ao nicho

espacial que ocupam, conforme demonstrado por Zanetti (1992), garantindo assim que espécies presente na copa das plantas, e que dificilmente seriam capturadas em armadilhas de solo, não sejam excluídas no processo de coleta.

Samways *et al.* (1982) observou que, em pomares na África do Sul das 123 espécies de formigas amostradas 44 (36%) foram encontradas na copa das árvores. Em trabalho realizado por Zanetti (1992), foram coletadas 78 espécies de formigas associadas a um pomar localizado no Estado de São Paulo, sendo 30 (38%) destas, coletadas na copa das árvores de citros.

Para as coletas foram utilizadas: uma bandeja de plástico branca medindo 60.0cm x 40.0cm x 11.0cm; e uma vara de bambu com 1.5m de comprimento. As bandejas foram previamente untadas com talco nas laterais, o que impede que os insetos escapem da bandeja.

A copa de cada planta amostrada foi dividida em quatro quadrantes sendo a bandeja alocada abaixo de cada quadrante amostrado (figura 11).



Figura 11. Coleta realizada na copa das árvores utilizando guarda-chuva entomológico. *Seta indicando bandeja utilizada no processo de coleta.

Para provocar a queda dos indivíduos presentes na copa das árvores, foram deflagradas 10 varadas em cada quadrante, onde, após 10 varadas no primeiro quadrante a bandeja era realocada abaixo da copa no segundo quadrante e mais 10 varadas eram deferidas até que os quatro quadrantes de cada uma das vinte

árvores fossem amostrados. Todo o material coletado foi individualmente acondicionado em sacos plásticos e triados em laboratório, minimizando a perda de material coletado e evitando a exclusão de indivíduos durante o processo amostral.

Todo o material amostrado, em ambos os métodos de coleta, foi acondicionado em sacos plásticos e levados para o Laboratório de Insetos Súcias/Pragas (LISP) da Faculdade de Ciências Agronômicas (FCA) da UNESP – Botucatu para triagem.

4.2.3. Processamento das amostras

O material coletado foi despejado em um recipiente de vidro transparente com fundo branco, facilitando a visualização dos organismos capturados, sendo a triagem feita manualmente com auxílio de lupa e uma pinça. Após triado, todas as formigas contidas em cada recipiente foram fixadas, separadamente, por pontos amostrais, em álcool 95%.

4.2.4. Identificação das espécies coletadas

As morfoespécies coletadas foram identificadas com a colaboração da Dr. Ana Eugênia Campos e sua equipe técnica. Os exemplares coletados foram identificados segundo Bolton (1994) e em comparações com exemplares depositados no acervo da coleção entomológica do Instituto Biológico de São Paulo. Depois de identificadas, os dados foram plotados em planilhas (Microsoft Excel) indicando quantos indivíduos de cada morfoespécie foram coletados em cada ponto amostral de cada área.

4.3. Análise de dados

Os dados foram analisados de duas formas:

- i)* Correlacionando os dados absolutos das morfoespécies coletadas em cada área;

- ii) Correlacionando os dados absolutos dos grupos funcionais coletados em cada área.

Com os dados quantitativos das morfoespécies que ocorreram nas áreas foram calculados os índices de diversidade de Shannon (H'), diversidade de Simpson ($1-D$), riqueza de espécies (S), e equitabilidade (J'), de cada área amostrada. Os dados de morfoespécies foram submetidos à análise de similaridade (Jaccard) e a análise de variância de Kruskal-Wallis, que, quando significativo, foram comparados em conjunto de áreas pelo teste de Student-Newman-Keuls (SNK). Para análise de similaridade foi utilizada a proposta de Jaccard devido à grande variação de dados obtidos entre as áreas amostradas, uma vez que este considera apenas a presença ou ausência de dados.

Para os dados de grupos funcionais foram calculados os índices de diversidade de Simpson ($1-D$) e equitabilidade (J'), para cada área amostrada. Os dados foram submetidos à análise de similaridade pelo método de Ward e por Morisita. Os dados também foram submetidos à análise de variância de Kruskal-Wallis, que, quando significativo, foram comparados posteriormente, em conjunto de áreas, pelo teste de Student-Newman-Keuls (SNK). Para análise de similaridade foram utilizadas as propostas de Morisita e o de Ward, pois, os dados se encontram agrupados, no caso, os grupos funcionais em que cada morfoespécie foi enquadrada segundo a proposta de Andersen (1995) e Brown (2000), analisando quantitativamente os dados de abundância dos grupos funcionais que compõem as áreas analisadas.

Para análise dos dados foram utilizados os programas PAST (Hammer *et al.*, 2001), para os cálculos de diversidade e análises de similaridade; e o programa BioEstat 5.0 (Ayres *et al.*, 2007) para os cálculos de Kruskal-Wallis, Student-Newman-Keuls (SNK).

Os dados foram cruzados da seguinte forma:

- dados obtidos com armadilhas de queda nas áreas cultivadas A1C e A4O, e em seus respectivos fragmentos florestais A1F e A4F.
- dados obtidos com armadilhas de queda nas áreas A1C, A2C, A4O, A6O.

- dados obtidos com coletas na copa das áreas A1Gc, A2Gc, A4Go, A6Go.

4.4. *Análise de grupos funcionais*

As espécies identificadas, tanto nas coletas de solo como nas coletas de copa, foram agrupadas de acordo com os grupos funcionais propostos Andersen (1995) segundo Brown (2000), sendo esses grupos: Generalistas Myrmicinae (GM); Dominantes Dolichoderinae (DD); Subordinadas Camponotini (SC); Especialistas de Clima Quente (HCS); Especialistas de Clima Frio (CCS); Especialistas de Clima Tropical (TCS); Cripticas (C); Oportunistas (O); Predadoras Especialistas (SP).

5. RESULTADOS

Com os dados obtidos nas coletas foi confeccionada uma planilha contendo todas as espécies encontradas em cada área (ANEXO 2).

Considerando todas as áreas, foi amostrado um total de 24.112 formigas, distribuídas em 75 espécies e 28 gêneros e 07 subfamílias.

Do número total de indivíduos amostrados, 12.720 foram amostrados na primeira coleta, ou seja, durante o período seco. Outros 11.392 foram amostrados na segunda coleta, ou seja, durante o período chuvoso.

Das 75 espécies coletadas, 61 delas foram amostradas na primeira coleta e 70 na segunda coleta.

5.1. *Análise em agrupamentos de morfoespécies*

5.1.1. *Riqueza e abundância de espécies*

Em números absolutos, a subfamília mais representativa entre todas as amostras foi Myrmicinae, com 14.412 indivíduos coletados, sendo estes distribuídos em 30 espécies e 15 gêneros. Logo após aparece a subfamília Dolichoderinae, com 6.292 indivíduos coletados, 03 espécies e 02 gêneros. Outra subfamília que se destacou foi Formicinae, com 2.343 indivíduos coletados, 14 espécies em 03 gêneros (figura 12).

A espécie mais representativa de todas as amostras foi *Pheidole* sp.2, com 9.794 indivíduos coletados, presente em todas as áreas amostradas, tanto no período seco como no período chuvoso.

Dentre as amostras obtidas, tanto em áreas orgânicas como convencionais, o gênero mais representativo foi *Pheidole*, com 55,48% do total amostrado, seguido por *Linepithema*, com 17,74%.

Dentre as amostras obtidas nos fragmentos florestais de ambas as áreas, o gênero mais representativo também foi *Pheidole*, com 47,25% do total amostrado, seguido também por *Linepithema*, com 24,51%.

Dentre as amostras obtidas em coletas de copa das áreas citrícolas, o gênero mais representativo foi *Linepithema*, com 39,48% do total amostrado, seguido por *Camponotus*, com 18,08%.

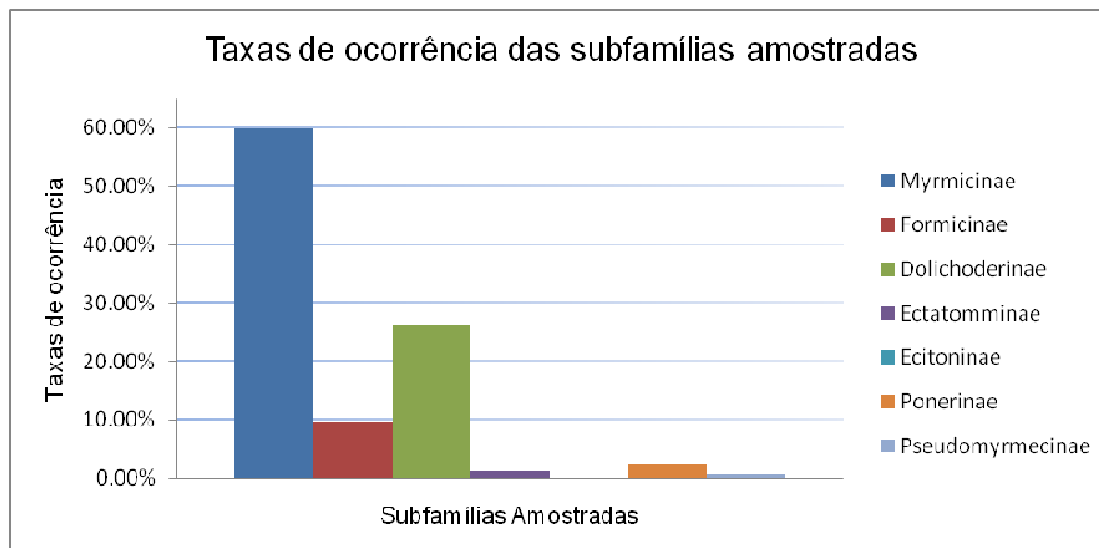


Figura 12. Taxas de ocorrência das subfamílias amostradas em todas as áreas estudadas, tanto para as coletas de solo, como com as coletas de copa.

5.1.2. Índices de diversidade

Com os dados obtidos em cada ponto amostral foram calculados os índices de diversidade para cada ponto amostrado, sendo posteriormente calculada a média e, o desvio padrão entre os pontos amostrais de cada área para cada componente avaliado. Resultados obtidos apresentados na tabela 1.

Dentre as áreas amostradas, considerando apenas as coletas de solo, as áreas de cultivo convencional apresentaram o menor e o maior valor médio na riqueza de espécies, A1C ($S = 0.869$) - A2C ($S = 2.795$), sendo que o valor apresentado por A2C foi superior ao apresentado pelos fragmentos florestais A1F ($S = 1.813$) e A4F ($S = 1.358$). As áreas de cultivo orgânico, A4O e A6O, apresentaram valores similares aos fragmentos florestais, $S = 1.802$ e $S = 1.996$, respectivamente. Os dados oriundos de coletas realizadas nas copas das árvores de citros apresentaram valores inferiores de riqueza quando comparados com os dados de coletas de solo.

Dentre as amostras de solo, A1C apresentou o menor valor médio de diversidade, ($H' = 0.975$) e A2C o maior ($H' = 2.061$). As áreas orgânicas A4O e A6O apresentaram $H' = 1.802$ e $H' = 1.039$, respectivamente. Os fragmentos florestais A1F e A4F apresentaram $H' = 1.506$ e $H' = 1.195$, respectivamente. Dentre os dados de copa, A1Gc apresentou o menor valor de $H' = 0.586$, as outras áreas A2Gc, A4Go e A6Go, apresentaram valores similares de diversidade (H').

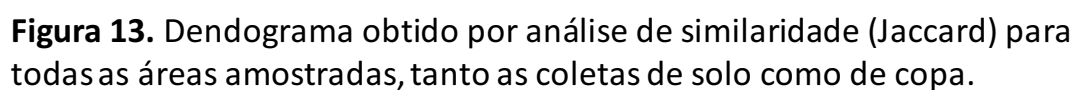
Tabela 1. Sumário das análises de diversidade para os dados de morfoespécies das áreas estudadas. Média e desvio padrão apresentada entre os 20 pontos amostrados em cada área. Média = Médias dos dados obtidos em cada ponto amostral de cada área. DP = Desvio padrão entre os valores obtidos nos pontos amostrais de cada área

		Margalef (S)	Shannon (H')	Simpson (1-D)	Equitabilidade (J')
A1-C	Média	0.869	0.975	0.549	0.584
	DP	0.263	0.184	0.099	0.128
A1-F	Média	1.813	1.506	0.678	0.714
	DP	0.420	0.294	0.116	0.127
A1-Gc	Média	0.884	0.586	0.359	0.884
	DP	0.553	0.456	0.269	0.152
A2-C	Média	2.795	2.061	0.817	0.725
	DP	0.466	0.177	0.038	0.058
A2-Gc	Média	1.116	0.961	0.504	0.734
	DP	0.574	0.474	0.216	0.156
A4-O	Média	1.802	1.162	0.508	0.521
	DP	0.663	0.441	0.186	0.115
A4-F	Média	1.358	1.195	0.584	0.664
	DP	0.450	0.296	0.123	0.115
A4-Go	Média	1.346	1.143	0.583	0.754
	DP	0.495	0.377	0.161	0.159
A6-O	Média	1.996	1.039	0.435	0.427
	DP	0.483	0.293	0.127	0.102
A6-Go	Média	1.153	0.928	0.519	0.797
	DP	0.301	0.301	0.158	0.146

Ao comparar os valores de diversidade ($1-D$), a área A2C também foi a que apresentou o maior valor ($1-D = 0.817$), e, as áreas de cultivo orgânico, A4O ($1-D = 0.508$) e A6O ($1-D = 0.435$), valores próximos aos apresentados pelos fragmentos florestais A1F ($1-D = 0.678$) e A4F ($1-D = 0.584$). Entretanto, dentre os dados obtidos em coletas de copa, A1Gc ($1-D = 0.359$) apresentou o menor valor de

Dentre os dados obtidos nas coletas de copa todas as áreas apresentaram valores similares de equitabilidade: A1Gc ($J' = 0.884$) A2Gc ($J' = 0.734$), A4Go ($J' = 0.754$), A6Go ($J' = 0.797$). Os dados obtidos em coletas de solo apresentaram grande variação na equitabilidade apresentada.

A análise de similaridade apresentada na figura 13 correlaciona todos os dados obtidos nas coletas de solo e de copa.



A análise de similaridade demonstrou que os dados obtidos nas coletas de copa (A1Gc, A2Gc, A4Go, A6Go) apresentam maior similaridade entre si quando comparados aos dados obtidos nas coletas no solo (A1C, A1F, A2C, A4O, A4F, A6O).

A área de cultivo orgânico A4O e seu fragmento florestal (A4F) foram as que apresentaram maior similaridade. Entretanto, a área de cultivo convencional A1C apresentou baixa similaridade com seu fragmento florestal (A1F), agrupado por similaridade junto ao fragmento A4F e à área de cultivo orgânico A4O.

Os dados foram analisados separadamente, e agrupados em análises que correlacionaram: *i)* dados obtidos em coletas de solo nas áreas cultivadas, orgânicas e convencionais, apresentados na figura 14; *ii)* dados obtidos em coletas de solo nos fragmentos florestais e suas respectivas áreas cultivadas, apresentados na figura 15.

Na figura 14 as áreas A4O e A6O, cultivares orgânicos, apresentaram similaridade, entretanto, as áreas A1C e A2C, cultivares convencionais, não apresentaram similaridade.

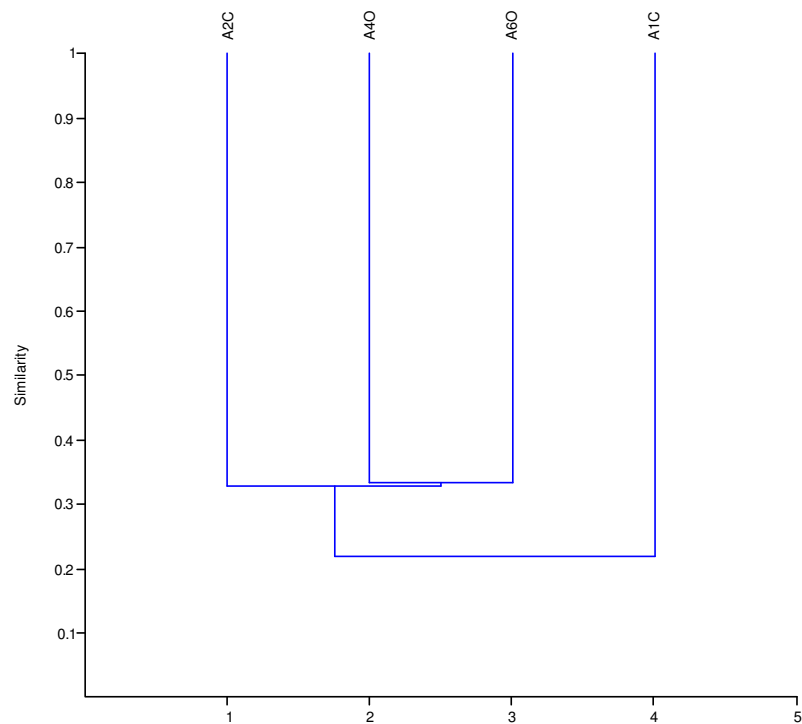


Figura 14. Dendograma obtido por análise de similaridade (Jaccard). Correlação de dados obtidos em áreas cultivadas em amostras de solo.

Na figura 15, cada fragmento florestal foi agrupado a sua respectiva área cultivada (A1C–A1F / A4O–A4F). Entretanto, A4O (orgânico) apresentou maior similaridade com seu fragmento (A4F) do que a área de cultivo convencional (A1C) com seu respectivo fragmento florestal (A1F).

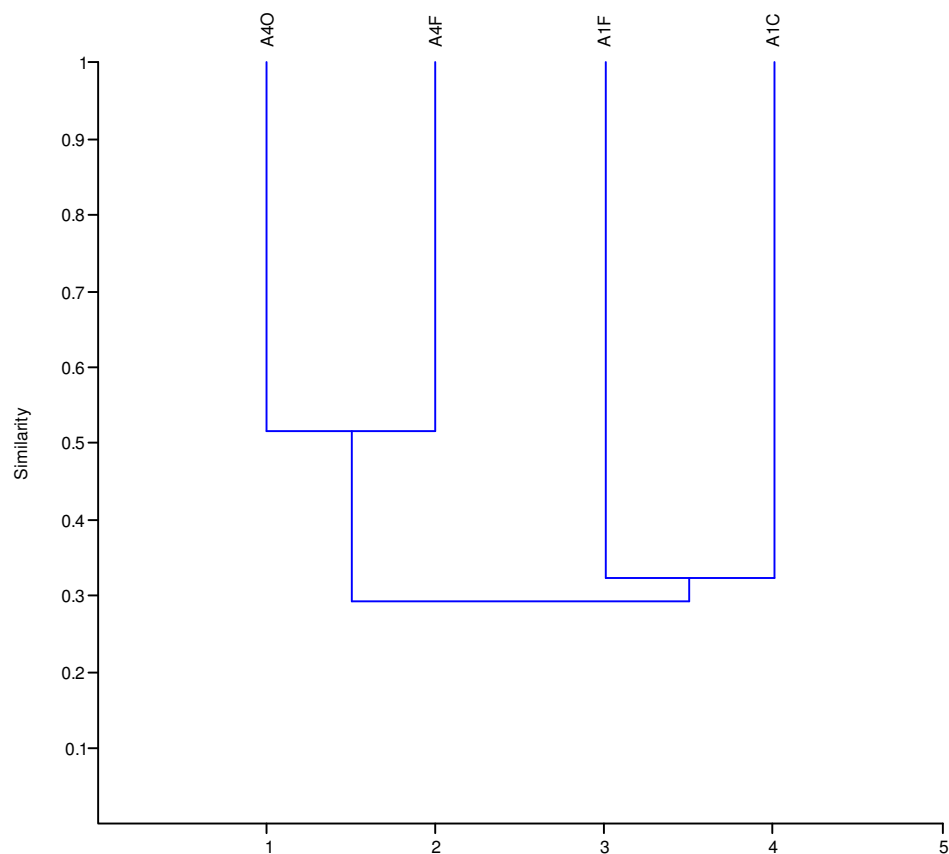


Figura 15. Dendrograma obtido por análise de similaridade (Jaccard). Correlação de dados obtidos nos fragmentos florestais e suas respectivas áreas cultivadas.

5.1.4. Análise de variância de Kruskal-Wallis (H)

Os índices de diversidade obtidos em cada ponto amostral de cada área foram submetidos à análise de Kruskal-Wallis (H) e comparados em pares por Student-Newman-Keuls. Uma súmula dos valores de H e p de cada comparação pareada encontra-se na tabela 2. As comparações encontram-se expressas nos gráficos a seguir (figuras 16 - 19), demonstrando as comparações para cada índice avaliado, correlacionando os dados obtidos em coletas de solo separadamente dos dados de copa.

TABELA 2. Súmula dos valores obtidos no teste de Kruskal-Wallis e em teste de comparação de Student-Newman-Keuls. *Valores significativos de p em destaque.

	Margalef (S)	Simpson ($1-D$)	Equitabilidade (J')	Shannon (H')
Amostras obtidas em coletas de solo				
H_{0,05}; 5	75.4775	65.8776	58.8175	66.4255
A1C x A2C	< 0.0001	< 0.0001	0.0029	< 0.0001
A1C x A4O	< 0.0001	0.6775	0.1366	0.0719
A1C x A6O	< 0.0001	0.0483	0.0028	0.5335
A1C x A1F	< 0.0001	0.0121	0.004	< 0.0001
A1C x A4F	0.0242	0.4968	0.1066	0.063
A2C x A4O	0.0003	< 0.0001	< 0.0001	< 0.0001
A2C x A6O	0.0047	< 0.0001	< 0.0001	< 0.0001
A2C x A1F	0.0001	0.0049	0.9221	0.0059
A2C x A4F	< 0.0001	< 0.0001	0.1734	< 0.0001
A4O x A6O	0.4081	0.119	0.133	0.2391
A4O x A1F	0.8647	0.0034	< 0.0001	0.017
A4O x A4F	0.0283	0.2733	0.0019	0.9529
A6O x A1F	0.3184	< 0.0001	< 0.0001	0.0004
A6O x A4F	0.0025	0.0079	< 0.0001	0.2163
A1F x A4F	0.0431	0.0673	0.2064	0.02
Amostras obtidas em coletas de copa				
H_{0,05}; 3	9.0977	7.5906	1.1653	12.4948
A1Gc x A2Gc	0.1152	-	-	0.0376
A1Gc x A4Go	0.0028	-	-	0.0005
A1Gc x A6Go	0.0623	-	-	0.0376
A2Gc x A4Go	0.159	-	-	0.154
A2Gc x A6Go	0.7724	-	-	1
A4Go x A6Go	0.263	-	-	0.154

Os valores de H para todas as áreas em coletas de solo foram significativos ($p < 0,05$). Para os dados obtidos em coletas de copa, os dados foram significativos apenas para as análises de riqueza (S) e diversidade (H') ($p < 0,05$), e não significativos para as análises de diversidade ($1-D$) e equitabilidade (J') ($p > 0,05$). Os dados plotados em gráficos se restringem aos dados de riqueza de espécies (S) e diversidade (H'), pois, apresentaram os maiores valores de H : *i*) $H = 75.4775$ e $H = 66.4255$, respectivamente, para as coletas de solo; *ii*) $H = 9.0977$ e $H = 12.4948$, respectivamente, para as coletas de copa. Valor de H é inversamente proporcional ao valor de p .

Dados obtidos em coletas de solo:

A seguir encontram-se os gráficos com os dados obtidos em coletas de solo, em todas as áreas (A1C, A1F, A2C, A4O, A4F, A6O), pareadas uma a uma, para os valores obtidos em análise com os índices de riqueza (S) (figura 16) e diversidade (H') (figura 17).

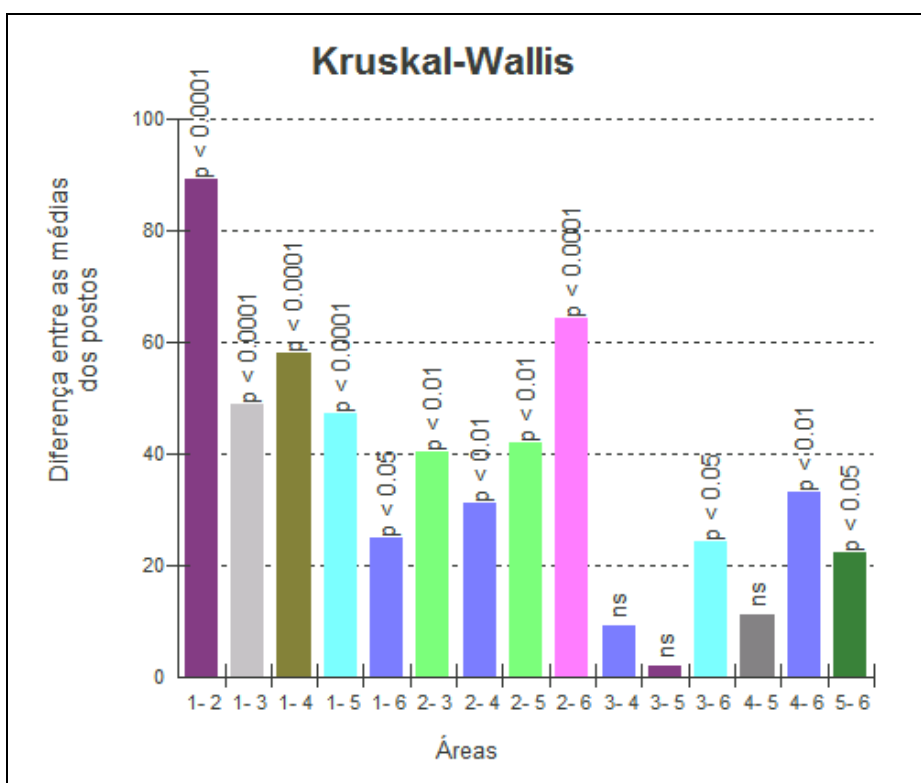


Figura 16. Gráfico gerado a partir dos dados obtidos em análise da riqueza de espécies (S) submetidos em teste de Kruskal-Wallis ($H_{0,05;5}$) e comparados aos pares de áreas em teste de Student-Newman-Keuls.

*1=A1C; 2=A2C; 3=A4O; 4=A6O; 5=A1F; 6=A4F.

*ns=valores não significativos.

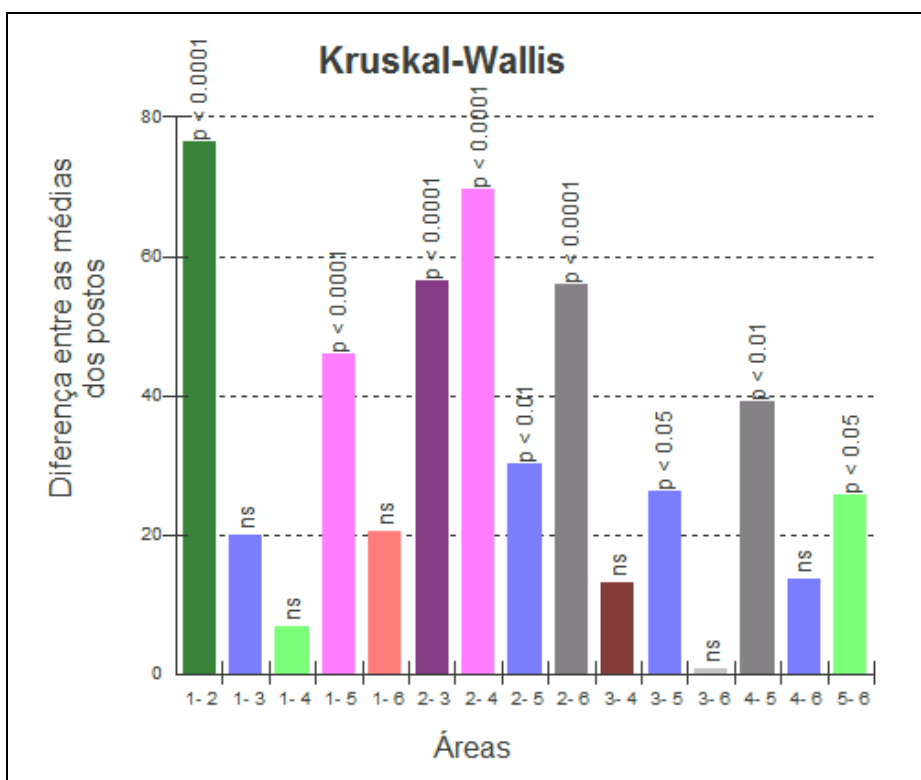


Figura 17. Gráfico gerado a partir de dados obtidos em análise de diversidade de Shannon (H') submetidos a teste de Kruskal-Wallis ($H_{0,05;5}$) e comparados aos pares de áreas em teste de Student-Newman-Keuls.

*1=A1C; 2=A2C; 3=A4O; 4=A6O; 5=A1F; 6=A4F.

*ns=valores não significativos.

A comparação aos pares entre A1C e A1F apresenta valores significativos de p , indicando diferenças entre os valores tanto de riqueza (S) ($p < 0.0001$) como na diversidade (H') ($p < 0.0001$).

A4O e A4F apresentaram valor significativo de p entre os valores de riqueza (S) ($p < 0.0283$), entretanto, indica similaridade entre os valores de diversidade (H') ($p = 0.9529$).

Ao parear as áreas A1C e A2C os valores de p obtidos para ambos os índices foram inferiores a 0,05 ($p < 0.0001$), indicando diferenças entre os valores obtidos nas áreas amostradas.

Ao parear as áreas A4O e A6O os valores de p obtidos para ambos os índices foram superiores a 0,05 ($S - p = 0.4081$ / $H' - p = 0.2391$), indicando similaridade entre os valores obtidos nas áreas amostradas.

A1C e A4O apresentaram $p < 0.0001$ para os dados de riqueza (S) e $p = 0.0719$ para os dados de diversidade (H') indicando diferenças entre a riqueza, mas

não entre a diversidade das áreas em questão. O mesmo ocorreu quando pareados os dados das áreas A1C e A6O; o valor de p para os dados de riqueza (S) foram significativos ($p < 0.0001$), entretanto, o valor para os dados de diversidade (H'), não ($p = 0.5335$).

A2C e A4O apresentaram $p = 0.0003$ para os dados de riqueza (S) e $p < 0.0001$ para os dados de diversidade (H') indicando diferenças entre os dados. O mesmo ocorreu quando pareados os dados das áreas A2C e A6O, o valor de p para os dados de riqueza (S) e diversidade (H') foram significativos, $p = 0.0047$ e $p < 0.0001$, respectivamente.

Dados obtidos em coletas de copa:

A seguir encontram-se os gráficos com os dados obtidos em coletas de copa (A1Gc, A2Gc, A4Go, A6Go), pareadas uma a uma, para os valores obtidos em análise com os índices de riqueza (S) (figura 18) e diversidade (H') (figura 19).

A comparação aos pares entre A1Gc e A2Gc não apresenta valores significativos $p = 0.1152$, indicando similaridade entre os valores de riqueza (S), entretanto, o valor de diversidade (H') apresenta significância, $p = 0.0376$.

A4Go e A6Go não apresentaram valores de p significativos para ambos os índices ($S - p = 0.263$ / $H' - p = 0.154$) indicando que os dados das áreas apresentam similaridades.

A1Gc apresentou $p < 0,05$ quando comparado às áreas A4Go e A6Go, indicando diferenças entre os dados das áreas, exceto quando seus valores de riqueza (S) são comparados os valores apresentados por A6Go, exibindo $p = 0.0623$.

A2Gc apresentou $p > 0,05$ quando comparado às áreas A4Go e A6Go, indicado similaridades entre os dados das áreas.

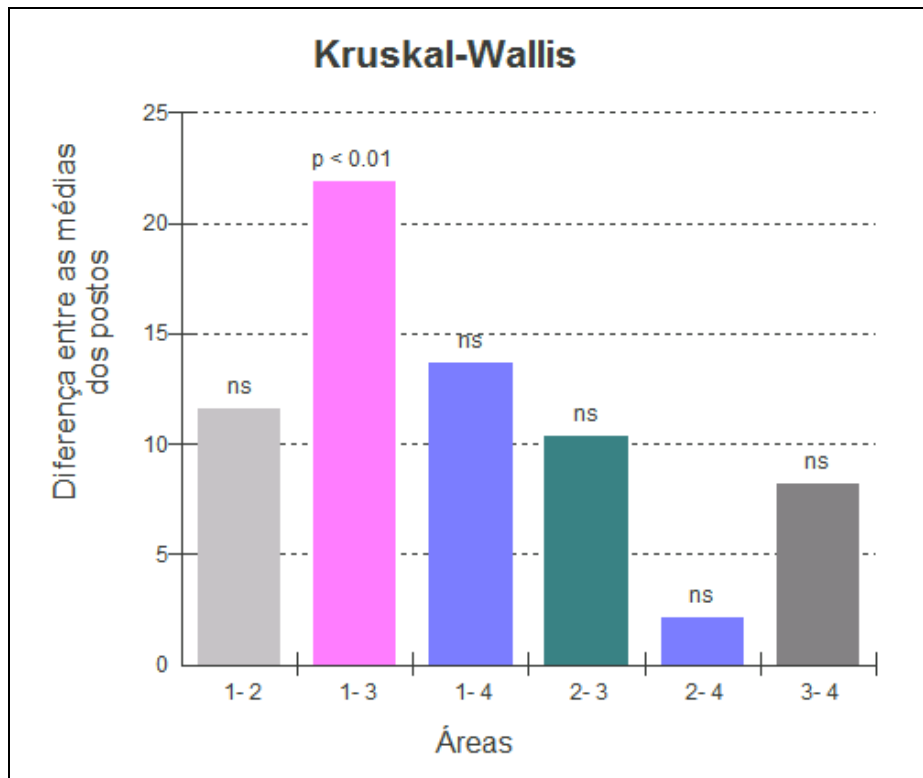


Figura 18. Gráfico gerado a partir dos dados obtidos em análise da riqueza de espécies (*S*) submetidos em teste de Kruskal-Wallis ($H_{0,05;3}$) e comparados aos pares de áreas em teste de Student-Newman-Keuls.

*1=A1Gc; 2=A2Gc; 3=A4Go; 4=A6Go.

*ns=valores não significativos.

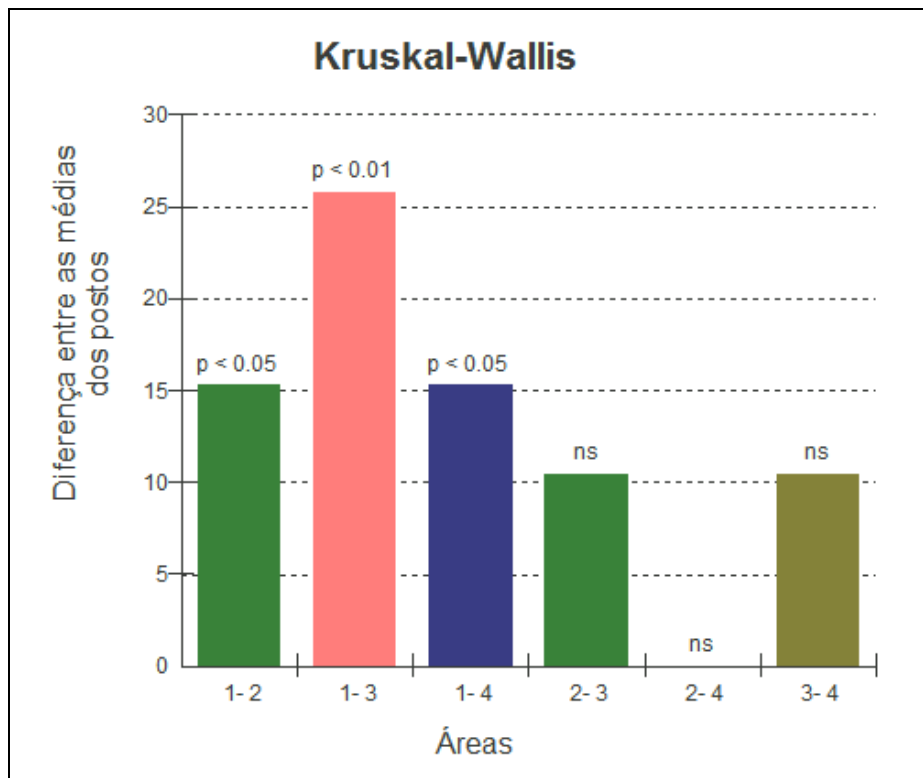


Figura 19. Gráfico gerado a partir de dados obtidos em análise de diversidade de Shannon (H') submetidos a teste de Kruskal-Wallis ($H_{0,05;3}$) e comparados aos pares de áreas em teste de Student-Newman-Keuls.

*1=A1Gc; 2=A2Gc; 3=A4Go; 4=A6Go.

*ns=valores não significativos.

5.2. Análise em grupos funcionais

Seguindo a proposta feita por Andersen (1995) e Brown (2000), entre os indivíduos coletados foi identificada a presença de sete grupos funcionais, sendo eles:

- ❖ **C:** Espécies Crípticas
- ❖ **DD:** Dominantes Dolichoderinae
- ❖ **GM:** Generalistas Myrmicinae
- ❖ **O:** Oportunistas
- ❖ **SC:** Subordinadas Camponotini
- ❖ **SP:** Predadoras Especialistas
- ❖ **TCS:** Especialistas de Clima Quente

Uma tabela contendo todos os gêneros que compõe cada um dos grupos funcionais encontra-se no ANEXO 3, detalhando: subfamília, tribo, distribuição, habitat, biologia e grupo funcional de cada gênero amostrado.

Na figura 20 encontram-se os dados em porcentagem referentes aos grupos funcionais amostrados em todas as áreas, sendo estes expressos na tabela 3.

De forma geral, a maioria das espécies encontradas nas coletas de solo (A1C, A1F, A2C, A4O, A4F, A6O) são denominadas Generalistas Myrmicinae (**GM**), representado pelos gêneros *Crematogaster* (1.31%), e *Pheidole* (98.69%), dominante em todas as áreas amostradas.

Os **GM** habitam florestas úmidas e possuem ampla distribuição em locais de clima temperado, moldando-se facilmente a diferentes habitats, ocupando territórios de forma mais restritos, pois investem na proteção de recursos inicialmente ocupados, sobrevivendo nos mais diversos habitats, sejam eles áreas impactados ou em áreas naturais (Andersen, 2000). O gênero *Pheidole* nidifica no solo ou em troncos em decomposição, se alimentando de sementes ou são onívoras. Não são especializadas, portanto, a presença deste grupo isoladamente não tem representação significativa. O gênero *Crematogaster* é arborícola e são forrageiras generalistas (Brown, 2000).

Nas amostras de copa (A1Gc, A2Gc, A4Go, A6Go), em geral, o grupo predominante entre as áreas amostradas foi Dominantes Dolichoderinae (**DD**), representado unicamente pelo gênero *Linepithema*.

Os **DD** são espécies arborícolas, forrageando no solo e na copa das árvores. São considerados estresse tolerantes assim como **GM**, entretanto, possuem taxas de dominância inferiores as apresentadas por **GM**. Possuem territórios amplos e altas taxas de atividade, deslocando outras espécies que ocupavam o recurso disputado para outros nichos, exceto **GM**, que apresenta maior capacidade de defesa dos recursos (Andersen, 2000).

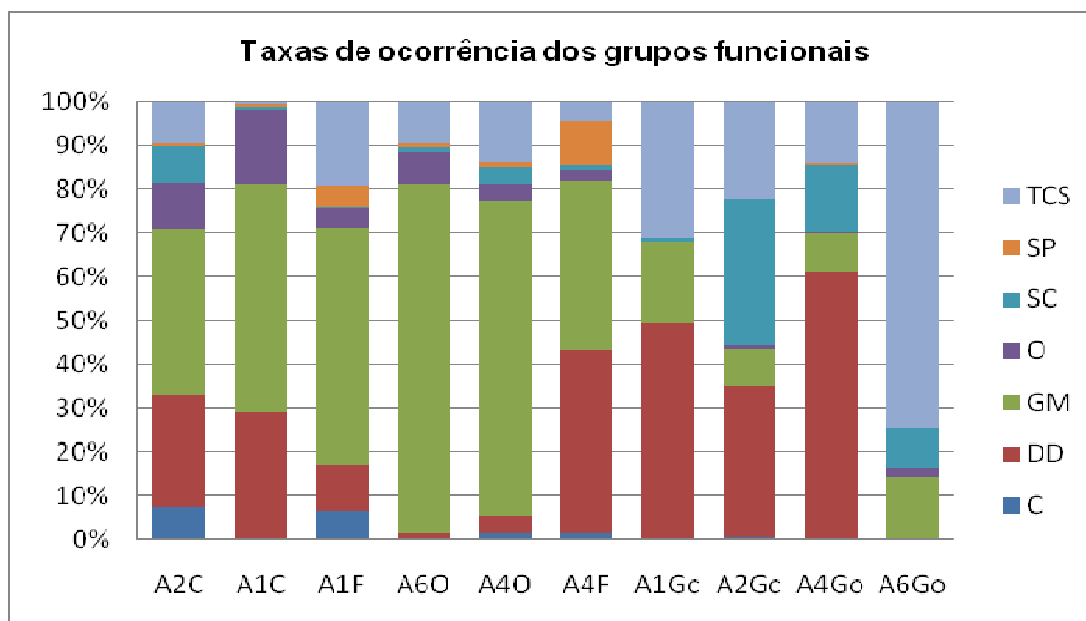


Figura 20. Taxa de indivíduos presentes em cada grupo funcional nas amostras obtidas nas áreas: A2C, A1C, A1F, A6O, A4O, A4F; e nas amostras de copa: A1Gc, A2Gc, A4Go, A6Go. Grupos Funcionais: TCS - Especialistas de clima tropical; SP - Predadoras Especialistas; SC - Subordinadas Camponotini; O - Oportunistas; GM - Generalistas Myrmicinae; DD - Dominantes Dolichoderinae; C - Crípticas.

Tabela 3 – Porcentagem de indivíduos presentes em cada grupo funcional amostrado nas áreas A2C, A1C, A1F, A6O, A4O, A4F; e nas amostras de copa: A1Gc, A2Gc, A4Go, A6Go. Grupos Funcionais: TCS - Especialistas de clima tropical; SP - Predadoras Especialistas; SC - Subordinadas Camponotini; O - Oportunistas; GM - Generalistas Myrmicinae; DD - Dominantes Dolichoderinae; C - Crípticas.

	A2C	A1C	A1F	A6O	A4O	A4F	A1Gc	A2Gc	A4Go	A6Go
C	7.15%	0.06%	6.25%	0.00%	1.25%	1.28%	0.00%	0.30%	0.00%	0.00%
DD	25.84%	28.79%	10.68%	1.25%	4.23%	41.92%	49.48%	34.52%	61.02%	0.00%
GM	37.85%	52.31%	54.18%	79.85%	71.88%	38.63%	18.56%	8.63%	9.11%	14.17%
O	10.55%	16.91%	4.36%	7.29%	3.67%	2.92%	0.00%	0.89%	0.21%	1.67%
SC	8.71%	0.66%	0.29%	1.30%	3.87%	0.73%	1.03%	33.33%	15.25%	9.17%
SP	0.58%	1.00%	5.16%	0.91%	1.14%	10.05%	0.00%	0.00%	0.21%	0.00%
TCS	9.30%	0.27%	19.10%	9.40%	13.95%	4.47%	30.93%	22.32%	14.19%	75.00%
Total (%)	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%
Nº Amostral	7883	4821	1377	4158	3592	1095	97	336	472	240

A seguir seguem os gráficos referentes à porcentagem de espécies, gêneros e aos grupos funcionais que compõem cada área amostrada, tanto nas coletas de solo como nas coletas nas copas (figura 21 - 40).

A1C – Pomar Convencional

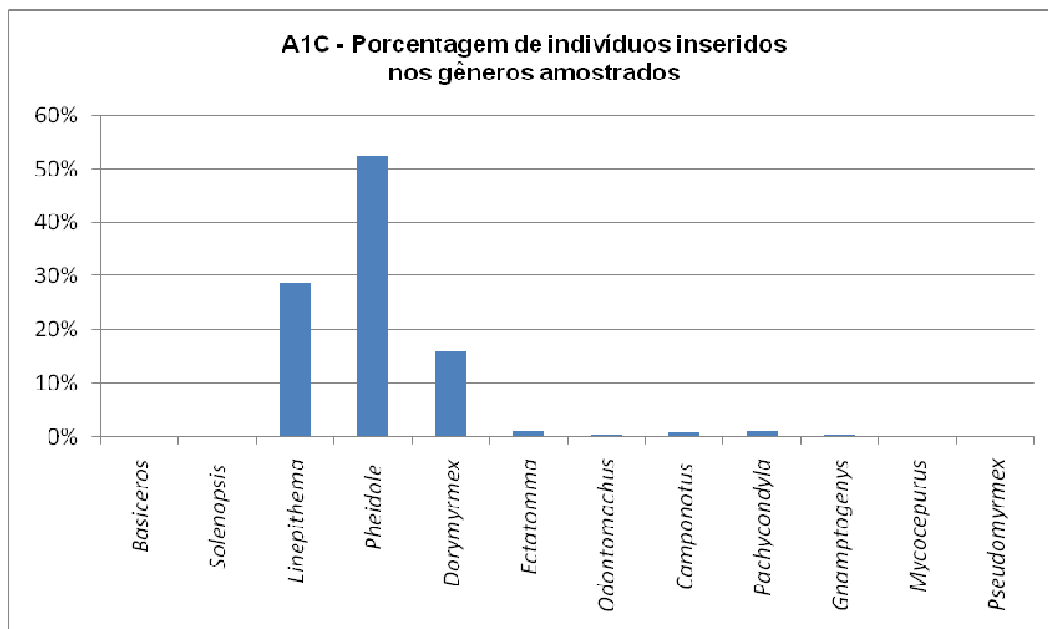


Figura 21. Taxa de indivíduos obtidos à partir de coletas com armadilha de queda em cada gênero presente na área A1C (Pomar Convencional).

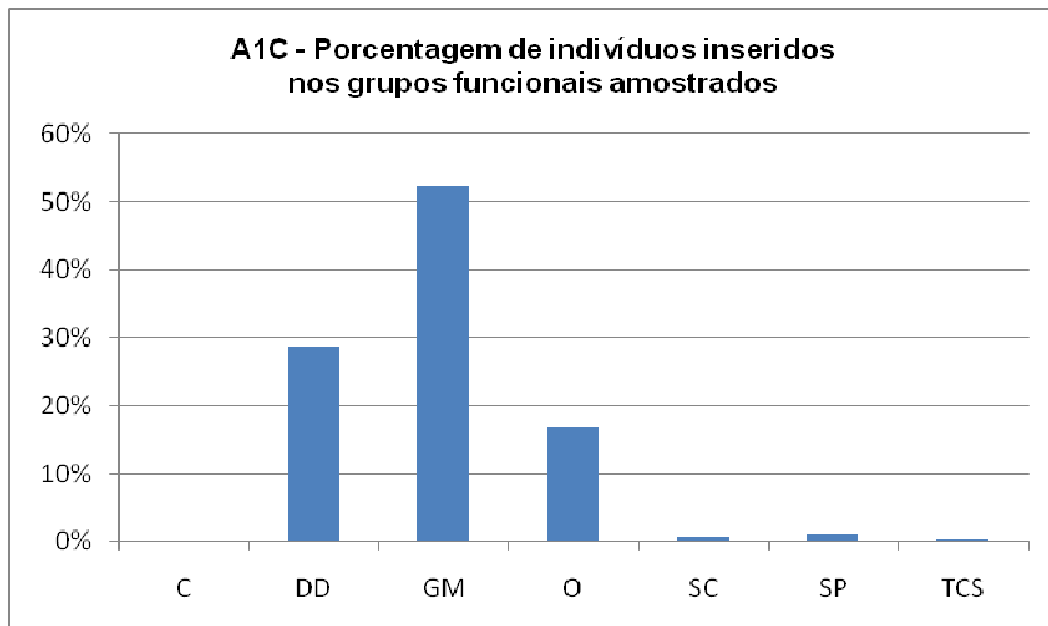


Figura 22. Taxa de indivíduos obtidos à partir de coletas com armadilha de queda em cada grupo funcional presente na área A1C (Pomar Convencional). Grupos Funcionais: TCS - Especialistas de clima tropical; SP - Predadoras Especialistas; SC - Subordinadas Camponotini; O - Oportunistas; GM - Generalistas Myrmicinae; DD - Dominantes Dolichoderinae; C - Crípticas.

Na área A1C, do número total de indivíduos amostrados, 52.31% são Generalistas Myrmicinae (**GM**), 28.79% são Dominantes Dolichoderinae (**DD**), e 16.91 % Oportunistas (**O**), sendo que os outros grupos apresentaram valores inferiores a 1%. O grupo **GM** é composto apenas pelo gênero *Pheidole*, **DD** por *Linepithema*, e **O** por *Ectatomma*; *Odontomachus*; e *Dorymyrmex*, principal componente do grupo com 15.8% dos indivíduos que o compõe.

Espécies **O** são relacionadas a ambientes ruderais. São pouco competitivas e não são especializadas, sendo fortemente influenciadas por relações de competição com outras espécies, possuem espécies predadoras (*Ectatomma*) e generalistas (*Odontomachus*) (Andersen, 2000).

A1F – Fragmento Florestal da Área 1

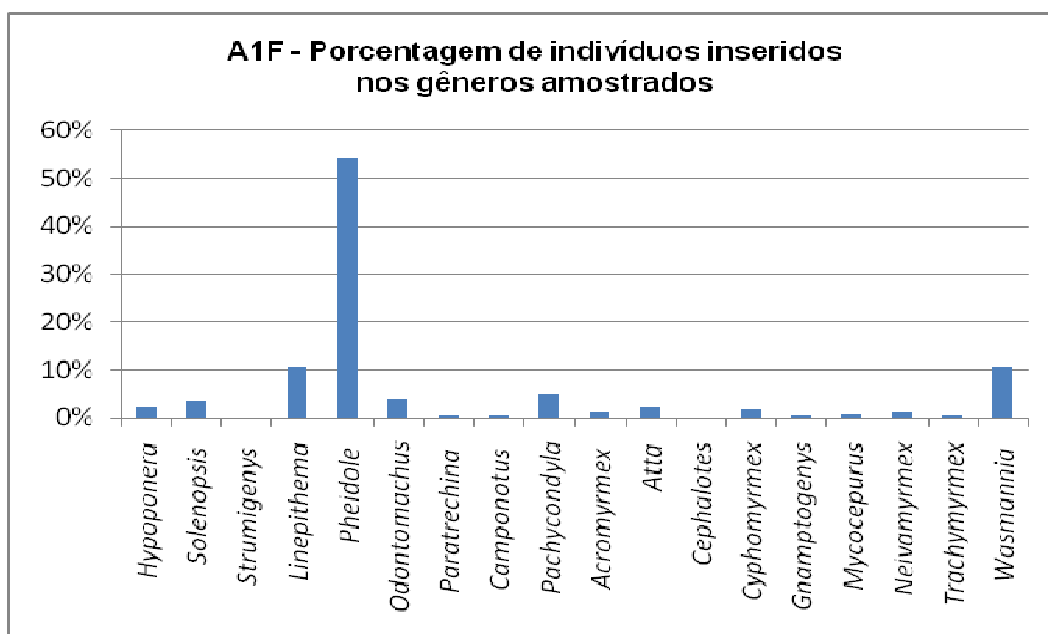


Figura 23. Taxa de indivíduos obtidos à partir de coletas com armadilha de queda em cada gênero presente no Fragmento Florestal da Área 1 (A1F).

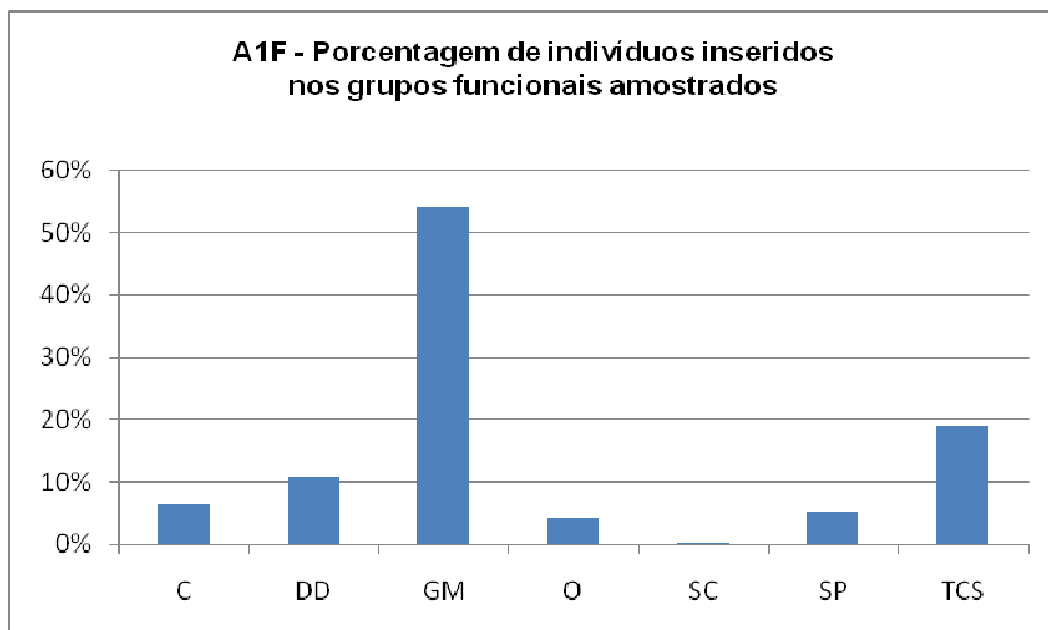


Figura 24. Taxa de indivíduos obtidos à partir de coletas com armadilha de queda em cada grupo funcional presente no Fragmento Florestal da Área 1 (A1F). Grupos Funcionais: TCS - Especialistas de clima tropical; SP - Predadoras Especialistas; SC - Subordinadas Camponotini; O - Oportunistas; GM - Generalistas Myrmicinae; DD - Dominantes Dolichoderinae; C - Crípticas.

No fragmento florestal da área A1 (A1F), do número total de indivíduos amostrados, 54.18% são **GM**, 19.1% são **TCS**, 10.68% **DD**, 6.25% **C**, 5.16% **SP**, e 4.36% **O**. O grupo **GM** é composto apenas pelo gênero *Pheidole*, **DD** apenas pelo gênero *Linepithema*, e **TCS** composto principalmente pelos gêneros *Wasmannia* (10,8%), *Atta* (2,3%), *Cyphomyrmex* (1,8%), *Neivamyrmex* (1,3%) e *Acromyrmex* (1,2%).

TCS são característicos de áreas com baixas abundâncias de **DD**. Apresentam diversas estratégias de forrageamento e os mais diferentes habitats, podendo nidificar no solo, em rochas, árvores, e sementes. Em grande parte não são espécies especialistas, exceto as formigas cultivadoras de fungo e as formigas de correição (Andersen, 2000).

C são indivíduos de tamanho diminuto, na maioria, pertencentes à subfamília Myrmicinae ou Ponerinae. Nidificam no solo (serrapilheira) e apresentam maiores taxas de abundância e diversidade quando em áreas florestais, devido a grande quantidade de biomassa retida junto ao solo (Andersen, 2000).

SP são predadoras de outros artrópodes e possuem baixas taxas de interação com outros indivíduos, exceto durante o processo de predação. Apresentam baixas densidades populacionais e são compostos em sua maioria por espécies errantes (Andersen, 2000).

A1Gc – Coletas de Copa: Pomar Convencional

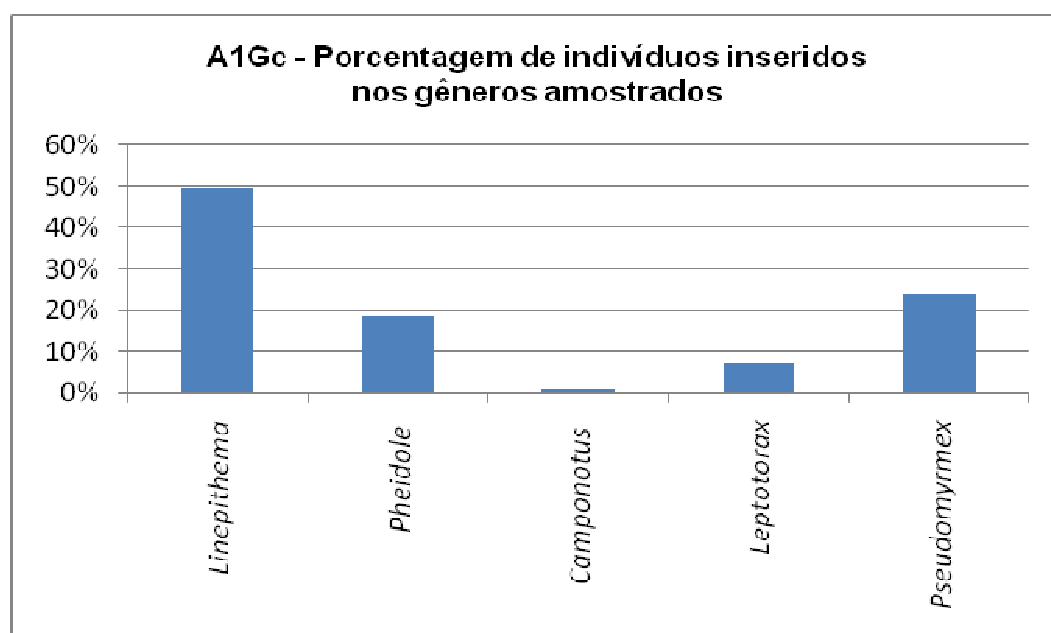


Figura 25. Taxa de indivíduos obtidos à partir de coletas com guarda-chuva entomológico em cada gênero presente na copa de árvores na A1 (A1Gc).

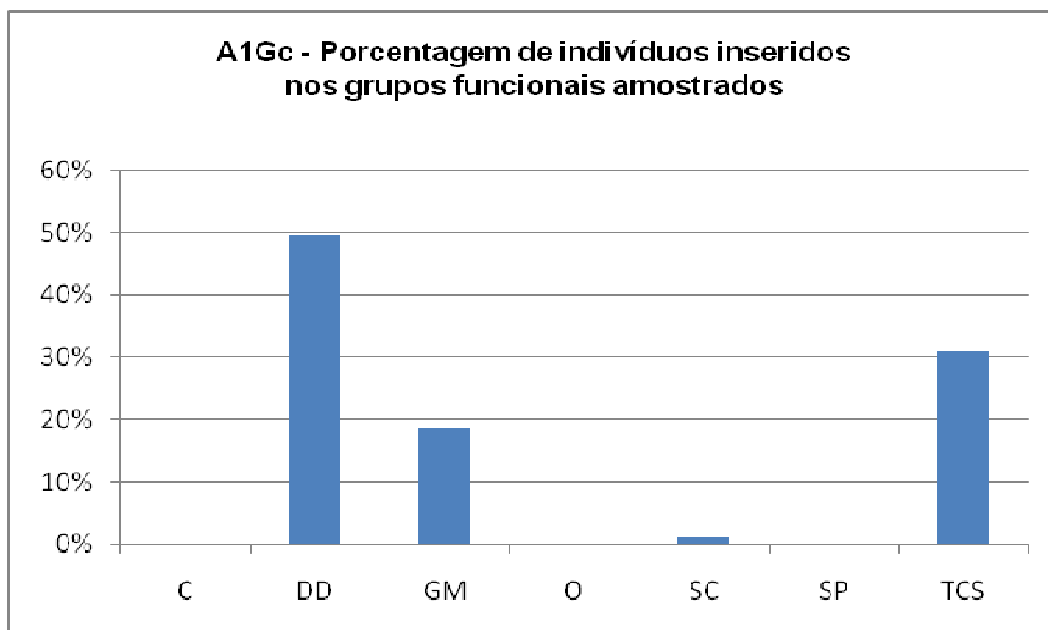


Figura 26. Taxa de indivíduos obtidos à partir de coletas com guarda-chuva entomológico em cada grupo funcional presente na copa de árvores na A1 (A1Gc). Grupos Funcionais: TCS - Especialistas de clima tropical; SP - Predadoras Especialistas; SC - Subordinadas Camponotini; O - Oportunistas; GM - Generalistas Myrmicinae; DD - Dominantes Dolichoderinae; C - Crípticas.

Dentre os grupos encontrados nas coletas realizadas na copa das árvores que compunha a A1 (A1Gc), **DD** (49.5%) foi composto por apenas um gênero, *Linepithema*. **GM** deteve 18.6%, representado apenas pelo gênero *Pheidole*, e **TCS** 31%, representado pelos gêneros *Pseudomyrmex* (23.8%) e *Leptotorax* (7.2%).

A2C – Pomar Convencional

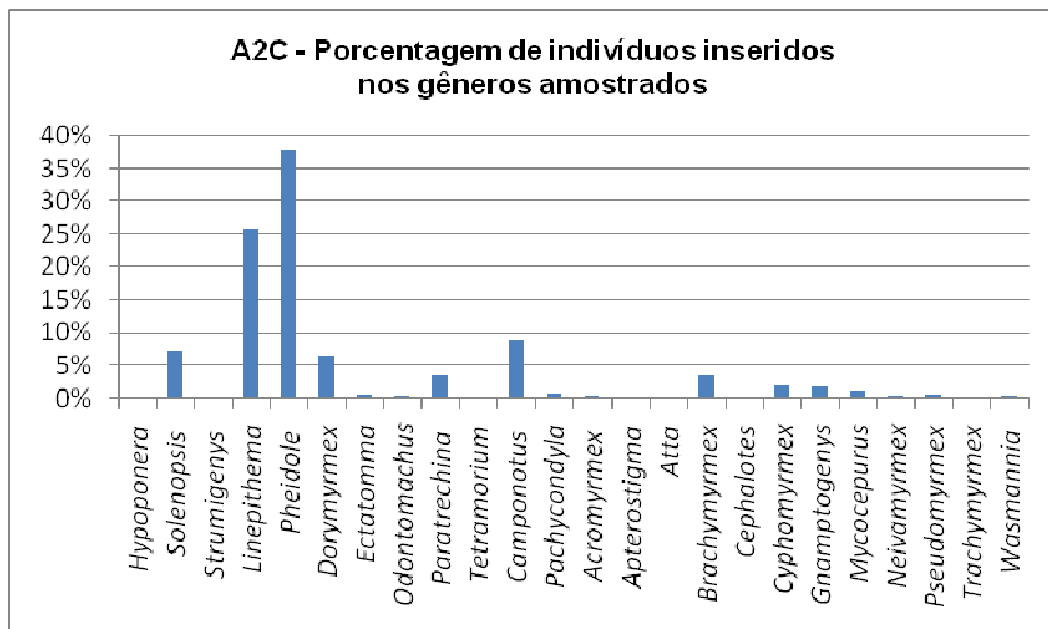


Figura 27. Taxa de indivíduos obtidos à partir de coletas com armadilha de queda em cada gênero presente na área A2C (Pomar Convencional).

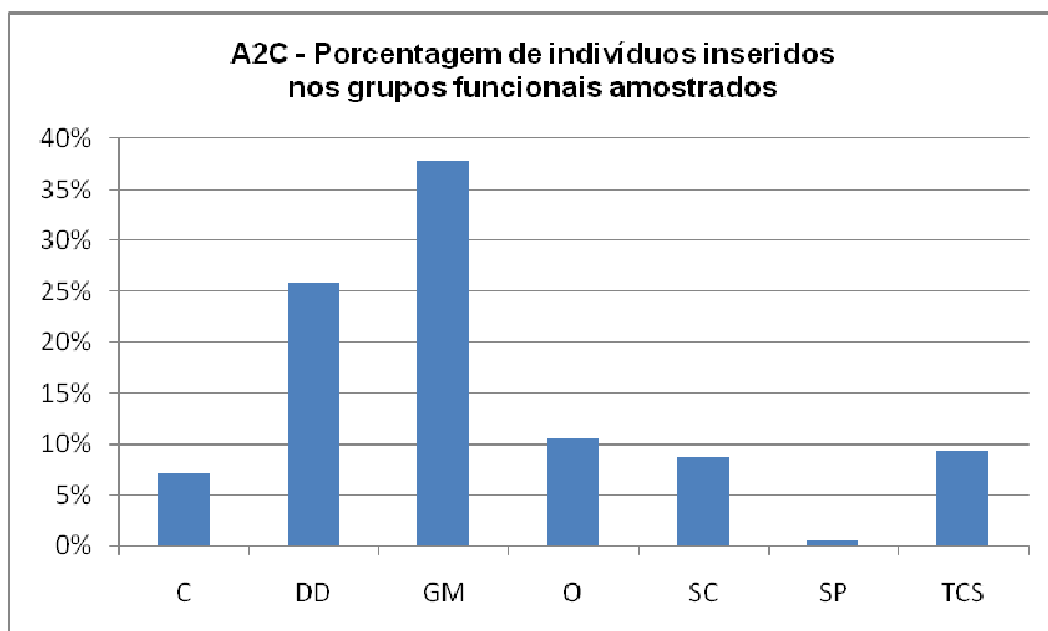


Figura 28. Taxa de indivíduos obtidos à partir de coletas com armadilha de queda em cada grupo funcional presente na área A2C (Pomar Convencional). Grupos Funcionais: TCS - Especialistas de clima tropical; SP - Predadoras Especialistas; SC - Subordinadas Camponotini; O - Oportunistas; GM - Generalistas Myrmicinae; DD - Dominantes Dolichoderinae; C - Crípticas.

Na área A2C, do número total de indivíduos amostrados, 37.9% são **GM**, 25.8% são **DD**, 10.6 % **O**, 9.3% **TCS**, 8.71% **SC**, e 7.15% **C**. O grupo **GM** é composto apenas pelo gênero *Pheidole*, **DD** é composto pelo gênero *Linepithema*, e **O** composto principalmente pelos gêneros *Dorymyrmex* (6,4%) e *Paratrechina* (3,5%).

A2Gc – Coletas de Copa: Pomar Convencional

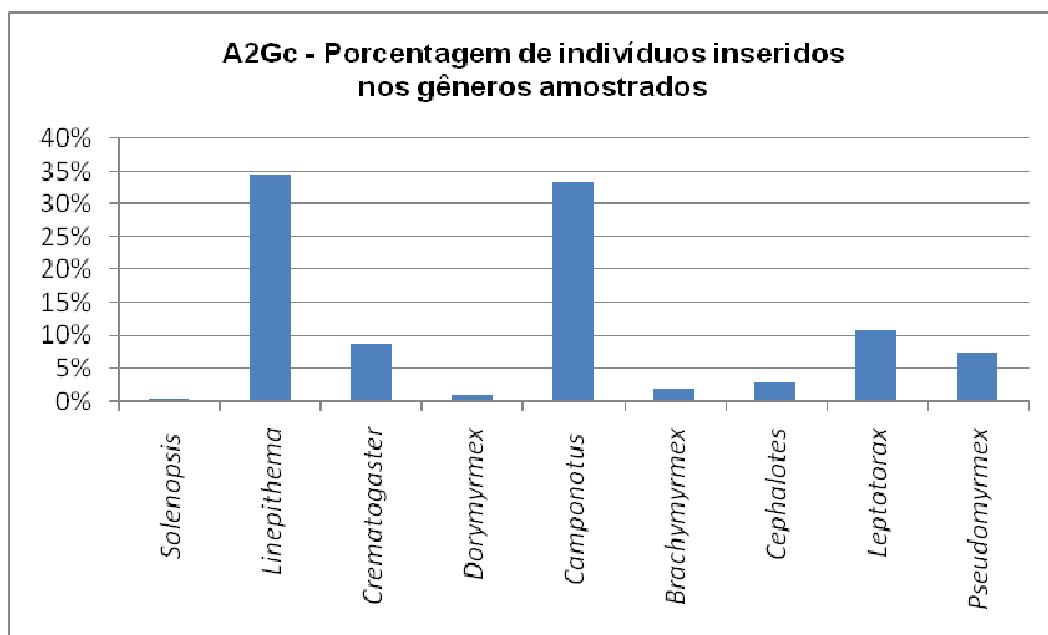


Figura 29. Taxa de indivíduos obtidos à partir de coletas com guarda-chuva entomológico em cada gênero presente na copa de árvores na A2 (A2Gc).

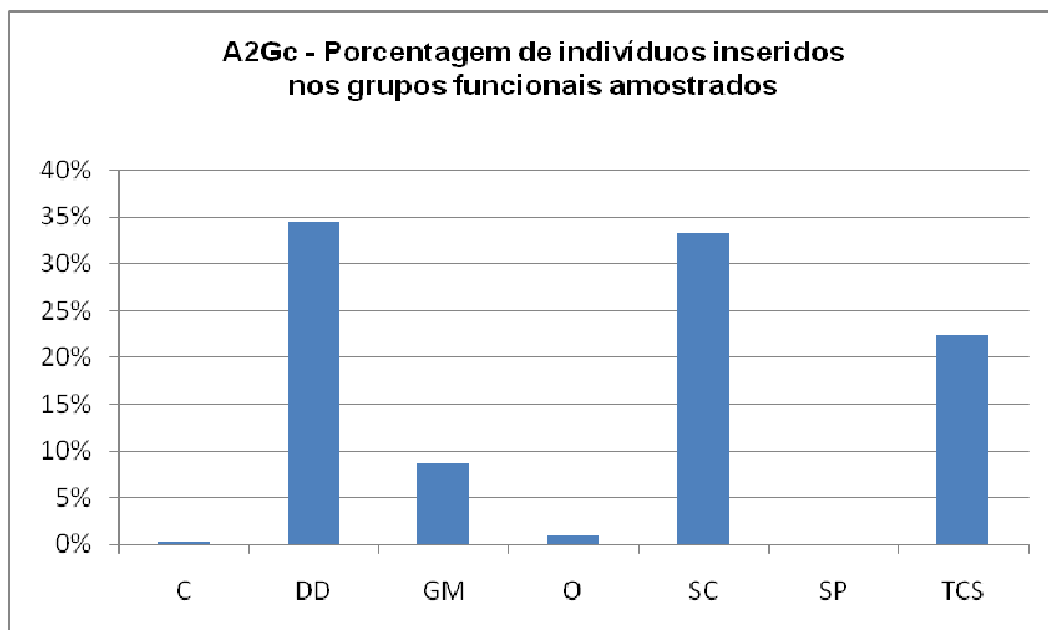


Figura 30. Taxa de indivíduos obtidos à partir de coletas com guarda-chuva entomológico em cada grupo funcional presente na copa de árvores na A2 (A2Gc). Grupos Funcionais: TCS - Especialistas de clima tropical; SP - Predadoras Especialistas; SC - Subordinadas Camponotini; O - Oportunistas; GM - Generalistas Myrmicinae; DD - Dominantes Dolichoderinae; C - Crípticas.

Dentre os grupos encontrados nas coletas realizadas na copa das árvores que compunha a A2 (A2Gc), **DD** (34.5%) foi composto por apenas um gênero, *Linepithema*. **SC** deteve 33.3% do total, representado apenas pelo gênero *Camponotus*, e **TCS** 22.3%, representado pelos gêneros *Leptotorax* (10.7%), *Pseudomyrmex* (7.1%), *Cephalotes* (2.7%), e *Brachymyrmex* (1.8%).

SC são componentes diversos e abundantes, nidificando no solo ou em trancos em decomposição, e apresentam atividade noturna, reduzindo fatores de competição, principalmente com DD, às quais apresenta comportamento submisso, entretanto, possuem alta capacidade de adaptação e invasão de novos habitats.

A4O – Pomar Orgânico

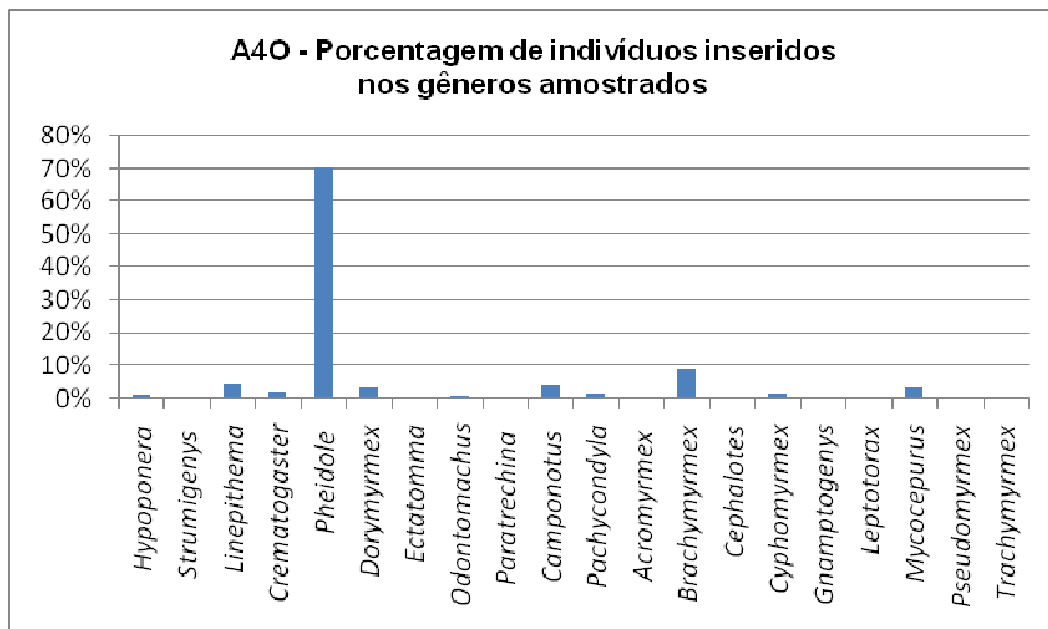


Figura 31. Taxa de indivíduos obtidos à partir de coletas com armadilha de queda em cada gênero presente na área A4O (Pomar Orgânico).

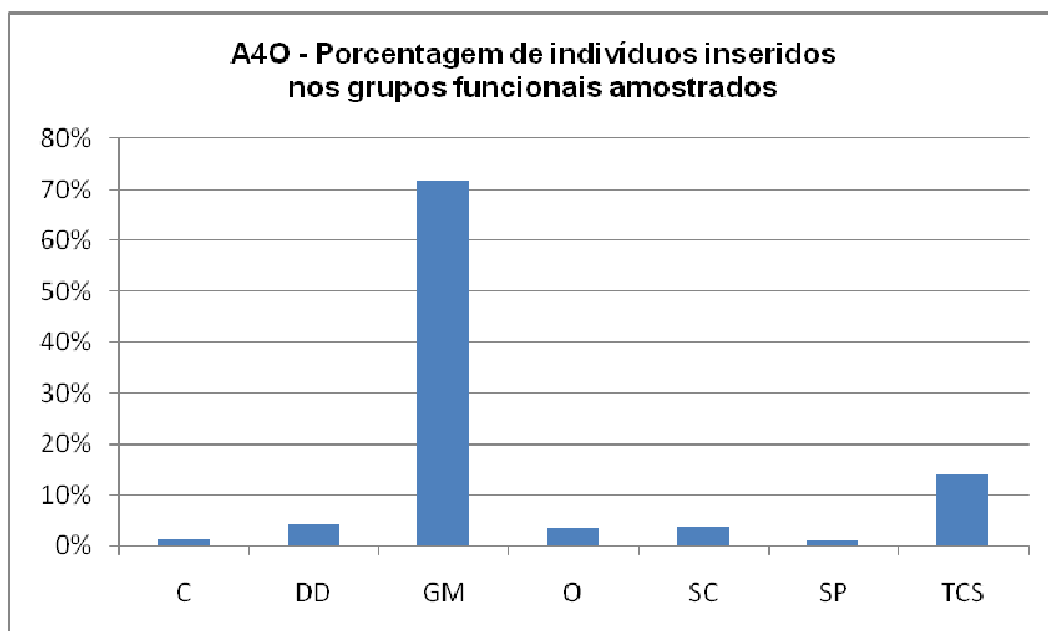


Figura 32. Taxa de indivíduos obtidos à partir de coletas com armadilha de queda em cada grupo funcional presente na área A4O (Pomar Orgânico). Grupos Funcionais: TCS - Especialistas de clima tropical; SP - Predadoras Especialistas; SC - Subordinadas Camponotini; O - Oportunistas; GM - Generalistas Myrmicinae; DD - Dominantes Dolichoderinae; C - Crípticas.

Na área A4O, do número total de indivíduos amostrados, 37.9% são **GM**, 25.8% são **DD**, e 10,6 % **O**. O grupo **GM** é composto apenas pelo gênero *Pheidole*, **DD** é composto pelo gênero *Linepithema*, e **O** composto principalmente pelos gêneros *Dorymyrmex* (6.4%) e *Paratrechina* (3.5%).

A4F – Fragmento Florestal da Área 4

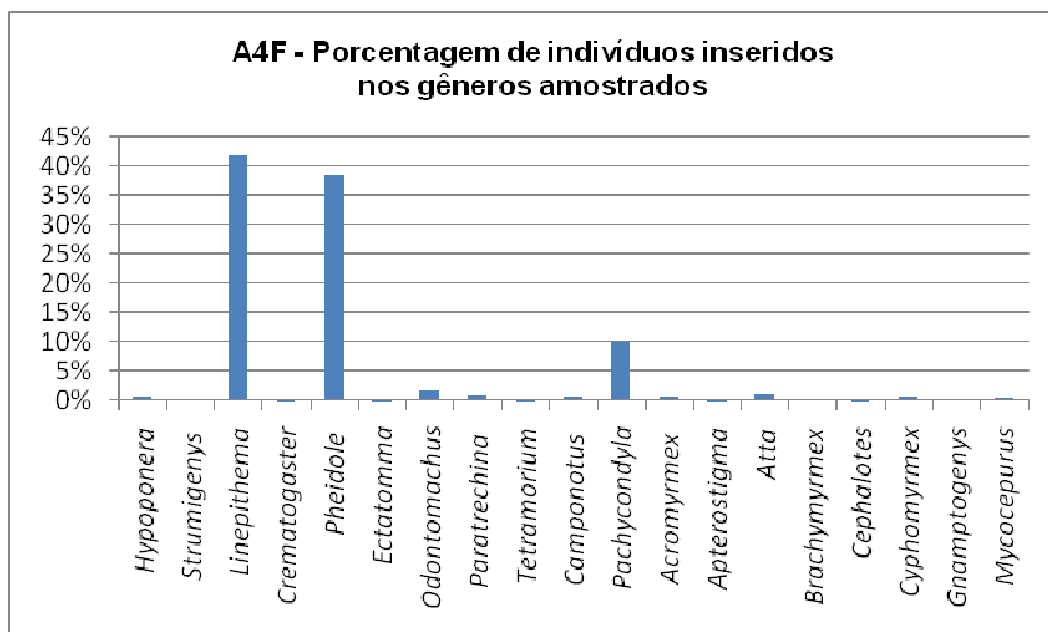


Figura 33. Taxa de indivíduos obtidos à partir de coletas com armadilha de queda em cada gênero presente no Fragmento Florestal de A4F.

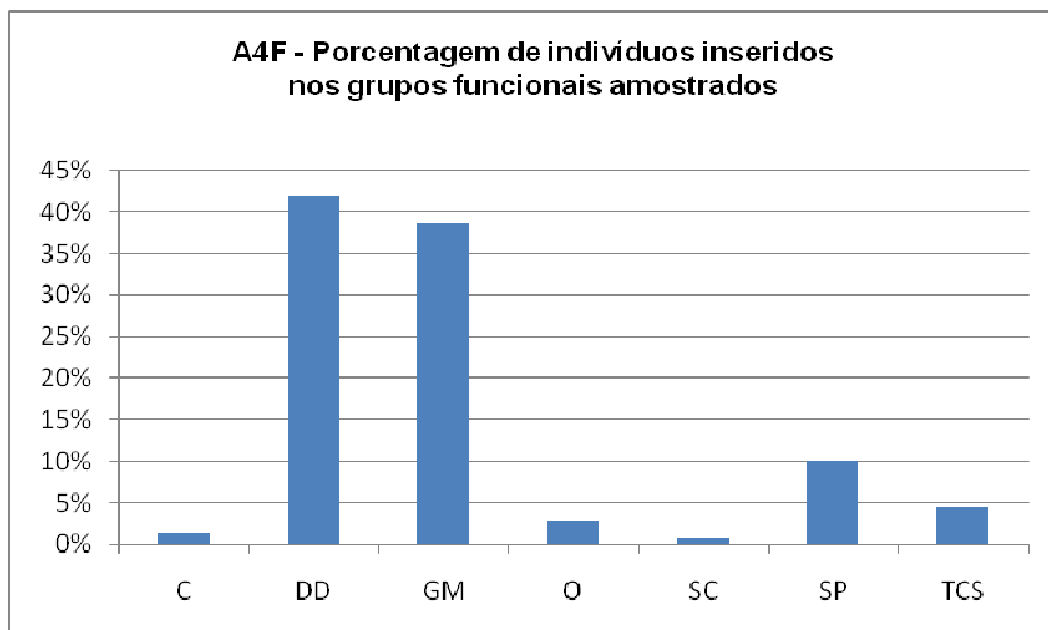


Figura 34. Taxa de indivíduos obtidos à partir de coletas com armadilha de queda em cada grupo funcional presente no Fragmento Florestal da Área 4 (A4F). Grupos Funcionais: TCS - Especialistas de clima tropical; SP - Predadoras Especialistas; SC - Subordinadas Camponotini; O - Oportunistas; GM - Generalistas Myrmicinae; DD - Dominantes Dolichoderinae; C - Crípticas.

No fragmento florestal da área A4 (A4F), do número total de indivíduos amostrados, 41.9% são **DD**, 38.6% são **GM**, e 10.1% **SP**. O grupo **DD** é composto apenas pelo gênero *Linepithema*; **GM** é composto basicamente por *Pheidole* (38.5%), sendo o gênero *Crematogaster* responsáveis por apenas 0.1% dos representantes do grupo; e **TCS** composto principalmente pelo gênero *Atta* (1.4%), sendo os outros gêneros que compõe o grupo representantes de 3.1% do total do grupo, todos com menos de 1% do total.

A4Go – Coletas de Copa: Pomar Orgânico

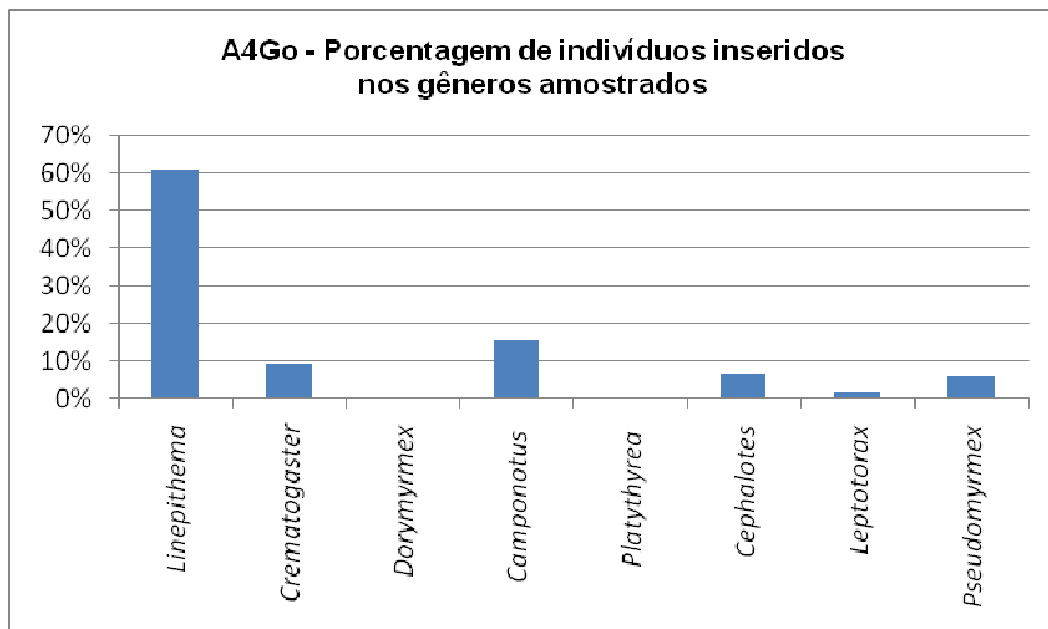


Figura 35. Taxa de indivíduos obtidos à partir de coletas com guarda-chuva entomológico em cada gênero presente na copa de árvores na A4 (A4Go).

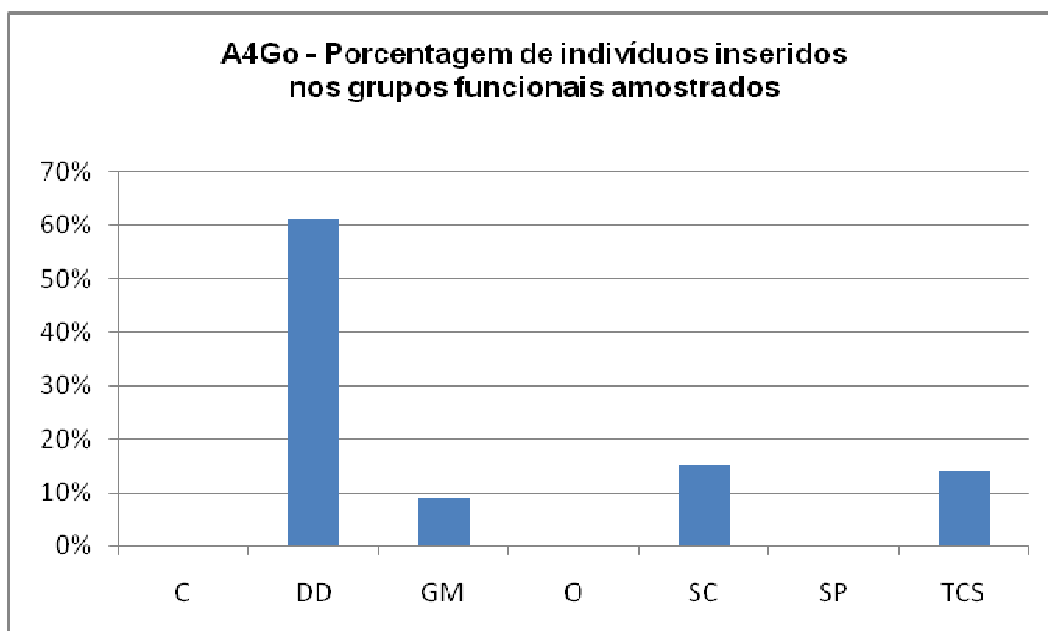


Figura 36. Taxa de indivíduos obtidos à partir de coletas com guarda-chuva entomológico em cada grupo funcional presente na copa de árvores na A4 (A4Go). Grupos Funcionais: TCS - Especialistas de clima tropical; SP - Predadoras Especialistas; SC - Subordinadas Camponotini; O - Oportunistas; GM - Generalistas Myrmicinae; DD - Dominantes Dolichoderinae; C - Crípticas.

Dentre os grupos encontrados nas coletas realizadas na copa das árvores de A4 (A4Go), **DD** (61%) foi representado por apenas um gênero, *Linepithema*. **SC** deteve 15.3% do total, representado apenas pelo gênero *Camponotus*, e **TCS** 14.2%, representado pelos gêneros *Cephalotes* (6.6%), *Pseudomyrmex* (5.9%), e *Leptotorax* (1.7%).

A6O – Pomar Orgânico

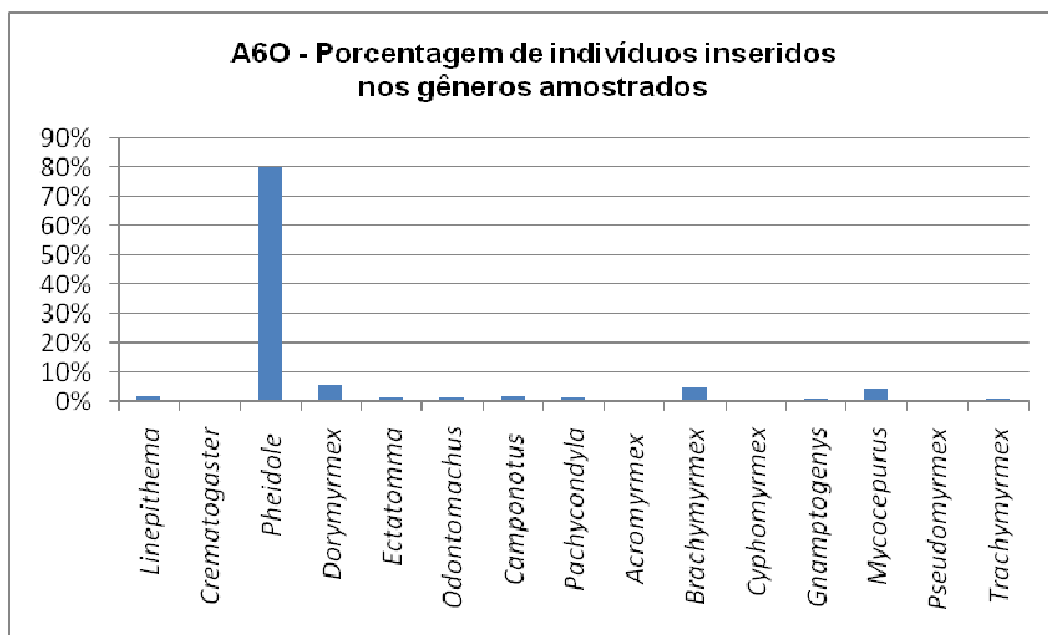


Figura 37. Taxa de indivíduos obtidos à partir de coletas com armadilha de queda em cada gênero presente na área A6O (Pomar Orgânico).

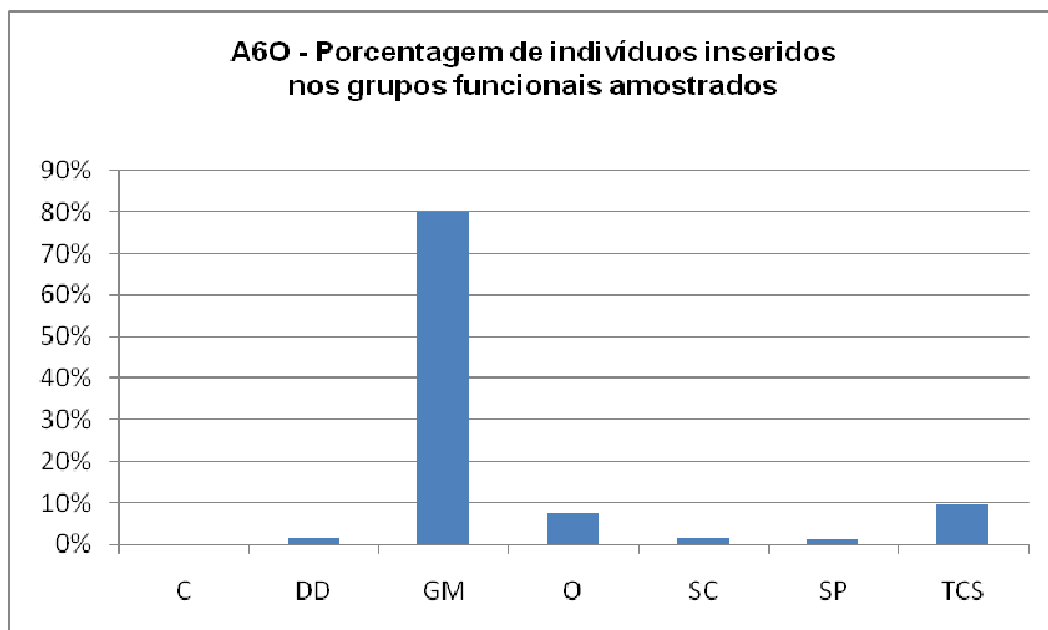


Figura 38. Taxa de indivíduos obtidos à partir de coletas com armadilha de queda em cada grupo funcional presente na área A6O (Pomar Orgânico). Grupos Funcionais: TCS - Especialistas de clima tropical; SP - Predadoras Especialistas; SC - Subordinadas Camponotini; O - Oportunistas; GM - Generalistas Myrmicinae; DD - Dominantes Dolichoderinae; C - Crípticas.

Na área A6O, do número total de indivíduos amostrados, 80% são **GM**, 9.4% são **TCS**, e 7.3% **O**. O grupo **GM** é composto em sua maioria pelo gênero *Pheidole*, sendo *Crematogaster* representante de apenas 0.05% do total amostrado no grupo; **TCS** é composto em sua maioria pelos gêneros *Brachymyrmex* (4.4%) e *Mycocepurus* (3.8%), e **O** composto pelos gêneros *Dorymyrmex* (5.3%), *Odontomachus* (1.1%), e *Ectatomma* (0.9%%).

A6Go – Coletas de Copa: Pomar Orgânico

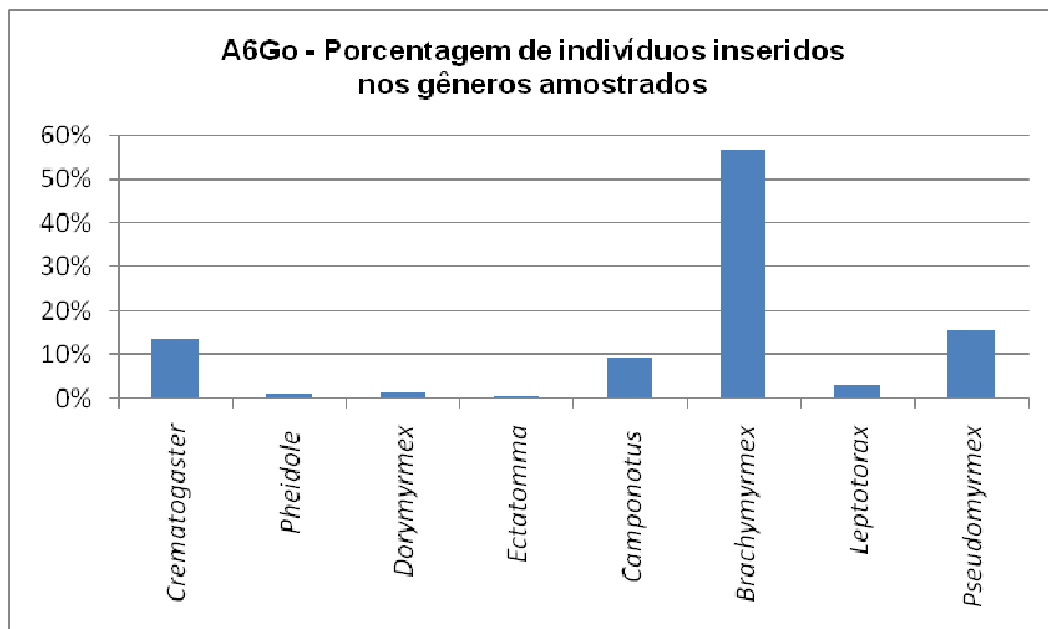


Figura 39. Taxa de indivíduos obtidos à partir de coletas com guarda-chuva entomológico em cada gênero presente na copa de árvores na A6 (A6Go).

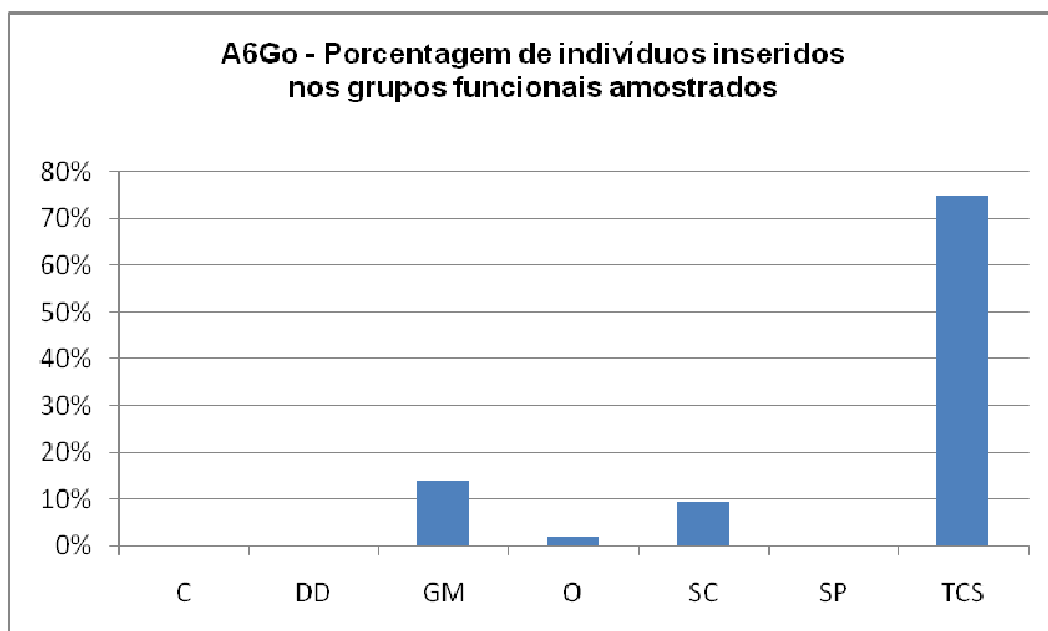


Figura 40. Taxa de indivíduos obtidos à partir de coletas com guarda-chuva entomológico em cada grupo funcional presente na copa de árvores na A6 (A6Go). Grupos Funcionais: TCS - Especialistas de clima tropical; SP - Predadoras Especialistas; SC - Subordinadas Camponotini; O - Oportunistas; GM - Generalistas Myrmicinae; DD - Dominantes Dolichoderinae; C - Crípticas.

Dentre os grupos encontrados nas coletas realizadas na copa das árvores que compunha a área A6 (A6Go), **TCS** (75%) foi composto pelos gêneros, *Brachymyrmex* (56.7%), *Pseudomyrmex* (15.5%), e *Leptotorax* (2.9%). **GM** deteve 14.2% do total, representado pelos gêneros *Crematogaster* (13.3%) e *Pheidole* (0.8%); **SC** apresentou 9.2% do total, representado apenas pelo gênero *Camponotus*.

5.2.1. Índices de diversidade

Com os dados de abundância de cada grupo funcional em cada ponto das áreas amostradas foram calculados os índices de Simpson ($1-D$) e equitabilidade (J') para cada ponto amostrado, sendo posteriormente calculada: a média e o desvio padrão entre os pontos amostrais de cada área para cada componente avaliado. Resultados obtidos apresentados na tabela 4.

Tabela 4. Sumário das análises de diversidade para os dados de grupos funcionais nas áreas estudadas. Média e desvio padrão apresentada entre os 20 pontos amostrados em cada área. Média = Médias dos dados obtidos em cada ponto amostral de cada área. DP = Desvio padrão entre os valores obtidos nos pontos amostrais de cada área

		Simpson ($1-D$)	Equitabilidade (J')
A1C	Média	0.547775	0.62706
	D.P.	0.099028783	0.131096728
A1F	Média	0.595995	0.699745
	D.P.	0.116028334	0.133997402
A1Gc	Média	0.35854	0.861285714
	D.P.	0.269199092	0.152330223
A2C	Média	0.72723	0.83626
	D.P.	0.040322595	0.064356846
A2Gc	Média	0.45671	0.789742105
	D.P.	0.179929489	0.159260082
A4O	Média	0.43453	0.527021053
	D.P.	0.174080644	0.134427385
A4F	Média	0.525665	0.656095
	D.P.	0.13170957	0.147200702
A4Go	Média	0.5502	0.776335
	D.P.	0.128027423	0.141670471
A6O	Média	0.34023	0.42066
	D.P.	0.116109468	0.11118868
A6Go	Média	0.33201	0.735088235
	D.P.	0.189319365	0.19484581

Considerando apenas as coletas de solo, as áreas de cultivo orgânico apresentaram os maiores valores de dominância (D), (A4O – $D = 0.56547$ / A6O – $D = 0.65977$). Dentre as áreas de cultivo convencional, A1C ($D = 0.452225$) apresentou valores de dominância próximos aos apresentados pelos fragmentos florestais A1F ($D = 0.404005$) e A4F ($D = 0.474335$). Nas coletas de copa, A6Go apresentou o maior dominância ($D = 0.66799$).

Considerando apenas as coletas de solo, a área A2C apresentou o maior valor de Simpson ($1-D = 0.72723$). A1C ($1-D = 0.547775$) valor próximo ao apresentado pelas áreas florestais A1F ($1-D = 0.595995$) e A4F ($1-D = 0.525665$). As áreas orgânicas A4O e A6O apresentaram os menores valores, $1-D = 0.43453$ e $1-D = 0.34023$, respectivamente. Entretanto, dentre os dados obtidos em coletas de copa, A4Go apresentou o maior valor, $1-D = 0.5502$, e A6Go o menor valor, $1-D = 0.33201$.

Para as coletas de copa todas as áreas apresentaram valores similares de equitabilidade: A1Gc ($J' = 0.861$) A2Gc ($J' = 0.789$), A4Go ($J' = 0.7763$), A6Go ($J' = 0.735$). Os dados obtidos em coletas de solo apresentaram grande variação na equitabilidade apresentada.

5.2.2. Análise de Similaridade

Os dados de abundância de cada grupo funcional em cada ponto de cada área foram submetidos à análise de similaridade por Morisita (figura 41) e também pela proposta de Ward (figura 42).

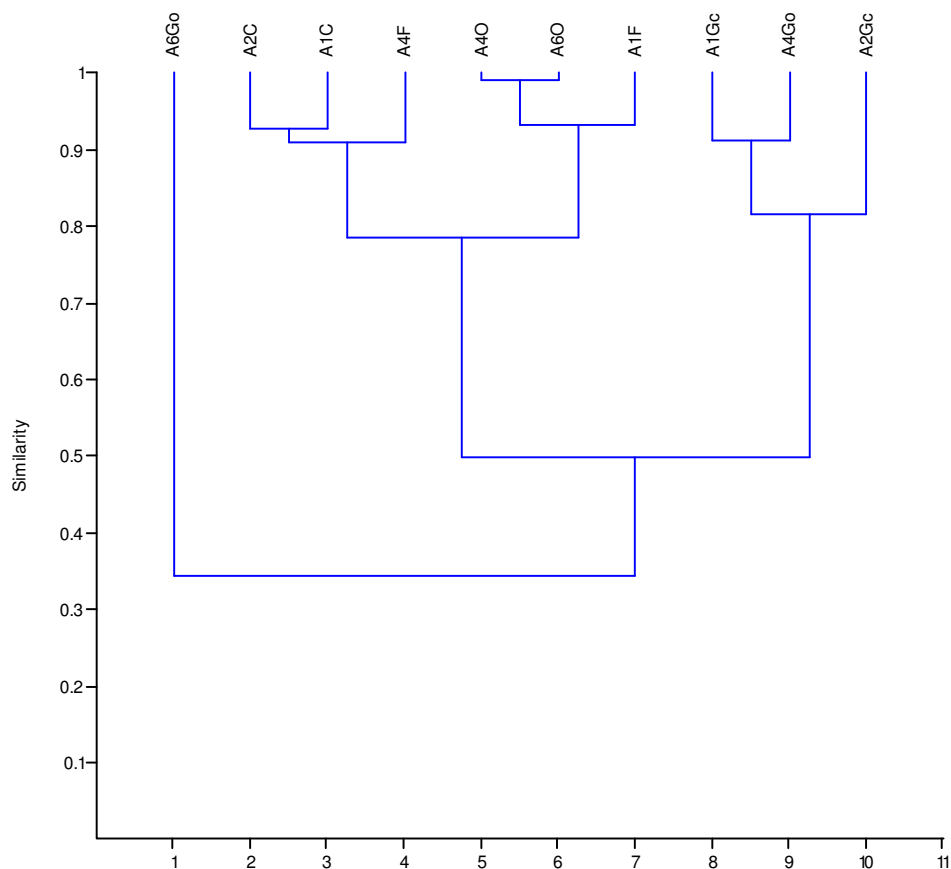


Figura 41. Dendrograma obtido por análise de similaridade (Morisita) considerando os dados de abundância dos grupos funcionais por ponto de coleta em cada área amostrada.

No dendrograma da figura 41, as áreas orgânicas A4O e A6O apresentaram-se muito similares, assim como as áreas de cultivo convencional A1C e A2C, que também foram agrupadas, entretanto, com valores de similaridade inferiores aos apresentados pelas áreas orgânicas. Os fragmentos florestais A1F e A4F foram agrupados separadamente, entretanto, o fragmento da área de cultivo convencional (A1F) foi agrupado com as áreas de cultivo orgânico (A4O e A6O), e o fragmento florestal da área de cultivo orgânico (A4F) foi agrupado com as áreas de cultivo convencional. Dentre os dados obtidos em coletas de copa, as áreas A1Gc, A2Gc e A4Go foram agrupadas, entretanto, a área A6Go foi a que apresentou maior dissimilaridade dos dados.

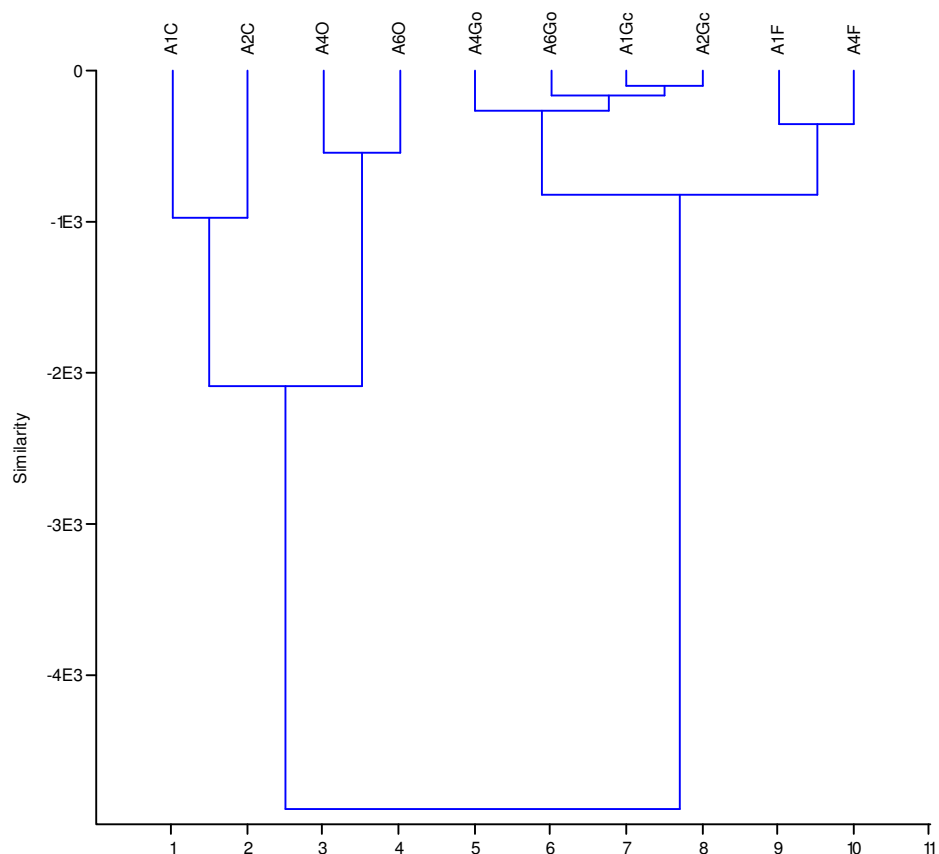


Figura 42. Dendrograma obtido por análise de similaridade (Ward) considerando os dados de abundância dos grupos funcionais em cada ponto de coleta em cada área amostrada.

No dendrograma da figura 42, as áreas orgânicas A4O e A6O apresentaram-se similares, assim como as áreas de cultivo convencional A1C e A2C, sendo estas (A1C, A2C, A4O e A6O) agrupadas separadamente de todos os dados plotados na análise. Os fragmentos florestais (A1F e A4F) também foram agrupados separadamente dos outros dados, assim como os dados de copa, que demonstraram similaridades entre os dados apresentados pelas áreas de cultivo convencional (A1Gc e A2Gc).

5.2.3. Análise de variância de Kruskal-Wallis (H)

Os índices de diversidade obtidos em cada ponto amostral de cada área foram submetidos ao teste Kruskal-Wallis (H) e comparados em pares por Student-Newman-Keuls (SNK). Uma súmula dos valores de H e p de cada comparação pareada encontra-se na tabela 5. As comparações encontram-se expressas nos gráficos a seguir (figuras 43 - 44), demonstrando as comparações para cada índice avaliado, correlacionando os dados de abundância dos grupos funcionais de cada área obtidos em coletas de solo separadamente dos dados de copa.

Tabela 5. Súmula dos valores obtidos no teste de Kruskal-Wallis e em teste de comparação de Student-Newman-Keuls para os índices obtidos a partir dos dados de grupos funcionais. *Valores significativos de p em destaque.

	Simpson (1-D)	Equitabilidade (J')
Amostras obtidas em coletas de solo		
H_{0,05; 5}	67.3499	65.857
A1C x A2C	< 0.0001	< 0.0001
A1C x A4O	0.0962	0.0496
A1C x A6O	0.0005	0.0007
A1C x A1F	0.2645	0.177
A1C x A4F	0.7694	0.5823
A2C x A4O	< 0.0001	< 0.0001
A2C x A6O	< 0.0001	< 0.0001
A2C x A1F	0.0022	0.01
A2C x A4F	< 0.0001	0.0007
A4O x A6O	0.0697	0.1509
A4O x A1F	0.0054	0.0009
A4O x A4F	0.1705	0.0119
A6O x A1F	< 0.0001	< 0.0001
A6O x A4F	0.0015	< 0.0001
A1F x A4F	0.1588	0.4237
Amostras obtidas em coletas de copa		
H_{0,05; 3}	14.262	1.7655
A1Gc x A2Gc	0.3673	-
A1Gc x A4Go	0.0085	-
A1Gc x A6Go	0.3172	-
A2Gc x A4Go	0.0839	-
A2Gc x A6Go	0.0572	-
A4Go x A6Go	0.0003	-

Dados obtidos em coletas de solo:

A seguir encontram-se os gráficos que expressam as correlações entre os dados de grupos funcionais obtidos em coletas de solo, em todas as áreas (A1C, A1F, A2C, A4O, A4F, A6O), pareadas uma a uma, para os valores obtidos em análise com os índices de diversidade de Simpson ($1-D$) (figura 43) e equitabilidade (J') (figura 44).

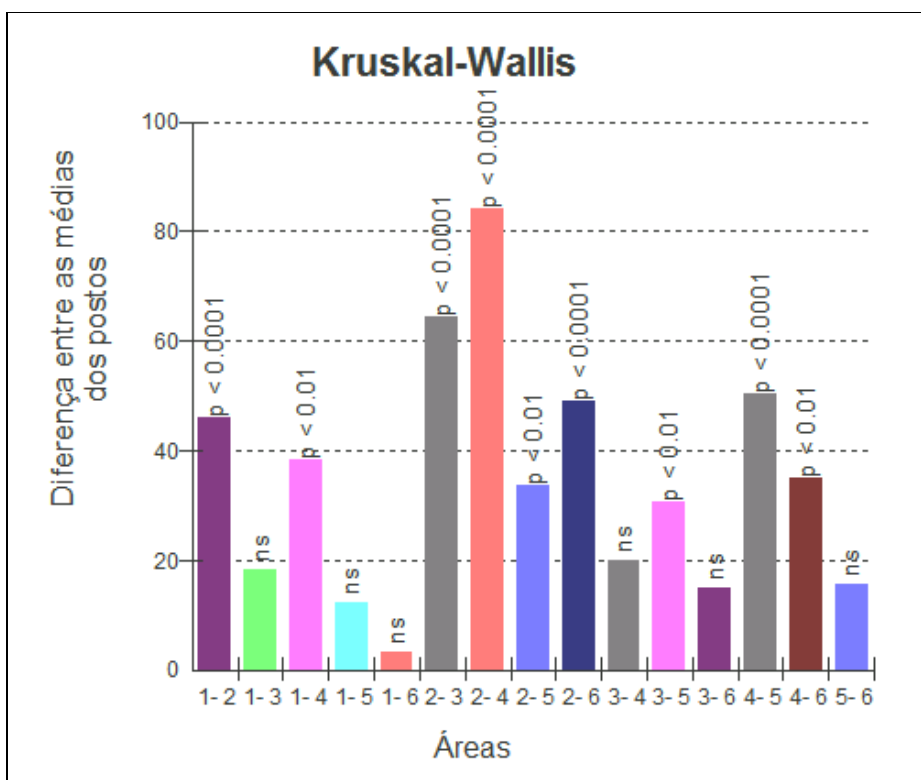


Figura 43. Gráfico gerado a partir de dados obtidos em análise de dominância ($1-D$) submetidos a teste de Kruskal-Wallis ($H_{0,05;5}$) e comparados aos pares de áreas em teste de Student-Newman-Keuls.

*1=A1C; 2=A2C; 3=A4O; 4=A6O; 5=A1F; 6=A4F.

*ns=valores não significativos.

A comparação aos pares entre A1C e A1F não apresenta valores significativos de p , indicando semelhanças entre os valores de diversidade ($1-D$) ($p = 0.264$) e equitabilidade (J') ($p = 0.177$).

A4O e A4F não apresentaram valor significativo de p entre os valores de diversidade ($1-D$) ($p = 0.1705$), entretanto, para a análise de equitabilidade (J') apresentou valores significativos ($p = 0.0119$).

Ao parear as áreas A1C e A2C os valores de p obtidos para ambos os índices foram inferiores a 0,05 ($p < 0.0001$), indicando diferenças entre os valores obtidos nas áreas amostradas.

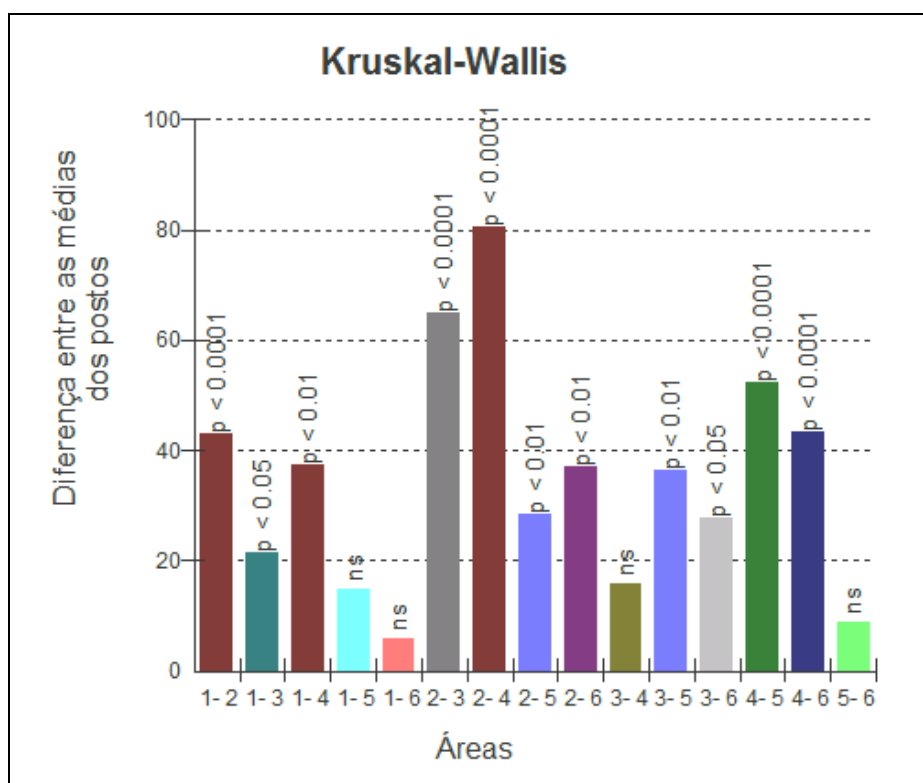


Figura 44. Gráfico gerado a partir de dados obtidos em análise de equitabilidade (J') submetidos a teste de Kruskal-Wallis ($H_{0,05;5}$) e comparados aos pares de áreas em teste de Student-Newman-Keuls.

*1=A1C; 2=A2C; 3=A4O; 4=A6O; 5=A1F; 6=A4F.

*ns=valores não significativos.

Ao parear as áreas A4O e A6O os valores de p obtidos para ambos os índices foram superiores a 0,05 ($1-D - p = 0.0697 / J' - p = 0.1509$), indicando similaridade entre os valores obtidos nas áreas amostradas.

A1C e A4O apresentaram $p = 0.0962$ para os dados de diversidade ($1-D$) e $p = 0.0496$ para os dados de equitabilidade (J') indicando diferenças entre a equitabilidade, mas não entre os dados de dominância das áreas em questão.

Em A1C e A6O o valor de p para os dados de diversidade ($1-D$) e equitabilidade (J') foram significativos ($p < 0.05$), indicando diferenças entre os dados apresentados pelas áreas.

Quando comparados, A2C com A4O, e A2C com A6O, ambos apresentaram $p < 0.05$ para os dados de diversidade ($1-D$) e equitabilidade (J') indicando diferenças entre os dados.

Dados obtidos em coletas de copa:

A seguir encontram-se os gráficos que expressão as correlações entre os dados de grupos funcionais obtidos em coletas de copa (A1Gc, A2Gc, A4Go, A6Go), pareadas uma a uma, para os valores obtidos em análise com os índices de diversidade de Simpson ($1-D$) (figura 45) e equitabilidade (J') (figura 46).

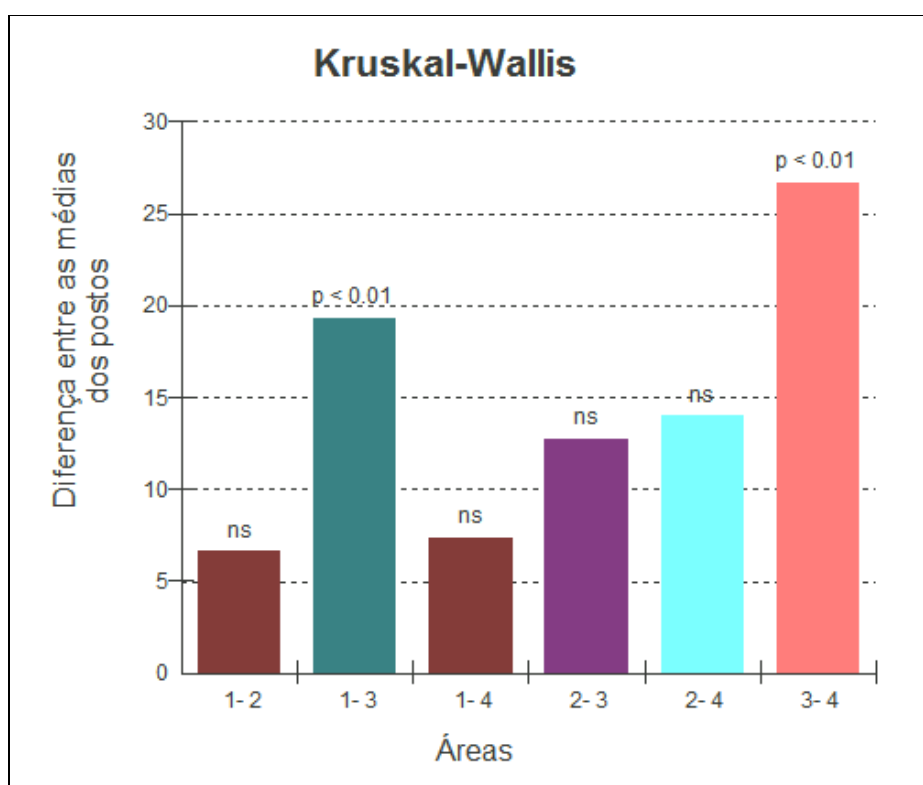


Figura 45. Gráfico gerado a partir dos dados obtidos em análise de equitabilidade ($1-D$) submetidos em teste de Kruskal-Wallis ($H_{0,05;3}$) e comparados aos pares de áreas em teste de Student-Newman-Keuls.

*1=A1Gc; 2=A2Gc; 3=A4Go; 4=A6Go.

*ns=valores não significativos.

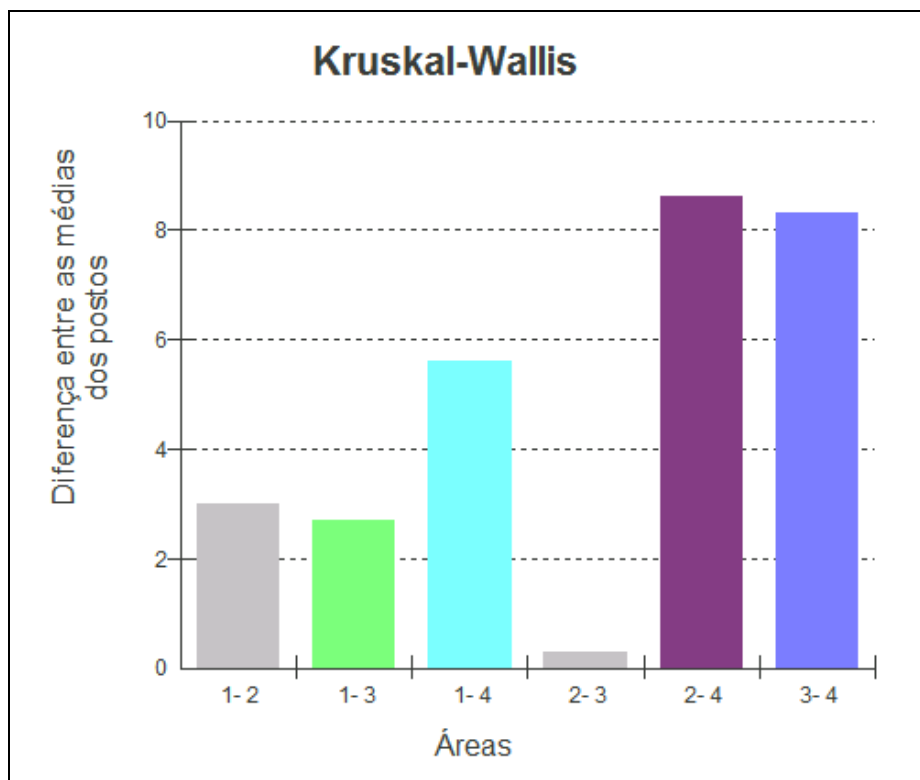


Figura 46. Gráfico gerado a partir dos dados obtidos em análise de equitabilidade (J') submetidos em teste de Kruskal-Wallis ($H_{0,05;3}$) e comparados aos pares de áreas em teste de Student-Newman-Keuls.

*1=A1Gc; 2=A2Gc; 3=A4Go; 4=A6Go.

*ns=valores não significativos.

Os valores de H das análises de Kruskal-Wallis ($H_{0,05; 3}$) foram significativos apenas para os testes realizados com os dados de diversidade de Simpson ($1-D$), com $H = 14.262$, e $p = 0.0026$. Os dados de equitabilidade apresentaram $H = 1.7655$ e $p = 0.6225$.

A comparação aos pares dos dados de copa entre A1Gc e A2Gc não apresenta valores significativos $p = 0.3673$, indicando similaridade entre os valores de diversidade ($1-D$). A4Go e A6Go apresentaram valores de p significativos para os dados de diversidade ($1-D$) ($p = 0.0003$), indicando dissimilaridades entre os dados. A1Gc apresentou $p < 0,05$ quando comparado às áreas A4Go, entretanto, quando comparado a A6Go o valor de $p = 0.3172$. A2Gc apresentou $p > 0,05$ quando comparado às áreas A4Go e A6Go, indicando similaridades entre os dados de diversidade ($1-D$) apresentados pelas áreas.

6. DISCUSSÃO

Os dados de similaridade (Jaccard) sugerem que as áreas de cultivo orgânico (**A4O** e **A6O**) possuem maior similaridade entre si do que as áreas de cultivo convencional (**A1C** e **A2C**).

Quando comparadas aos fragmentos florestais, a área orgânica (**A4O**) apresentou maior similaridade com seu fragmento (**A4F**) do que a área convencional (**A1C**) com o seu fragmento florestal (**A1F**). Esta hipótese torna-se ambígua uma vez que se pode aferir que na realidade o fragmento florestal está sob estresse, apresentando uma estrutura funcional similar à apresentada pelas áreas de cultivo convencional. Entretanto, após submeter os dados em teste de similaridade de Ward, nota-se que as áreas foram agrupadas de acordo com suas características intrínsecas, onde os dados de copa (**A1Gc**, **A2Gc**, **A4Go** e **A6Go**), de amostras em solo (**A1C**, **A2C**, **A4O** e **A6O**) e os fragmentos florestais (**A1F** e **A4F**), foram agrupados por similaridade separadamente uns dos outros. Isto indica que as áreas cultivadas apresentam características distintas das apresentadas pelos fragmentos florestais, validando a proposta de que áreas orgânicas apresentam maior similaridade com seus fragmentos florestais quando comparada à similaridade apresentada por áreas de cultivo convencional, indicando que áreas orgânicas apresentam uma complexidade ambiental mais próxima da apresentada pelos fragmentos florestais que áreas de cultivo convencional.

Segundo Andersen (2000) estratégias comportamentais dominantes tornam-se importantes na estrutura da comunidade à medida que os fatores de estresses e distúrbios são reduzidos, assim como proposto por MacArthur & Wilson (1967), onde em ambientes estáveis, as relações dependentes da densidade mostram-se refletidas por pressões intra-específicas na busca por recursos. Para Fowler *et al.* (1991), a abundância depende da maior ou menor disponibilidade de recursos.

As espécies mais abundantes em uma comunidade são, na maioria das vezes, dominantes. Segundo Greenslade (1976), as espécies mais abundantes de formigas podem ser consideradas competidoras superiores, ocupando posições superiores em uma hierarquia competitiva, restringindo

ou deslocando a abundância de espécies que apresentam níveis de dominância inferiores.

Em trabalho realizado por Samways (1983) constatou-se que a espécie mais abundante em áreas citrícolas foi *Pheidole megacephala*, **GM** com alta dominância nos ambientes que ocorrem. No presente trabalho, *Pheidole* também foi o gênero mais abundante entre as áreas amostradas.

Em trabalho realizado por Zanetti (1992) em áreas citrícolas convencionais na região de Botucatu-SP, as espécies que ocorreram em maior abundância foram as que apresentaram associações com homópteros, como *Camponotus fastigatus*, que encontraram nos homóptera alta disponibilidade de alimento (“honeydew”).

Para os dados obtidos em coletas de copa, o grupo mais representativo na maioria das áreas foi Dominantes Dolichoderinae (**DD**) e, quando não ele, Especialistas de Clima Tropical (**TCS**).

Para os dados obtidos em solo, Generalistas Myrmicinae (**GM**) foi o grupo funcional mais representativo, principalmente nas áreas orgânicas. Entretanto, nas outras áreas apresentou alta competitividade com **DD** na busca por recursos, expresso nas altas taxas de ocorrência de **DD** nas áreas de cultivo convencional (A1C e A2C) e em A4F, indicando que esta possa estar em processo de degradação.

Para Hölldobler & Wilson (1990), as espécies que ocorrem em maior número são as que apresentam ampla adaptação, podendo ocorrer em ambientes naturais ou perturbados.

Segundo Andersen (2000), **GM** possuem características comportamentais e fisiológicas que os proporcionam sobreviver nos mais diversos habitats, apresentando comportamento altamente competitivo com outros grupos por recursos. **DD** são estresse tolerantes e altamente competitivas por novos recursos, sendo estas subjugadas apenas por **GM**. **TCS** não são especialistas (exceto a subfamília Attini) e estão associadas a ambientes que apresentam boa qualidade ambiental, apresentando uma relação inversamente proporcional com **DD**.

As altas representatividades destes três grupos, especialmente **GM** e **DD**, podem tendenciar os dados expressos pelas análises de similaridade

(Morisita), uma vez que a análise atribui pesos aos dados, entretanto, determinam as relações de dominância com os outros grupos. Quando submetidos em teste de similaridade de Ward, normalizando as variâncias e reduzindo o desvio padrão apresentado por cada conjunto de dados. O cluster gerado (figura 42) passa a ter dados mais sólidos, expressos no reconhecimento de diferentes habitats, diferenciando os dados obtidos por armadilhas de solo dos coletados na copa das árvores de citros, e de variabilidades estruturais, ou seja, áreas cultivadas agrupadas separadamente de fragmentos florestais.

i) Análise comparativa dos fragmentos florestais A1F e A4F e suas respectivas áreas citrícolas A1C e A4O.

a) A1C x A1F

Quando pareadas em SNK, **A1C** e **A1F** apresentaram $p < 0,05$, indicando diferenças significativas entre os valores de riqueza (S) e diversidade (H') apresentados pelas áreas.

A1C apresentou valor médio de riqueza (S) e diversidade (H') inferior ao apresentado por **A1F**, indicando que as áreas apresentam dissimilaridades na composição ambiental. Isto se deve ao fato de que em **A1C** ($S = 0.869$) a riqueza média estimada foi inferior à apresentada por **A1F** ($S = 1.813$). Os valores de H' de **A1C** foram inferiores ao apresentado por **A1F** indicando que **A1C** possui uma distribuição de espécies menos homogênea que a apresentada por **A1F**.

Com os dados de grupos funcionais submetidos em SNK, os valores de diversidade ($1-D$) e equitabilidade (J') apresentaram $p > 0.05$ aceitando as similaridades nas relações de dominância dos grupos funcionais entre **A1C** e **A1F**.

Ambas as áreas apresentaram os sete grupos funcionais, entretanto, as relações de dominância apresentada pelos grupos apresentaram diferenças.

A1C apresentou proporções semelhantes de **GM** com **A1F**, entretanto, **A1C** apresentou quase em sua totalidade (**GM** = 52.31%; **DD** = 28.79%; **O** =

16.91%) espécies encontradas em qualquer tipo de ambiente, seja ele perturbado ou não. Dos outros grupos que compunham a área, **SP** (1%) são espécies predadoras errantes, e **SC** (0.66%) são espécies características de ambientes antrópicos. Apenas **TCS** (0.27%) e **C** (0.06%) estão associados à habitats mais complexos.

Quando comparados, **A1F** apresentou uma redução em **DD** (10.68%), indicando que a nichos ocupados por **DD** no fragmento florestal estão sendo utilizados por outros grupos nas áreas cultivadas. Nas áreas orgânicas, grande parte dos recursos disponíveis é utilizada amplamente apenas por **GM**, entretanto, nas áreas de cultivo convencional esses recursos são explorados de forma mais ampla por diferentes grupos funcionais (ver figura 20).

TCS (19.10%) apresentou a segunda maior representatividade dentre os grupos, e possui relações inversamente proporcionais com **DD**. **C** (6.25%) assim como **TCS** são compostos por espécies associadas a ambientes que apresentam maior qualidade ambiental.

SP (5.16%) são espécies predadoras sem interações com outros grupos. O aumento nas taxas de **SP** em **A1C** esta provavelmente relacionado ao aumento da complexidade ambiental, aumentando a oferta de recursos e conseqüentemente gerando um aumento na amplitude de espécies predadoras.

O (4.36%) estão associados a ambientes perturbados e ocupam nichos ainda não ocupados por outras espécies. **SC** (0.29%) apresentou a menor representatividade, estando associado a ambientes antrópicos.

O aumento da representatividade de grupos associados a ambientes mais preservados, e a redução na dominância de **DD**, expressa no aumento dos valores de equitabilidade (J'), sugerem que o fragmento florestal **A1F** apresentou maior complexidade ambiental quando comparada à área de cultivo convencional **A1C**.

O distanciamento apresentado em análise de similaridade por **A1C** de **A1F** quando comparado as distancias obtidas entre **A4O** e **A4F** está expresso na dissimilaridade apresentada entre **O**, o que pode ser visto como negativo para **A1C**, pois maiores taxas de indivíduos ditos Oportunistas (**O**) indicam

maior dominância de indivíduos classificados por Andersen (1995) como ruderais, característicos de ambientes perturbados. Da mesma forma as áreas apresentaram valores muito distintos de **C**, o que também pode ser visto como negativo para **A1C**, pois maiores taxas de indivíduos ditos Espécies Crípticas (**C**), indicam aumento da complexidade estrutural, uma vez que este grupo apresenta alta diversidade e são espécies comumente encontradas em áreas de florestas.

b) A4O x A4F

A4O apresentou valor médio de riqueza (*S*) superior ao apresentado por **A4F**, e de diversidade (*H'*) similares. Quando pareadas em SNK, apresentaram $p < 0,05$ indicando diferenças significativas nos valores de *S*. Esta diferença é resultado da quantidade de indivíduos coletados na área **A4O** (3593 indivíduos) quando comparado ao número de indivíduos coletados na área **A4F** (1095 indivíduos), uma vez que o número de espécies ocorrentes nas áreas foi similar (25 espécies em A4O e 22 espécies em A4F). Quando pareados os valores de *H'* apresentaram $p > 0,05$, indicando similaridades entre a composição das áreas.

O valor de SNK para *1-D* sugere que as áreas apresentam similaridades significativas ($p < 0.05$), indicando que as áreas apresentam similaridades na composição ambiental. Entretanto, para *J'* este valor foi significativo ($p < 0.05$), indicando diferenças significativas na equitabilidade dos grupos funcionais, também resultado da diferença entre o número de indivíduos coletados nas áreas, uma vez que para se obter o valor de *J'* pondera os valores de *H'* como variável.

Ambas as áreas apresentaram os sete grupos funcionais, entretanto, as relações de dominância apresentada pelos grupos apresentaram diferenças entre as áreas.

A4O apresentou proporções superiores de **GM** (71.88%) quando comparados à **A4F** (**GM** = 38.63%), entretanto, **A4F** apresentou altas proporções de **DD** (41.92%), enquanto em **A4O** apenas 4.23%. **DD** foi composto unicamente pela espécie *Linepithema humile*, espécie arborícola

que busca recursos alimentares tanto no solo quanto na copa das árvores, e apresentam alta dominância nos nichos que ocupam, sendo denominadas estresse tolerantes, entretanto, segundo Andersen (2000), **DD** ocorrem moderadamente ou são praticamente ausentes em habitats estressados.

Dos outros grupos que compunham a área cultivada (**A4O**), **SP** (1.14%) são espécies predadoras errantes, **SC** (3.87%) são espécies características de ambientes antropizados, e **O** (3.67%) característicos de ambientes ruderais. Apenas **TCS** (13.95%) e **C** (1.25%) estão associados à habitats com maior complexidade ambiental.

Quando comparados, **A4F** apresentou maior densidade de **DD**, reduzindo os valores de dominância de **GM** na área, uma vez que ambas são altamente competitivas por recursos. Dentre os outros grupos presentes em **A4F**, **SP** (10.05%) também apresentou maiores taxas de ocorrência, entretanto, **SC** (0.73%) e **O** (2.92%), encontrados comumente em ambientes altamente perturbados, apresentaram valores inferiores aos apresentados pela área cultivada. **TCS** (4.47%), característicos de áreas com boa qualidade ambiental, apresentaram redução nas taxas de ocorrência e **C** (1.28%) valores muito próximos aos apresentados por **A4O**.

Mesmo com a alta representatividade apresentada pelas Dominantes Dolichoderinae (**DD**) **A4F** apresentou maior valor médio de equitabilidade quando comparado a **A4O**. O aumento na dominância de **DD** pode explicar a baixa representatividade de **TCS** em **A4F**, uma vez que estas apresentam relações inversamente proporcionais, e da mesma forma em **A4O**, onde **TCS** apresentou taxas de ocorrência superiores a **DD**, sugerindo que **A4F** apresenta maior complexidade ambiental quando comprado a **A4O**.

A similaridade entre as taxas apresentadas por **C**, e as baixas taxas de ocorrência de **SC** e **O** em ambas as áreas – o que pode ser visto como positivo, pois **SC** e **O** são característicos de ambientes altamente perturbados – explicam a menor similaridade apresentada entre **A4O** e **A4F**, demonstrado então que **A4O** e **A4F** estão mais próximos entre si do que **A1C** e **A1F**.

ii) Análise comparativa entre áreas de cultivo convencional (A1C e A2C) e áreas de cultivo orgânico (A4O e A6O).

Os resultados das análises de similaridade (Jaccard) sugerem que as áreas de cultivo orgânico **A4O** e **A6O** apresentam maior similaridade entre si do que com as áreas de cultivo convencional **A1C** e **A2C**, que foram alocadas no dendograma separadamente uma da outra (figura 14). Considerando os grupos funcionais, os dados da análise de Morisita (figura 41) e Ward (figura 42) também sugerem que as áreas orgânicas apresentam maior similaridade entre si do que as áreas de cultivo convencional.

a) A4O x A6O

Quando pareados em teste de SNK, **A4O** e **A6O** apresentaram valor de $p > 0.05$ para os dados de S e H' , aceitando as similaridades apresentadas pelas áreas, resultado da similaridade no número de espécies coletadas (**A4O** = 25 espécies – **A6O** = 27 espécies) e no número de indivíduos amostrados (**A4O** = 3593 indivíduos – **A6O** = 4158 indivíduos).

Com os dados de grupos funcionais pareados em teste de SNK, **A4O** e **A6O** apresentaram $p > 0,05$ para os dados de $1-D$ e J' , aceitando similaridades nas relações de dominância dos grupos funcionais que compõem as áreas.

Dentre as áreas, **A6O** não registrou ocorrência de Espécies Crípticas (**C**), altamente diversas e abundantes em florestas. **A4O** apresentou os sete grupos funcionais.

Ambas as áreas apresentaram **GM** como principal componente da mirmecofauna (**A4O** = 71.88% / **A6O** = 79.85%), entretanto, apresentaram baixas taxas de **DD** (**A4O** = 4.23% / **A6O** = 1.25%).

Dentre os outros grupos que ocorreram nas áreas; **O** (**A4O** = 3.67% / **A6O** = 7.29%) e **SC** (**A4O** = 3.87% / **A6O** = 1.30%), característicos de áreas impactadas, apresentaram taxas de ocorrência inferiores a **TCS** (**A4O** = 13.95% / **A6O** = 9.40%), indicadores de boa qualidade ambiental.

A1C x A2C

Quando pareadas em teste de SNK, **A1C** e **A2C** apresentaram $p < 0,05$ indicando diferenças significativas entre os valores de S e H' . **A1C** e **A2C** apresentaram valores médios de riqueza (S) e diversidade (H') distintos (**A1C**: $S = 0.869 / H' = 0.975$; **A2C**: $S = 2.795 / H' = 2.061$). Em **A1C** foram amostrados 4821 indivíduos distribuídos em 15 espécies, entretanto, em **A2C** foram amostrados 7887 indivíduos distribuídos em 37 espécies, demonstrando as diferenças entre os índices de riqueza (S). Os dados de diversidade demonstram que, mesmo em maior número, em **A2C** as espécies ocorreram de forma mais homogenia que em **A1C**.

Com os dados de grupos funcionais pareados em teste de SNK, **A1C** e **A2C** apresentaram $p < 0,05$ para os dados de $1-D$ e J' , sugerindo diferenças significativas distintas nas relações de dominância dos grupos funcionais que compõem as áreas.

Ambas as áreas apresentaram **GM** como principal componente da mirmecofauna (**A1C** = 52.31% / **A2C** = 37.85%), e taxas similares de **DD** (**A1C** = 28.79% / **A2C** = 25.84%).

Dentre os outros grupos que ocorreram nas áreas; **O** (**A1C** = 16.91% / **A2C** = 10.55%) característicos de ambientes ruderais; e **SC** (**A1C** = 0.66% / **A2C** = 8.71%) característicos de ambientes antrópicos; ambos apresentaram taxas superiores a **TCS** (0.27%) e **C** (0.06%) – indicadores de boa qualidade ambiental – em **A1C**. Entretanto, em **A2C**, as taxas de ocorrência dos demais grupos foram distintas, apresentando taxas de **C** = 7.15%, e **TCS** = 9.30% – (indicadores de qualidade ambiental); e **SC** = 8.71% e **O** = 10.55% (indicadores de áreas impactadas).

(.°.)

Ao comparar as taxas de ocorrência dos grupos funcionais nas áreas de cultivo convencional (**A1C** e **A2C**) com as áreas de cultivo orgânico (**A4O** e **A6O**), nota-se que as áreas orgânicas exibem taxas superiores de **GM**. Isto provavelmente ocorreu devido à redução no uso de inseticidas nas áreas orgânicas.

Samways (1981) estudou a comunidade de formigas em pomares de *Citrus* spp. tratados com diferentes métodos para controle de cochonilha *Aonidiella aurantii* e concluiu que a diversidade apresentada pelas áreas foi menor nas áreas que se utilizavam de métodos de controle químico.

Ramos *et al.* (2003) e Lopes (2000) avaliaram o impacto de iscas formicidas na mirmecofauna não alvo. Ramos *et al.* (2003) demonstrou que o uso de iscas formicidas a base de sulfluramida pode reduzir as populações de outros grupos de formigas que não as formigas cortadeiras, alvo dos programas de controle em áreas de eucalipto. Ao avaliar a mirmecofauna não-alvo, foi demonstrado que vários grupos de Formicidae sofreram reduções após a aplicação de iscas formicidas, inclusive *Pheidole* spp., que teve algumas das espécies que ocorriam na área amostrada reduzidas a zero. Segundo os autores, o desaparecimento de algumas espécies causou um desequilíbrio no ecossistema, gerando uma competição territorial pelos novos nichos disponibilizados. Para Lopes (2000), a aplicação de iscas formicidas alterou a estrutura da comunidade devido a exclusão de *Atta* spp., alvo dos programas de controle, não apresentando efeito prejudicial as espécies não alvo, que rapidamente ocupam os nichos disponibilizados na ausência de espécies do gênero *Atta*.

Isto nos indica que a ausência do gênero *Atta* pode ser utilizada como indicativo de uso de iscas formicidas, uma vez que o gênero possui ampla ocorrência no Brasil (Della Lucia, 1993), inclusive em áreas citrícolas.

As formigas possuem características que podem potencializar a dispersão de inseticidas entre os indivíduos que compõe as colônias. De acordo com as características de cada grupo, a trofalaxia, os processos de autolimpeza (“*selfgrooming*”) e de limpeza coletiva (“*allogrooming*”) (Hölldobler & Wilson, 1990), e o contato aleatório entre os indivíduos da colônia, pode potencializar a dispersão de moléculas químicas utilizadas no controle de insetos ditos praga na citricultura.

No presente trabalho *Pheidole* spp. representa 55.78% do total de indivíduos amostrados e principal componente dentre os que compõe os Generalistas Myrmicinae (**GM**) e portanto o aumento nas taxas do grupo podem estar relacionadas a não utilização de compostos químicos utilizados no controle de insetos-praga, uma vez que estes não são seletivos (Tomlin, 2000).

Nas áreas orgânicas não foram registradas altas taxas de grupos relacionados ambientes impactados, exceto em **A6O**, que apresentou 7.29% dos indivíduos pertencentes ao grupo **O**, ligados a ambientes ruderais – o que não deixa de ser lógico uma vez que a área cultivada, seja ela orgânica ou convencional, representa uma simplificação do ecossistema – e que no presente trabalho é representado em sua maioria por espécies predadoras, e o terceiro grupo mais representativo entre os que ocorrem na área.

Outro grupo composto por indivíduos predadores é **SP**, que em **A6O** apresentaram taxas inferiores a 1%, podendo este ser uma provável hipótese sobre o aumento de **O**, uma vez que o nicho que poderia estar sendo ocupado por **SP**, pode estar sendo ocupado pelas Oportunistas (**O**).

Entretanto, **O** corresponde a um grupo que possui baixa competitividade por recursos e provavelmente ganharam amplitude decorrente da inexistência de **DD** na área, altamente competitivos, fato não ocorrente em nenhuma das outras áreas, uma vez que mesmo em **A4O** as taxas de **DD** foram baixas quando comparado às taxas apresentadas pelas áreas de cultivo convencional, provavelmente devido à alta dominância exercida por **GM**.

Dentre as áreas de cultivo convencional, nota-se que **A1C** e **A2C** apresentaram padrões de dominância aparentemente diferentes, entretanto, essas diferenças estão relacionadas ao aumento nas taxas de **C** e **TCS** em **A2C**. Entretanto, ao avaliar os outros grupos que compõe as áreas, ambas apresentam alta ocorrência de **DD** e **GM**, representando as maiores taxas em ambas as áreas, e mesmo assim as áreas ainda apresentaram altas taxas de grupos relacionados à ambientes impactados, como **O** em **A1C**, terceiro maior grupo representado, e **O** e **SC** em **A2C**.

Ponderando as características dos grupos funcionais que compõe as áreas, ao comparar as áreas orgânicas com as áreas de cultivo convencional, nota-se que as áreas orgânicas apresentam uma melhor qualidade ambiental. Isto se torna aceitável uma vez que, mesmo com altas taxas de ocorrência de grupos que apresentam alta competitividade e ocorrem tanto em áreas impactadas como em áreas que apresentam boa qualidade ambiental (sendo naturalmente dominantes nos ambientes que ocorrem) como os Dominantes

Dolichoderinae (**DD**) e os Generalistas Myrmicinae (**GM**), as áreas orgânicas apresentaram menores taxas de grupos relacionados à ambientes impactados. Ao contrario disso, as áreas de cultivo convencional, que também apresentaram altas taxas de **DD** e **GM**, registram alta ocorrência de grupos relacionados à ambientes impactados.

iii) Análise comparativa entre os dados obtidos em coletas de copa nas áreas citrícolas (A1Gc, A2Gc, A4Go e A6Go).

Os resultados das análises de similaridade (Jaccard) sugerem que a área **A1Gc** apresentou a menor similaridade entre as áreas amostradas (figura 13). Quando agrupadas em grupos funcionais e submetidas à Morisita, a área **A6Go** apresentou a menor similaridade entre as áreas, entretanto, o teste de Ward sugere que **A1Gc** e **A2Gc** apresentam maior similaridade entre si do que **A4Go** e **A6Go**.

Quando alocados em grupos funcionais e submetidos à análise de variância de Kruskal-Wallis para os dados de equitabilidade (J'), apresentaram valor de $H = 1.7655$ ($p > 0.05$), aceitando a hipótese nula aceitando similaridades entre os valores de J' , entretanto, para os dados de diversidade ($1-D$) apresentaram $H = 14.262$ ($p < 0.05$), indicando diferenças significativas entre os dados.

a) A1Gc x A2Gc

As áreas de cultivo convencional **A1Gc** e **A2Gc** apresentaram valores de $p > 0.05$ para os dados de riqueza (S), aceitando a similaridade entre as áreas, fato decorrente do baixo número de espécies e indivíduos amostrados em **A1Gc** quando comparada às outras áreas. Entretanto, os valores de H' apresentaram $p < 0.05$, indicando que as áreas apresentam diferenças significativas nas relações de diversidade entre as áreas.

Considerando os grupos funcionais, os dados de $1-D$, apresentaram valores de $p > 0.05$, aceitando as semelhanças entre as áreas nas relações de diversidade, que apresentaram valores baixos em ambas as áreas (**A1Gc**

– $1-D = 0.359$ / **A2Gc** – $1-D = 0.457$) indicado baixa heterogeneidade entre as espécies que compõe as áreas.

Dentre os grupos amostrados, **DD** foi o mais representativo em ambas as áreas (**A1Gc** = 49.48% / **A2Gc** = 34.52%), altamente dominante nas áreas em que ocorrem, sendo suprimidas apenas por **GM**, terceiro grupos mais frequente em **A1Gc** (18.56%) e quarto em **A2Gc** (8.36%). Provavelmente, a dominância apresentada por **DD** ocorreu devido ao local de coleta. *Linepithema humile* é a única representante do grupo (**DD**) em todas as áreas amostradas, sendo esta arborícola, buscando seu alimento no solo ou na copa das árvores. Entretanto, **GM**, foi representado em **A1Gc** unicamente pelo gênero *Pheidole* sp., e em **A2Gc** unicamente por *Crematogaster* sp.. O gênero *Pheidole* nidifica principalmente no solo, entretanto, *Crematogaster* é arborícola.

A taxa de ocorrência de **GM** em **A1Gc** provavelmente se refere aos indivíduos que estavam forrageando na copa das árvores, provavelmente em busca de “honeydew” junto aos homópteros, comumente encontrados nas plantas de citros, restringindo junto com **DD** a ocorrência de outros grupos devido à alta dominância apresentada pelos grupos, exceto em **TCS** (30.93%), que agrupa a grande parte dos gêneros de formigas arborícolas coletadas em todas as coletas de copa feitas em todas as áreas, e em **A1Gc** esta representado apenas por dois gêneros, *Leptotorax* e *Pseudomyrmex*.

Isto não foi constatado em **A2Gc** que apresentou taxas inferiores tanto de **GM** quanto de **DD**, ampliando os nichos a serem ocupados. Entretanto, o grupo que ocupou o nicho disponibilizado foi principalmente **SC**, representado por formigas do gênero *Camponotus*, provavelmente em busca de “honeydew” junto aos homópteros, uma vez que estas nidificam no solo. **SC** apresenta alto potencial de invasão e adaptação e estão relacionadas a ambientes antrópicos, e na área apresentou taxa de 33.33%. **TCS** (22.32%) foi representado em sua totalidade por formigas arborícolas, sendo estas, *Brachymyrmex* sp., *Chephalotes* sp., *Leptotorax* sp., e *Pseudomyrmex* spp..

b) A4Go x A6Go

As áreas orgânicas **A4Go** e **A6Go** apresentaram valores de $p > 0.05$ para os dados de riqueza (S) e diversidade (H'), aceitando a similaridade entre as áreas, fato decorrente da similaridade entre o número de espécies, de indivíduos coletados, e entre as proporções de ocorrência dos indivíduos nos pontos de amostrados, entre ambas as áreas.

Para os dados de $1-D$, os valores de $p < 0.05$, indicando diferenças significativas entre os dados apresentados pelas áreas (**A4Go** – $1-D = 0.5502$ / **A6Go** – $1-D = 0.33201$), indicando que **A4Go** apresenta maior heterogeneidade entre os grupos que ocorrem na área.

Dentre os grupos amostrados, **DD** foi o mais representativo em **A4Go** (61.02%), entretanto, em **A6Go** não foi registrado a ocorrência de **DD** em nenhum dos pontos amostrais. **GM** registrou taxas de ocorrência de 9.11% em **A4Go** e 14.17% em **A6Go**. Assim como nas áreas convencionais, a dominância apresentada por **DD** provavelmente ocorreu devido ao local de coleta. *Linepithema humile* é a única representante do grupo (**DD**) em todas as áreas amostradas, sendo esta arborícola, buscando seu alimento no solo ou na copa das árvores. Entretanto, **GM**, foi representado em **A4Go** unicamente por *Crematogaster* sp. , e em **A6Go** por *Crematogaster* sp. e *Pheidole* spp. O gênero *Pheidole* nidifica principalmente no solo, entretanto, *Crematogaster* é arborícola.

Em **A4Go**, as altas taxas de **DD** podem estar limitando a ocorrência de outros grupos devido à alta dominância apresentadas por **DD** restringindo a utilização dos recursos disponíveis na área de copa. Isto está refletido nas baixas taxas de ocorrência de **TCS** (14.19%), que nesta área foi representado pelos gêneros *Leptotorax* e *Pseudomyrmex*. **SC**, representado por formigas do gênero *Camponotus*, apresentou taxa de ocorrência de 15.25%, e sua ocorrência provavelmente está ligada a busca de “honeydew” junto aos homópteros, uma vez que estas nidificam no solo. **SC** apresenta alto potencial de invasão e adaptação e estão relacionadas a ambientes antrópicos.

Em **A6Go**, **TCS** apresentou taxa de 75.00% de ocorrência. Isto ocorreu provavelmente devido a inexistência de **DD**, arborícolas, e altamente dominantes, na copa das árvores. Isto propiciou com que **TCS**, que nas coletas de copa é representado em sua maioria por espécies arborícolas, ocupasse os recursos disponibilizados pela ausência de **DD**, uma vez que **GM**, outro grupo com alta dominância nas áreas onde ocorrem, e que em **A6Go** foi representado pelos gêneros *Pheidole* e *Crematogaster*, registraram taxas de 14.17%. Entretanto, *Pheidole* não ocupa de forma integral a copa das árvores uma vez que nidificam no solo, e vão à copa das árvores unicamente em busca de alimento. **SC**, representado por formigas do gênero *Camponotus*, apresentou a terceira maior taxa de ocorrência, 9.17%, e provavelmente buscavam “*honeydew*” junto aos homópteros, uma vez que estas nidificam no solo.

(.°.°)

Ao comparar os dados obtidos em coletas de copa nas áreas convencionais com os dados obtidos em áreas de cultivo orgânico, todas as áreas apresentaram variações na composição da assembléia de formigas. Essas variações foram reflexos da dominância dos grupos presentes nas diferentes áreas amostradas. **DD** apresentou uma relação inversamente proporcional a **TCS**, assim como nas coletas realizadas com armadilhas de solo.

Todas as áreas registraram ocorrência de **SC**, representado pelas formigas do gênero *Camponotus*. A ocorrência do grupo esta provavelmente atrelada à ocorrência de homópteros, fonte de “*honeydew*” e uma das principais fontes de alimento das formigas pertencentes a este gênero.

As altas ocorrências de **TCS** estão relacionadas ao nicho ocupado das espécies que ocorreram. A maioria dos **TCS** que ocorrem na copa das árvores são arborícolas, e utilizam néctar e corpúsculos alimentares das plantas como recurso alimentar.

As baixas taxas de ocorrência de **GM** estão provavelmente ligadas ao nicho ocupado pelo grupo. Dos dois gêneros amostrados, apenas *Crematogaster* é arborícola, entretanto, *Pheidole* nidifica no solo, apenas

buscando alimento na copa das árvores, reduzindo a dominância exercida sobre os outros grupos que ocorrem concomitantemente na copa das árvores.

7. CONCLUSÕES

i) Conforme demonstrado, as formigas apresentam grande potencial para serem utilizadas como bioindicadores em áreas citrícolas, podendo ser utilizadas em programas de certificação conforme consta na lei 10.831 que determina as diretrizes da agricultura orgânica, estabelecendo um elo de confiança entre todas as partes interessadas: governo, mercado e a sociedade civil.

ii) Segundo dados estatísticos integrados a análise de grupos funcionais, a área de cultivo orgânico (A4O) apresentou maior similaridade com seu fragmento florestal (A4F) quando comparado à similaridade apresentada pela área de cultivo convencional (A1C) e seu respectivo fragmento florestal (A1F).

iii) As áreas de cultivo orgânico apresentaram melhor qualidade ambiental quando comparadas às áreas de cultivo convencional.

8. CONSIDERAÇÕES FINAIS

i) Potencial de uso das formigas como bioindicadores de áreas citrícolas.

As formigas apresentam alto potencial indicativo da qualidade ambiental. Isto ocorre uma vez que estas respondem a mudanças na estrutura ambiental, mudanças que estão refletidas nas relações de dominância entre os grupos funcionais que ocorrem nas áreas de acordo com a biologia e comportamento das espécies que estão ocorrendo, influenciando a composição da assembléia de formigas, caracterizando a atual situação em que se encontram o ambiente.

ii) Qualidade das áreas cultivadas frente a seus fragmentos florestais.

O distanciamento da área convencional com seu fragmento se deu pois, A1C apresentou valores médios de riqueza (S) e diversidade (H') inferiores aos apresentados por A1F; e devido ao aumento expressivo de grupos como os Oportunistas (O), encontrados comumente em ambientes perturbados, e a redução de grupos associados a ambientes com maior complexidade estrutural, como Espécies Crípticas (C).

Embora o fragmento da área orgânica (A4F) apresente menor área quando comparado ao fragmento da área convencional (A1F), também implica em uma maior disponibilidade de nichos e um aumento na complexidade estrutural quando comparadas às áreas citrícolas.

A maior similaridade entre a área orgânica (A4O) e seu fragmento florestal (A4F) esta refletida na alta similaridade apresentada nos valores de diversidade (H'), indicando que as áreas apresentam abundância de espécies similares, e nas taxas de ocorrência de Espécies Crípticas (C), indicadoras de ambientes com maior complexidade estrutural. Já os grupos associados a ambientes impactados como Subordinadas Camponotini (SC) e Oportunistas (O), apresentaram baixas taxas de ocorrência tanto na área cultivada como no fragmento florestal.

iii) Qualidade ambiental de áreas de cultivo orgânico quando comparadas às áreas de cultivo convencional

Os resultados das análises de similaridade de Morisita e pelo método proposto por Ward indicam que as áreas de cultivo orgânico (A4O e A6O) apresentam maior similaridade entre si que as áreas de cultivo convencional (A1C e A2C). Provavelmente este fato está relacionado com a prática cultural efetivada nas áreas, onde: as áreas orgânicas se utilizam de uma aplicação constante das diversas soluções utilizadas no controle de pragas e doenças; nas áreas de cultivo convencional se utilizam de defensivos apenas no momento em que a praga (ou doença) for detectada.

Este pode ser um fator esclarecedor sobre a disparidade entre os padrões apresentados pela comunidade de formigas nas áreas de cultivo convencional (A1C e A2C), e a grande similaridade entre as áreas de cultivo orgânico (A4O e A6O), uma vez que

Ponderando as relações de dominância entre os grupos que ocorreram nas áreas, as áreas orgânicas apresentaram baixas taxas de ocorrência de grupos como *O* e *SC* (associados a ambientes impactados), mesmo apresentando baixas taxas de Dominantes Dolichoderinae (*DD*), dominantes nas áreas em que ocorrem. Entretanto, as áreas de cultivo convencional apresentaram taxas superiores destes grupos quando comparados às áreas de cultivo orgânico, contudo, apresentaram altas taxas de grupos dominantes como Generalistas Myrmicinae (*GM*) e Dominantes Dolichoderinae (*DD*).

Com os dados obtidos em coletas de copa todas as áreas apresentaram variações na composição da assembléia de formigas. Essas variações foram reflexos de diferentes padrões de dominância entre os grupos presentes nas diferentes áreas amostradas. Entretanto, *DD* apresentou uma relação inversamente proporcional a *TCS*, assim como nas coletas realizadas com armadilhas de solo. Ao que tudo indica as relações que ocorrem neste micro habitat (área de copa) apresentam relações mais complexas, pois envolve a ocupação de nichos temporários, como a busca de “*honeydew*” junto aos homópteros que vivem na copa das árvores de citros, determinando as relações de dominância entre os grupos que ali ocorrem.

9. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABBOTT, I. The influence of fauna on soil structure. In: *Animals in primary succession: the role of fauna in reclaimed lands*. (Ed.) MAJER, J.D., p.39-50, Cambridge University Press, Cambridge, 1989.
- AGOSTI, D. & ALONSO, L.E. The ALL Protocol: a standard protocol for the collection of ground-dwelling ants, p.204-206. In: Agosti, D.; Majer, J.D.; Alonso, L.E.; Schultz, T.R. *Ants standard methods for measuring and monitoring biodiversity*. Smithsonian Institute, Washington and London, 2000, 280p.
- ALTIERI, M. *Agroecologia: bases científicas para uma agricultura sustentável*. Ed. Agropecuária, Guaíba, 2002, 592p.
- ANDERSEN, A.N. The use of ant communities to evaluate change in Australian terrestrial ecosystems: A review and a recipe. *Proceedings of the Ecological Society of Australia*, v.16, p.347-57, 1990.
- ANDERSEN, A.N. A classification of Australian ant communities based on functional groups which parallel plant life-forms in relation to stress and disturbance. *Journal of biogeography*, v.22, n.1, p.15-29, 1995.
- ANDERSEN, A.N. Global ecology of rainforest ants: Functional groups in relation to environment stress and disturbance, p.25-34. In: Agosti, D.; Majer, J.D.; Alonso, L.E.; Schultz, T.R. *Ants standard methods for measuring and monitoring biodiversity*. Smithsonian Institute, Washington and London, 2000, 280p.
- AQUINO, A.M.; AGUIAR-MENEZES, E.L.; QUEIROZ, J.M. Recomendações para coleta de artrópodes terrestres por armadilhas de queda ("Pitfall-Traps"). *Embrapa, Seropédica-RJ, Circular Técnica n. 18, Dezembro, 2006*.

- AYRES, M.; AYRES Jr. M.; AYRES, D.L.; CARLOS, A.A. *BIOESTAT – Aplicações estatísticas nas áreas de ciências biomédicas*. Ong Mamiraua. Belém, PA., 2007.
- BAKELAAR, G. & ODUM, E.P. Community and Population Level Responses to Fertilization in an Old-Field Ecosystem. *Ecology*, v.59, n.4, p.660-665, 1978.
- BESTELMEYER, B.T. & WIENS, J.A. The effects of land use on the structure of ground-foraging ant communities in the Argentine Chaco. *Ecological Applications*. v.6, n.4, p.1225-1240, 1996.
- BISEVAC, L. & MAJER, J.D. Comparative study of ant communities of rehabilitated mineral sand mines and heathland, Western Australia. *Restoration Ecology*, v.7, n.2, p.117-26, 1999.
- BLANDIN, P. Bioindicators et diagnostivc des systemes ecologiques. *Bulletin Ecology*, n.17, p.215-307, 1986.
- BOHAC, J. Numerical estimation of the impact of terrestrial ecosystem by using the staphylinid beetles communities. *Agrochemical and Soil Science*, v.39, p. 565-568, 1990.
- BOLTON, B. *Identification guide to the ant genera of the world*. Ed. University of Harvard, London, 1994, 222p.
- BONILLA, J.A. *Fundamentos da agricultura ecológica: sobrevivência e qualidade de vida*. Ed. Nobel, São Paulo, 1992.
- BROUWER, F. & CRABTREE, B. *Environmental indicators and agricultural policy*. CABI Publishing, 1991, 305p.

- BROWN, K.S. Jr. Diversity, disturbance, and sustainable use of Neotropical forests: insects as indicators for conservation monitoring. *Journal of Insect Conservation*, v.1, p.25–42, 1997.
- BROWN, W.L., Jr. Diversity of ants, p.45-79. In: Agosti, D.; Majer, J.D.; Alonso, L.E.; Schultz, T.R. *Ants standard methods for measuring and monitoring biodiversity*. Smithsonian Institution, Washington and London, 2000, 280p.
- CONCEIÇÃO, E.S.; DELABIE, J.H.C.; NETO, A.C. A entomofilia do coqueiro em questão: avaliação do transporte de pólen por formigas e abelhas nas inflorescências. *Neotropical Entomology*, v.33, n.6, p.679-683, 2004.
- CARIGNAN, V. & VILLARD, M. Selecting indicators species to monitor ecological integrity: a review. *Environmental Monitoring and Assessment*, v.78, p.45-61, 2002.
- CASA CIVIL. Decreto Nº 6.323, de 27 de dezembro de 2007: Regulamentação da Lei nº 10.831, de 23 de dezembro de 2003. Consulta realizada em 06 de dezembro de 2008, <<http://www.mda.gov.br/saf/arquivos/1420215617.pdf>>, 2007, 23p.
- CRIA – Centro de Referência em Informação Ambiental. SinBiota – Sistema de informação ambiental do Biota. FAPESP – Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo. Consulta realizada em janeiro de 2009, <<http://sinbiota.cria.org.br/>>, 2009.
- DELABIE, J.H.C.; PAIM, V.R.L.M.; NASCIMENTO, I.C.; CAMPIOLO, S.; MARIANO, C.S.F. As formigas como indicadores biológicos do impacto humano em manguezais da costa sudeste da Bahia. *Neotropical Entomology*, n.35, v.5, p.602-15, 2006.
- DELLA LUCIA, T.M.C. *As formigas cortadeiras*. Ed. Folha da Mata, Viçosa, 1993, 262p.

- DONADIO, L.C.; MOURÃO FILHO, F.A.A.; MOREIRA, C.S. Centros de origem, distribuição geográfica das plantas cítricas e histórico da citricultura no Brasil. In: MATTOS JUNIOR, D; DE NEGRI, D; PIO, R.M.; POMPEU JUNIOR, J. *Citros*. Campinas: Instituto Agrônômico e Fundag, 2005, 929p.
- FARMER, A.H. & WIENS, J.A. Models and reality: time–energy trade-offs in pectoral sandpiper (*Calidris melanotos*) migration. *Ecology*, v.80, n.8, p.2566-2580, 1999.
- FOLGARAIT, P.J. Ant biodiversity and its relationship to ecosystem functioning: a review. *Biodiversity and Conservation*, v.7, n.9, p.1221-1244, 1998.
- FOWLER, H.G., FORTI, L.C., BRANDÃO, C.R.F., DELABIE, J.H.C., VASCONCELOS, H.L. Ecologia nutricional de formigas. In: PANIZZI, A.R., PARRA, J.R.P. (Eds.) *Ecologia nutricional de insetos e suas implicações no manejo de pragas*. Ed. Manole Ltda - CNPq, p.131-223, 1991.
- GREEN, J.L.; HASTINGS, A.; ARZBERGER, P.; AYALA, F.J.; COTTINGHAM, K.L.; CUDDINGTON, K.; DAVIS, F.; DUNNE, J.A.; FORTIN, M.; GERBER, L.; NEUBERT, M. Complexity in Ecology and Conservation: Mathematical, Statistical, and Computational Challenges. *BioScience*, v.55, n.6, p.501-510, 2005.
- GREENSLADE, P.J.M. The meat ant *Iridomyrmex purpureus* (Hymenoptera: Formicidae) as a dominant member of ants communities. *Australian Journal of Entomology*, v.15, n.2, p.237-240, 1976.
- GRIME, J.P. Evidence for the existence of three primary strategies in plants and its relevance to ecological and evolutionary theory. *American Naturalist*, v.111, n.982, p.1169-1194, 1977.

- GLIESSMAN, S.R. *Agroecologia: processos ecológicos em agricultura sustentável*. Ed. Universidade/UFRGS, 2ª ed., Porto Alegre, 2001, 653p.
- HAMMER, Ø.; HARPER, D.A.T.; and Ryan, P.D. PAST: Paleontological Statistics Software Package for Education and Data Analysis. *Palaeontologia Electronica*, v.4, n.1, 2001.
- HASTINGS, A.; BYERS, J.E.; CROOKS, J.A.; CUDDINGTON, K.; JONES, C.G.; LAMBRINOS, J.G.; TALLEY, T.S.; WILSON, W.G. Ecosystem engineering in space and time. *Ecology Letters*, n.10, p.153-64, 2007.
- HÖLLDOBLER, B. & WILSON, E.O. *The Ants*. Harvard University. Cambridge.US., 1990, 732 p.
- IBAMA - INSTITUTO BRASILEIRO DO MEIO AMBIENTE E DOS RECURSOS NATURAIS RENOVÁVEIS. *Manual de recuperação de áreas degradadas pela mineração: técnicas de revegetação*. Brasília, 1990, 96p.
- IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Tendências demográficas: uma análise dos resultados da sinopse preliminar do censo demográfico 2000. *Departamento de população e indicadores sociais*, Rio de Janeiro, 2001, 63p.
- IHAKA, R.; GENTLEMAN, R. R: A language for data analysis and graphics. *Journal of Computational and Graphical Statistics*, v.5, n.3, p.299-314, 1996.
- JAMIL, K. *Bioindicators and Biomarkers of Environmental Pollution and Risk Assessment*. Science Publishers Inc., Enfield, USA, 2001.
- JEFFREY, D.W. & MADDEN, B. *Bioindicators and environmental management*. Academic Press Inc., 2001, 458p.

- JONES, C.G.; LOWTON, J.H.; SHACHAK, M. Organisms as Ecosystem Engineers. *Oikos*, v.69, n.3, p.373-386, 1994.
- JONES, C.G.; LOWTON, J.H.; SHACHAK, M. Positive and Negative Effects of Organisms as Physical Ecosystem Engineers. *Ecology*, v.78, n.7, p.1946-1957, 1997.
- KARR, J.M. & DUDLEY, D.R. Ecological Perspective on Water Quality Goals. *Environmental Management*, v.5, n.1, p.55-68, 1981.
- KASPARI, M. A primer on ant ecology, p.9-24. In: Agosti, D.; Majer, J.D.; Alonso, L.E.; Schultz, T.R. *Ants standard methods for measuring and monitoring biodiversity*. Smithsonian Institution, Washington and London, 2000, 280p.
- KASPARI, M. & BYRNE, M.M. Caste allocation in litter *Pheidole*: lessons from plant defense theory. *Behavioral Ecology and Sociobiology*, v.37, n.4, p.255-63, 1995.
- KASPARI, M. & MAJER, J.D. Using ants to monitor environmental change, p.89-98. In: Agosti, D.; Majer, J.D.; Alonso, L.E.; Schultz, T.R. *Ants standard methods for measuring and monitoring biodiversity*. Smithsonian Institution, Washington and London, 2000, 280p.
- KREBS, J.C. *Ecological Methodology* 2ed. Benjamin-Cummings Press, 1998, 620p.
- KREMEN, C.; COLWELL, R.K.; ERWIN, T.L.; MURPHY, D.D.; NOSS, R.F.; SANJAYAN, M.A. Terrestrial Arthropod Assemblages: Their Use in Conservation Planning. *Conservation Biology*, v.7, n.4, p.796-808, 1993.
- KROMP, B. Carabid beetles in sustainable agriculture: a review on pest control efficacy, cultivation impacts and enhancement. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, v.74, p.187-228, 1999.

- KROON, H; GROENENDAEL, J.; EHRLE´N, F. Elasticities: a review of methods and model limitations. *Ecology*, v.81, n.3, p.607-618, 2000.
- KRUSKAL, W.H. & WALLIS, W.A. Use of ranks in one-criterion variance analysis. *Journal of the American Statistical Association*, v.47, n.260, p.583-621, 1952.
- LOPES, J.F.S. *Avaliação do efeito de iscas formicidas sobre a mirmecofauna não-alvo*. Dissertação apresentada ao Instituto de Biociências do Campus de Botucatu – UNESP, para obtenção do título de Mestre em Ciências Biológicas, área de concentração Zoologia, 2000, 132p.
- MacARTHUR, R.H. Some generalized theorems of natural selection. *Proceedings of the National Academy of Science of the United States of America*, v.48, n.11, p.1893-1897, 1962.
- MacARTHUR, R.H. & WILSON, E.O. *The theory of island biogeography*. Princeton University Press, Princeton, New Jersey, USA, 1967.
- MAJER, J.D. An improved pitfall trap for sampling ants and other epigaeic invertebrates. *Journal of Australian Entomology Society*, n.17, p.261-62, 1978.
- MAJER, J.D. Ants: bioindicators of minesite rehabilitation, land-use, and land conservation. *Environmental Management*, v.7, n.4, p.375-383, 1983.
- MAJER, J.D. *Animals in primary succession: the role of fauna in reclaimed lands*. Cambridge University Press, Cambridge, 1989.
- MAJER, J.D. Ant recolonization of rehabilitated bauxite mines of Poços de Caldas, Brasil. *Journal of Tropical Ecology*, v.8, p.97-108, 1992.

- MAJER, J.D. & DELABIE, J.H.C. Impact of tree isolation on arboreal and ground ant communities in cleared pasture in the Atlantic rain forest region of Bahia, Brazil. *Insectes Sociaux*, v.46, p.281-290, 1999.
- MARC, P.; CANARD, A.; YSNEL, F. Spiders (Araneae) useful for pest limitation and bioindication. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, v.74, p.229-273, 1999.
- MARGALEF, R. Information theory in ecology. *General Systematics*, v.3, p.36-71, 1958.
- MARTIN, J.E.H. Collecting, preparing, and preserving insects, mites, and spiders. *In: The insects and Arachnids of Canada, Part 1*. Agriculture Canada, Ottawa, 1977. 182p.
- MASSEE, A.M. The effect on the balance of arthropod populations in orchards arising from the unrestricted use of chemicals. *Proceedings 10th International Congress of Entomologists*, p.163-168, 1958.
- MATTOS JUNIOR, D.; De NEGRI, J.D.; FIGUEIREDO, J.O.; POMPEU JUNIOR, J. Citros: principais informações e recomendações de cultivo. *Boletim Técnico – IAC*, n.200, 2005.
- MEIRA-NETO, J.A.A. & MARTINS, F.R. Composição florística de uma floresta estacional semidecidual montana no município de Viçosa-MG. *Revista Árvore*, Viçosa-MG, v.26, n.04, p.437-446, 2002.
- MILLER Jr., G.T. *Ciência Ambiental*. Ed. Thomson, 2007, 501p.
- MOREIRA, A.A.; FORTI, L.C.; BOARETTO, M.A.C.; ANDRADE, A.P.P.; LOPES, J.F.S.; RAMOS, V.M. External and internal structure of *Atta bisphaerica* Forel (Hymenoptera: Formicidae) nests. *Journal of Applied Entomology*, v.128, p.204–211, 2004.

- MORISITA, M. Measuring of interspecific association and similarity between communities. *Memoirs of the Faculty of Science of Kyushu University*. Series E. (Biology), v.3, p.65-80, 1959.
- MURDOCH, W.W. Population regulation in theory and practice. *Ecology*, v.75, n.2, p.271-287, 1994.
- ODUM, E.P. Energy Flow in Ecosystems: A Historical Review. *American Zoologist*, v.8, n.1, p.11-18, 1968.
- ODUM, E.P. Great Ideas in Ecology for the 1990s. *BioScience*, v.42, n.7 p.542-545, 1992.
- PANIZZI, A.R. & PARRA, J.R.P. Introdução à ecologia nutricional de insetos. In: PANIZZI, A.R. & PARRA, J.R.P. (Ed.), p.1-7, *Ecologia nutricional de insetos e suas implicações no manejo de pragas*, Editora Manole Ltda, CNPq, 1991, 359p.
- PAOLETTI, M.G. & HASSALL, M. Woodlice (Isopoda: Oniscidae): their potential for assessing sustainability and use as bioindicators. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, v.74, p.157-165, 1999.
- PAOLETTI, M.G.; FAVARETTO, M.R.; BRESSAN, M.; MARCHIORATO, A.; BABETTO, M. Biodiversita in pescheti forlivesi. In: Biodiversita negli agrosistemi. Atti del seminario Agro-Bio-Frut'92, Cesana, p.33-80, 1991.
- PARKER, V.T. & PICKETT, S.T.A. Restoration as an ecosystem process: implications of the modern ecological paradigm. In: URBANSKA, K.M.; WEBB, N.R.; EDWARDS, P.J., p.17-32. *Restoration ecology and sustainable development*. Cambridge University Press, 1997, 397p.

- PARR, C.L.; CHOWN, S.L. Inventory and bioindicator sampling: Testing pitfall and winkler methods with ants in a South Africa savanna. *Journal of insect conservation*, Dordrecht, v.5, p.27-36, 2001.
- PAULUS, G.; MÜLLER, A.M. & BARCELLOS, L.A.R. *Agroecologia Aplicada: práticas e métodos para uma agricultura de base ecológica*. EMATER/RS, 2000.
- PIANKA, E.R. On *r*- and *k*-selection. *American Naturalist*, v.104, n.940, p.592-597, 1970.
- PIELOU, E. C. *Ecological Diversity*. Wiley, New York, 1975, 385p.
- RAMOS, L.S.; MARINHO, C.G.S.; ZANETTI, R.; DELABIE, J.H.C.; SCHLINDWEIN, M.N. Impacto das iscas formicidas granuladas sobre a mirmecofauna não-alvo em eucaliptais segundo duas formas de aplicação. *Neotropical Entomology*, v.32, n.02, p.231-237, 2003.
- REZNICK, D.; BRYANT, M.J.; BASHEY, F. *r*- and *k*- selection revisited: the role of population regulation in life-history evolution. *Ecology*, v.83, n.6, p.1509-1520, 2002.
- ROCHA, P.S. *Validação de bioindicadores de recuperação de áreas degradadas por mineração de bauxita em Poços de Caldas, MG*. Dissertação elaborada junto ao programa de Pós-Graduação em Geociências – Área de Concentração em Geociências e Meio Ambiente para obtenção do título de Mestre em Geociências. UNESP – Instituto de Geociências e Ciências Exatas – Rio Claro, SP., 2004, 206p.
- SAMWAYS, M.J. Comparison of ant structure (Hymenoptera: Formicidae) in *Citrus* orchards under chemical and biological control of read scale, *Aonidiella aurantii* (Maskell) (Hemiptera: Diaspididae). *Bulletin of Entomological Research*, v.71, n.44, p.663-670, 1981.

- SAMWAYS, M.J. Community structure of ants (Hymenoptera: Formicidae) in a series of habitats associated with citrus. *Journal of applied ecology*, v.20, n.3, p.833-847, 1983.
- SAMWAYS, M.J.; NEL, M. & PRINS, A.J. Ants (Hymenoptera: Formicidae) foraging in citrus trees and attending honeydew-producing Homoptera. *Phytophylactica*, v.14, n.44, p.155-157, 1982.
- SHANNON, C.E. & WEAVER, W. The mathematical theory of communication. Urbana: University of Illinois Press, 1949.
- SILVESTRE, R.; SILVA, R.R. Guildas de formigas da Estação Ecológica Jataí, Luis Antônio – SP – sugestões para aplicação de guildas como bio-indicadores ambientais. *Biotemas*, v.14, n.1, p.37-69, 2001.
- SIMPSON, E.H. Measurement of diversity. *Nature*, v.163, p.688-688, 1949.
- SOUTHWOOD, T.R.E. *Ecological Methods*. London, Chapman & Hall. 2ª ed., 1978, 524 p.
- SPELLERBERG, I.F. *Monitoring ecological change*. Cambridge University Press, 1991, 334p.
- STANLEY, T.R. Modeling and estimation of stage-specific daily survival probabilities of nests. *Ecology*, v.81, n.7, p.2048-2053, 2000.
- SUTTON, B.D. & HARMON, N.P. *Ecology: Selected concepts*. John Willey and Sons, Inc., New York, 1973, 273p..
- TANSLEY, A.G. The Use and Abuse of Vegetational Concepts and Terms. *Ecology*, v.16, n.3, p.284-307, 1935.

- TIENDEREN, P.H. VAN. Elasticities and the link between demographic and evolutionary dynamics. *Ecology*, v.81, n.3, p.666-679, 2000.
- TOMLIN, C.D.S. *The pesticide manual - Twelfth Edition*. British Crop Protection Council. Surrey, Reino Unido, 2000, 1250p.
- UNDERWOOD, E.C. & FISHER, B.L. The role of ants in conservation monitoring: If, when, and how. *Biological Conservation*, v.132, n.2, p.166-182, 2006.
- VANZOLINE, P.E.; PAPAVERO, N. *Manual de coleta e preparação de animais terrestres e de água doce*. Departamento de Zoologia da Secretaria da Agricultura, São Paulo-SP, 223p, 1967.
- VARGAS, A.B.; MAYHÉ-NUNES, A.J.; QUEIROZ, J.M.; SOUZA, G.O.; RAMOS, E.F. Efeito de fatores ambientais sobre a mirmecofauna em comunidade de restinga no Rio de Janeiro, RJ. *Neotropical Entomology*, v.36, n.1, p.28-37, 2007.
- VASCONCELOS, H.L. Effects of forest disturbance on the structure of ground-foraging ant communities in central Amazonia. *Biodiversity and Conservation*, v.8, p.409-420, 1999.
- VELOSO, H.P.; RANGEL FILHO, A.L.R.; LIMA, J.C.A. Classificação da vegetação brasileira, adaptada a um sistema universal. IBGE, Departamento de Recursos Naturais e Estudos Ambientais, Rio de Janeiro – RJ, 1991, 124p.
- ZANETTI, E.S. *Características das comunidades de formigas (Hymenoptera: Formicidae) e suas interações com homópteros em pomares de citros*. Dissertação apresentada à Faculdade de Ciências Agronômicas do Campus de Botucatu – UNESP, para obtenção do título de Mestre em Agronomia. Área de Concentração de Proteção de Plantas. Botucatu-SP, 1992, 155p.
- WARD, J.H. Hierarchical grouping to optimize an objective function. *Journal of the American Statistical Association*, v.58, p.236–244, 1963.

WEBER, N.A. *Gardening Ants: The Attines*. Philadelphia, *American Philosophical Society*, 1972.

WOLDA, H. Similarity indices, sample sizes, and diversity. *Oecologia*, v.50, p.296-302, 1981.

ANEXO 1

Pontos de coleta marcados em GPS (Global System Position). Dados apresentados em UTM (Universal Transverse Mercator).

Áreas	Ponto Amostrado	Zona	UTM	
			E	N
A1C / A1Gc	1	22	669559	7475299
	5	22	669625	7475335
	10	22	669733	7475405
	15	22	669817	7475452
	20	22	669651	7477535
A1F	1	22	663794	7477475
	5	22	663822	7477981
	10	22	663902	7477951
	15	22	663928	7477844
	20	22	663963	7477867
A2C / A2Gc	1	22	781241	7485388
	5	22	781240	7485304
	10	22	781257	7485213
	15	22	781262	7485107
	20	22	781270	7485014
A4O / A4Go	1	23	278466	7547457
	5	23	278512	7547405
	10	23	278573	7547465
	15	23	278644	7547499
	20	23	278569	7547447
A4F	1	23	277643	7550300
	3	23	277618	7550321
	4	23	277628	7550333
A6O	1	22	738195	7679812
	5	22	738127	7679742
	10	22	738064	7679664
	15	22	738000	7679586
	20	22	737941	7679517

ANEXO 2

Planilha referente às morfoespécies obtidas a partir de coletas realizadas nas áreas durante o período de Setembro de 2007 a Abril de 2008. A1: Fazenda Guacho; A2: Fazenda São Domingos; A4: Fazenda Yahaghisha; A6: Fazenda Campo Alegre; C: Área de cultivo - Convencional; O: Área de cultivo - Orgânico; G: Coleta na Copa (Pomar); F: Fragmento Florestal. Numeração: (1) Ocorrência na 1ª coleta (Período Seco); (2) Ocorrência na 2ª coleta (Período Chuvoso); (1,2) Ocorrência na 1ª e 2ª coleta.

	A1 - C	A1 - F	A1 - Gc	A2 - C	A2 - Gc	A4 - O	A4 - F	A4 - Go	A6 - O	A6 - Go
<i>Acromyrmex balzani</i>						X _(1,2)			X _(1,2)	
<i>Acromyrmex coronatus</i>		X ₍₁₎					X _(1,2)			
<i>Acromyrmex rugosus rugosus</i>				X _(1,2)					X ₍₂₎	
<i>Alado Myrmicinae sp.1</i>									X _(1,2)	
<i>Alado Myrmicinae sp.2</i>	X ₍₂₎						X ₍₂₎			
<i>Alado Myrmicinae sp.3</i>								X ₍₁₎		
<i>Alado Myrmicinae sp.4</i>								X _(1,2)		
<i>Apterostigma sp.</i>				X ₍₂₎			X _(1,2)			
<i>Atta sp.</i>		X _(1,2)		X ₍₂₎			X _(1,2)			
<i>Basicoeros sp.</i>	X ₍₂₎									
<i>Brachymyrmex sp.</i>				X _(1,2)	X ₍₂₎	X _(1,2)	X _(1,2)		X ₍₂₎	X _(1,2)
<i>Camponotus atriceps</i>						X _(1,2)	X _(1,2)		X _(1,2)	
<i>Camponotus henquerii</i>						X ₍₂₎		X ₍₂₎		
<i>Camponotus rufips</i>							X ₍₁₎		X _(1,2)	
<i>Camponotus sp.1</i>	X _(1,2)	X ₍₂₎		X _(1,2)	X _(1,2)	X _(1,2)		X _(1,2)	X _(1,2)	X _(1,2)
<i>Camponotus sp.2</i>	X _(1,2)	X ₍₁₎	X ₍₂₎		X ₍₁₎			X _(1,2)		
<i>Camponotus sp.3</i>						X ₍₁₎		X _(1,2)		
<i>Camponotus sp.5</i>					X ₍₂₎					X ₍₂₎
<i>Camponotus sp.6</i>								X ₍₁₎		
<i>Camponotus sp.7</i>					X _(1,2)					
<i>Camponotus sp.8</i>	X _(1,2)			X _(1,2)						
<i>Camponotus sp.9</i>				X _(1,2)						
<i>Camponotus sp.10</i>									X ₍₁₎	
<i>Cephalotes sp.</i>		X _(1,2)		X ₍₁₎	X _(1,2)	X _(1,2)	X ₍₂₎	X _(1,2)		
<i>Crematogaster sp.</i>					X _(1,2)	X _(1,2)	X ₍₂₎	X _(1,2)	X _(1,2)	X _(1,2)
<i>Cyphomyrmex sp.</i>		X _(1,2)		X _(1,2)		X _(1,2)	X _(1,2)		X _(1,2)	
<i>Dorymyrmex sp.1</i>	X _(1,2)			X _(1,2)		X _(1,2)		X ₍₁₎	X _(1,2)	X ₍₂₎
<i>Dorymyrmex sp.2</i>				X _(1,2)	X ₍₁₎					
<i>Ectatomma sp.1</i>									X _(1,2)	X ₍₂₎
<i>Ectatomma sp.2</i>				X _(1,2)		X _(1,2)	X ₍₁₎		X _(1,2)	
<i>Ectatomma sp.3</i>	X ₍₂₎									
<i>Ectatomma sp.4</i>									X _(1,2)	
<i>Ectatomma sp.5</i>				X _(1,2)						
<i>Ectatomma sp.6</i>				X _(1,2)						
<i>Gnamptogenys sp.1</i>	X ₍₂₎	X ₍₂₎				X _(1,2)	X ₍₂₎			
<i>Gnamptogenys sp.2</i>	X ₍₂₎			X _(1,2)						
<i>Gnamptogenys sp.3</i>				X _(1,2)						
<i>Gnamptogenys sp.4</i>									X _(1,2)	
<i>Hypoponera sp.1</i>				X ₍₂₎		X _(1,2)	X _(1,2)			
<i>Hypoconera sp.2</i>		X _(1,2)								
<i>Hypoconera sp.3</i>	X ₍₁₎	X _(1,2)								
<i>Leptotora sp.1</i>			X _(1,2)					X ₍₁₎		X ₍₂₎
<i>Leptotora sp.2</i>					X _(1,2)	X ₍₂₎				
<i>Linepitema humile</i>	X _(1,2)	X _(1,2)	X _(1,2)	X _(1,2)	X _(1,2)	X _(1,2)	X _(1,2)	X _(1,2)	X ₍₂₎	
<i>Mycocepurus goeldii</i>	X ₍₂₎	X _(1,2)		X _(1,2)		X _(1,2)	X _(1,2)		X _(1,2)	
<i>Neivamyrmex sp.</i>		X ₍₁₎		X ₍₂₎						
<i>Odontomachus sp.</i>	X ₍₁₎	X _(1,2)		X _(1,2)		X _(1,2)	X _(1,2)		X _(1,2)	
<i>Pachycondyla sp.1</i>				X _(1,2)					X _(1,2)	
<i>Pachycondyla sp.2</i>	X _(1,2)	X _(1,2)				X _(1,2)	X _(1,2)			
<i>Pachycondyla sp.3</i>									X _(1,2)	
<i>Paratrechina sp.</i>		X ₍₁₎		X _(1,2)		X ₍₂₎	X _(1,2)			
<i>Pheidole sp.1</i>										X ₍₂₎
<i>Pheidole sp.2</i>	X _(1,2)	X _(1,2)	X _(1,2)	X _(1,2)		X _(1,2)	X _(1,2)		X _(1,2)	X ₍₂₎
<i>Pheidole sp.3</i>				X _(1,2)	X _(1,2)				X ₍₁₎	
<i>Pheidole sp.4</i>		X _(1,2)		X _(1,2)						
<i>Pheidole sp.5</i>		X ₍₂₎					X ₍₂₎		X ₍₁₎	
<i>Pheidole sp.6</i>						X _(1,2)	X _(1,2)			
<i>Pheidole sp.7</i>						X ₍₂₎				
<i>Pheidole sp.9</i>				X ₍₂₎						
<i>Platythyrea sp.</i>								X ₍₂₎		
<i>Pseudomyrmex sp.1</i>				X _(1,2)					X ₍₁₎	X ₍₁₎
<i>Pseudomyrmex sp.2</i>			X ₍₂₎	X _(1,2)	X ₍₂₎			X _(1,2)	X ₍₁₎	X _(1,2)
<i>Pseudomyrmex sp.3</i>			X _(1,2)	X _(1,2)	X _(1,2)			X _(1,2)	X ₍₁₎	X ₍₂₎
<i>Pseudomyrmex sp.4</i>					X ₍₂₎			X _(1,2)		X ₍₂₎
<i>Pseudomyrmex sp.5</i>										X ₍₂₎
<i>Pseudomyrmex sp.6</i>				X _(1,2)	X ₍₁₎	X _(1,2)				
<i>Pseudomyrmex sp.7</i>	X ₍₂₎									
<i>Solenopsis sp.</i>	X ₍₁₎	X _(1,2)		X _(1,2)	X ₍₁₎					
<i>Strumigenys sp.</i>		X ₍₁₎		X ₍₂₎		X _(1,2)	X _(1,2)			
<i>Tetramorium sp.</i>				X ₍₂₎			X ₍₂₎			
<i>Trachymyrmex sp.1</i>		X ₍₂₎		X _(1,2)					X _(1,2)	
<i>Trachymyrmex sp.2</i>						X ₍₂₎			X _(1,2)	
<i>Wasmannia sp.</i>		X _(1,2)		X ₍₂₎						

ANEXO 3

Lista de Generos amostrados nas áreas de estudo, contendo: subfamília; tribo; distribuição; habitat; micro habitat; biologia e grupo funcionais (G.F.). Informações retiradas de Brown (2000); Fowler (1991); e Scott-Santos *et al.* (2008)

Gêneros	Sub Família	Tribo	Distribuição	Habitat	Micro Habitat	Biologia	G.F.
<i>Acromyrmex</i>	Myrmicinae	Attini	Neotrópica e Sul Neártica		Nidificam no solo	Cultivadoras de fungo	TCS
<i>Apterostigma</i>	Myrmicinae	Attini	Neotrópica		Nidificam no solo	Cultivadoras de fungo	TCS
<i>Atta</i>	Myrmicinae	Attini	Neotrópica e Sul Neártica		Nidificam no solo	Cultivadoras de fungo	TCS
<i>Basiceros</i>	Myrmicinae	Basicerotini	Neotrópica	Florestas úmidas	Nidificam na serrapilheira	Predadoras, especialmente cupins	C
<i>Brachymyrmex</i>	Formicinae	Brachymyrmecini	Neotrópica e Neártica		Nidificam em sementes, árvores e frutas caídas	Forageiras generalistas	TCS
<i>Camponotus</i>	Formicinae	Camponotini	Ampla distribuição pelo mundo	Regiões áridas e úmidas	Nidificam no solo, em troncos em decomposição e em árvores	Generalistas	SC
<i>Cephalotes</i>	Myrmicinae	Cephalotini	Neotrópica	Estritamente arborícolas		Algumas se alimentam de pólen	TCS
<i>Crematogaster</i>	Myrmicinae	Crematogastrini	Regiões Tropicais e Temperadas	Arborícolas		Forageiras generalistas	GM
<i>Cyphomyrmex</i>	Myrmicinae	Attini	Neotrópica e Sul Neártica		Nidificam no solo	Cultivadoras de fungo	TCS
<i>Dorymyrmex</i>	Dolichoderinae	Dolichoderini	Neotrópica e Neártica			Forageiras generalistas	O

Lista de Generos amostrados nas áreas de estudo, contendo: subfamília; tribo; distribuição; habitat; micro habitat; biologia e grupo funcionais (G.F.). Informações retiradas de Brown (2000); Fowler (1991); e Scott-Santos *et al.* (2008)

ANEXO 3

<i>Ectatomma</i>	Ectatomminae	Ectatommini	Neotrópica	Florestas e Savanas	Nidificam no solo e em orifícios em troncos	Predadoras, algumas se alimentam de nectários extraflorais	O
<i>Gnamptogenys</i>	Ectatomminae	Ectatommini	Neotrópica, Sul Neártica, Oriente, Índia a Fiji	Florestas e Savanas	Nidificam no solo e em troncos em decomposição	Predadoras e Detritívoros	TCS
<i>Hypoponera</i>	Ponerinae	Ponerini	Ampla distribuição nos trópicos e regiões quentes	Florestas e Savanas	Nidificam na serrapilheira	Forrageiras generalistas	C
<i>Leptothorax</i>	Myrmicinae	Formicoxenini	Todo o mundo, exceto na Austrália	Superfície do solo, Arborícolas	Nidificam sob rochas, e em árvores	Forrageiras generalistas	TCS
<i>Linepithema</i>	Dolichoderinae	Dolichoderini	Neotrópica, ocasionalmente em áreas quentes e temperadas	Arbóreas, epigaeicas	Forrageiam no solo e nas árvores	Generalistas	DD
<i>Mycocepurus</i>	Myrmicinae	Attini	Neotrópica		Nidificam no solo	Cultivadoras de fungo	TCS
<i>Neivamyrmex</i>	Ecitoninae	Ecitonini	Neotropical e Sul Neártica		Hypogaeicas	Predadoras	TCS
<i>Odontomachus</i>	Ponerinae	Ponerini	Ampla distribuição nos trópicos e regiões quentes	Epigaeicas		Predadoras	O
<i>Pachycondyla</i>	Ponerinae	Ponerini	Ampla distribuição nos trópicos			Predadoras, apenas uma espécie coleta sementes	SP

Lista de Generos amostrados nas áreas de estudo, contendo: subfamília; tribo; distribuição; habitat; micro habitat; biologia e grupo funcionais (G.F.). Informações retiradas de Brown (2000); Fowler (1991); e Scott-Santos *et al.* (2008)

ANEXO 3

<i>Paratrechina</i>	Formicinae	Lasiini	Ampla distribuição nos trópicos e regiões temperadas			Forageiras generalistas	O
<i>Pheidole</i>	Myrmicinae	Pheidolini	Ampla nos trópicos e em locais de alta temperatura	Floresta Úmida	Maioria nidifica no solo, algumas em troncos em decomposição	Coletoras de sementes e onívoras	GM
<i>Platthyrea</i>	Ponerinae	Platthyreini	Neotrópica, Sul Neártica e Sul da Austrália		Arborícolas	Predadoras	SP
<i>Pseudomyrmex</i>	Pseudomyrmecinae	Pseudomyrmecini	Neotrópica e Sul Neártica	Floresta Subtropical e Floresta Úmida	Maioria nidifica e forrageia nas árvores	Generalistas Predadoras	TCS
<i>Solenopsis</i>	Myrmicinae	Solenopsidini	Ampla distribuição nos trópicos e regiões quentes		Nidificam no solo e na serrapilheira	Generalistas, saqueiam ninhos de outras formigas	C
<i>Strumigenys</i>	Myrmicinae	Docetonini	Ampla distribuição nos trópicos e regiões quentes	Nidificam na serrapilheira		Predadoras, em especial colembolas	C
<i>Tetramorium</i>	Myrmicinae	Tetramoriini	Ampla distribuição nos trópicos e em regiões de clima temperado			Forageiras generalistas	O
<i>Trachymyrmex</i>	Myrmicinae	Attini	Neotrópica e Sul Neártica		Nidificam no solo	Cultivadoras de fungo	TCS
<i>Wasmannia</i>	Myrmicinae	Blepharidattini	Neotrópica, Oeste da África, Nova Caledônia, e Galapagos		Arborícolas, nidificam no solo, ou em madeira em decomposição	Forageiras generalistas	TCS

