

Universidade Federal de Juiz de Fora
Programa de Pós-Graduação em Ecologia

Eudes Ferreira Barbosa

**DIVERSIDADE E COMPOSIÇÃO DA MIRMECOFAUNA COMO INDICADORA DE
REGENERAÇÃO DE ÁREAS CILIARES EM EMPREENDIMENTOS HIDRELÉTRICOS**

Juiz de Fora

2010

Eudes Ferreira Barbosa

**Diversidade e Composição da Mirmecofauna como indicadora de regeneração de áreas
ciliares em empreendimentos hidrelétricos**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-graduação em Ecologia, área de concentração Aplicada ao Manejo e Conservação dos Recursos Naturais, da Universidade Federal de Juiz de Fora, como requisito parcial para obtenção do grau de Mestre.

Orientador: Dr. Fábio Prezoto

Juiz de Fora

2010

Barbosa, Eudes Ferreira.

Diversidade e Composição da Mirmecofauna como indicadora de regeneração de áreas ciliares em empreendimentos hidrelétricos / Eudes Ferreira Barbosa. – 2011.

44 f. : il.

Dissertação (Mestrado em Ecologia)—Universidade Federal de Juiz de Fora, Juiz de Fora, 2011.

1. Ecologia. 2. Biodiversidade. I. Título.

CDU 574

Eudes Ferreira Barbosa

**Diversidade e Composição da Mirmecofauna como indicadora de regeneração de áreas
ciliares em empreendimentos hidrelétricos**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-graduação em Ecologia, área de concentração Aplicada ao Manejo e Conservação dos Recursos Naturais, da Universidade Federal de Juiz de Fora, como requisito parcial para obtenção do grau de Mestre.

Aprovada em de 2010.

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. Fábio Prezoto (Orientador)
Universidade Federal de Juiz de Fora

Dr. Marcelo Dias Müller
Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária – Juiz de Fora/MG

Prof^ª. Dr^ª. Simone Alves de Oliveira Cortes
Faculdade Estácio de Sá - Juiz de Fora/MG

À Deus que conhece todas as coisas e nos
permite sondá-las.

Eudes F. Barbosa

Agradecimentos

À Deus;

À minha esposa;

Ao meu Pai e minha irmã;

Ao meu orientador Prof. Fábio Prezoto;

À Secretaria Estadual de Educação de Minas Gerais pelo afastamento;

À Secretaria Municipal de Educação de Santa Cruz do Escalvado pelo apoio;

Ao Consórcio Candonga, em especial a pessoa do João Bosco Mesquita;

Ao Laboratório de Ecologia e Comunidades/Formigas da UFV na pessoa do Prof. José Henrique Schoereder, Ricardo Solar, Fernando Schmidt;

Ao Prof. Cosme Damião Pro-reitor de Pesquisa da UFV;

À Vivian Sandoval do Laboratório de Sistemática e Biologia de Coleóptera da UFV pelas conversas, identificação das formigas e revisões;

À Daniela Faria Florêncio do Laboratório de Termitologia da UFV;

Ao Programa de Pós-Graduação em Ecologia da UFJF;

Ao José Carlos pela atenção como secretário do PGECOL;

À Valquíria Machado pela disponibilização de apoiar;

À minha ex-professora de Língua Portuguesa, Vilma Mayrink, pela leitura e comentários;

Ao Sr. Luís (mateiro) pela ajuda alegre;

Ao Adriano (barqueiro) pela companhia eficiente;

Aos amigos de prosa e hospitalidade Sr. José Castilho e D. Terezinha, João Bosco e Tuca, D. Ecy, Niltinho e Gi, e a todos os demais amigos que estão em nossos corações.

“O que está no início: o jardim ou o jardineiro? É o segundo. Havendo um jardineiro, cedo ou tarde, um jardim aparecerá. Mas um jardim sem jardineiro, cedo ou tarde desaparecerá. O que é um jardineiro? Uma pessoa cujo pensamento está cheio de jardins. O que faz um jardim são os pensamentos do jardineiro”. Rubem Alves

Resumo

Nesse estudo se buscou definir o status de recuperação de uma área revegetada a partir da resposta da mirmecofauna às diferentes condições ambientais (Bioindicação), comparando quatro áreas – Revegetada (A1), Mata Nativa (A2), Pastagem (A3) e Mata Ciliar (A4) – do entorno do Lago da UHE Risoleta Neves, municípios de Rio Doce e Santa Cruz do Escalvado – MG, com 12 coletas quinzenais entre Abril e Setembro de 2009. Em um transecto de 150 metros para cada área foram amostradas em dez pontos nas armadilhas de isca 20 gêneros e 31 gêneros nas do tipo *pitfall*, o que demonstrou a eficiência do *pitfall* para amostragem de gêneros da mirmecofauna epigéica. A área A1 apresentou o maior número de gêneros (n=25), seguida pelas áreas A3 (n=21), A2 (n=20) e A4 (n=19). A maior riqueza e compartilhamento de gêneros de A1 com as demais áreas podem estar relacionados ao incremento na diversidade de habitats devido ao processo de revegetação. Os gêneros *Pheidole* (17 espécies), *Camponotus* e *Crematogaster* (6 ssp.) e *Solenopsis*, *Paratrechina*, *Sericomyrmex*, *Brachymyrmex* e *Pseudomyrmex* (4 ssp.) foram os de maior riqueza. Alguns ocorreram em áreas específicas: *Neivamyrmex* (na área A3), *Myrmicocrypta* e *Labidus* (A2), *Octostruma* e *Trachymyrmex* (A1), e *Myrmelachista* (A4). Outros foram não registrados em apenas uma área: *Cephalotes*, *Monomorium*, *Strumigenys* e *Cyphomyrmex* (ausentes em A2), *Sericomyrmex* e *Pseudomyrmex* (A3) e *Odontomachus* (A4). Essas particularidades na ocorrência de gêneros e espécies merecem aprofundamentos em próximos estudos. Os índices de similaridade de Sørensen (S) e Funcional (Sf) apresentaram maior similaridade entre A2 e A1, o que confirma a hipótese de que a composição da mirmecofauna possa indicar o status de recuperação de A1. A área A3 se mostrou menos semelhante as demais, apresentando no índice CHAO 2 uma menor riqueza estimada (n=64), sendo A2 (n=87.1), A4 (n=68.71) e A1 (n=74.93). A diferença maior entre riqueza observada e estimada apresenta A2 como mais diversa que o amostrado. O escalonamento multidimensional não-métrico – NMDS – confirma a existência de grupos para as quatro áreas, sendo A3 um grupo bem diferenciado. A frequência de ocorrência precisa ser melhor compreendida. Podemos concluir que existe uma interdependência entre a mirmecofauna e o ambiente em que vivem, mas precisam de aprofundamento no conhecimento de suas ecologias para que se possa qualificar os seus papéis na dinâmica e funcionamento dos ambientes.

Palavras chave: Bioindicação, Mirmecofauna, Mata Ciliar, Diversidade e Composição

Resumen

En este estudio se buscó definir el estado de recuperación de un área reforestada basado en la respuesta de la mirmecofauna a las diferentes condiciones ambientales (Bioindicación), comparando cuatro áreas - Reforestada (A1), Bosque Nativo (A2), Potrero (A3) y Bosque de Ribera (A4) - que rodean el lago UHE Risoleta Neves, municipio de Santa Cruz y Río Doce de Escalvado - MG, con 12 colectas quincenales entre abril y septiembre de 2009. En un transecto de 150 metros para cada área, fueron muestreados en diez puntos para las trampas con cebo 20 géneros y 31 géneros en las trampas pitfall, lo que demostró la eficacia de la trampa pitfall para el muestreo de géneros de hormigas epígeas. La zona A1 presentó el mayor número de géneros ($n = 25$), seguidos por las zonas A3 ($n = 21$), A2 ($n = 20$) y A4 ($n = 19$). La mayor riqueza y géneros compartidos de A1 con las otras áreas pueden estar relacionado con el aumento de la diversidad del hábitat debido al proceso de restablecimiento de la vegetación. Los géneros *Pheidole* (17 especies), *Camponotus* y *Crematogaster* (6 spp.), *Solenopsis*, *Paratrechina*, *Sericomyrmex*, *Brachymyrmex* y *Pseudomyrmex* (4 spp.) fueron los de mayor riqueza. Algunos estaban en áreas específicas: *Neivamyrmex* (en el área A3), *Myrmicocrypta* y *Labidus* (A2), *Octostruma* y *Trachymyrmex* (A1) y *Myrmelachista* (A4). Otros no fueron registrados en sólo una área: *Cephalotes*, *Monomorium*, *Strumigenys* y *Cyphomyrmex* (ausentes en A2), *Pseudomyrmex* y *Sericomyrmex* (A3) y *Odontomachus* (A4). Estas peculiaridades en la aparición de géneros y especies merecen ser profundizadas en estudios futuros. Los índices de similaridad de Sørensen (S) y funcional (Sf) mostraron una mayor similitud entre A1 y A2, lo que confirma la hipótesis de que la composición de las hormigas indica el estado de recuperación de A1. El área A3 se mostró menos similar a las demás, presentando un índice CHAO 2 con menor riqueza estimada ($n=64$), siendo A2 ($n=87.1$), A4 ($n=68.71$) y A1 ($n=74.93$). La diferencia mayor entre riqueza observada y estimada presenta a A2 como más diversa que lo muestreado. El escalonamiento multidimensional no-métrico – NMDS – confirma la existencia de grupos para las cuatro áreas, siendo A3 un grupo bien diferenciado. La frecuencia de ocurrencia necesita ser mejor comprendida. Podemos concluir que existe una interdependencia entre la mirmecofauna y el ambiente en el que viven, las cuales necesitan de un conocimiento profundo de su ecología para que se pueda cualificar su papel en la dinámica de los ambientes.

Palabras clave: Bioindicación, Mirmecofauna, Bosque de Ribera, Diversidad y Composición.

Lista de Figuras

- Figura 1 Fotos das áreas de estudo da diversidade e composição da mirmecofauna. Entorno do Lago da UHE Risoleta Neves. Abril a Setembro de 2009. **A:** Vista da área de revegetação – área A1; **B:** Formação vegetal da área A1; **C:** Vista da área de mata nativa – área A2; **D:** Interior da área A2; **E:** Vista da área de pastagem – área A3; **F:** Formação vegetal da área A3; **G:** Vista da área de mata ciliar – área A4 e **H:** Interior da área A4. 20
- Figura 2 Dendograma da análise de similaridade de Raup-Crick, do PAST. Correlação Cofenética= 0.8276. Estudo sobre a diversidade e composição da mirmecofauna no entorno do Lago da UHE Risoleta Neves. Abril a Setembro de 2009. 32
- Figura 3 Gráfico do resultado da medida de similaridade de Raup-Crick, segundo a ordenação com o escalonamento multidimensional não-métrico das amostras do PAST 1.91. Stress= 0.2716. Dados de estudo da diversidade e composição da mirmecofauna. Entorno do Lago da UHE Risoleta Neves. Abril a Setembro de 2009. 33
- Figura 4 Gráfico de acúmulo de espécies em relação ao esforço amostral para as quatro áreas. Dados de estudo sobre a diversidade e composição da mirmecofauna no entorno do Lago da UHE Risoleta Neves. Abril a Setembro de 2009..... 35
- Figura 5 Gráfico de acúmulo estimado de espécies em relação ao esforço amostral para as quatro áreas segundo o índice Mao Tau. Dados de estudo sobre a diversidade e composição da mirmecofauna no entorno do Lago da UHE Risoleta Neves. Abril a Setembro de 2009. 35
- Figura 6 Gráfico de estimativa riqueza de espécies pelo índice de diversidade CHAO 2 do EstimateS. Dados de estudo sobre a diversidade e composição da mirmecofauna no entorno do Lago da UHE Risoleta Neves. Abril a Setembro de 2009. 37

Lista de Tabelas

- Tabela1 Identificação, presença (1) / ausência (0) nas Armadilhas e nas áreas para Gêneros e o número de espécies. Dados de estudo sobre a diversidade e composição da mirmecofauna no entorno do Lago da UHE Risoleta Neves. Abril a Setembro de 2009. 25
- Tabela 2 Classificação das espécies quanto ao grupo funcional segundo Silvestre (2000) e Brown Jr. (2000)* e a frequência de ocorrência (FO) para as espécies. Dados de estudo sobre a diversidade e composição da mirmecofauna no entorno do Lago da UHE Risoleta Neves. Abril a Setembro de 2009. 27
- Tabela 3 Matriz de dados e resultados dos índices de similaridade de Sørensen (S) e funcional (Sf) e Porcentagem de Similaridade (SP) das quatro áreas Dados de estudo sobre a diversidade e composição da mirmecofauna no entorno do Lago da UHE Risoleta Neves. Abril a Setembro de 2009. 31

Sumário

1. INTRODUÇÃO	11
2. REVISÃO	13
2.1. A Fragmentação Florestal	13
2.2. As Formigas como Bioindicadoras	13
2.3. Formas de Abordagem para o uso da Mirmecofauna na Bioindicação	15
2.3.1. Grupos Funcionais e Guildas	15
2.3.2. Colonização e Extinção de Comunidades	16
2.3.3. Composição e Diversidade de Formigas	16
3. MATERIAL E MÉTODOS	18
3.1. Localização e Histórico da Área de Estudo	18
3.2. Descrição das Áreas	18
3.3. Coleta de Dados	21
3.4. Análise dos Dados	21
4. DESENVOLVIMENTO	24
5. CONSIDERAÇÕES FINAIS	38
6. REFERÊNCIAS	39
APÊNDICE	44

1. INTRODUÇÃO

Grande parte dos cursos d'água perdeu sua proteção devido à exploração desenfreada das suas áreas marginais e leito por inúmeros setores da economia, condição que tem levado a interrupção do suporte ecológico oferecido pela mata ciliar a todo o modelo fisiográfico e geocológico de uma planície aluvial tropical (AB'SÁBER, 2001).

Entre os setores que conhecidamente tem explorado os recursos hídricos no Brasil e devido ao enorme potencial continuará expandindo o seu crescimento é o da geração de energia hidroelétrica. É inquestionável o papel do crescimento desse setor para a melhoria da qualidade de vida da população humana, uma maior oferta de energia influencia custos e políticas de ampliação e distribuição para novos consumidores. Segundo o “Manual de Gestion Ambiental para Obras Hidraulicas de Aprovechamiento”, os projetos hidrelétricos devem ter como objetivo elevar a qualidade de vida da população promovendo o uso racional e sustentável do recurso (REVORA, 1987), o que torna esse setor estratégico para a gestão ambiental na atualidade por ser capaz de aliar a ele muitos outros setores da economia como exemplo o da construção e transporte de materiais de construção. Para ZHOURI e OLIVEIRA (2007) uma gestão que parte das fases iniciais do projeto e continua ao longo da vida útil de uma usina hidroelétrica, poderá maximizar a utilização do recurso através de múltiplos aproveitamentos econômicos, sociais e ambientais.

Embora muito possa ser dito de positivo sobre o setor energético hidráulico são muitos também os impactos ambientais, sociais e econômicos gerados que precisam ser considerados como negativos e prejudiciais à sustentabilidade e equilíbrio dos ambientes naturais. Um dos cenários a ser considerado é a perda de ecossistemas com a inundação de extensas áreas, para reverter essa condição existe dentro do PCA (Plano de Controle Ambiental) o processo de recomposição da mata ciliar para as áreas com original ocupação. Para o sucesso desse processo é fundamental à manutenção da diversidade da vida e sustentabilidade da bacia hidrográfica, com o desenvolvimento de modelos que considerem a reabilitação das características estruturais e funcionais da mata, dentre elas hábitat para ocupação de espécies animais (NUNES e PINTO, 2007). Para esse processo as empresas do setor energético têm contribuído muito, principalmente através de projetos de revegetação das margens dos reservatórios das usinas hidrelétricas (MARTINS, 2001).

O uso de indicadores previamente definidos e estabelecidos permitirá uma efetiva comparação entre projetos e uma maior segurança na recomendação de técnicas, dependendo da situação a ser recuperada e dos objetivos propostos. Segundo WINK et al. (2005), o conhecimento

da estrutura das comunidades das formigas é fundamental em estudo de impacto ambiental, pois estas mantêm e restauram a qualidade do solo. Por se tratar de um grupo de fácil amostragem e de identificação, as formigas possuem viabilidade técnica e financeira para o seu monitoramento, além de sua diversidade local a ser correlacionadas com a complexidade da vegetação, clima, disponibilidade de recursos e interações interespecíficas, por isso podem ser consideradas como um dos melhores grupos para avaliação e monitoramento ambiental (ANDERSEN, 1997).

O presente estudo propôs relacionar a diversidade e composição de espécies de formigas presentes em quatro áreas de diferentes condições ambientais, área revegetada, mata nativa, pastagem e mata ciliar, com o real status de recuperação da Mata Ciliar no entorno do lago da Usina Hidrelétrica Risoleta Neves. Ao serem comparadas as áreas, podem surgir respostas qualitativas e quantitativas que nos permitem ampliar o conhecimento sobre a mirmecofauna da região, elaborar um modelo de bioindicação para a região utilizando-se formigas e metodologias de coleta e análise de dados que viabilizem a definição do status de recuperação de áreas revegetadas e assim alinhar as atividades de revegetação desenvolvidas pelo empreender hidrelétrico com a efetiva resposta apresentada pela diversidade e composição da mirmecofauna estudada.

2. REVISÃO

Para compreendermos um ecossistema, ou chegarmos o mais próximo possível disso, é fundamental uma discussão profunda de que fatores regulam a presença e ausência de determinadas espécies nesse ambiente. Entre as discussões MAY (1973) afirma que a estrutura das comunidades existentes em um determinado hábitat pode estar relacionada com a produtividade primária bruta de biomassa e seus mecanismos de fluxo de energia, constituição de redes alimentares e diversidade de espécies. Outros questionamentos sobre aspectos para interpretação das comunidades como a diferença de similaridade entre áreas e outras respostas dos organismos vivos às condições ambientais, tem encontrado na mirmecofauna um bom modelo de estudo (TERGORGH e ROBINSON, 1986).

2.1. A Fragmentação Florestal

A destruição de grandes áreas florestais não ocorre na maioria das vezes de forma contínua e completa, essas áreas são divididas, por estradas, plantações, cidades, e outras formas de ocupação humana que tornam o que antes eram extensas áreas florestais em pequenos fragmentos isolados uns dos outros, esse processo é chamado de fragmentação de habitat. Os efeitos da fragmentação podem ser associados a mudanças em relação ao habitat original tais como o aumento da área de borda, causando o chamado efeito de borda, e uma maior aproximação do centro do fragmento com a borda (PRIMACK e RODRIGUES, 2001). O potencial de dispersão e colonização de espécies pode ser um dos aspectos afetados devido ao perigo de predação que a travessia por áreas abertas existente entre fragmentos pode oferecer, a não colonização por espécies específicas de animais resulta em ausência de plantas que deles dependem como dispersores tais alterações na composição de espécies resultarão na queda do número de espécies com o passar do tempo. Outro aspecto afetado é o suprimento de alimentos com disponibilidade sazonal, ou dispersos no ambiente como frutos, sementes e néctar para animais nativos que podem ser incapazes de migrar para além do habitual em busca desse recurso. VASCONCELOS (1998) em trabalho desenvolvido em fragmentos florestais na Amazônia central sugere que o maior efeito de borda em fragmentos pequenos pode ser a causa de mudanças na composição de espécies de formigas e talvez também de outros invertebrados da floresta.

2.2. As Formigas como Bioindicadoras

A escolha das formigas como bioindicadoras vem sendo consolidada devido a aspectos determinantes, como: a) ampla distribuição, desde o Equador até latitudes de cerca de 50°, e desde o nível do mar até altitudes de cerca de três mil metros (FREITAS et al. 2003); b) constituem mais de 15% da biomassa animal encontrada em florestas tropicais (ALONSO e AGOSTI, 2000; CORRÊA et al. 2006; FITTKAU e KLINGE, 1973); c) grupo que realiza o maior número de interações com outros organismos, atuando na dispersão e predação de sementes, criação de fungos e outros insetos, são detritívoras e/ou predadoras de outros insetos atuando na ciclagem de nutrientes e dinâmicas populacional de insetos herbívoros (CORRÊA et al. 2006; LEAL, 2003; MOUTINHO et al. 1993); d) facilidade de encontro de espécies; e) facilidade de monitoramento de espécies; f) presentes durante todas as épocas do ano; g) podem ser monitoradas rapidamente (cerca de seis meses) e de forma consistente (BROWN, 2000) e h) apresentam um baixo custo operacional para a realização do monitoramento.

Além das várias razões acima listadas, segundo HÖLLDOBLER e WILSON (1990) a atividade das formigas podem nos dizer sobre as condições de ambiente, por serem susceptíveis a maior aquecimento e dessecação do corpo devido ao seu pequeno tamanho, o forrageio desses animais ectotérmicos depende da temperatura ambiente em torno de 30°C. O aumento da umidade por sua vez pode comprometer a mobilidade das formigas por serem as gotas pegajosas e a água pode apagar os traços químicos (KASPARI, 2003). Devido a esses e outros aspectos biológicos e ecológicos, as formigas vêm sendo consideradas um dos principais componentes biológicos de ambientes estruturalmente complexos como as florestas (FREITAS et al. 2003), portanto utilizadas como bioindicadoras e já possuem um relato amplo na literatura, como os trabalhos citados abaixo, sobre sua presença em diferentes tipos de ambientes e solos impactados.

Podemos encontrar vários trabalhos no Brasil utilizando as formigas como bioindicadoras. Como exemplos: em áreas perturbadas pela extração de bauxita em Poços de Caldas-MG (MAJER, 1992) e em Trombetas - PA (MAJER, 1996); formigas de áreas de borda de mata na Bahia (MAJER et al., 1997); impacto do isolamento de árvores em comunidades de formigas arbóreas e de solo em pastagem na região da Mata Atlântica da Bahia (MAJER e DELABIE, 1999); efeitos da perturbação da floresta sobre a estrutura de forrageamento de solo em comunidades de formigas na Amazônia central (VASCONCELOS, 1999); qual o efeito da espécie de eucalipto cultivada, idade da planta e vegetação nativa que circunda esses eucaliptais sobre a densidade de saueiros (ZANETTI et al., 2000); para determinar os efeitos da fragmentação e isolamento sobre comunidades de formigas da floresta amazônica central (VASCONCELOS et al., 2001); para avaliar o efeito da idade de eucaliptais na diversidade de formigas no Cerrado (MARINHO et al.,

2002) e de práticas silviculturais sobre a diversidade local no Cerrado (RAMOS et al., 2004); comparar a diversidade e a similaridade de áreas nativas e agroecossistemas adjacentes, entre outras características (DIAS, 2004); explorar os efeitos da heterogeneidade ambiental e da sazonalidade em assembléias de formigas no Parque Estadual do Rio Doce (COELHO e RIBEIRO, 2006); e determinar o efeito de herbicidas sobre a estrutura e dinâmica da comunidade de formigas (SILVA, 2007).

Apesar da grande importância ecológica e do potencial como bioindicadoras de qualidade ambiental, ainda são escassos estudos que avaliem o impacto de diferentes estratégias de ocupação do solo sobre a mirmecofauna, entretanto, cada vez mais o uso desses himenópteros tem se mostrado útil como ferramenta de bioindicação para avaliar e monitorar situações ambientais distintas (MAJER, 1983; KASPARI e MAJER, 2000; ANDERSEN et al., 2002 e UNDERWOOD e FISHER, 2006). Para ARCILA C. e LOZANO-ZAMBRANO (2003) numerosos estudos tem abordado o valor do uso das formigas como indicadores ecológicos e de biodiversidade, mas pouco se tem explorado o potencial uso como indicadores ambientais. A falta de conhecimento biológico e ecológico para as espécies neotropicais são apontados por ALONSO e AGOSTI (2000) como entraves no uso desse indicador ambiental.

2.3. Formas de Abordagem para o uso da Mirmecofauna na Bioindicação

2.3.1. Grupos Funcionais e Guildas

Para o estudo com foco na indicação ecológica, existe uma necessidade de realizar análises que busquem padrões de resposta de grupos funcionais que estão acima das identidades das espécies e desse modo permitem generalizações e comparações (ARCILA C. e LOZANO-ZAMBRANO, 2003). Dentre essas análises existe a proposta de uso da diversidade de alguns grupos de formigas como substituto para a diversidade total em casos de inventários rápidos - indicadores negativos - de ARMBRECHT e ULLOA-CHACÓN (2003), que segundo FEINSINGER (2001) é em geral uma espécie oportunista, relacionada com a perturbação humana, que aparece quando algo não está bem com a biota nativa ou com a integridade ecológica da paisagem. ANDERSEN (1990) propõe o grupo das generalistas de Myrmicinae como indicadores negativos, por exemplo, *Wasmannia auropunctata* apresentou em avaliação realizada por ARMBRECHT e ULLOA-CHACÓN (2003) correlação negativa significativa entre a sua frequência de captura e a riqueza total de formigas de fragmentos de bosque seco tropical da Colômbia.

Nessa abordagem funcional SILVESTRE (2000) relata que guildas possam ser utilizadas em avaliação ambiental, não apenas uma única espécie ou a fauna inteira como indicador, mas de preferência um grupo de espécies ecologicamente equivalentes. O termo guildas se refere os grupos de espécies que obtêm sua subsistência dos mesmos tipos de recursos e que utilizam as mesmas estratégias de ocupação de seus nichos, atuam de modo similar em um ecossistema, o pressuposto para essa formação é a consideração de um maior número de variáveis ecológicas possíveis (SILVESTRE et al., 2003).

Cada guilda está relacionada a um determinado segmento da flora e fauna e ocupa um determinado estrato do ambiente como local de atividade, por isso identificar grupos funcionais de espécies pode ser de grande utilidade em programas de avaliação, conservação e manejo ambiental, para cada caso específico a ser monitorado (SILVESTRE, 2000). O autor citado correlaciona, por exemplo, as guildas Mirmicíneos crípticos e Poneríneos com a presença de grupos abundantes de invertebrados de solo, sendo utilizadas para avaliação da biodiversidade da fauna de serrapilheira e as guildas Attíneos crípticos e Attíneos com colônias grandes, monitorados para avaliação do processo de transformação da paisagem natural pela atividade humana e avaliar o tempo de recuperação florestal em áreas modificadas em pastagens.

2.3.2. Colonização e Extinção de Comunidades

A colonização e extinção de comunidades de formigas em paisagens fragmentadas é abordada por SCHOEREDER et al. (2004) como outro aspecto a ser abordado na bioindicação por formigas. Esses autores consideram espécies generalistas como as que colonizam mais frequentemente os pequenos fragmentos, que sofrem maior extinção devido a uma maior troca de espécies, principalmente por suportarem baixas densidades populacionais. Os resultados dessa abordagem demonstram claramente que os efeitos secundários da fragmentação são maiores em pequenos remanescentes, onde a redução de populações e as trocas de espécies são mais evidentes, exemplificando a bioindicação.

2.3.3. Composição e Diversidade de Formigas

RIBAS et al. (2007) partindo da carência de explicações para as respostas das formigas aos impactos ambientais embora exista amplo relato sobre a utilização das formigas como bioindicadoras, mas a maior parte trata somente de um parâmetro da comunidade de formigas, como exemplo, a riqueza, fato que torna a bioindicação através de formigas restrita, não gerando generalizações e avanço no entendimento dos processos que causam as respostas observadas, por

isso a grande necessidade de avaliação de mais parâmetros como grupos funcionais, espécies ou gêneros indicadores e outros mais.

A composição e diversidade de formigas em SCHMIDT et al. (2005) foi investigada com fim a responder sobre possíveis mudanças nas condições do ambiente devido a ação antrópica através do turismo e introdução de espécies exóticas na ilha João da Cunha, Santa Catarina. Os resultados desse estudo mostraram altos valores de diversidade biológica e sazonalidade da mirmecofauna, mas evidenciou que a riqueza de espécies pode não ser um bom parâmetro para se visualizar a resposta de comunidades de formigas a gradiente de sucessão de fragmentos florestais e pastagem (SCHMIDT et al., 2007). O que reafirma OTTONETTI et al. (2006), em que os dados sobre a composição de espécies possivelmente demonstram uma resposta mais visível e sensível ao processo de sucessão florestal.

Em trabalho sobre o efeito do uso do solo nas comunidades de formigas em agrossistemas SCHMIDT e DIEHL (2008) obtiveram uma pronunciada variação para formigas epigéicas e hipogéicas do habitat com maior intensidade de uso do solo, neste caso um cultivo misto, que mostrou baixa similaridade com as comunidades de formigas dos outros três habitats. Foi observado também que espécies predadoras restringiram-se aos habitats com baixa intensidade de uso do solo. DIAS et al. (2008) discute que a baixa diversidade de formigas encontrada nos agroecossistemas quando comparada aos fragmentos de floresta e áreas de borda era esperada, pois os sistemas agrícolas possuem menor diversidade estrutural do que áreas de floresta adjacentes. Ao comparar a similaridade entre as amostras de formigas de serapilheira de uma área de floresta atlântica secundária e uma plantação adjacente de *Pinus elliottii*, foram grandes as diferenças devido a maior heterogeneidade na composição das amostras da floresta secundária e qualidade da serapilheira (PACHECO et al., 2009). Resultados que evidenciam o reflexo da composição de espécies às mudanças funcionais nas comunidades de formigas em diferente forma de uso do solo.

Mas aparentes contradições podem ser encontradas como em DIAS et al. (2008) em interação de fragmentos florestais com agroecossistemas adjacentes de café e pastagem, onde o número de espécies encontradas na pastagem foi significativamente maior do que a do cafezal, apesar deste apresentar estrutura arbustiva, o que ao menos em teoria o aproxima mais da floresta. A dominância de *Solenopsis* nas áreas de cafezal ocorre provavelmente porque muitas espécies deste gênero são amplamente distribuídas, generalistas de habitat e de dieta, além de serem as mais agressivas na utilização dos recursos no nível da serrapilheira, sendo particularmente frequentes em ambientes agrícolas ou mesmo nativos (DELABIE & FOWLER, 1995).

3. MATERIAL E MÉTODOS

3.1. Localização da Área de Estudo

O presente estudo foi realizado na Usina Hidrelétrica Risoleta Neves situada na Bacia Hidrográfica do rio Doce e Sub-bacia Hidrográfica e curso d'água de mesmo nome. Localizada na divisa dos municípios de Rio Doce e Santa Cruz do Escalvado, Minas Gerais, nas coordenadas geográficas de latitude 20°12' 25" e longitude 42° 20' 00" (ver Apêndice). A precipitação média anual para a região é de 1300 mm. O reservatório possui comprimento de 8,5 km e largura média de 0,41 km, com volume total de 44,82 hm³. O entorno tem sido usado para dessedentação do gado e a prática desportiva da pesca.

A bacia hidrográfica do rio Doce, que se insere no domínio da Mata Atlântica, é regionalmente representada pela Floresta Estacional Semidecidual, muito reduzida pela implantação de atividades diversas, como a agropecuária, mineração, silvicultura de espécies exóticas, urbanização etc. Especificamente na área de inserção da UHE Risoleta Neves, foram suprimidos e/ou inundados alguns setores florestais marginais aos cursos d'água, componentes da Área Diretamente Afetada (ADA) do empreendimento, causando, por consequência, alterações nas comunidades faunísticas nestes locais (RADA-UHE Risoleta Neves, 2001).

3.2. Descrição das Áreas

A amostragem foi realizada em quatro áreas, todas à margem esquerda do reservatório da UHE Risoleta Neves, no trecho entre a barragem e a ponte sobre o rio Doce: Área revegetada – A1, Área de Mata Nativa – A2, Área de Pastagem – A3 e Área de Mata Ciliar – A4; a montante da barragem 741m, 7563m, 9185m e 14951m, respectivamente. Com áreas de 54782,73m², 22644,12m², 11911,66m² e 13611m²; e perímetro de 1934,32m, 1244,62m, 751,54m e 789,20m; respectivamente. Para os valores atribuídos ao tamanho e perímetro das áreas levou-se em conta a continuidade da fisionomia estudada em cada área através da imagem de satélite (ver Apêndice).

A área A1 (Figuras 1A e 1B) vem passando por processo de recuperação da mata ciliar desde o mês de abril de 2006, a partir de quando se deu início ao plantio de mudas de espécies arbóreas consideradas nativas para a região com fim o adensamento das espécies arbóreas, dentre as espécies plantadas podemos citar: *Caesalpinia ferrea* (pau ferro), *Croton urucurana* (sangra d'água), *Erythrina speciosa* (mulungu), *Inga vera* (ingá), *Psidium guajava* (goiabeira), *Tabebuia impetigiosa* (ipê roxo), *Tibouchina granulosa* (quaresmeira), *Joannesia princeps* (cutieira). Algumas árvores e arbustos já existiam no local, estando em processo mais avançado de

desenvolvimento em relação aos espécimes plantados. No período anterior ao início das coletas (Abril de 2009) e ao longo delas a área apresentou dominância de capim colônia (*Panicum maximum*), essa cobertura vegetal por capim praticamente uniforme impede a incidência de luz no solo o que pode ter exercido influência no desenvolvimento das mudas devido ao grande sombreamento (Figura 1B). Outro fator verificado para a A1 é a indisponibilidade de informações precisas sobre o protocolo de controle de formigas, com previsão de até um ano e meio após o plantio. Segundo informações de entrevistados esses dados não correspondem aos fatos, esses tratamentos podem ter ocorrido depois das datas previstas.

A área A2 (Figuras 1C e 1D), área de mata nativa, considerada pelas investigações desse trabalho como fragmento que não tenha sofrido corte raso da vegetação nos últimos anos, mantém esta característica fisionômica apesar da estrada que à corta cerca de 20 metros acima do transecto de coleta. A entrada de luz no sub-bosque é muito pequena. Pelo fato de ser uma mata que considerando a partir do transecto estava distante 80 metros do leito original do rio e agora está a 10 metros do lago, pode estar sofrendo alguma alteração devida entre outros fatores ao aumento de umidade no solo. Dentre as espécies encontradas na área podemos citar: *Anadenanthera macrocarpa* (angico), *Schizolobium parahyba* (guapuruvú), *Schinus terebinthifolius* (aroeira), *Mabea fistulifera* (canudo-de-pito), *Tabebuia chrysotricha* (ipê-amarelo), *Senna macranthera* (fedegoso), *Apuleia leiocarpa* (garapa), *Sparattosperma leucanthum* (cinco folhas) e outras.

A área de pastagem - A3 (Figuras 1E e 1F) é predominantemente de braquiária (*Brachiaria sp.*), mas com populações de capim meloso ou capim gordura (*Melinis minutiflora* Beav.) esparsas (Figura 1F) e alguns arbustos conhecidos como piteira-do-caribe (*Agave angustifolia*). Ao longo do período de coleta a área esteve sob uso de bovinos.

A área A4 (Figuras 1G e 1H) foi considerada por esse estudo a que mais se aproxima da mata ciliar propriamente dita para o local estudado por estar localizada acima da área inundada para formação do lago, o que não significa que a área A4 seja a que melhor representa a composição biológica da mata ciliar da região, a presença de uma considerável população de bambus gigante (*Bambusa vulgaris*) demonstra a menor complexidade dessa área.

Todas as quatro áreas se encontram em encostas com declividade maior ou igual a 45 graus, oferecendo em quase todas elas uma dificuldade de deslocamento ao longo do transecto.

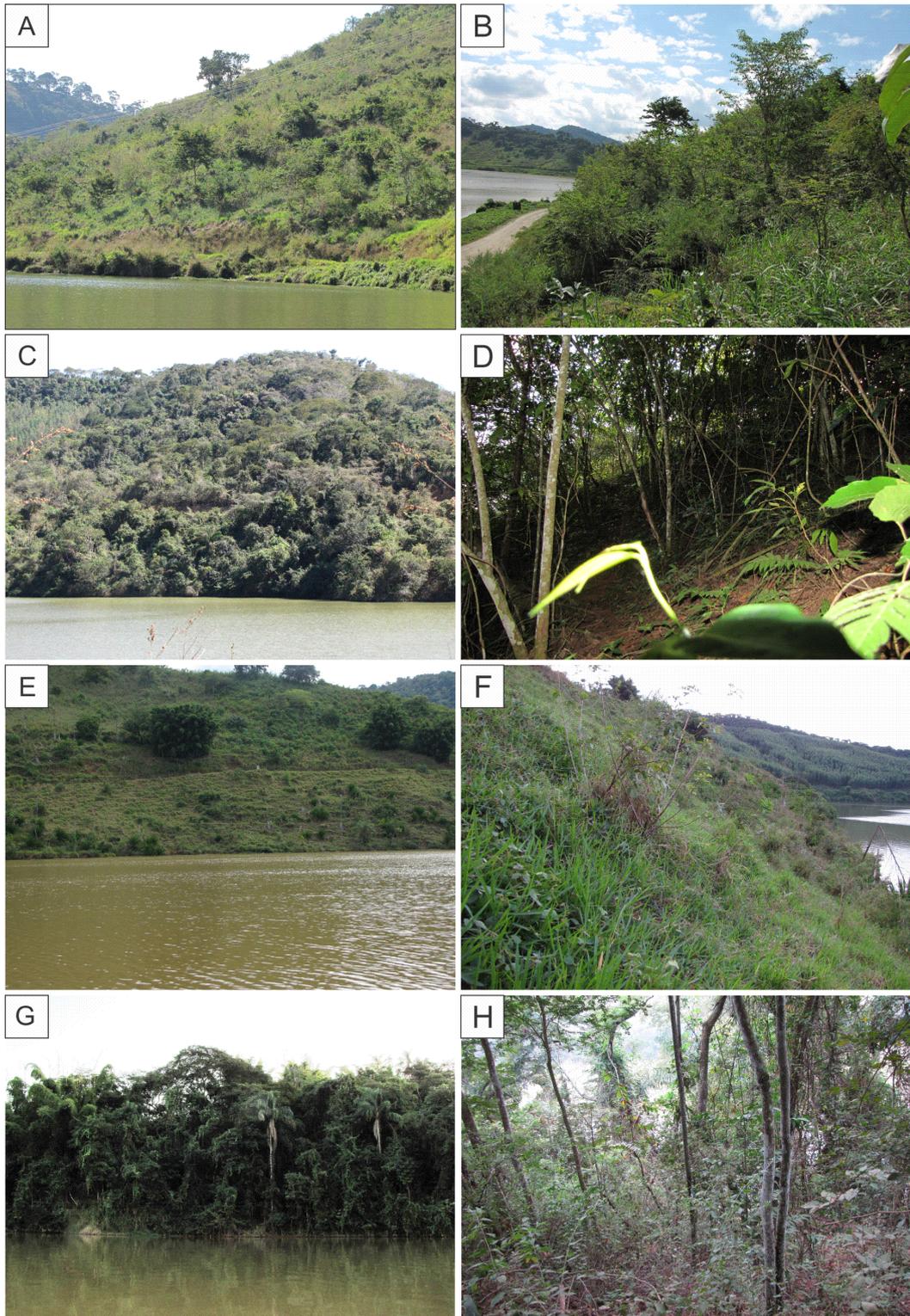


Figura 1: Fotos das áreas de estudo da diversidade e composição da mirmecofauna. Entorno do Lago da UHE Risoleta Neves. Abril a Setembro de 2009. **A:** Vista da área de revegetação – área A1; **B:** Formação vegetal da área A1; **C:** Vista da área de mata nativa – área A2; **D:** Interior da área A2; **E:** Vista da área de pastagem – área A3; **F:** Formação vegetal da área A3; **G:** Vista da área de mata ciliar – área A4 e **H:** Interior da área A4.

3.3. Coleta de Dados

Para cada área foram definidos 10 pontos equidistantes de coleta em um transecto de 150 metros (SCHMIDT et al., 2005). A direção do transecto para todas as áreas buscou atingir a maior representatividade da paisagem da área estudada, por isso foram orientados paralelamente ao curso d'água (FREITAS et al., 2003). Segundo SCHMIDT et al. (2007) as formigas epigéicas foram as que apresentaram maior riqueza em comparação com arborícolas e hipogéicas, razão pela qual foi adotado esse grupo no presente estudo.

Em cada transecto foram instaladas uma armadilha de queda (*pitfall*) e uma armadilha de isca de solo e vegetação. O *pitfall* constituiu-se de um recipiente plástico com 9 cm de diâmetro e 10 cm de profundidade com a borda superior ao nível do solo contendo solução de água e detergente neutro. Para as armadilhas do tipo iscas foram utilizados guardanapos de 10x10cm onde foram depositadas as iscas atrativas de sardinha e mel misturadas na proporção de 1:1. As armadilhas *pitfall* permaneceram por 24 horas no campo (FONSECA e DIEHL, 2004), período adotado nesse trabalho devido à perda de armadilhas por pisoteio de gado verificado no piloto na área A3. As armadilhas de iscas ficaram expostas por uma hora, tempo considerado por Silvestre (2000) como o mais adequado para amostrar o maior número de espécies e período superior de exposição para FREITAS et al. (2003) pode resultar em dominância total de algumas espécies com bom recrutamento, tais como as dos gêneros *Pheidole*, *Camponotus* e *Solenopsis*.

Após período de exposição das armadilhas as amostras foram recolhidas, transportadas em sacolas plásticas e triado em até dois dias após a coleta com acondicionamento em *eppendorfs* devidamente etiquetados e com álcool 96%. As formigas foram identificadas e montadas sob estereomicroscópio com ajuda da taxonomista Vivian E. Sandoval Gómez, usando chaves de identificação (PALACIO e FERNÁNDEZ, 2003; BOLTON, 1994 e 1995) e material de referência até o nível espécie ou até gênero sendo morfoespeciadas e depositadas na coleção do Laboratório de Ecologia Comportamental – LABEC da UFJF.

3.4. Análise dos Dados

O tratamento dos dados ocorreu mediante comparação entre as quatro áreas estudadas (A1, A2, A3 e A4), determinando índices de riqueza e diversidade, que segundo FREITAS et al. (2003) permitem uma rápida comparação das comunidades e/ou taxocenoses de diferentes áreas, e são

especialmente úteis e amplamente utilizados em estudos de formigas devido aos métodos de amostragem.

Para indicação do esforço amostral e para comparação entre as áreas foi construída uma curva do coletor com ajuste logarítmico da curva para a riqueza observada e riqueza estimada. No eixo das abcissas foram plotadas as unidades amostrais e o número de acúmulo de espécies nas ordenadas.

Os registros de frequência de ocorrência (FO) das espécies em cada coleta foram analisados segundo a fórmula proposta por BUSCHINI (2006): $FO = (Na/A) \times 100$, onde Na= ao número de amostras em que foi observada a ocorrência de uma determinada espécie e A= o número total de amostras realizadas. Segundo BUSCHINI (2006), para $FO \geq 50\%$, a espécie é muito freqüente (MF); se $50\% > FO > 25\%$ a espécie é freqüente (F); e quando $FO \leq 25\%$ a espécie é classificada como pouco freqüente (PF).

Para cálculo dos índices de diversidade e similaridade foi utilizado o número de registros quanto a presença e ausência, pois devido ao parâmetro de distribuição agregada característico dos insetos sociais o número de indivíduos deve ser evitado (ROMERO e JAFFÉ, 1989).

Para verificar a similaridade observando os grupos funcionais entre as quatro áreas desse estudo foi adotado SILVESTRE (2000) que elaborou um método de comparação entre áreas distintas baseando-se no índice de similaridade de Sörensen:

Índice de Sörensen = $S = 2C/(A+B) \times 100$, onde:

A= número de espécies registradas na área A1

B= número de espécies registradas na área A2

C= número de espécies em comum nas duas áreas

O índice de similaridade de Sörensen foi adaptado por SILVESTRE (2000) para incluir o número de grupos funcionais amostrados por área e o número de espécies presentes dentro desses grupos. Para o índice de similaridade funcional proposto por SILVESTRE (2000), temos:

Índice de Similaridade Funcional = $Sf = (2 \times Gc \times Nc)/(Ga \times Na + Gb \times Nb) \times 100$, sendo:

Ga = número de grupos funcionais da área A1

Gb = número de grupos funcionais da área A2

Gc = número de grupos funcionais em comum das duas áreas

Na = número de espécies registradas na da área A1

Nb = número de espécies registradas na da área A2

Nc = número de espécies compartilhadas dentro dos grupos funcionais.

Devido ao refinamento exigido para se considerar guildas como agrupamento em um trabalho, para o presente estudo utilizamos os termos guildas e grupos funcionais como sinônimo (SILVESTRE et al., 2003). Para o agrupamento em grupos funcionais foi utilizada a classificação de SILVESTRE (2000) para as guildas da mirmecofauna do cerrado e na inexistência de informações para algum gênero foram adotados os grupos funcionais de BROWN JR. (2000), uma classificação para as formigas do mundo.

A similaridade entre áreas foi obtida através da ordenação das amostras com o escalonamento multidimensional não-métrico (NMDS) o qual resulta em um gráfico com a distribuição nos quadrantes das amostras de cada área, podendo ser verificado ou não a existência de padrões na composição de espécies (SILVA e SILVESTRE, 2004). A Análise de Similaridade - ANOSIM e a Porcentagem de Similaridade - SIMPER, ofereceram valores da contribuição de cada espécie para a dissimilaridade entre os pares de grupos nas áreas para confirmar os resultados do NMDS.

Os cálculos de riqueza estimada para cada área utilizando o índice de diversidade de CHAO 2 (MARINHO et al., 2002; SANTOS et al. 2006), essa estimativa se baseia no número de espécies que aparecem uma ou duas vezes nas amostras, e o índice de diversidade de Mao Tau onde os dados amostrados são aleatorizados e a partir do número de registro das espécies nos pontos amostrados de cada área, se define o acúmulo de espécies ao longo da amostragem, dados utilizados para gerar uma curva do coletor que indica a riqueza esperada para uma área, quanto maior a inclinação da curva significa maior heterogeneidade dentre os pontos amostrados na área, o que aponta para uma maior riqueza de espécies, quanto menor essa inclinação, é esperada uma homogeneidade e conseguinte menor riqueza. Para o tratamento estatístico dos dados foram utilizados os softwares gratuitos EstimateS (COWELL, 2006) na versão 8.2 e o programa PAST versão 1.91 (HAMMER et al., 2001).

4. DESENVOLVIMENTO

No presente estudo foram coletadas 86 espécies de 31 gêneros de formigas distribuídos em sete subfamílias, a saber: Myrmicinae (17 gêneros); Formicinae (4 gêneros); Ponerinae (3 gêneros); Ecitoninae (2 gêneros); Dolichoderinae (2 gêneros); Ectatomminae (2 gêneros) e Pseudomyrmecinae (1 gênero).

A armadilha do tipo *pitfall* amostrou todos os 31 gêneros encontrados nesse trabalho e a do tipo isca amostrou 20 destes gêneros, o que demonstra a eficiência amostragem de gêneros nesse estudo de formigas epigéicas (Tabela 1).

Dentre os gêneros coletados nesse estudo *Pheidole* se destaca pela maior riqueza observada de espécies (n=17), que para MOUTINHO (1991) pode estar relacionada à atividade das espécies com a temperatura do solo, concluindo que a diferença de horários de forrageio e a composição relativa dos itens que compõem a dieta de suas espécies possibilitam a coexistência. Os demais gêneros com maior riqueza de espécies foram *Camponotus*, *Crematogaster* (6 espécies), *Solenopsis*, *Paratrechina*, *Sericomyrmex*, *Brachymyrmex* e *Pseudomyrmex* (4 espécies). Resultados semelhantes aos observados por SCHMIDT (2005) para os quatro primeiros gêneros acima, e comprovam as idéias de WILSON (1976) de ser *Camponotus*, *Crematogaster* e *Pheidole* os mais abundantes do mundo. Para SILVESTRE et al. (2003) as espécies do gênero *Brachymyrmex*, formigas pequenas com grandes populações e raio de ação com limite ao redor da colônia e em muitos casos são especializadas a um determinado tipo de recurso.

Embora os valores de riqueza de gêneros por suas semelhanças (Tabela 1) não possam demonstrar algum padrão específico para cada área, vale ressaltar a maior riqueza (25 gêneros) em A1 (área revegetada), que pode estar relacionada à diversidade de habitats, por ser uma área com diferentes tipos de vegetação e ser a área que devido ao plantio de novas espécies no processo de revegetação, vem recebendo incremento na composição de nichos ecológicos.

Tabela 1: Identificação, presença (1) / ausência (0) nas Armadilhas em diferentes áreas para Gêneros e número de espécies. Dados de estudo sobre a diversidade e composição da mirmecofauna no entorno do Lago da Usina Hidrelétrica Risoleta Neves. Abril a Setembro de 2009.

Gênero	Isca	Pitfall	N espécies	A1	A2	A3	A4
<u>Subfamília Dolichoderinae</u>							
<i>Dolichoderus</i> Lund, 1831	0	1	1	1	0	1	0
<i>Tapinoma</i> Foerster, 1850	1	1	2	1	0	1	0
<u>Subfamília Ecitoninae</u>							
<i>Labidus</i> Jurine, 1807	0	1	1	0	1	0	0
<i>Neivamyrmex</i> Borgmeier, 1940	0	1	1	0	0	1	0
<u>Subfamília Ectatomminae</u>							
<i>Ectatomma</i> F. Smith, 1858	1	1	3	1	1	1	1
<i>Gnamptogenys</i> Roger, 1863	1	1	1	1	1	0	0
<u>Subfamília Formicinae</u>							
<i>Brachymyrmex</i> Mayr, 1868	1	1	4	1	1	1	1
<i>Camponotus</i> Mayr, 1861	1	1	6	1	1	1	1
<i>Myrmelachista</i> Roger, 1863	0	1	1	0	0	0	1
<i>Paratrechina</i> Motschoulsky, 1863	1	1	4	1	1	1	1
<u>Subfamília Myrmicinae</u>							
<i>Acromyrmex</i> Mayr, 1865	1	1	2	0	0	1	1
<i>Atta</i> Fabricius, 1804	1	1	2	1	1	1	1
<i>Cephalotes</i> Latreille, 1802	1	1	2	1	0	1	1
<i>Crematogaster</i> Lund, 1831	1	1	6	1	1	1	1
<i>Cyphomyrmex</i> Mayr, 1862	0	1	2	1	0	1	1
<i>Monomorium</i> Mayr, 1855	1	1	1	1	0	1	1
<i>Mycetarotes</i> Emery, 1913	1	1	2	1	1	0	0
<i>Mycocepurus</i> Forel, 1893	1	1	1	1	1	1	1
<i>Nesomyrmex</i> Wheeler W.M., 1910	0	1	2	0	1	1	0
<i>Myrmicocrypta</i> F. Smith, 1860	0	1	1	0	1	0	0
<i>Octostruma</i> Forel, 1912	0	1	1	1	0	0	0
<i>Pheidole</i> Westwood, 1839	1	1	17	1	1	1	1
<i>Sericomyrmex</i> Mayr, 1865	1	1	4	1	1	0	1
<i>Solenopsis</i> Westwood, 1840	1	1	4	1	1	1	1
<i>Strumigenys</i> F. Smith, 1860	0	1	3	1	0	1	1
<i>Trachymyrmex</i> Forel, 1893	0	1	1	1	0	0	0
<i>Wasmannia</i> Forel, 1893	1	1	1	1	1	1	1
<u>Subfamília Ponerinae</u>							
<i>Hypoponera</i> Santschi, 1938	0	1	1	1	1	0	0
<i>Odontomachus</i> Latreille, 1804	1	1	3	1	1	1	0
<i>Pachycondyla</i> F. Smith, 1858	1	1	2	1	1	1	1
<u>Subfamília Pseudomyrmecinae</u>							
<i>Pseudomyrmex</i> Lund, 1831	1	1	4	1	1	0	1
TOTAL	20	31	86	25	20	21	19

Obs.: A1=área revegetada; A2=área de mata nativa; A3=área de pastagem e A4=área de mata ciliar

Comparando as áreas quanto a presença de gêneros em comum se somaram 11 o número de gêneros comuns às quatro áreas, e entre A1 e A2 os comuns foram 17; entre A1 e A3=18; A1 e A4=17; A2 e A3=13; A2 e A4=13 e A3 e A4=16 (Tabela 1). Esses resultados mostram que A1 compartilha com as demais áreas o maior número de gêneros. O menor valor de compartilhamento de gêneros foi entre A2 e A3, resultado esperado por se tratar de uma mata (A2) e uma pastagem (A3), até mesmo pela diferença de vegetação, é que haja menor semelhança entre os gêneros que ocorram em cada uma, mas entre A2 e A4, áreas de mata, o que se esperava são valores maiores de compartilhamento, as explicações para os resultados contrários do presente estudo podem estar relacionadas com a estrutura da vegetação bem diferenciada das duas áreas.

A riqueza observada de espécies acompanha o que ocorreu com a riqueza de gêneros sendo a A1 a área com o maior valor (n=64), as áreas A2 e A3 com igual riqueza (n=55) e A4 apresentou o menor (n=48). Importa destacar que a alta riqueza existente em A1 confirma SCHMIDT et al. (2007) e SCHMIDT e DIEHL (2008), a riqueza de espécies não reflete as mudanças funcionais nas comunidades de formigas em diferentes usos do solo. Para esses autores a composição de espécies reflete melhor essa realidade. Por isso, a ocorrência de alguns gêneros em áreas específicas nos chama atenção para o seu significado ecológico.

O gênero *Neivamyrmex* foi registrado apenas para pastagem, o mesmo para *Myrmicocrypta* e *Labidus* encontrados apenas na mata nativa, *Octostruma* e *Trachymyrmex* apenas na revegetada, e *Myrmelachista* apenas na mata ciliar. Outros gêneros chamam atenção por não serem registrados em uma determinada área, como *Cephalotes*, *Monomorium*, *Strumigenys* e *Cyphomyrmex* ausentes para A2; *Sericomyrmex* e *Pseudomyrmex* não coletados na A3; e *Odontomachus* ausente em A4. A ausência de *Sericomyrmex* em uma área de pastagem e presença nas demais, contraria o que constataram MARINHO et al. (2002) e RAMOS et al. (2004), cuja ocorrência para esse gênero é associada a ambientes degradados. A ocorrência dos gêneros *Octostruma* e *Strumigenys* segundo SILVESTRE et al. (2003) está ligada à condição do solo, a riqueza de espécies dentro desses gêneros estão relacionados à espessura da serrapilheira no Cerrado, nesse estudo ambos os gêneros estão ausentes para a área de mata nativa (Tabela 1), mas essa investigação não foi abordada por esse estudo.

Para compreensão da razão desta composição da comunidade de formigas para cada área, é fundamental o conhecimento de aspectos ligados à ecologia desses gêneros e suas espécies, o que pode ser confirmado pela complexidade apresentada pelos dados sobre a frequência de ocorrência de cada espécie nas áreas de estudo (Tabela 2).

Em seu trabalho no bioma de Cerrado, SILVESTRE (2000) afirma que o cálculo de similaridade funcional proposto por ele mesmo, definiria apropriadamente as diferenças encontradas na estrutura das comunidades de formigas das áreas de Cerrado e conclui recomendando o uso desse índice para avaliações em outros ambientes.

Para adotar a similaridade funcional de SILVESTRE (2000), foi realizada a classificação das espécies quanto ao grupo funcional segundo SILVESTRE (2000) e para as espécies não encontradas no trabalho anterior, foi utilizada a classificação de BROWN JR. (2000) (Tabela 2).

Tabela 2: Classificação das espécies de espécies quanto ao grupo funcional segundo SILVESTRE (2000) e BROWN JR. (2000)*. Frequência de ocorrência (FO) para as espécies. Dados de estudo sobre a diversidade e composição da mirmecofauna no entorno do Lago da UHE Risoleta Neves. Abril a Setembro de 2009.

Grupo Funcional	Espécies	Área 1	Área 2	Área 3	Área 4
Mirmicíneas generalistas de solo	<i>Pheidole</i> sp. 1	MF	F	MF	MF
	<i>Pheidole</i> sp. 2	MF	MF	MF	MF
	<i>Pheidole</i> sp. 3	PF	PF	PF	-
	<i>Pheidole</i> sp. 4	PF	PF	F	-
	<i>Pheidole</i> sp. 5	-	PF	-	-
	<i>Pheidole</i> sp. 6	-	PF	-	-
	<i>Pheidole</i> sp. 7	PF	PF	-	-
	<i>Pheidole</i> sp. 8	PF	PF	-	-
	<i>Pheidole</i> sp. 9	MF	PF	MF	MF
	<i>Pheidole</i> sp. 10	MF	-	F	PF
	<i>Pheidole</i> sp. 11	PF	PF	PF	-
	<i>Pheidole</i> sp. 12	MF	PF	MF	PF
	<i>Pheidole</i> sp. 13	F	PF	MF	F
	<i>Pheidole</i> sp. 14	F	MF	MF	MF
	<i>Pheidole</i> sp. 15	PF	-	PF	PF
	<i>Pheidole</i> sp. 16	PF	-	F	PF
	<i>Pheidole</i> sp. 17	PF	-	F	PF
<i>Solenopsis</i> sp. 1	MF	MF	PF	PF	
<i>Solenopsis</i> sp. 2	PF	PF	PF	-	
<i>Solenopsis</i> sp. 3	PF	PF	-	MF	
<i>Solenopsis</i> sp. 4	PF	PF	-	PF	
Patrulheiras Camponotíneas	<i>Camponotus</i> sp. 1	MF	F	MF	MF
	<i>Camponotus</i> sp. 2	MF	PF	MF	MF
	<i>Camponotus</i> sp. 3	MF	F	MF	MF
	<i>Camponotus</i> sp. 4	F	-	MF	F
	<i>Camponotus</i> sp. 5	F	F	F	F
	<i>Camponotus</i> sp. 6	-	-	PF	-

Continua...

Continuação da Tabela 2:

Grupo Funcional	Espécies	Área 1	Área 2	Área 3	Área 4
Predadoras grandes	<i>Pachycondyla</i> sp. 1	MF	MF	MF	F
	<i>Pachycondyla</i> sp. 2	PF	MF	MF	-
	<i>Ectatomma lugens</i> Emery, 1894	MF	F	MF	MF
	<i>Ectatomma brunneum</i> Smith, 1858	PF	PF	MF	PF
	<i>Ectatomma muticum</i> Mayr, 1870	-	PF	PF	-
	<i>Gnamptogenys</i> sp. 1	PF	PF	-	-
	<i>Odontomachus chelifer</i> (Latreille, 1802)	PF	MF	PF	-
	<i>Odontomachus haematodus</i> (Linnaeus, 1758)	F	-	-	-
	<i>Odontomachus meinerti</i> Forel, 1905	MF	PF	-	-
Generalista Myrmicinae *	<i>Monomorium floricola</i> (Jerdon, 1851)	MF	PF	F	MF
Oportunistas pequenos	<i>Brachymyrmex</i> sp. 1	PF	PF	PF	MF
	<i>Brachymyrmex</i> sp. 2	F	PF	-	PF
	<i>Brachymyrmex</i> sp. 3	F	-	PF	MF
	<i>Brachymyrmex</i> sp. 4	PF	PF	PF	MF
	<i>Paratrechina</i> sp. 1	MF	-	PF	MF
	<i>Paratrechina</i> sp. 2	PF	PF	PF	MF
	<i>Paratrechina</i> sp. 3	PF	-	-	MF
	<i>Paratrechina</i> sp. 4	PF	PF	-	PF
Espécies Nômades	<i>Neivamyrmex</i> sp. 1	-	-	PF	-
Cephalotíneas	<i>Cephalotes pusillus</i> (Klug, 1824)	PF	-	MF	F
	<i>Cephalotes maculatus</i> (Smith, 1876)	PF	-	-	PF
Mirmicíneas generalistas de vegetação	<i>Crematogaster</i> sp. 1	MF	PF	PF	-
	<i>Crematogaster</i> sp. 2	-	PF	PF	-
	<i>Crematogaster</i> sp. 3	-	PF	-	MF
	<i>Crematogaster</i> sp. 4	F	PF	PF	-
	<i>Crematogaster</i> sp. 5	-	-	PF	F
	<i>Crematogaster</i> sp. 6	PF	PF	PF	PF
	<i>Wasmannia auropunctata</i> (Roger 1863)	PF	MF	PF	MF
Oportunistas *	<i>Tapinoma melanocephalum</i> Fabricius, 1793	PF	-	F	-
	<i>Tapinoma</i> sp. 2	PF	-	PF	-

Continua...

Continuação da Tabela 2:

Grupo Funcional	Espécies	Área 1	Área 2	Área 3	Área 4
Especialista de clima tropical *	<i>Nesomyrmex</i> sp. 1	-	-	PF	-
	<i>Nesomyrmex</i> sp. 2	-	PF	-	-
	<i>Mycetarotes</i> sp. 1	PF	-	-	-
	<i>Mycetarotes</i> sp. 2	PF	PF	-	-
	<i>Myrmicocrypta</i> sp.1	-	PF	-	-
	<i>Labidus</i> sp.1	-	PF	-	-
	<i>Sericomyrmex</i> sp. 1	-	F	-	PF
	<i>Sericomyrmex</i> sp. 2	-	PF	-	-
	<i>Sericomyrmex</i> sp. 3	-	PF	-	PF
	<i>Sericomyrmex</i> sp. 4	-	PF	-	-
Patrulheiras Pseudomirmecíneas	<i>Pseudomyrmex</i> sp. 1	PF	PF	-	MF
	<i>Pseudomyrmex</i> sp. 2	PF	-	PF	-
	<i>Pseudomyrmex</i> sp. 3	-	-	PF	-
	<i>Pseudomyrmex</i> sp. 4	PF	-	-	-
Cultivadoras de fungos	<i>Mycocepurus</i> sp.1	MF	PF	F	PF
Espécies crípticas *	<i>Strumigenys</i> sp. 1	-	-	-	PF
	<i>Strumigenys</i> sp. 2	-	-	-	PF
	<i>Strumigenys</i> sp. 3	PF	-	PF	-
	<i>Octostruma</i> sp.1	PF	-	-	-
Especialistas mínimas	<i>Myrmelachista</i> sp.1	-	-	-	PF
Poneríneas Crípticas	<i>Hypoponera</i> sp.1	PF	-	-	-
Dolichoderíneas coletoras de exudatos	<i>Dolichoderus</i> sp.1	PF	-	PF	-
	<i>Acromyrmex</i> sp. 1	-	-	MF	PF
	<i>Acromyrmex</i> sp. 2	-	-	PF	PF
Desfolhadoras	<i>Atta</i> sp. 1	F	MF	MF	MF
	<i>Atta</i> sp. 2	PF	PF	PF	PF
	<i>Cyphomyrmex</i> sp. 1	PF	-	PF	PF
	<i>Cyphomyrmex</i> sp. 2	-	-	PF	-
	<i>Trachymyrmex</i> sp.1	PF	-	-	-

Obs.: A1=área revegetada; A2=área de mata nativa; A3=área de pastagem e A4=área de mata ciliar. Classificação quanto a frequência segundo BUSCHINI (2006), PF= pouco frequente ($FO \leq 25\%$); F= frequente ($50\% > FO > 25\%$) e MF=muito frequente ($FO \geq 50\%$); - ausente ($FO = 0\%$).

Foram registrados nesse estudo os seguintes grupos funcionais: Mirmicíneas generalistas de solo, Mirmicíneas generalistas de vegetação, Patrulheiras Camponotíneas, Predadoras grandes, Generalista Myrmicinae, Oportunistas pequenos, Espécies Nômades, Cephalotíneas, Oportunistas, Especialista de clima tropical, Patrulheiras Pseudomirmecíneas, Cultivadoras de fungos, Espécies crípticas, Especialistas mínimas, Poneríneas Crípticas, Dolichoderíneas coletoras de exudatos e Desfolhadoras. Com base nas informações da Tabela 2 consideramos quantos grupos funcionais existem em cada área de nosso estudo e quantos são comuns a elas, o número de espécies registradas por área e o número de espécies compartilhadas dentro dos grupos funcionais em cada área, obtivemos os resultados apresentados na Tabela 3. Os valores da Similaridade de Sørensen (S) e Similaridade Funcional (Sf) e Porcentagem de Similaridade apresentam resultados similares, o que demonstra a possibilidade de utilização destes para comparação entre áreas com condições ambientais distintas.

Para a área A2 foram encontradas as menores similaridades em relação às demais áreas, sendo entre elas a maior com A1, o que reforça a nossa hipótese de que o status de recuperação de A1 pode ser acompanhado pela maior aproximação da composição da fauna de formigas desta com a A2, uma mata, o equivalente de vegetação mais próximo do esperado para A1 após a recuperação. Esses resultados mostram que A2, uma área de mata nativa, ou o equivalente mais próximo disponível para o local, pode ser usado como padrão para comparação com as demais. O fato de A1 apresentar o maior valor de similaridade com a área de pastagem (A3) pode estar relacionado com a maior riqueza observada de A1, o que faz com que a similaridade dessa área se aproxime das demais áreas, exceto de A2 pela diferença nas espécies encontradas para cada área, o que pode explicar também a menor similaridade de A2 com A3 e A4 (Tabela 3).

Ao compararmos as áreas em relação à frequência de ocorrência das espécies, o número de espécies consideradas como muito frequentes para a área de mata nativa (A2) foi o menor entre dentre as outras, a saber, A1=16; A2=8; A3=17 e A4=20. As espécies frequentes foram em menor número para todas as áreas (A1=9; A2=6; A3=8 e A4=6), já para as espécies pouco frequentes ocorre uma variação pequena (A1=38; A2=39; A3=30 e A4=22). A menor frequência em A4 pode ser resultado do menor esforço amostral. Portanto, esses dados nos mostra a necessidade de maiores questionamentos em relação as espécies amostradas com maior frequência.

Tabela 3: Matriz de dados e resultados dos índices de Similaridade de Sørensen (S) e funcional (Sf) e a Porcentagem de Similaridade (SP) em diferentes áreas. Dados de estudo sobre a diversidade e composição da mirmecofauna. Entorno do Lago da UHE Risoleta Neves. Abril a Setembro de 2009.

	A1 e A2		A1 e A3		A1 e A4		A2 e A3		A2 e A4		A3 e A4	
	Ga	15	Ga	15	Ga	15	Gb	10	Gb	10	Gd	15
	Na	64	Na	64	Na	64	Nb	55	Nb	55	Nd	55
	Gb	10	Gd	15	Gf	13	Gd	15	Gf	13	Gf	13
	Nb	55	Nd	55	Nf	48	Nd	55	Nf	48	Nf	48
	Gc	9	Ge	13	Gg	11	Gh	9	Gi	9	Gj	11
	Nc	42	Ne	45	Ng	40	Nh	33	Ni	31	Nj	35
S =	70.58		75.63		71.42		60.00		60.19		67.96	
Sf =	50.06		65.54		55.55		43.20		47.52		53.14	
SP =	40.29		45.1		45.52		33.92		34.21		44.5	

Obs.: A1=área revegetada; A2=área de mata nativa; A3=área de pastagem e A4=área de mata ciliar. Ga = número de grupos funcionais de A1; Gb = número de grupos funcionais de A2; Gd = número de grupos funcionais de A3; Ge = número de grupos funcionais de A4; Gc = número de grupos funcionais em comum de A1 e A2; Ge = número de grupos funcionais em comum de A1 e A3; Gg = número de grupos funcionais em comum de A1 e A4; Gh = número de grupos funcionais em comum de A2 e A3; Gi = número de grupos funcionais em comum de A2 e A4; Gj = número de grupos funcionais em comum de A3 e A4; Na = número de espécies registradas em A1; Nb = número de espécies registradas em A2; Nd = número de espécies registradas em A3; Nf = número de espécies registradas em A4; Nc = número de espécies compartilhadas dentro dos grupos funcionais de A1 e A2; Ne = número de espécies compartilhadas dentro dos grupos funcionais de A1 e A3; Ng = número de espécies compartilhadas dentro dos grupos funcionais de A1 e A4; Nh = número de espécies compartilhadas dentro dos grupos funcionais de A2 e A3; Ni = número de espécies compartilhadas dentro dos grupos funcionais de A2 e A4 e Nj = número de espécies compartilhadas dentro dos grupos funcionais de A3 e A4.

A análise de similaridade com a formação de um dendograma (Figura 2) confirma a existência dos grupos para as quatro áreas. A área de mata nativa – A2 – se separa de forma distinta, o que demonstra a existência de uma composição para a fauna de formigas para esta área e as demais que lhes confere uma identidade, aspecto fundamental para acompanhar o status de recuperação de uma área de interesse. As áreas A3 e A4 se apresentam mais similares, o que pode estar ligado ao menor esforço amostral para A4. A área A1 se coloca em uma posição intermediária, o que nesse estudo representa uma aproximação do esperado para esta área que é presença de um gradiente entre a fauna de formiga da mata nativa, o correspondente ecológico mais próximo do esperado para o processo sucessional e a pastagem, que representa o estágio mais alterado do ambiente estudado.

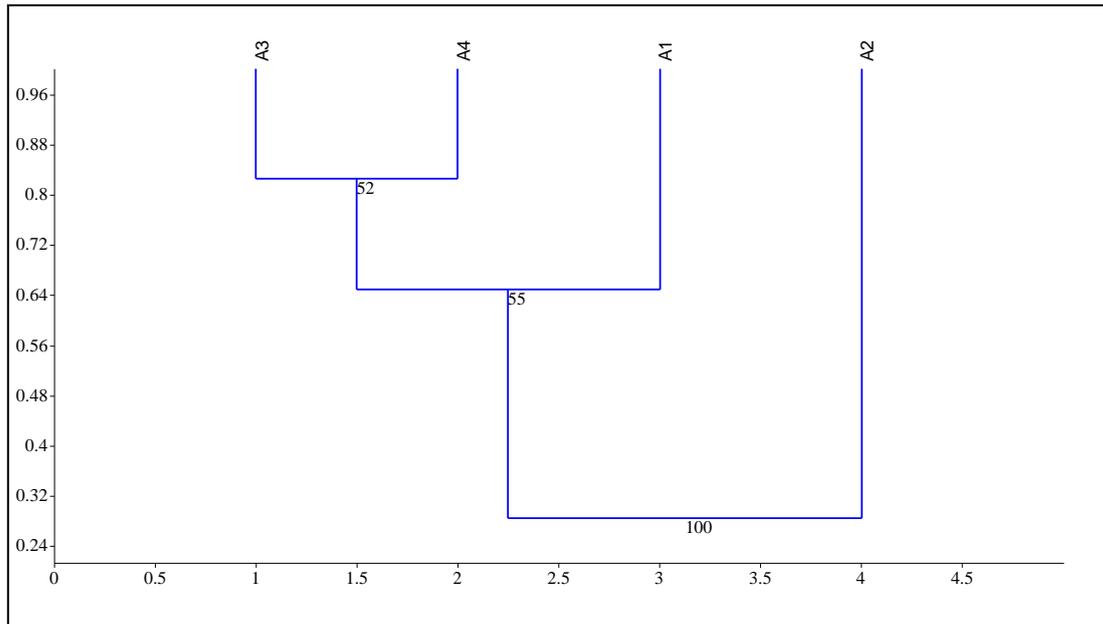


Figura 2: Dendrograma da análise de similaridade de Raup-Crick, do PAST. Correlação Cofenética= 0.8276. Estudo sobre a diversidade e composição da mirmecofauna. Entorno do Lago da UHE Risoleta Neves. Abril a Setembro de 2009. A1=área revegetada; A2=área de mata nativa; A3=área de pastagem e A4=área de mata ciliar.

A ordenação das amostras com o escalonamento multidimensional não-métrico (NMDS) segundo o índice de Raup-Crick, recomendado pelo manual do programa para análises de dados de presença e ausência, resultou na formação de grupos (Figura 3) entre as áreas devido ao padrão de distribuição das amostras o que é confirmado pelo valor de stress = 0.2716, valor próximo de zero. Pode ser observado que a composição de A2 se distingue das demais formando um grupo a parte dos demais, enquanto que A3 e A4 formam agrupamentos que se sobrepõem em grande parte à A1.

Mesmo com a proximidade entre essas quatro áreas que permite dispersão da fauna de formigas entre áreas a caracterização das áreas pela composição e diversidade pode ser confirmada. Para SANTOS et al. (2006) a diferença na diversidade de formigas se mostrou independente do tamanho da área, características internas das áreas podem interferir na composição das formigas, como diversidade de habitats disponíveis e fatores como estrutura física e quantidade de serrapilheira. Desse modo um dos aspectos que pode estar associado a formação de grupos nessas áreas é a fisionomia da vegetação que pode ser visivelmente diferenciada nessas áreas, como em CORRÊA et al. (2006), que relaciona positivamente a riqueza de formigas com densidade da vegetação herbácea e a espessura da serapilheira, fatores que aumentam o número de habitats disponíveis para nidificação e presença abundante de presas das formigas.

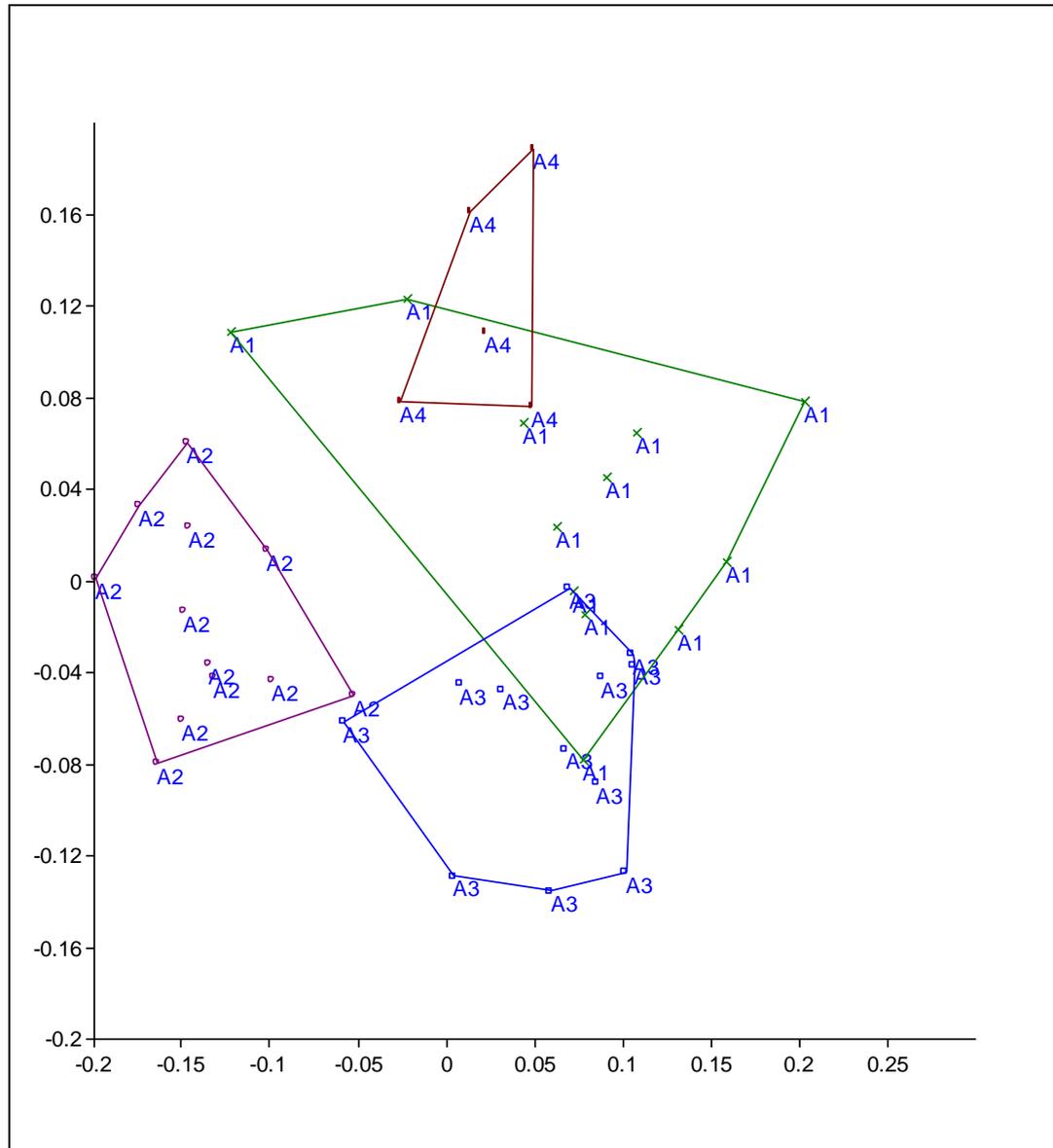


Figura 3: Gráfico do resultado da medida de similaridade de Raup-Crick em 3D, segundo a ordenação com o escalonamento multidimensional não-métrico das amostras do PAST 1.91. Stress= 0.2221. Dados de estudo da diversidade e composição da mirmecofauna. Entorno do Lago da UHE Risoleta Neves. Abril a Setembro de 2009. A1=área revegetada; A2=área de mata nativa; A3=área de pastagem e A4=área de mata ciliar.

Com a confirmação da existência de grupos, a contribuição de cada espécie foi analisada pelo ANOSIM - Análise de Similaridade - usando o índice de Raup-Crick foi encontrado valor para $R=0.6954$, sendo $p<0.0001$. O SIMPER – Porcentagem de Similaridade – apresentou valor da média geral de dissimilaridade para todos os grupos igual a 62.05, isto é, porcentagem de similaridade igual a 37.95, o que corrobora a formação de grupos e as sete espécies que mais contribuíram para esse resultado foram: *Pachycondyla* sp. 2, *Ectatomma brunneum*, *Wasmannia auropunctata*, *Pheidole* sp. 12, *Paratrechina* sp. 1, *Pheidole* sp. 9 e *Camponotus* sp. 2. As espécies

citadas se qualificam como indicadores de características das áreas que precisam ser mais bem compreendidas. Os resultados de similaridade do SIMPER entre os pares de áreas (Tabela 3) mostraram como esperado que A2 – área de mata nativa – possui composição de espécies diferenciada em relação as demais, o que é confirmada pelos menores valores de similaridade, em especial com A3 e A4 (Tabela 3). A similaridade de A1 com as demais áreas pode estar ligada a grande riqueza desta área, o que faz com que muitas das espécies sejam compartilhadas e a aproxime das demais (Figura 3).

Quanto a contribuição das espécies para a dissimilaridade entre as áreas destacamos as três primeiras colocadas na lista do SIMPER, entre A1 e A2: *Paratrechina* sp. 1, *Pachycondyla* sp. 2 e *Monomorium floricola*; A1 e A3: *Ectatomma brunneum*, *Cephalotes pusillus* e *Paratrechina* sp. 1; A1 e A4: *Solenopsis* sp. 3, *Wasmannia auropunctata* e *Odontomachus meinerti*; A2 e A3: *Camponotus* sp. 1, *Pheidole* sp. 12 e *Camponotus* sp. 2; A2 e A4: *Pachycondyla* sp. 2, *Solenopsis* sp. 3 e *Odontomachus chelifer*; A3 e A4: *Solenopsis* sp. 3, *Ectatomma brunneum* e *Wasmannia auropunctata*. Esses resultados estão em conformidade com os encontrados nesse trabalho pelos índices de similaridade de Sørensen e funcional (Tabela 3), que confirma a diferença na composição das áreas alteradas na forma de pastagem (A3), área revegetada (A1) em relação à área menos impactada pela ação humana, mantida na condição de mata nativa.

Outra abordagem considerada nesse estudo fundamental para a compreensão da dinâmica ecológica dos ambientes é a diversidade de espécies que esta ligada ao status de complexificação desses ambientes (DIAS et al., 2008), por isso a riqueza de espécies amostradas nesse estudo foi levada em conta dando origem a curva de acúmulo de espécies observadas ao longo das coletas (Figuras 4) e a curva de acúmulo estimado de espécies (Figura 5).

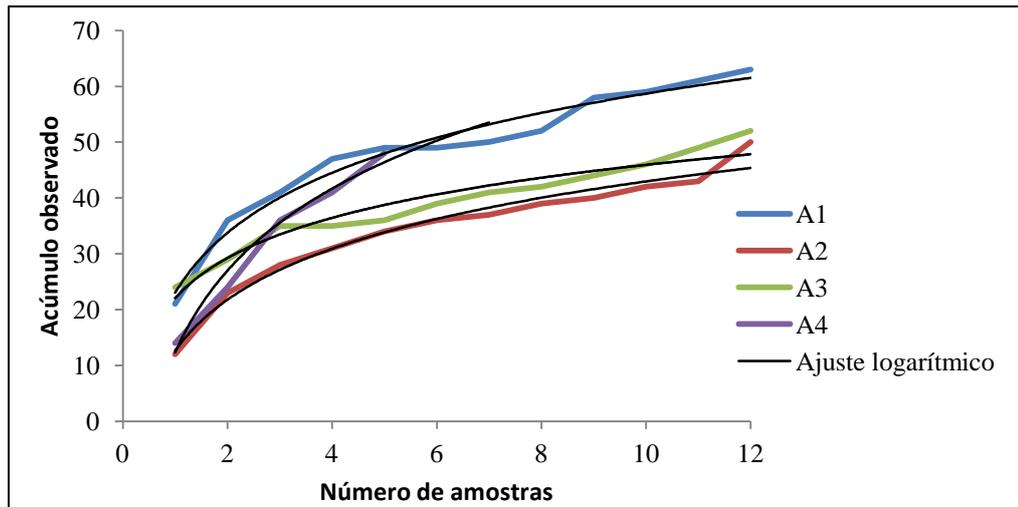


Figura 4: Gráfico de acúmulo de espécies em relação ao esforço amostral para as quatro áreas. Dados de estudo sobre a diversidade e composição da mirmecofauna no entorno do Lago da UHE Risoleta Neves entre os meses de Abril e Setembro de 2009. A1=área revegetada; A2=área de mata nativa; A3=área de pastagem e A4=área de mata ciliar.

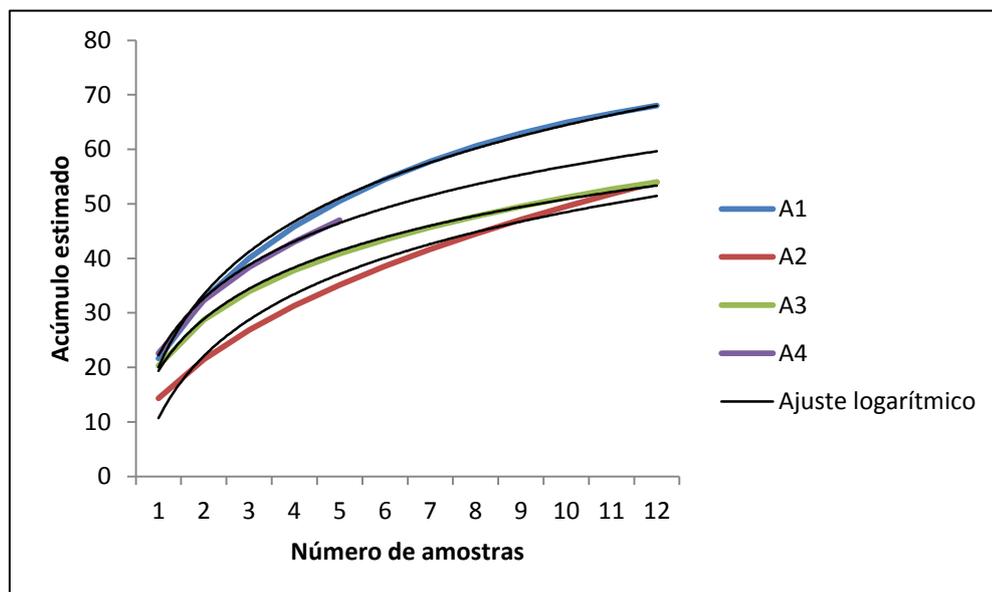


Figura 5: Gráfico de acúmulo estimado de espécies em relação ao esforço amostral para as quatro áreas segundo o índice Mao Tau. Dados de estudo sobre a diversidade e composição da mirmecofauna no entorno do Lago da UHE Risoleta Neves entre os meses de Abril e Setembro de 2009. A1=área revegetada; A2=área de mata nativa; A3=área de pastagem e A4=área de mata ciliar.

O que podemos observar na curva de acúmulo de riqueza de espécies (Figura 4) é um comportamento não muito diferente para as áreas A1, A2 e A3 porque a correção logarítmica demonstra uma tendência a estabilização da curva de acúmulo de espécies, como indicativo de que a maioria das espécies que ocorrem nessas áreas foram amostradas. Em A4 não ocorre estabilização da curva, terminando com uma pequena ascensão da curva, o que pode ser esperada pelo menor esforço amostral (Figura 4).

Os resultados da estimativa de acúmulo de espécies aleatorizada pelo índice de diversidade Mao Tau (Figura 5) apresentam inclinações muito semelhantes às apresentadas pelas curvas de acúmulo observado (Figura 4), com uma leve tendência de inclinação para A1 e no caso de A4, ocorre o esperado pelo menor esforço amostral. Segundo SILVA e SILVESTRE (2000), para grupos hiperdiversos como as formigas, normalmente é necessário um grande esforço amostral para que a assíntota seja atingida, nesse trabalho o esforço amostral compreendendo 12 coletas em 10 pontos por área de um transecto se mostra eficiente.

Como os valores observados de riqueza de espécies (Tabela 2) para as quatro áreas foram muito semelhantes entre elas – A1=64; A2 e A3=55 e A4=48 – o que pode estar relacionado com o esforço amostral. As estimativas estatísticas de riqueza podem mostrar particularidades sobre as áreas amostradas e corrigir possíveis distorções causadas pelo esforço amostral. Para isso foi utilizado o índice de diversidade CHAO 2 que estima a riqueza de espécies a partir do número de espécies que aparecem uma ou duas vezes nas amostras. A diferença entre a riqueza de espécies observada e a estimada pode indicar uma provável diversificação de ambientes pelo fato de maior heterogeneidade na distribuição espacial das espécies redundar em maior distância entre o observado e o estimado (SANTOS et al., 2006).

A área de Pastagem apresentou a menor riqueza estimada ($n=64$), resultado que confirma o que se espera para uma área com menor heterogeneidade ambiental e uma menor semelhança desta área com as demais. O maior valor estimado foi encontrado para a mata nativa ($n=87.1$), resultado gerado pela amostragem de mais espécies “raras”, resultado também esperado por se tratar de uma área com maior complexificação na estrutura ecológica, já os valores muito próximos para a área revegetada ($n=74.93$) e mata ciliar ($n=68.71$) podem estar relacionados com o grau de alteração nesses ambientes (Figura 6).

Esses resultados nos mostram que a diferença entre o observado e o estimado é menor para a área de Pastagem, o que se deve à presença de mais espécies que se repetem ao longo das

amostragens. Já para a área de mata nativa, considerada a que apresenta menor grau de perturbação antrópica, esses resultados indicam maior riqueza de espécies por serem em menor ocorrência a repetição de espécies não longo das coletas. Para as áreas revegetada e de mata ciliar a semelhança nas estimativas pode ser associada com uma condição intermediária na composição de espécies devido a um visível e observado gradiente de mudança em especial na vegetação dessas duas áreas.

Comparando os valores de riqueza estimada com a observada encontramos que ocorreu um incremento de 14.58% no número de espécies para a área A1, 36.85% para a área A2, 14.06% para a A3 e 30.14% para a A4. Resultados que confirmam o esperado para essas áreas. Em A1 e A3 o esforço amostral atingiu aproximadamente 85% da riqueza dessas áreas, enquanto que para A2 e A4, áreas de matas, foram menos amostradas. Para A4 esse resultado é esperado pelo número menor de coletas, 5 e não 12 coletas, mas em A2 podemos concluir que esta área apresenta uma maior diversidade em relação as demais.

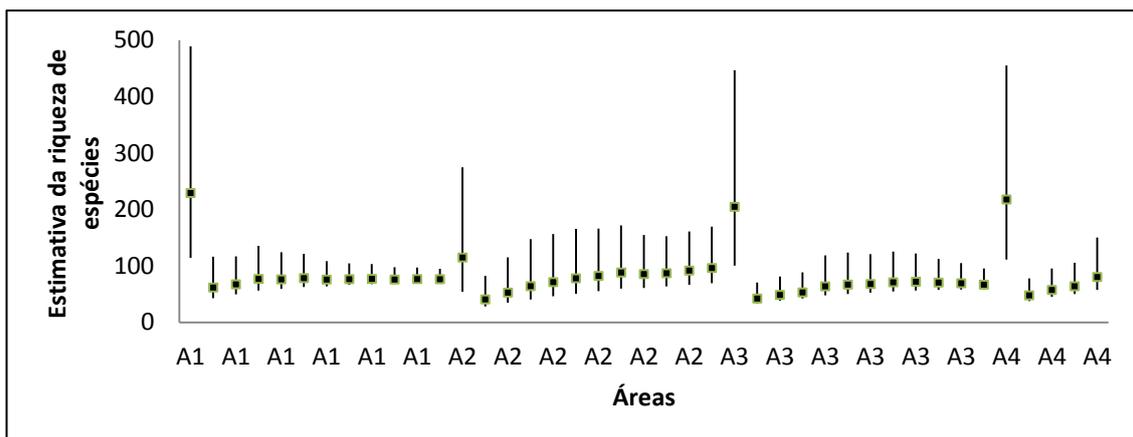


Figura 6: Gráfico de estimativa riqueza de espécies pelo índice de diversidade CHAO 2 do EstimateS. Dados de estudo sobre a diversidade e composição da mirmecofauna no entorno do Lago da UHE Risoleta Neves entre os meses de Abril e Setembro de 2009. A1=área revegetada; A2=área de mata nativa; A3=área de pastagem e A4=área de mata ciliar.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A diversidade e composição de espécies apresentaram nesse estudo dados importantes para determinar padrões ecológicos diferenciados entre as áreas estudadas, o que pode ser utilizado para acompanhamento do status de recuperação da área A1, por ser alvo de um projeto de revegetação de mata ciliar conduzido pelo Consórcio responsável pela UHE Risoleta Neves.

As maiores estimativas de riqueza para as áreas de mata e revegetada demonstram como esperado que exista uma resposta da fauna de formigas ao status sucessional de uma comunidade ecológica. Os resultados dos índices de similaridade e porcentagem de similaridade que foram utilizados confirmam que tanto as composições de espécies observadas quanto às estimadas apresentam menor similaridade de A2 e as demais áreas, fato que pode ser explicado pela menor intervenção humana nessa área.

As análises do NMDS e o dendograma suportam a existência de grupos formados pela diversidade e composição de espécies de formigas para as quatro áreas estudadas. Em uma análise mais qualitativa podem ser identificadas espécies que possuem ocorrência restrita a determinadas áreas, outras que apresentam ocorrência em diferentes frequências, que nos permite concluir que existe de fato uma interdependência da mirmecofauna com o ambiente em que vivem, essas carecem de aprofundamento no conhecimento de suas ecologias para que se possam qualificar os seus papéis na dinâmica e funcionamento dos ambientes.

A metodologia de coleta e análise dos dados se mostraram eficientes para estudos de monitoramento de áreas em recuperação e para estabelecimento de protocolos de bioindicação usando as formigas. Embora carecermos de investigações em relação a variáveis ambientais para testarmos e melhor compreendermos os fatores ambientais presentes em cada um desses ambientes, podemos concluir que existem características ambientais próprias de cada um desses ambientes estudados que oferecem condições distintas para ocorrência da mirmecofauna.

Por fim, esse estudo reitera a necessidade de trabalhos que possibilitem a identificação e conhecimento da ecologia e biologia de espécies com potencial de bioindicação para áreas alvo de projetos de recuperação de mata ciliar, levando-se em conta especialmente a crescente demanda por instalações de usinas hidroelétricas e o alto potencial de geração de eletricidade dos rios brasileiros.

6. REFERÊNCIAS

- AB'SÁBER, A. N. O suporte Geoecológico das Florestas Beiradeiras (Ciliares). In: Ricardo Ribeiro Rodrigues e Hermógenes de Freitas Leitão Filho (Eds.) **Matas Ciliares: conservação e recuperação**. 2. Ed. São Paulo, Edusp: Fapesp, 2001. p.15-25.
- ALONSO, L. e AGOSTI, D. Biodiversity studies, monitoring, and ants: An Overview. In: D. Agosti; J.D. Majer; L.E. Alonso e T. Schultz (Eds.) **Ants: Standard methods for measuring and monitoring biodiversity**. Smithsonian Institution Press, Washington, 2000. p. 1-8.
- ANDERSEN, A. N.. Using Ants as bioindicators: Multiscale Issues in Ant Community Ecology. **Conservation Ecology** [online] 1(1): 8. 1997. Disponível em: <<http://www.ecologyandsociety.org/vol1/iss1/art8/manuscript.frames.html>>. Acesso em 18 de outubro de 2008.
- 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.347-357. 1990.
- ANDERSEN, A. N. et al. Using ants as bioindicators in land management: simplifying assessment of ant community responses. **Journal of Applied Ecology**, v.39, p.8-17, 2002.
- ARCILA-C, A. M. e LOZANO-ZAMBRANO, F. H. Hormigas como herramienta para la bioindicación y el monitoreo. In: F. Fernández (ed.), **Introducción a las hormigas de la región Neotropical**. Bogotá, Colombia, Fundación Humboldt, 2003. p.159-166.
- ARMEBRECHT, I. e ULLOA-CHACÓN, P. The little fire ant *Wasmannia auropunctata* (Roger) (Hymenoptera: Formicidae) as a diversity indicator of ants in tropical dry forest fragments of Colombia. **Environmental Entomology**, v.32, n.3, p.542-547, 2003.
- BOLTON, B. **Identification Guide to the Ants of the World**. Harvard University Press. Cambridge, Mass, USA. 1994.
- BOLTON, B. **A New General Catalogue of the Ants of the World**. Harvard University Press. Cambridge, Mass, USA. 1995.
- BROWN, W. L. Jr. Diversity of ants. In: D. Agosti; J.D. Majer; L.E. Alonso e T. Schultz (Eds.) **Ants: Standard methods for measuring and monitoring biodiversity**. Smithsonian Institution Press, Washington. 2000. p. 45-79.
- BUSCHINI, M. L. T. Species diversity and community structure in trap-nesting bees in southern Brazil. **Apidologie**, v.37, p.58-66, 2006.
- COELHO, I. R. e RIBEIRO, S. P. Environment heterogeneity and seasonal effects in ground-dwelling ant (Hymenoptera: Formicidae) assemblages in the Parque Estadual do Rio Doce, MG, Brazil. **Neotropical Entomology**, v.35, n.1, p.19-29, 2006.
- COLWELL, R. K. Statistical estimation of species richness and shared species from samples. Versão 8.2. **University of Connecticut**, USA. Disponível em: <<http://purl.oclc.org/estimates>> . 2006.

- CORRÊA, Michele M.; FERNANDES, Wedson D. e LEAL, Inara R. Diversidade de formigas epigéicas (Hymenoptera: Formicidae) em capões do Pantanal Sul Matogrossense: relações entre riqueza de espécies e complexidade estrutural da área. **Neotropical Entomology**, v.35, n.6, p.724-730. 2006.
- DELABIE, J. H. C. e FOWLER, H. G. Soil and litter cryptic ant assemblages of Bahian cocoa plantations. **Pedobiologia**, v.39, p.423-433. 1995.
- DIAS, N. S. **Interações entre as comunidades de formigas (Hymenoptera: Formicidae) de fragmentos florestais e de agroecossistemas adjacentes**. 2004. Dissertação (Mestrado em Entomologia). Universidade Federal de Lavras. Lavras-MG. 2004.
- DIAS, N. S. et al. Interação de fragmentos florestais com agroecossistemas adjacentes de café e pastagem: respostas das comunidades de formigas (Hymenoptera, Formicidae). **Iheringia**, v.98, n.1, p.136-142. 2008.
- FEINSINGER, P. **Designing Field Studies for Biodiversity Conservation**. Island Press. Washington, USA. 2001.
- FITTKAU, E.J. e H. KLINGE. On biomass and trophic structure of the Central Amazonian rain forest ecosystem. **Biotropica**, v.5, p.2-14. 1973.
- FONSECA, R. C. e DIEHL, E. Riqueza de formigas (Hymenoptera, Formicidae) epigéicas em povoamentos de Eucalyptus spp. (Myrtaceae) de diferentes idades no Rio Grande do Sul, Brasil. **Revista Brasileira de Entomologia**, v.48, n.1, p.95-100. 2004.
- FREITAS, A.V.L.; FRANCINI, R.B.; BROWN Jr, K.S. Insetos como indicadores ambientais. In: CULLEN, L., Jr., RUDRAN, R. & VALLADARES-PADUA, C. (orgs). **Métodos de Estudos em Biologia da Conservação e Manejo da Vida Silvestre**. Editora UFPR, Curitiba, 2003. p. 125-151.
- HAMMER, O.; HARPER, D.A.T e RYAN, P.D. PAST: Paleontological Statistics software package for education and data analysis. **Paleontologia Electronica** 4(1): 9 . Disponível em: <<http://folk.uio.no/ohammer/past>>. 2001.
- HÖLLDOBLER, B. e WILSON, E. O. **The ants**. Cambridge, Massachusetts: the Belknap Press of Harvard University Press. 1990.
- KASPARI, M. **Introducción a la ecología de las hormigas**. In: F. Fernández (ed.), Introducción a las hormigas de la región Neotropical. Bogotá, Colombia, Fundación Humboldt, 2003. p.97-112.
- KASPARI, M. e MAJER, J. D. Using ants to monitor environmental change. In: D. Agosti; J.D. Majer; L.E. Alonso e T. Schultz (Eds.) **Ants: Standard methods for measuring and monitoring biodiversity**. Smithsonian Institution Press, Washington. 2000. p.89-98.
- LEAL, I.R. Dispersão de sementes por formigas na caatinga. In: I.R. Leal, M. Tabarelli e J.M. Silva (eds.), **Ecologia e conservação da caatinga**. Editora da Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 2003. p.435-460.
- LOZANO- ZAMBRANO, F. H. **Estimación de la riqueza de hormigas y relaciones especies-área em fragmentos de bosque seco em tropical en Colombia**. Dissertação (Mestrado). Universidad del Valle, Cali, Colombia. 2002.

- MAJER, J. D. Ants: bio-indicators of minesite rehabilitation, land use, and land conservation. **Environmental Management**, v.7, n.4, p.375-383, 1983.
- MAJER, J. D. Ant recolonization of rehabilitated bauxite mines of Poços de Caldas, Brazil. **Journal Tropical Ecology**, v.8, p.97-108, 1992.
- MAJER, J. D. Ant recolonization of rehabilitated bauxite at Trombetas, Pará, Brazil. **Journal Tropical Ecology**, v.12, p.257-273, 1996.
- MAJER, J. D.; DELABIE, J. H. C. e MCKENZIE, N.L. Ant litter fauna of forest, edges and adjacent grassland in the Atlantic rain forest of Bahia, Brazil. **Insects Socioux**, v.44, p.255-266, 1997.
- MAJER, J. D. e 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. **Insects Socioux**, v.46, p.281-290, 1999.
- MARTINS, S.V. Recuperação de Matas Ciliares. 2001. Aprenda Fácil Editora, Viçosa. Fonte resumida. Disponível em < <http://www.ambientebrasil.com.br/composer.php3?base=/florestal/index.html&conteudo=/florestal/mataciliar.html>>. Acesso em 18 de outubro de 2008.
- MARINHO, C. G. S. et al. Diversidade de formigas (Hymenoptera: Formicidae) da serapilheira em eucaliptais (Myrtaceae) e áreas de cerrado de Minas Gerais. **Neotropical Entomology**, Londrina, v.31, n.2, p.187-195, 2002.
- MOUTINHO, P.R.S. **A relação entre clima e a composição e diversidade de faunas locais de formigas do gênero Pheidole Westwood (Hymenoptera: Formicidae) em áreas florestadas.** Dissertação (Mestrado), Universidade Estadual de Campinas, Campinas. 1991.
- MOUTINHO P.R.S, D.C. NEPSTAD, K. ARAUJO e C. UHL. Formigas e floresta: Estudo para a recuperação de áreas de pastagem. **Ciência Hoje**, v.15, p.59-60, 1993.
- MAY, R.M. **Stability and Complexity in Model Ecosystems.** Princeton, Princeton University Press. 1973.
- NUNES, F. P. e PINTO, M. T. C. Produção de serapilheira em mata ciliar nativa e reflorestada no alto São Francisco, Minas Gerais. **Biota Neotropical**, v.7, n.3, p.97-102, 2007.
- OTTONETTI, L.; TUCCI, L.; SANTINI, G. Recolonization patterns of ants in a rehabilitated lignite mine in Central Italy: Potential for the use of Mediterranean ants as indicators of restoration processes. **Restoration Ecology**, v.14, n.1, p.60-66, 2006.
- PACHECO, R. et al. A Comparison of the Leaf-Litter Ant Fauna in a Secondary Atlantic Forest with na Adjacent Pine Plantation in Southeastern Brazil. **Neotropical Entomology**, v.38, n.1, p.55-65, 2009.
- PALACIO, E. E. e FERNÁNDEZ, F. Clave para las subfamilias y gêneros. In: FERNÁNDEZ, F. (ed.) **Introducción a las hormigas de la región Neotropical.** Bogotá: Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt. 2003. p. 233-260.

- PRIMACK, R. B. e RODRIGUES, E. **Biologia da conservação**. E. Rodrigues, Londrina, 2001. 328p.
- RAMOS, L.S. et al. Impacto das capinas mecânica e química do sub-bosque de *Eucalyptus grandis* sobre a comunidade de formigas (Hymenoptera: Formicidae). **Revista Árvore**, Viçosa, v.28, n.1, p.139-146, 2004.
- RADA UHE Risoleta Neves – **Relatório de Avaliação de Desempenho Ambiental de Usinas Hidrelétricas**. 2001. Versão 01. Aprovado pela CIF/COPAM em 21/12/2001. (arquivos em CD)
- REVORA, S. A. **Manual de Gestion Ambiental para Obras Hidraulicas de Aprovechamiento Energetico**, Buenos Aires, Secretaria de Energia da República Argentina. 1987.
- RIBAS, C. R. et al. Formigas podem ser utilizadas como bioindicadoras de recuperação após impactos ambientais? **Biológico**, São Paulo, v.69, n.2, p.57-60, 2007.
- ROMERO, H. e JAFFÉ, K. A comparison of methods for sampling ants (Hymenoptera, Formicidae) in savanas. **Biotropica**, v.21, p. 348-352, 1989.
- SANTOS, M. S. et al. Riqueza de formigas (Hymenoptera, Formicidae) da serapilheira em fragmentos de floresta semidecídua da Mata Atlântica na região do Alto do Rio Grande, MG, Brasil. **Iheringia, Séringia Zoology**, Porto Alegre, v.96, n.1, p.95-101, 2006.
- SCHMIDT, F. e DIEHL, E. What is the Effect of Soil Use on Ant Communities? **Neotropical Entomology**, v.37, n.4, p.381-388, 2008.
- SCHMIDT, F. A. et al. Resposta da riqueza de formigas a um gradiente de sucessão. **Biológico**, São Paulo, v.69, n.2, p.271-274, 2007.
- SCHMIDT, K.; CORBETTA, R. e CAMARGO, A. J. A. de. Formigas (Hymenoptera: Formicidae) da Ilha João da Cunha, SC: Composição e diversidade. **Biotemas**, v.18, n.1, p.57-71, 2005.
- SCHOEREDER, J. H. et al. Colonization and extinction of ant communities in a fragmented landscape. **Austral Ecology**, v.29, p.391-398, 2004.
- SILVA, T. G. M. **Estrutura e dinâmica da comunidade de formigas (Hymenoptera: Formicidae) de serrapilheira em eucaliptais tratados com herbicida e formicida na Região de Mata Atlântica**. 2007. Dissertação (Mestrado em Entomologia). Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG. 2007.
- SILVESTRE, R. **Estrutura de comunidades de formigas do cerrado**. 2000. Tese (Doutorado) - Departamento de Biologia/Universidade de São Paulo – Ribeirão Preto, 2000.
- SILVESTRE, R, BRANDÃO, C. R. F. e SILVA, R. R. Grupos funcionales de hormigas: el caso de los gremios del Cerrado. In: F. Fernández (ed.), **Introducción a las hormigas de la región Neotropical**. Bogotá, Colombia, Fundación Humboldt, p. 113-148. 2003.
- SILVA, R. R. e SILVESTRE, R. Riqueza da fauna de formigas (Hymenoptera: Formicidae) que habita as camadas superficiais do solo em Seara, Santa Catarina. **Papéis Avulsos de Zoologia**, v.44, n.1, 2004.
- TERGORGH, J. e ROBINSON, S. Guilds and their utility in Ecology. In: Kikkawa, J. e Derek, J.A. (eds.). **Community Ecology**. London, Blackwell Scientific Publications.1986. p.65-90.

UNDERWOOD, E.C. e FISHER, B. L. The role of ants in conservation monitoring: If, when, and how. **Biological Conservation**, V.132, p.166-182, 2006.

VASCONCELOS, Heraldo L. Respostas das formigas à fragmentação florestal. **Série Técnica IPEF**, Piracicaba, v.12, n.32, p.95-98, 1998.

VASCONCELOS, Heraldo L. Effects of forest disturbance on the structure of ground-foraging ant communities in central Amazonia. **Biodiversity and Conservation**, n.8, p.409-420, 1999.

VASCONCELOS, Heraldo L.; CARVALHO, K.S.; DELABIE, J. H. C. Landscape modifications and ant communities. In: BIERREGARD JÚNIOR, R.O. et al. (Ed.). **Lessons from Amazonia: the ecology and conservation of a fragmented forest**. New Haven: Yale University Press, 2001. p.487.

WILSON, E. O. Which are the most prevalent ant genera? **Studia Entomologica**, v.19, p.187-200, 1976.

WINK C.; GUEDES, J. V. C.; FAGUNDES, C. K. e ROVEDDER, A. P. Insetos edáficos como indicadores da qualidade ambiental. **Revista de Ciências Agroveterinárias**, Lages, v.4, n.1, p.60-71, 2005.

ZANETTI, Ronald et al. Influência da espécie cultivada e da vegetação nativa circundante na densidade de saúveiros em eucaliptais. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.35, n.10, p.1911-1918, 2000.

ZHOURI, Andréa e OLIVEIRA, Raquel. Desenvolvimento, conflitos sociais e violência no Brasil rural: o caso das usinas hidrelétricas. **Ambiente & Sociedade** [online]. v.10, n.2, p.119-135, 2007.

APÊNDICE



Estado da Mirmecoflora como Indicadora da Regeneração da Mata Ciliar no Estuário do Lago da UHE Rioleta Neves

Áreas de Estudo:
A1 - Área 1 - revegetação.
A2 - Área 2 - mata nativa.
A3 - Área 3 - pastagem.
A4 - Área 4 - mata ciliar.

Distância das áreas em relação ao barramento:
A1 - 741 m
A2 - 7.583 m
A3 - 9.185 m
A4 - 14.934 m

— Inseto 150 m

Imagem Orbital Orbicórnica, Foto de 3 bandas multiespectrais, resolução de 3,0m e banda pancromática com resolução de 10,0m.
Imagem de 24/06/2004.
Região de Rio Doce - MG - Brasil



1:10.000