

**NÍVEL DE DANO ECONÔMICO PARA  
*Atta* spp. (Hymenoptera: Formicidae) EM  
EUCALIPTAIS, EM REGIÃO DE MATA  
ATLÂNTICA DO VALE DO RIO DOCE, MINAS  
GERAIS**

**ALAN DE SOUZA SILVA**

**2008**

**ALAN DE SOUZA SILVA**

**NÍVEL DE DANO ECONÔMICO PARA  
*Atta* spp. (Hymenoptera: Formicidae) EM EUCALIPTAIS, EM REGIÃO  
DE MATA ATLÂNTICA DO VALE DO RIO DOCE, MINAS GERAIS**

Tese apresentada à Universidade Federal de Lavras como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Agronomia/Entomologia, área de concentração em Entomologia Agrícola, para a obtenção do título de “Doutor”.

Orientador

Prof. Dr. Ronald Zanetti Bonetti Filho

LAVRAS  
MINAS GERAIS - BRASIL

2008

**Ficha Catalográfica Preparada pela Divisão de Processos Técnicos da  
Biblioteca Central da UFLA**

Silva, Alan de Souza.

Nível de dano econômico para *Atta* spp. (Hymenoptera: Formicidae) em eucaliptais, em região de Mata Atlântica do Vale do Rio Doce, Minas Gerais / Alan de Souza Silva. – Lavras : UFLA, 2008.

52 p. : il.

Tese (Doutorado) – Universidade Federal de Lavras, 2008.

Orientador: Ronald Zanetti Bonetti Filho.

Bibliografia.

1. Formiga-cortadeira. 2. Saúva. 3. Monitoramento. 4. Eucalyptus. I. Universidade Federal de Lavras. II. Título.

CDD – 595.747

**ALAN DE SOUZA SILVA**

**NÍVEL DE DANO ECONÔMICO PARA  
*Atta* spp. (Hymenoptera: Formicidae) EM EUCALIPTAIS, EM REGIÃO  
DE MATA ATLÂNTICA DO VALE DO RIO DOCE, MINAS GERAIS**

Tese apresentada à Universidade Federal de Lavras como parte das exigências do Programa de Pós-graduação em Agronomia/Entomologia, área de concentração em Entomologia Agrícola, para a obtenção do título de “Doutor”.

APROVADA em 16 de junho de 2008.

Prof. Dr. Natalino Calegario	UFLA
Prof. Dr. Geraldo Andrade de Carvalho	UFLA
Prof. Dr. Jair Campos Moraes	UFLA
Dr. Maurício Sérgio Zacarias	EMBRAPA

Prof. Dr. Ronald Zanetti Bonetti Filho

UFLA

(Orientador)

LAVRAS

## MINAS GERAIS - BRASIL

A Deus, aos meus familiares, amigos e às pessoas que, direta ou indiretamente, contribuíram e me incentivaram a concretizar mais este sonho na vida,

AGRADEÇO.

Aos professores, amigos e irmãos de Lavras, pela atenção, apoio, carinho e incentivos que recebi durante essa fase da minha vida,

OFEREÇO.

A minha mãe, Arlene, da qual recebi muito amor e compreensão e tirei forças e incentivos fundamentais para a realização deste plano,

DEDICO.

Aqui está a perseverança dos santos,  
os que guardam os mandamentos de Deus e têm a fé em Jesus.

(Apocalipse 14:12)

## AGRADECIMENTOS

A Ti, Deus meu, Criador e Mantenedor de tudo e de todos, pelas oportunidades e privilégios a mim oferecidos no aspecto profissional, pessoal e, principalmente, no espiritual.

À Universidade Federal de Lavras (UFLA) e ao Departamento de Entomologia (DEN), pela oportunidade de realização do doutorado.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (Capes), pela bolsa de estudos concedida, na fase inicial do curso, sem a qual ficariam difíceis o ingresso e a realização do mesmo.

À Celulose Nipo-Brasileira S.A. (CENIBRA) pelo apoio técnico, além de recursos, como transporte, hospedagem, alimentação e disponibilidade de todos os dados biológicos, fatores indispensáveis para a execução desta pesquisa.

A você, Ronald, que mais uma vez foi mais do que um orientador; obrigado pela sua paciência, compreensão, confiança e incentivos. Você se tornou um grande amigo, profissional e pessoal, de quem jamais me esquecerei.

A você, Calegario, pela co-orientação, paciência, compreensão e amizade, além dos incentivos e experiências profissionais transmitidos.

Aos meus grandes amigos Auro Akio Otsubo e Silvio Favero, pelo incentivo e apoio para que eu finalizasse a vida acadêmica e iniciasse a vida profissional.

A você, Rômulo, pelo apoio e auxílio na realização e interpretações das análises estatísticas, ferramentas fundamentais para a discussão e a conclusão desta tese.

Aos professores Geraldo, Vanda e Júlio, pelos conhecimentos transmitidos, pela troca de experiências e pela amizade; e aos professores Alcides, Américo, Jair, Brígida e César, pela amizade.

Aos funcionários do DEN/UFLA (Lisiane, Fábio, Elaine e Nazaré) e da Cenibra (Alex Medeiros e Marcus) que, de alguma forma, contribuíram para o desenvolvimento e a finalização deste trabalho.

Aos meus colegas do doutorado, Lúcia Mendonça, Cláudio Gonçalves Silva, Vanessa Andaló, Alexandre Moura, Flávia Batista, Renildo Félix e Deodoro, pela amizade, companheirismo, trocas de conhecimentos e informações durante o curso.

A todos os outros colegas da pós-graduação do DEN/UFLA, pela amizade.

Aos meus queridos irmãos da Igreja Adventista do Sétimo Dia, Central de Lavras, pelas eternas amizades concedidas e, especialmente, aos amigos Diva e José Sávio dos Santos, Rossana e Sérgio Ferreira, Letícia e Dany Tonelli, Lílian Andrade Moura e Márcio Neres dos Santos, Éden Pereira da Silva e família, Vinícius, Lincoln, Emanuel e Klerisson, pela fraternidade e pelos momentos inesquecíveis compartilhados.

A você, Mãe, Arlene Pereira de Souza, por continuar oferecendo-me atenção, carinho e compreensão, me ajudando a suportar a distância e a saudade, e que continuou me incentivando e inspirando-me em mais uma fase da minha vida.

A você, Talita Moroz Leite, que me incentivou, inspirou e apoiou na fase final do curso, principalmente para concluir e defender esta tese, sendo capaz de suportar a distância e a saudade.

E a todos aqueles que, direta ou indiretamente, me ajudaram e contribuíram para a realização deste trabalho e para a conclusão do doutorado.

## **BIOGRAFIA**

Alan de Souza Silva nasceu no dia 2 de outubro de 1978, na cidade de Campo Grande, Mato Grosso do Sul. Único filho de Arlene Pereira de Souza e Omil Lopes da Silva, iniciou sua formação acadêmica em 1984, quando ingressou na Escola Municipal de Pré-Escolar e 1º Grau “José Rodrigues Benfica”, naquela cidade, concluindo o 1º grau, hoje ensino fundamental, em 1992. No ano seguinte, ingressou na Escola Estadual de 1º e 2º Grau “Maria Constança de Barros Machado”, onde concluiu o 2º grau, hoje ensino médio, em 1995.

Ingressou em 1996 na Universidade para o Desenvolvimento do Estado e da Região do Pantanal, UNIDERP, em Campo Grande, Mato Grosso do Sul, onde se graduou como Engenheiro Agrônomo, em 2000. Em 2001, transferiu-se para a cidade de Lavras, Minas Gerais, onde cursou o programa de Pós-Graduação, recebendo o título de Mestre em Agronomia/Entomologia, na Universidade Federal de Lavras, UFLA, em 2003. Naquele ano iniciou o de Doutorado em Agronomia/Entomologia na Universidade Federal de Lavras, UFLA.

## SUMÁRIO

	<b>Página</b>
RESUMO.....	i
ABSTRACT.....	ii
1 INTRODUÇÃO.....	1
2 REFERENCIAL TEÓRICO.....	4
2.1 A eucaliptocultura.....	4
2.2 Relação árvore x desfolha x implicações no manejo de pragas florestais...	5
2.2.1 Relação árvore x formigas cortadeiras.....	8
2.3 Modelos estatísticos para estimativas de crescimento, volume e perdas em florestas.....	11
3 MATERIAL E MÉTODOS.....	20
3.1 Coleta de dados.....	20
3.2 Efeito do material genético sobre a população de sauveiros.....	21
3.3 Estimativa do índice de sítio para o cálculo do volume de madeira.....	21
3.4 Efeito dos sauveiros sobre o volume de madeira de eucaliptais.....	22
3.5 Estimativa do nível de dano econômico por sítio de produção.....	23
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	25
4.1 Efeito do material genético sobre a população de sauveiros.....	25
4.2 Estimativa do índice de sítio para o cálculo do volume de madeira.....	30
4.3 Efeito dos sauveiros sobre o volume de madeira de eucaliptais.....	32
4.4 Estimativa do nível de dano econômico por sítio de produção.....	39
5 CONCLUSÕES.....	42
6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	43

## RESUMO

SILVA, Alan de Souza. **Nível de dano econômico para *Atta* spp. (Hymenoptera: Formicidae) em eucaliptais, em região de Mata Atlântica do Vale do Rio Doce, Minas Gerais.** 2008. 52 p. Tese (Doutorado em Entomologia) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG\*.

A produção e a qualidade de eucaliptais têm sido estudadas em áreas com diferentes densidades de ninhos de formigas-cortadeiras, sendo importante a obtenção de modelos regionalizados que estimam o dano econômico de saúvas. Este trabalho foi realizado com o objetivo de avaliar os efeitos do sítio e do material genético de eucalipto cultivado sobre a densidade de ninhos de saúvas e da área e ou da densidade de saúvas sobre o volume de madeira de eucalipto produzido numa região de Mata Atlântica de Minas Gerais. Foram utilizados os dados de parcelas dos inventários florestais contínuos e de monitoramentos de saúvas dos talhões cultivados com eucalipto na região do Vale do Rio Doce, entre os anos de 2003 e 2006. Regiões de maior altitude, independente da espécie de eucalipto cultivada, apresentaram menores densidade total média ( $1,71 \pm 0,35$  saúvas.ha<sup>-1</sup>) e área total média ( $8,67 \pm 1,67$  m<sup>2</sup>.ha<sup>-1</sup>) de saúvas do que regiões de menor altitude com densidade total média de 28,56 ( $\pm 6,19$ ) saúvas por hectare e área total média de 68,78 ( $\pm 6,49$ ) m<sup>2</sup> de saúvas por hectare. Houve redução de 0,03% na produção de eucalipto a cada incremento unitário na área de saúvas por hectare, significando uma perda entre 0,03 e 0,08 m<sup>3</sup>.ha<sup>-1</sup> de madeira das florestas, a depender do índice de sítio, cultivadas com eucalipto na Mata Atlântica. A análise dos resultados permitiu concluir que regiões altas possuem menor área e densidade de ninhos de saúvas do que regiões com baixas altitudes, em florestas de eucalipto; não houve variação na área e na densidade de saúvas por ano de monitoramento; talhões cultivados com *Eucalyptus grandis* possuem área e densidades de saúvas menores que os talhões cultivados com híbridos de eucalipto e o aumento da área de ninhos de saúvas reduz o volume de madeira de eucalipto. Os valores de nível de dano econômico (NDE) para saúvas diminuem com o aumento da qualidade dos sítios de produção em eucaliptais. Os valores de NDE para sítios de qualidade 15, 20, 25, 30 e 35 são iguais a 99,64, 70,20, 50,31 40,26 e 35,54 m<sup>2</sup>.ha<sup>-1</sup>, respectivamente, na região estudada.

Palavras-chave: formiga-cortadeira, saúva, monitoramento, *Eucalyptus*.

---

\* Orientador: Ronald Zanetti Bonetti Filho - UFLA  
Co-orientador: Natalino Calegario - UFLA

## ABSTRACT

SILVA, Alan de Souza. **Level of economic damage for *Atta* spp. (Hymenoptera: Formicidae) in a forest in the Atlantic Forest of the Vale do Rio Doce, Minas Gerais, Brazil.** 2008. 52 p. Thesis (Doctorate in Entomology) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG\*.

The production and quality of eucalypt plantations have been studied in areas with different densities of ant nests aimed to regionalize models of estimating economic injury by leaf-cutting ants. The effects of the site and of the eucalyptus genetic material on leaf-cutting ant nests and of their nests on wood production were studied in a eucalyptus plantations in the region of Vale do Rio Doce, Minas Gerais State, Brazil from 2003 to 2006. Original data of plots of the continuous forest inventory and data of leaf-cutting ant monitoring program in eucalyptus plantations were obtained. Areas of higher altitude, independent of the species of eucalyptus cultivated, have lower total density ( $1.71 \pm 0.35$  nests.ha<sup>-1</sup>) and average total area ( $8.67 \pm 1.67$  m<sup>2</sup>.ha<sup>-1</sup>) of nests of leaf-cutting ants than those of lower altitude with an average of 28,56 ( $\pm 6.19$ ) nests per hectare and an total area of 68.78 ( $\pm 6.49$ ) m<sup>2</sup> respectively. Each unitary increment in the area of *Atta* spp. nests per hectare reduced the wood production in 0.03%. Area of ant nests reduced in 0.03 and 0.08 m<sup>3</sup>.ha<sup>-1</sup> wood production of the eucalyptus forest. Forests of eucalyptus in regions with higher altitude have smaller areas and density of nests of leaf-cutting ants than those with lower altitude; no changes in the area and density of leaf-cutting ants nests were found per year monitored; stands cultivated with *Eucalyptus grandis* had smaller area and density of leaf-cutting ants nests than those cultivated with eucalyptus hybrids; the increase on leaf-cutting ant nests area reduced the volume of eucalyptus wood. The values of level of economic damage (LED) by leaf-cutting ants decrease with a higher quality of the eucalyptus plantations sites. The LED values for sites with quality 15, 20, 25, 30 and 35 were 99.64 m<sup>2</sup>.ha<sup>-1</sup>, 70.20 m<sup>2</sup>.ha<sup>-1</sup>, 50.31 m<sup>2</sup>.ha<sup>-1</sup>, 40.26 m<sup>2</sup>.ha<sup>-1</sup> and 35.54 m<sup>2</sup>.ha<sup>-1</sup>, respectively, in the region studied.

Key words: Leaf-cutting ant, monitoring, eucalyptus, forest plantations.

---

\* Adviser: Ronald Zanetti Bonetti Filho - UFLA  
Co-Adviser: Natalino Calegario - UFLA

## 1 INTRODUÇÃO

A grande disponibilidade de alimento em plantios homogêneos de *Eucalyptus* spp. favorece o desenvolvimento de insetos herbívoros, que causam prejuízos à produção final de florestas cultivadas.

O controle de insetos só deve ser realizado quando eles causam prejuízos ao reflorestamento (Anjos et al., 1993), fato que evidencia o conceito de nível de dano econômico que é definido como a menor densidade populacional de insetos capaz de causar prejuízo ou dano econômico (Crocomo, 1990; Buzzi & Miyazaki, 2002; Gallo et al., 2002).

A correta aplicação do manejo integrado de pragas (MIP) exige conhecimentos relacionados aos aspectos bioecológicos e comportamentais e, principalmente, às conseqüências dos ataques das pragas, para se tomar decisões corretas, como, por exemplo, aplicar ou não defensivos agrícolas, utilizar inimigos naturais etc. (Kogan, 1998).

As principais pragas das florestas cultivadas brasileiras são as formigas-cortadeiras (Zanetti et al., 2002; Souza-Silva, 2003). Elas têm sido alvo de vários estudos, com relação à sua biologia e comportamento (Della Lucia & Araújo, 1993; Grandeza et al., 1999; Forti et al., 2000; Zanuncio et al., 2002), metodologias de controle (Oliveira et al., 1993; Zanetti et al., 2003a; Zanetti et al., 2003b), custos de combate (Hernández & Jaffé, 1995; Zanetti et al., 1999; Zanetti et al., 2003c) e efeitos de fatores ambientais sobre a densidade populacional (Zanetti et al., 1999; Zanetti et al., 2000b). Essas formigas podem atacar, além dos reflorestamentos, culturas agrícolas e pastagens implantadas desde a região sul da América do Norte, passando pela América Central até a América do Sul (exceto no Chile) (Della Lucia et al., 1993).

Por isso, os produtores adotam sistemas de monitoramento e combate às formigas-cortadeiras, os quais fornecem diagnósticos sobre as populações dessa

praga por talhão, como o Sistema Monitorado de Combate às Formigas-Cortadeiras (SIMFOR) (Oliveira et al., 1993) e o Programa de Manejo Integrado de Formigas-Cortadeiras (MIPFOR) (Teixeira et al., 2003), entre outros.

A utilização desses sistemas proporciona vantagens econômicas e ecológicas, mas outras informações, como o potencial de produção de madeira por talhão (índice de sítio) (Gomes et al., 1997; Schneider et al., 2001; Calegario et al., 2005), podem ser incluídas. Essas informações podem ser relacionadas com as do monitoramento de ninhos de formigas-cortadeiras, para se aperfeiçoar o sistema e facilitar a tomada de decisão para o controle de formigueiros, de acordo com as características de cada sítio.

Poucos trabalhos têm sido desenvolvidos com o objetivo de estudar os efeitos de fatores ambientais, relacionando-os com a densidade de ninhos de formigas-cortadeiras no campo, sendo tais medidas empregadas no cálculo do volume da madeira produzida (Zanetti et al., 1999; Zanetti et al., 2000a). Além disso, espécies de *Eucalyptus* spp. podem responder diferentemente quanto ao volume de madeira produzido, quando desfolhadas por formigas-cortadeiras com densidade populacional semelhante (Zanetti et al., 1999; Zanetti et al., 2003c).

O potencial daninho de formigas-cortadeiras e seus efeitos na produção e qualidade de eucaliptais têm sido estudados, utilizando dados dos danos causados pelo inseto-praga (Amante, 1967; Freitas & Berti Filho, 1994; Hernández & Jaffé, 1995; Matrangolo, 1998; Zanetti et al., 2000a; Zanetti et al., 2003c; Cantarelli et al., 2008) ou por simulação de desfolhas (Oliveira, 1996; Silva, 1998; Cantarelli et al., 2008).

Correlações entre o volume de madeira em áreas com diferentes densidades de ninhos de formigas-cortadeiras têm permitido avaliar a produção vegetal sob ação de formigueiros, como, por exemplo, na Venezuela (Hernández & Jaffé, 1995) e na região de Cerrado no Brasil (Zanetti et al., 2000a; Zanetti et

al., 2003c). Porém, é importante obter modelos regionalizados que estimam perdas de produção causadas por formigas-cortadeiras.

Dessa forma, o presente estudo foi realizado com os seguintes objetivos:

- verificar a influência de áreas com diferentes altitudes sobre populações de formigas-cortadeiras (Hymenoptera: Formicidae), a cada ano, em eucaliptais em região de Mata Atlântica de Minas Gerais. A hipótese testada foi a de que a área e/ou densidade de ninhos de formigas-cortadeiras varia com a altitude e por ano de cultivo de eucalipto;
- verificar as influências do material genético de eucalipto cultivado sobre populações de formigas-cortadeiras (Hymenoptera: Formicidae) em eucaliptais. A hipótese testada foi que talhões cultivados com *Eucalyptus grandis* possuem área e densidades de formigas-cortadeiras diferentes dos talhões cultivados com híbridos de eucalipto;
- verificar o efeito da área e ou da densidade de ninhos de formigas-cortadeiras (Hymenoptera: Formicidae) sobre o volume de madeira de eucalipto produzido em região de Mata Atlântica do Vale do Rio Doce, em Minas Gerais. A hipótese testada foi a de que o aumento da área e ou da densidade de ninhos de formigas-cortadeiras reduz o volume de madeira de eucalipto;
- estimar o nível de dano econômico para formigas-cortadeiras por índice de sítio em eucaliptais em região de Mata Atlântica do Vale do Rio Doce, em Minas Gerais.

## **2 REFERENCIAL TEÓRICO**

### **2.1 A eucaliptocultura**

A demanda de madeira como matéria-prima resultou na implantação de grandes extensões de florestas comerciais homogêneas. O desenvolvimento de técnicas de manejo dessas florestas tem sido aprimorado para gerar produtos de alta qualidade, além de manter e ou melhorar a qualidade ambiental. No Brasil, a área total reflorestada, em 2005, foi de 224.990 ha, dos quais 11,5% eram constituídos por pinus e 88,4% por eucalipto.

O eucalipto é uma planta de rápido crescimento que se tornou a principal fonte de matéria-prima para a produção do carvão vegetal para as indústrias siderúrgicas que, em 2005, consumiram 16.926.899 m<sup>3</sup> de eucalipto reflorestado (Anuário da Agricultura Brasileira - AGRIANUAL, 2008).

Segundo o Instituto FNP/SECEX, em 2006, as exportações brasileiras enviaram 4.518 toneladas de madeira bruta, 451.186 toneladas de painéis de madeira, 12.722 toneladas de carvão, 1.233.328 toneladas de madeira compensada, 1.712.613 toneladas de madeira serrada e 2.664.123 toneladas de outros produtos florestais (AGRIANUAL, 2008).

Outros fatores contribuem para tornar a eucaliptocultura mais estratégica, como recuperação de áreas degradadas, conservação do solo, proteção da flora e fauna e moderação do aquecimento climático global, também conhecido por efeito estufa, por meio da fixação pela planta do carbono atmosférico via absorção de CO<sub>2</sub> (Rezende et al., 1996).

A madeira é importante, como fonte de energia, em países em desenvolvimento, mas o interesse em melhorar a produção em reflorestamentos para suprir essa demanda é recente. O sucesso do cultivo do eucalipto pode ser limitado por insetos-praga no viveiro, no campo e por características climáticas,

edáficas e demográficas (Guedes et al., 2000), de forma direta e indireta. Pesquisas na área da eucaliptocultura devem ser planejadas e desenvolvidas para minimizar os danos por insetos-praga.

## **2.2 Relação árvore x desfolha x implicações no manejo de pragas florestais**

O crescimento de um povoamento florestal representa o “aumento de uma característica desejável (volume de madeira, por exemplo), em determinado intervalo de tempo, por unidade de área e produção (quantidade total disponível ao final de um período)” (Campos, 1970). O crescimento em reflorestamentos é um processo dinâmico, variável com o tempo e resultante de mudanças na estrutura da fisiologia e da copa das árvores (Ford, 1984).

O crescimento de árvores e a produção de madeira estão, para a maioria das espécies arbóreas, diretamente relacionados com a capacidade fotossintética, pois o ganho em carbono pela fotossíntese é função da taxa de assimilação de CO<sub>2</sub> por unidade de tempo e tecido foliar, levando-se em conta a quantidade e qualidade desse último (Ceulemans & Saugier, 1991). Assim, a perda de tecido foliar afeta diretamente a produção de madeira.

Árvores desfolhadas respondem com diminuição do crescimento da parte aérea e das raízes, aumento na produção de folhagens novas e crescimento de ramos laterais (Dickson, 1991). Outras respostas mencionadas são os aumentos da fotossíntese na folhagem residual e nas folhas novas, porém, tais folhas são de tamanho reduzido e o uso desordenado de fotoassimilados pode causar efeitos dramáticos ao crescimento posterior das árvores. No entanto, em resposta ao desfolhamento, as plantas podem responder, positivamente, com crescimentos compensatórios, pela mudança na alocação de carbono e de outros recursos internos e o aumento na taxa de assimilação de carbono, podendo, dessa forma, compensar, parcialmente, as perdas das folhas.

Efeitos entre a herbivoria e a simulação de injúrias são variáveis. Perdas em volume de madeira em reflorestamentos com desfolhas de 14% a 92% já foram relatadas, as quais são influenciadas por diversos fatores, como edafoclimáticos e outros, externos à interação inseto-planta (Kulman, 1971).

Em condições de campo, as injúrias da herbivoria por insetos-praga são difíceis de serem mensuradas, podendo ser avaliadas por observação da população natural dos insetos-praga, modificação de populações naturais, estabelecimento de uma população e por simulações de injúrias (Pedigo, 1989). Além disso, as perdas por desfolhas de insetos são também difíceis de serem avaliadas, pois envolvem perdas diretas, como a redução do crescimento e a morte da árvore, e indiretas, como a queda da qualidade da madeira (Cruz, 1997).

Insetos desfolhadores que atacam essências florestais têm grande importância na redução da sobrevivência e na produtividade dos reflorestamentos (Cruz, 1997), os quais têm sido alvos de estudos com a finalidade de se conhecer as reações das diferentes espécies, procedências ou clones ao ataque de pragas. No Canadá, aproximadamente 28,8 milhões de metros cúbicos de madeira deixaram de ser colhidos devido ao ataque de pragas durante o período de apenas um ano (McLean, 1994).

No Brasil, a ocorrência de pragas tem sido verificada não só em florestas nativas, mas, principalmente, nas implantadas. Isso ocorre pelo fato de os plantios terem, normalmente, número reduzido de espécies de eucalipto, o que contribui para que insetos-praga encontrem abundância de alimento e, em condições climáticas favoráveis, se multipliquem e causem danos (Souza-Silva, 2003). Os maciços florestais homogêneos favorecem algumas pragas (Mendes, 1999), devido à grande disponibilidade de alimento (Panizzi & Parra, 1991) e à simplificação do ambiente, principalmente na fase de estabelecimento ou de crescimento inicial dos povoamentos, quando a diversidade de inimigos naturais

é bastante pequena.

Insetos florestais só devem ser controlados quando causarem prejuízos (Anjos et al., 1993). Essas considerações evidenciam o conceito de nível de dano econômico, que é definido como a menor densidade populacional de insetos capaz de causar danos econômicos (Crocomo, 1990; Buzzi & Miyazaki, 2002; Gallo et al., 2002).

O manejo integrado de pragas (MIP) é adotado para manter a densidade populacional da praga ou de um grupo de pragas em níveis abaixo daqueles que causam danos econômicos. Consiste no uso de múltiplas táticas de controle que estejam de acordo com os princípios de preservação da qualidade ambiental (Kogan, 1998). Dessa forma, é imprescindível conhecer determinada praga e as conseqüências dos seus ataques, para se tomar decisões coerentes e no tempo certo.

As dificuldades técnicas de se quantificar as perdas e a falta de conhecimentos sobre a biologia de insetos-praga têm limitado o desenvolvimento e a aplicação de modelos de previsão de perdas econômicas, sociais e ambientais no manejo de pragas florestais (Berti Filho & Krugner, 1986).

Os efeitos da desfolha por insetos-praga devem apresentar maior evidência, em curto prazo, sobre o crescimento cambial, em diâmetro, das árvores, o qual é mais dependente da fotossíntese que das reservas acumuladas na árvore. No entanto, o crescimento em altura é mais dependente das reservas que da produção (Kramer & Kozlowski, 1960). Baseados nessa teoria, estudos têm sido desenvolvidos utilizando mensurações diretas em árvores, como o diâmetro à altura do peito (DAP), diâmetro a 20 cm de altura (DA20), circunferência à altura do peito (CAP), altura total de árvores (HT) ou, ainda, a altura dominante de árvores (HD), relacionando-as com desfolhas artificiais. Essas medidas são empregas no cálculo do volume da madeira produzido

segundo o nível de desfolhamento empregado (Oliveira, 1996; Cruz, 1997; Matrangolo, 1998; Silva, 1998). Porém, as plantas, quando desfolhadas por insetos, sofrem alterações fisiológicas gradativas, com conseqüente aumento na taxa de transpiração e na produção de enzimas, em relação àquelas que são desfolhadas artificialmente, podendo enfraquecê-las ainda mais que a simples remoção das folhas, como ocorre em desfolhamentos simulados (Heichel & Turner, 1976). Portanto, é possível existirem diferenças entre as conseqüências de injúrias por insetos ou artificialmente (Kramer & Kozlowski, 1960).

Os efeitos dos desfolhamentos por insetos em florestas têm sido observados no mundo (Elliott et al., 1992; Shepherd, 1994; Raymond, 1995) e, no Brasil, os prejuízos ocasionados pelo besouro-amarelo, *Costalimaita ferruginea* (Fabr., 1801), em plantio de *E. grandis*, mostraram que, em um ano após o ataque, as reduções médias em diâmetro (DAP) e altura (HT) foram de 14,06% e 7,69%, respectivamente e o incremento médio anual de árvores atacadas foi 33,02% menor (Anjos, 1992).

### **2.2.1 Relação árvore x formigas-cortadeiras**

As formigas-cortadeiras pertencem à subfamília Myrmicinae, tribo Attini, com 12 gêneros conhecidos como *Acromyrmex*, *Apterostigma*, *Atta*, *Cyphomyrmex*, *Mycetarotes*, *Mycetophylax*, *Mycetosoritis*, *Mycocepurus*, *Myrmicocrypta*, *Pseudoatta*, *Sericomyrmex* e *Trachymyrmex*. Dentre as mais de 8.000 espécies de formigas (Hölldobler & Wilson, 1990), as cortadeiras dos gêneros *Atta* e *Acromyrmex*, vulgarmente chamadas saúvas e quenquéns, respectivamente, são as mais conhecidas e consideradas pragas importantes de reflorestamentos, áreas agrícolas ou pastagens do sul da América do Norte, América Central e na América do Sul (exceto no Chile) (Della Lucia et al., 1993), cujos prejuízos às áreas cultivadas de eucalipto são dignos de destaque.

Os ataques por formigas-cortadeiras causam danos em qualquer fase do desenvolvimento da planta pelo corte de folhas, brotos, ramos finos e flores, os quais são carregados para o interior de ninhos subterrâneos como substrato para o cultivo do fungo com o qual se alimentam (Zanetti et al., 2002; Souza-Silva, 2003). Além disso, essas formigas utilizam número diversificado de espécies vegetais, fato este que levou Hölldobler & Wilson (1990) a descreverem as formigas-cortadeiras como os herbívoros dominantes da região Neotropical consumindo mais plantas do que qualquer outro grupo com diversidade taxonômica comparável.

O conhecimento dos possíveis efeitos das formigas-cortadeiras sobre a produção de madeira é importante para a tomada de decisão de combate desses insetos (Della Lucia & Vilela, 1993).

Trabalhos foram desenvolvidos para se conhecer o efeito de desfolha por formigas-cortadeiras sobre a produção e a qualidade de eucaliptais (Amante, 1967; Hernández & Jaffé, 1995; Zanetti et al., 2003c) e com simulação de desfolhas e seus efeitos no crescimento de eucaliptos (Freitas & Berti Filho, 1994; Oliveira, 1996; Matrangolo, 1998; Silva, 1998; Cantarelli et al., 2008). No entanto, tanto desfolhas naturais como artificiais podem ser usadas para avaliar os possíveis efeitos dos insetos desfolhadores sobre o crescimento e a sobrevivência de espécies florestais (Candy et al., 1992).

Um estudo (Amante, 1967) demonstrou que 5% dos plantios de *Eucalyptus* spp. com seis anos de idade e 10% dos de *Pinus* sp. com oito anos de idade podiam ser mortos por um único saueiro adulto a cada ano, o que equivaleria a um prejuízo de 2,1% na produção ou 470.000 m<sup>3</sup> de madeira perdida a cada ano, considerando uma área plantada de 150.000 ha de eucalipto.

Árvores de *E. grandis* totalmente desfolhadas por formigas tiveram redução de 78,95% no incremento anual (Freitas, 1988). Esta porcentagem de desfolha foi responsável por uma redução de 45,5% na produção individual de

madeira de *E. grandis*. No entanto, a desfolha total e artificial de plantas de *E. grandis* de seis meses de idade resultou em redução de 13% na produção do povoamento aos sete anos (Oliveira, 1996). Isso foi verificado quando o mesmo pesquisador simulou o desfolhamento por formigas-cortadeiras utilizando seis níveis de desfolhas e avaliou o incremento em diâmetro e em altura, a cada dois meses, durante oito meses. Apenas a desfolha total reduziu o crescimento em 10,88 mm em diâmetro, 0,72 m em altura e a perda em volume de *E. grandis* desfolhada, totalmente, com 240 dias de idade, foi de 35,4%.

Ao simular o ataque por formigas-cortadeiras causando desfolhamentos totais e sucessivos no desenvolvimento de mudas de *E. grandis* com 204 dias, Matrangolo (1998) observou que quanto maior o número de desfolhas maior é a perda. Plantas desfolhadas apenas uma vez sofreram redução do crescimento de 2,4 cm em diâmetro e 1,7 m em altura, e plantas desfolhadas cinco vezes, de 7,8 cm e 6,8 m, em diâmetro e altura, respectivamente. Além disso, as desfolhas sucessivas não somente reduziram os crescimentos em diâmetro e altura como também modificaram a relação entre eles. Plantas que sofreram quatro e cinco desfolhas apresentaram maior relação entre altura e diâmetro, indicando plantas mais finas.

Silva (1998) também simulou o ataque sucessivo por formigas-cortadeiras e verificou os possíveis efeitos no crescimento inicial de *E. grandis* com um ano de idade, avaliando diferentes níveis de desfolhas, variando a intensidade (total ou parcial), o número de desfolhas (uma ou duas) e o tempo entre duas desfolhas (75 ou 150 dias). O pesquisador verificou que, de forma geral, o crescimento em diâmetro foi mais afetado que o crescimento em altura; as desfolhas sucessivas provocaram perdas variando entre 32% a 35% com desfolha parcial e entre 70% a 75% com desfolha total; as desfolhas sucessivas causaram alterações significativas na forma da árvore e concluiu que os

desfolhamentos contribuem para o aumento da desuniformidade do povoamento florestal, dependendo da intensidade e do número de desfolhas.

Densidades maiores que 30 formigueiros/ha de *Atta laevigata* (F. Smith, 1858) em plantios de *Pinus caribaea* Morelet com menos de 10 anos de idade podem reduzir em mais de 50% a produção de madeira/ha (Hernández & Jaffé, 1995). Zanetti et al. (2003c) observaram que a percentagem de redução no volume de madeira foi de 0,87% para cada 2,76 m<sup>2</sup> de área de terra solta de saueiros e que densidades maiores que 80 saueiros de mesma área de terra solta por hectare podem reduzir em mais de 50% a produção de madeira de *Eucalyptus* spp. na idade de corte (84 meses).

Dessa forma, o controle de formigas-cortadeiras é muito importante em reflorestamentos, uma vez que as mesmas constituem fator limitante ao seu desenvolvimento, causando tanto perdas diretas, como a morte de mudas e a redução do crescimento de árvores, quanto indiretas, como a diminuição da resistência das árvores a outros insetos e a agentes patogênicos (Anjos et al., 1993).

Entretanto, é necessário quantificar as perdas causadas por esses insetos-praga utilizando modelos de estimativa de perda mais precisos e que incluam variáveis de índice de sítio, que possibilitem particularizar a tomada de decisão de combate para cada unidade de manejo e ou região.

### **2.3 Modelos estatísticos para estimativas de crescimento, volume e perdas em florestas**

Adquirir conhecimento sobre as diversas características qualitativas e quantitativas de povoamentos florestais é de suma importância para a avaliação da produção madeireira, além de favorecer condições que permitam elaborar um adequado plano de manejo (Rios, 1993).

O inventário florestal é o ramo da ciência florestal responsável pela produção de informações quantitativas e qualitativas sobre a produção, na idade atual e futura. O inventário pode ser de cunho tático, para a elaboração de planos de manejo, atualização de cadastros e geração de subsídios para o ordenamento da produção, ou de cunho estratégico, para instruir na formulação de políticas de conservação, planejamento e administração de florestas, gerando subsídios para análises de impactos ambientais (Pélico Netto & Brena, 1997).

Os inventários, independentemente de serem temporários ou contínuos, são feitos, geralmente, por meio de amostragem, probabilística ou não-probabilística, empregando-se parcelas de área fixa. No entanto, independente do método de amostragem escolhido, as unidades de amostra (parcelas) podem ser de área fixa ou variável. Ao longo dos anos, sempre houve um predomínio das parcelas de área fixa (Pereira, 2002).

De forma geral, o inventário florestal contínuo visa: quantificar os estoques de crescimento anuais, por estrato, definido em função do local, da idade, do regime de corte, do espaçamento e da unidade de manejo; informar sobre as mudanças entre medições sucessivas (incrementos médios e correntes); fornecer informações sobre o estado fitossanitário das florestas; fornecer informações sobre floração e frutificação; gerar dados para a modelagem do crescimento e da produção, etc. (Pereira, 2002).

Diferentes modelos de crescimento e produção de volume de madeira foram publicados cientificamente, porém, apenas dois são de uso generalizado que são o modelo da variável combinada de diâmetro e altura (Spurr, 1952) e o modelo logarítmico (Schumacher & Hall, 1933).

As equações de crescimento e volume são a base para se realizar o planejamento e a execução de inventários florestais, instrumentos estes essenciais para o manejo sustentável de recursos florestais (Clutter et al., 1983). Diversas equações volumétricas foram desenvolvidas no Brasil para florestas

plantadas com espécies de crescimento rápido do gênero *Eucalyptus* (Silva, 1977; Paula Neto et al., 1983; McTague et al., 1989; Guimarães & Leite, 1996; Batista, 1997) e do gênero *Pinus* (Campos, 1970; Instituto Florestal de São Paulo - IFSP, 1974; Couto & Vettorazzo, 1999).

Para as estimativas de perdas causadas por insetos-praga florestais, alguns modelos foram desenvolvidos. Oliveira (1996) simulou o desfolhamento de formigas-cortadeiras utilizando seis níveis de desfolha, e avaliou o incremento em diâmetro e em altura de *E. grandis* com seis meses de idade a cada dois meses, durante oito meses. Os valores de diâmetro e altura foram ajustados a um modelo sigmoidal para avaliar os efeitos do desfolhamento, cuja variável independente era o número de dias transcorridos após a desfolha, conforme a seguinte equação de regressão:

$$I_i = a_0 + \frac{a_1}{1 + \exp\left(-\frac{(X_i - a_2)}{a_3}\right)} + \varepsilon_i,$$

em que:  $I_i$  = incremento em diâmetro (cm) ou em altura (m);  $a_0$ ,  $a_1$ ,  $a_2$  e  $a_3$  = coeficientes de regressão;  $X_i$  = variável independente (idade ou dias após o desfolhamento); exp = exponencial;  $\varepsilon_i$  = erro.

Os coeficientes de determinação para cada nível de desfolha variaram entre 95% e 99%, para o incremento em diâmetro e entre 97% e 99% para altura, com boa significância do ajuste. Dessa forma, os valores de  $R^2$  aproximaram-se da unidade, o que levou Oliveira (1996) a relatar que a idade apenas é capaz de explicar o incremento tanto em diâmetro quanto em altura.

Para estimar as perdas em volume de madeira pelas árvores de *E. grandis*, aos 240 dias após o desfolhamento simulado, Oliveira (1996) utilizou as seguintes equações:

$$V_N = F \cdot \frac{\pi \cdot D_N^2}{4} \cdot H_N \text{ ou } V_I = F \cdot \frac{\pi \cdot D_I^2}{4} \cdot H_I,$$

sendo: V = volume (m<sup>3</sup>); F = fator de forma; D = diâmetro à altura do peito (cm); H = altura total (m); N = não-injuriada; I = injuriada.

Oliveira (1996) estimou, ainda, a diferença entre V<sub>N</sub> e V<sub>I</sub>, que resultou no volume perdido em razão da desfolha, de cada árvore, que foi expresso de maneira percentual, como uma proporção do volume (%PV) da árvore não-injuriada:

$$\%PV = \frac{V_N - V_I}{V_N} \cdot 100 \text{ ou } \%PV = \left( \frac{1 - V_I}{V_N} \right) \cdot 100$$

No entanto, ao assumir que o fator de forma de árvores injuriadas é o mesmo das não-injuriadas, o quociente V<sub>I</sub>/V<sub>N</sub> foi obtido por uma expressão mais simples:

$$\frac{V_I}{V_N} = \frac{D_I^2 \cdot H_I}{D_N^2 \cdot H_N}$$

Dessa forma, o autor observou que o volume médio da árvore injuriada foi de 64,6% daquela não injuriada, o que levou a uma perda de 35,4% no

volume ao substituir os valores na equação que mostra anteriormente a relação  $V_I/V_N$ .

Além disso, o mesmo autor determinou a perda volumétrica em idades futuras de *E. grandis* desfolhada quando jovem, ao utilizar a seguinte expressão:

$$\frac{V_I}{V_N} = \frac{(D_N - \Delta)^2 \cdot (H_N - \delta)}{D_N^2 \cdot H_N}$$

sendo:  $\Delta$  = perda média em diâmetro das árvores injuriadas e  $\delta$  = perda média em altura das árvores injuriadas.

Assim, a expressão anterior permitiu a Oliveira (1996) concluir que árvores de *E. grandis* desfolhadas totalmente, quando jovens, aos 6 meses de idade, resultam numa redução de 13% na produção do povoamento aos 7 anos.

Matrangolo (1998) adotou o mesmo modelo sigmoidal utilizado por Oliveira (1996), além de outros modelos estatísticos simples, de forma sigmóide ou polinomial, para relacionar o crescimento em altura e em diâmetro de *E. grandis* com o tempo e com a quantidade de desfolha. Dessa forma, os danos causados por formigas-cortadeiras foram simulados, tendo os valores médios de diâmetro e altura sido ajustados aos modelos citados anteriormente, com coeficientes de determinação elevados, variando entre 89% e 99%, tendo como variável independente o número de dias após o plantio. Os modelos utilizados por Matrangolo (1998) foram:

- Equações lineares

$$A) Y_i = a_0 + a_1 X_i + a_2 X_i^2 + a_3 X_i^3 + a_4 X_i^4 + \varepsilon_i$$

$$B) Y_i = a_0 + a_1 X_i + a_2 X_i^2 + a_3 X_i^3 + \varepsilon_i$$

$$C) Y_i = a_0 + a_1 X_i + \varepsilon_i$$

- Equações não-lineares

$$D) Y_i = a_0 + \frac{a_1}{1 + \left(\frac{X_i}{a_2}\right)^{a_3}} + \varepsilon_i$$

$$E) Y_i = a_0 + \frac{a_1}{1 + \exp\left(-\left(\frac{X_i - a_2}{a_3}\right)\right)} + \varepsilon_i$$

em que:  $Y_i$  = altura (m) ou diâmetro (cm) (variável dependente);  $X_i$  = quantidade de desfolha relacionada com o tempo (variável independente);  $a_0$ ,  $a_1$ ,  $a_2$ ,  $a_3$ , ou  $a_4$  = coeficientes das equações; exp = exponencial;  $\varepsilon_i$  = erro.

Mendes (1999) avaliou os efeitos do desfolhamento causado pelo besouro-amarelo-do-eucalipto *Costalimaita ferruginea* (Fabr., 1801) sobre a uniformidade e a dinâmica de crescimento do povoamento de *E. grandis*. Este autor observou diferentes níveis de desfolhas ao adotar as distribuições de frequências de diâmetros e de alturas, sendo as repetições submetidas à análise de regressão, ajustando-se modelos estatísticos simples significativos ( $p \leq 0,01$ ) com bom ajuste ( $R^2 \geq 0,98$ ) que expressaram a dinâmica do crescimento dessas variáveis para cada tratamento em função do tempo (idade da floresta):

$$Y_i = \beta_0 + \beta_1 X_i + \varepsilon_i$$

em que:  $Y_i$  = diâmetro (cm) ou altura (m) (variável dependente);  $X_i$  = nível de intensidade de ataque por *C. ferruginea* (variável independente);  $\beta_0$ ,  $\beta_1$  = coeficientes da equação;  $\varepsilon_i$  = erro.

Embora os modelos utilizados por Oliveira (1996), Matrangolo (1998) e Mendes (1999) tenham apresentado bons ajustes, a simplicidade dos mesmos não levou em consideração outros efeitos que, possivelmente, podem influenciar nos efeitos das desfolhas sobre eucaliptais, como a utilização de diferentes materiais genéticos, a capacidade de produção de cada sítio, a adaptação de material genético ao sítio, fatores climáticos, idade do povoamento, manejo da floresta, etc.

Cruz (1997) utilizou os modelos lineares para estimar o volume de madeira influenciado por diferentes níveis de desfolhas, simulando ataque de lepidópteros-praga em eucaliptais, levando em consideração fatores importantes, como o índice de sítio e a idade do povoamento:

$$\begin{aligned} \text{Ln}(V2_i) &= b_0 + b_1 \cdot S_i + b_2 \cdot \left( \frac{1}{I_{2i}} \right) + b_3 \cdot \text{Ln}(B2_i) + \varepsilon_i \\ \text{Ln}(B2_i) &= \left( \frac{I_{1i}}{I_{2i}} \right) \cdot \text{Ln}(B1_i) + \alpha_1 \left( 1 - \frac{I_{1i}}{I_{2i}} \right) + \alpha_2 \left( 1 - \frac{I_{1i}}{I_{2i}} \right) \cdot S_i + \varepsilon_i \end{aligned}$$

em que:  $\text{Ln}(V2_i)$  = logaritmo neperiano do volume de madeira ( $\text{m}^3 \cdot \text{ha}^{-1}$ ) produzido no nível de 0% de desfolha na época do corte (6,5 anos de idade);  $b_0$  = intercepto com o eixo das ordenadas;  $S_i$  = índice de sítio;  $I_{1i}$  = idade presente;  $I_{2i}$  = idade futura;  $B1_i$  = área basal presente;  $B2_i$  = área basal futura;  $\alpha_1$ ,  $\alpha_2$ ,  $b_1$ ,  $b_2$ ,  $b_3$  = coeficientes das equações;  $\varepsilon_i$  = erro.

Sabe-se que a produtividade de madeira é influenciada significativamente pela capacidade produtiva do local (sítio) (Spurr, 1952;

Cunha Neto et al., 1996; Gomes et al., 1997; Calegario et. al., 2005) e que a classificação de sítio se baseia na altura média de árvores dominantes e codominantes (Laar, 1981; Selle et al., 1994), a partir do quinto ano de vida do povoamento (Scolforo, 1992).

Vários autores (Spurr, 1952; Burkhardt & Tennent, 1977; Van Laar, 1981; Stout & Shumway, 1982) citaram que a altura das árvores dominantes é o melhor índice para caracterizar o sítio, sendo quase invariavelmente influenciado pelo espaçamento entre árvores. Tal sítio é representado pela altura alcançada pelo povoamento nas diferentes idades de seu desenvolvimento. Portanto, modelos que expressam o crescimento em volume de madeira em função do ataque de insetos devem conter a variável índice de sítio, para um melhor ajuste local da resposta inseto x produção.

Zanetti et al. (2003c) estimaram o volume de madeira em função da densidade de saueiros, correlacionando dados de inventários florestais contínuos de eucaliptais aos dados de monitoramento de ninhos de formigas-cortadeiras, realizado nos mesmos talhões e anos, por meio do modelo linear múltiplo:

$$\text{Ln}V_i = \beta_0 + \beta_1 * \text{Esp}_i + \beta_2 * \text{Arv}_i + \beta_3 * \text{Bif}_i + \beta_4 * \text{Dis}_i + \beta_5 * (1/\text{Id}_i) + \beta_6 * \text{Dts}_i + \varepsilon_i$$

em que:  $\text{Ln}V_i$  = logaritmo neperiano do volume de madeira ( $\text{m}^3/\text{ha}$ );  $\text{Esp}_i$  = espaçamento ( $\text{m}^2$ );  $\text{Arv}_i$  = número de árvores vivas/ha;  $\text{Bif}_i$  = bifurcação das árvores (%);  $\text{Dis}_i$  = distância do talhão à floresta nativa (m);  $\text{Id}_i$  = idade do eucalipto (meses);  $\text{Dts}_i$  = densidade total de saueiros (n/ha);  $\beta$  = coeficientes;  $\varepsilon_i$  = erro.

Dessa forma, os pesquisadores observaram que a percentagem de redução no volume de madeira para cada incremento unitário na densidade de

sauveiros (de área igual a 2,76 m<sup>2</sup> de terra solta; valor médio encontrado na região), por hectare, foi de 0,87% como média para espécies de eucalipto.

Embora os ajustes da equação tenham apresentado resultados satisfatórios, os coeficientes de determinação do modelo testado por Zanetti et al. (2003c) variaram entre 58,3% e 89,8%, para as diferentes espécies de *Eucalyptus* avaliadas. Os autores comentaram que é necessário melhorar o modelo testado, incluindo outras variáveis, como profundidade do solo e grau de infestação do sub-bosque, por exemplo, ou reduzindo a variação dentro de espécies, analisando os dados por sítio, procedência, etc.

No Brasil, as pesquisas envolvendo o monitoramento de ninhos de formigas-cortadeiras relacionado com a perda de produtividade de árvores, utilizando modelos, ainda são poucas. Assim, o desenvolvimento e a aplicação desses modelos são essenciais para a quantificação dos possíveis danos causados e a previsão de perdas econômicas, sociais e ambientais no manejo de pragas florestais.

### 3 MATERIAL E MÉTODOS

#### 3.1 Coleta dos dados

O estudo foi conduzido em eucaliptais pertencentes à Celulose Nipo-Brasileira (CENIBRA), na região do Vale do Rio Doce, 19°19'06,83''S e 42°23'37,47''W, à altitude média de 550 m, na região leste do estado de Minas Gerais. Os dados foram coletados em Bom Jesus do Amparo, Guanhães, Nova Era, Sabinópolis, Peçanha, Santa Bárbara, Alvinópolis, São João Evangelista, Catas Altas, São Gonçalo do Rio Abaixo e Virginópolis, municípios esses considerados como Região Alta (876 m de altitude média). Dados foram também coletados em Açucena, Ipaba, Iapu e Naque, municípios considerados como Região Baixa (224 m de altitude média).

Foram coletados dados provenientes de inventários florestais contínuos, de talhões cultivados com eucalipto, entre os anos de 2003 e 2006. As coletas de dados foram anuais, por talhão, em parcelas com área média de 635,13 m<sup>2</sup> (uma a cada 25 ha), com as seguintes informações: ano do inventário, área do talhão (ha), área da parcela (m<sup>2</sup>), data do plantio (ano), idade da floresta (anos), número de árvores por parcela (N), material genético e procedência de eucalipto, altura das árvores dominantes e codominantes (Hdc) (m), área basal (G) (m<sup>2</sup>.ha<sup>-1</sup>) e volume de madeira (V) (m<sup>3</sup>.ha<sup>-1</sup>).

Dados referentes ao monitoramento de ninhos de saúvas foram provenientes de parcelas com largura de três ruas de plantio e comprimento igual ao da linha de plantio, lançadas a partir da terceira linha e a cada 96 m até o término do talhão (Reis, 2005). O monitoramento foi realizado nos mesmos talhões e anos inventariados para se estimar a área e densidade de ninhos de *Atta* spp. e decidir sobre a necessidade de controle das formigas por talhão. Os dados

obtidos foram: ano do monitoramento, área de saueiros ( $m^2 \cdot ha^{-1}$ ) e densidade de saueiros ( $n \cdot ha^{-1}$ ).

Todos os dados foram ordenados em planilha eletrônica e processados no *software* SAS 9.1 (Statistical Analysis System - SAS, 2004), relacionando-se dados do inventário florestal com os do monitoramento de formigas-cortadeiras, com cada talhão representando uma unidade amostral.

### 3.2 Efeito do material genético sobre a população de saueiros

A densidade média e a área total média de saueiros foram calculadas por ano de monitoramento, por região e por materiais genéticos mais cultivados. De forma geral, foram separados talhões cultivados com a espécie *Eucalyptus grandis* de talhões cultivados com híbridos de eucalipto (*E. grandis* x *Eucalyptus* spp.; *E. grandis* x *E. urophylla* S. T. Blake). Os dados foram submetidos à análise de variância e teste de Tukey ( $p \leq 0,05$ ).

### 3.3 Estimativa do índice de sítio para o cálculo do volume de madeira

Foram calculados os índices de sítio de cada talhão, independente do material genético cultivado. Para estimar tais índices, foram utilizadas equações baseadas na altura de árvores dominantes e codominantes (Hdc) (m), variável essa que melhor expressa a qualidade do sítio de determinado local (Spurr, 1952; Burkhart & Tennent, 1977; Laar, 1981; Stout & Shumway, 1982). O cálculo foi feito por meio das seguintes equações:

$$\hat{LnHdc}_i = \beta_0 + \beta_1 * \frac{1}{Id_i} + \varepsilon_i \quad (1)$$

em que:

$$\hat{LnS}_i = \beta_0 + \beta_1 * \frac{1}{7} + \varepsilon_i \text{ e } \beta_0 = LnS_i - \beta_1 * \frac{1}{7} + \varepsilon_i \quad (2)$$

Logo, substituindo (2) em (1), tem-se:

$$LnHdc_i = \hat{LnS}_i - \beta_1 * \frac{1}{7} + \beta_1 * \frac{1}{Id_i} + \varepsilon_i$$

então:

$$\hat{LnS}_i = LnHdc_i + \beta_1 * \left( \frac{1}{7} - \frac{1}{Id_i} \right) + \varepsilon_i$$

em que:  $LnHdc_i$  = logaritmo neperiano da altura de árvores dominantes e codominantes (m); 7 = idade de corte das árvores;  $Id_i$  = idade (anos) das árvores de eucalipto;  $LnS_i$  = logaritmo neperiano do índice de sítio;  $\beta$  = coeficientes;  $\varepsilon_i$  = erro aleatório.

Em seguida, os valores de índice de sítio foram ordenados na mesma planilha eletrônica dos dados referentes ao inventário e ao monitoramento de ninhos de formigas-cortadeiras, tendo como unidade amostral o talhão.

### **3.4 Efeito dos saueiros sobre o volume de madeira de eucaliptais**

Para estimar o efeito dos saueiros sobre o volume de madeira de eucaliptais foi realizada análise de correlação (Pearson;  $p \leq 0,05$ ) entre as variáveis do inventário florestal e do monitoramento de ninhos de formigas-cortadeiras. Em seguida, análises de regressão linear múltipla foram feitas para estimar o volume de madeira em função da idade das árvores, da área basal das árvores, do número de árvores, do índice sítio, da densidade e da área de saueiros, por meio do modelo linear múltiplo:

$$\widehat{\text{LnV}}_i = \beta_0 + \beta_1 * \frac{1}{\text{Id}_i} + \beta_2 * \text{LnG}_i + \beta_3 * \text{LnN}_i + \beta_4 * \text{LnS}_i + \beta_5 * \text{LnDs}_i + \beta_6 * \text{As}_i + \varepsilon_i$$

em que:  $\text{LnV}_i$  = logaritmo neperiano do volume de madeira ( $\text{m}^3 \cdot \text{ha}^{-1}$ );  $\text{Id}_i$  = idade (anos) das árvores de eucalipto;  $\text{LnG}_i$  = logaritmo neperiano da área basal das árvores ( $\text{m}^2 \cdot \text{ha}^{-1}$ );  $\text{LnN}_i$  = logaritmo neperiano do número de árvores;  $\text{LnS}_i$  = logaritmo neperiano do índice de sítio;  $\text{LnDs}_i$  = logaritmo neperiano da densidade de saueiros ( $\text{n} \cdot \text{ha}^{-1}$ );  $\text{As}_i$  = área de saueiros ( $\text{m}^2 \cdot \text{ha}^{-1}$ );  $\beta$  = coeficientes;  $\varepsilon_i$  = erro aleatório.

### 3.5 Estimativa do nível de dano econômico por sítio de produção

Para calcular o nível de dano econômico por sítio de produção, estimaram-se os valores de área basal para cada sítio, por meio da seguinte equação:

$$\widehat{\text{LnG}}_i = \beta_0 - \beta_1 * \frac{1}{\text{Id}_i} + \beta_2 * \text{LnS}_i + \beta_3 * \text{LnN}_i + \varepsilon_i$$

(Schumacher & Hall, 1933; Clutter et al., 1983)

em que:  $\text{LnG}_i$  = logaritmo neperiano da área basal das árvores ( $\text{m}^2 \cdot \text{ha}^{-1}$ );  $\text{Id}_i$  = idade (anos) das árvores de eucalipto;  $\text{LnN}_i$  = logaritmo neperiano do número de árvores;  $\text{LnS}_i$  = logaritmo neperiano do índice de sítio;  $\beta$  = coeficientes;  $\varepsilon_i$  = erro aleatório.

Com base na equação ajustada de volume de madeira do item anterior, simulou-se o efeito de diferentes áreas de saueiros na produção volumétrica de eucaliptais para cada sítio, considerando: idade de colheita de sete anos, valor

estimado de área basal para cada sítio e valor médio de número de árvores por hectare.

Inicialmente, foi calculada a perda de madeira pela fórmula:

$$P = V_0 - V_i$$

em que: P = perda de madeira (m<sup>3</sup>/ha); V<sub>0</sub> = volume de madeira (m<sup>3</sup>/ha), obtido com a área de saueiros igual à zero; e V<sub>i</sub> = volume de madeira (m<sup>3</sup>/ha), obtido com a área de saueiros maior que zero.

Em seguida, calculou-se o prejuízo (Pr) (R\$/ha) decorrente pela fórmula:

$$Pr = P \times V_p$$

em que: VP = valor da madeira (R\$/m<sup>3</sup>) (preço de mercado da madeira em pé na região de estudo, obtido por consultas à CENIBRA).

Dessa forma, o nível de dano econômico de formigas-cortadeiras em eucaliptais foi igual à área de saueiros por hectare que produziu um prejuízo na produção de madeira de igual valor ao seu custo de controle.

## 4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 4.1 Efeito do material genético sobre a população de saúveiros

Houve diferença significativa (teste t;  $p \leq 0,05$ ) entre as duas regiões estudadas, em se tratando da densidade e da área de saúveiros. Porém, a infestação dessas formigas não variou com os anos monitorados, independente da região monitorada (teste F;  $p \geq 0,05$ ) (Tabelas 1 e 2). Talhões localizados na Região Alta, independente do material genético de eucalipto cultivado, possuem menor densidade total média ( $1,71 \pm 0,35$  saúveiros.ha<sup>-1</sup>) e área total média ( $8,67 \pm 1,67$  m<sup>2</sup>.ha<sup>-1</sup>) de saúveiros que talhões localizados na Região Baixa ( $28,56 \pm 6,19$  saúveiros.ha<sup>-1</sup> e  $68,78 \pm 6,49$  m<sup>2</sup>.ha<sup>-1</sup>, respectivamente) (Tabelas 1 e 2).

O sucesso do estabelecimento de ninhos das saúvas em regiões de menor altitude está, possivelmente, relacionado com o microclima, pois correlações negativas foram observadas entre o número de colônias de *Atta* spp. e a temperatura mínima anual (Pacheco et. al, 1993). Esta condição foi encontrada em regiões de maiores altitudes, favorecida pela alta velocidade do vento, que promovem condições desfavoráveis para a dispersão, cópula e sobrevivência das futuras rainhas de *Atta sexdens rubropilosa* (Bento, 1993).

TABELA 1. Densidade média ( $n \cdot ha^{-1}$ ) ( $\pm$ erro padrão) de saueiros por ano de monitoramento, em duas regiões de diferentes altitudes, cultivadas com eucalipto na região do Vale do Rio Doce, MG, 2003 a 2006.

Ano	Região Alta (876 m)*	Região Baixa (224 m)*
2003	1,58 ( $\pm 0,13$ )	32,12 ( $\pm 5,55$ )
2004	2,13 ( $\pm 0,55$ )	36,39 ( $\pm 4,48$ )
2005	1,85 ( $\pm 0,59$ )	20,18 ( $\pm 6,89$ )
2006	1,31 ( $\pm 0,12$ )	25,52 ( $\pm 7,83$ )
Média geral	1,71 ( $\pm 0,35$ )	28,56 ( $\pm 6,19$ )

\*Não há diferença significativa entre os anos (F;  $p > 0,05$ ), somente entre as regiões estudadas (F;  $p \leq 0,05$ ).

TABELA 2. Área total média ( $m^2 \cdot ha^{-1}$ ) ( $\pm$ erro padrão) de saueiros por ano de monitoramento, em duas regiões de diferentes altitudes, cultivadas com eucalipto na região do Vale do Rio Doce, MG, 2003 a 2006.

Ano	Região Alta (876 m)*	Região Baixa (224 m)*
2003	7,08 ( $\pm 1,96$ )	68,07 ( $\pm 4,48$ )
2004	8,79 ( $\pm 0,98$ )	78,58 ( $\pm 9,67$ )
2005	9,89 ( $\pm 1,93$ )	63,26 ( $\pm 7,02$ )
2006	8,95 ( $\pm 1,83$ )	65,16 ( $\pm 4,75$ )
Média geral	8,67 ( $\pm 1,67$ )	68,78 ( $\pm 6,49$ )

\*Não há diferença significativa entre os anos (F;  $p > 0,05$ ), somente entre as regiões estudadas (F;  $p \leq 0,05$ ).

Além disso, a capacidade de dispersão, fundação e ocupação de novos habitats e a abundância de espécies de Formicidae estão correlacionadas com a

organização social das colônias (Hölldobler & Wilson, 1990) e com certas variáveis ambientais e disponibilidade de recursos, tais como o ciclo de nutrientes, riqueza e tipo de solo (Majer, 1983; Diehl-Fleig & Rocha, 1998). Assim, espera-se que solos mais pobres em nutrientes e, especialmente, em microrganismos, favoreçam a sobrevivência de colônias iniciais de formigas-cortadeiras, pela menor abundância de entomopatógenos e de possíveis organismos antagônicos ao fungo simbiótico (Bento et al., 1991).

No entanto, formigas-cortadeiras podem preferir tanto solos arenosos quanto solos argilosos para a construção da câmara inicial do ninho (Diehl-Fleig & Rocha, 1998). Logo, a interação entre os fatores climáticos e o habitat pode ou não favorecer o sucesso do estabelecimento de novas colônias em determinada região. Conforme observado nos resultados, o sucesso do estabelecimento de ninhos das saúvas pode ser promovido por altas temperaturas e solos mais férteis e argilosos, fatores encontrados em regiões de menores altitudes que favorecem as formigas-cortadeiras.

Pesquisas têm sido realizadas no intuito de se analisar a densidade de formigas-cortadeiras em diferentes locais, como em João Pinheiro, Minas Gerais, onde foram estimadas densidades diferentes de saúvas em talhões cultivados com *Eucalyptus camaldulensis* Dehnh ( $17,09 \text{ ha}^{-1}$ ), *Eucalyptus citriodora* Hook ( $19,09 \text{ ha}^{-1}$ ) e *Eucalyptus grandis* W. Hill ex Maiden ( $28,84 \text{ ha}^{-1}$ ) (Zanetti et al., 1999). Oliveira (1996) estimou 10,64 de ninhos de saúvas por hectare em áreas cultivadas com eucalipto na região sul do estado da Bahia. Essas diferenças entre as densidades e áreas de formigas-cortadeiras em plantios comerciais estão, provavelmente, relacionadas aos diferentes sistemas e intensidades de combate aos formigueiros adotados pelos produtores de eucalipto e às condições climáticas e ambientais de cada região.

A densidade e a área de ninhos de saúvas não variaram com os anos monitorados, independente da região monitorada ( $F; p \geq 0,05$ ) (Tabelas 1 e 2).

Isso demonstra que o tamanho da população de saueiros nessas áreas cultivadas com eucalipto se encontra estável, provavelmente devido ao combate periódico das formigas-cortadeiras. Resultados semelhantes com pequena variação na densidade total média de saueiros por hectare entre os anos de monitoramento foram relatados em áreas reflorestadas no Cerrado, por meio de um sistema de monitoramento, o qual permitiu manter a densidade de saueiros praticamente estável (Zanetti et al., 2000b). Dessa forma, uma vez estabelecida uma densidade de formigueiros aceitável (nível de dano econômico), é possível manter a população controlada.

Talhões cultivados com *E. grandis* apresentaram áreas e densidades de saueiros diferentes às dos talhões cultivados com híbridos de eucalipto (*E. grandis* x *Eucalyptus* spp.; *E. grandis* x *E. urophylla* S. T. Blake), tendo a densidade e a área de saueiros nos talhões com *E. grandis* sido menores que naqueles com híbridos de eucalipto, independente da altitude de cada região estudada (teste t;  $p \leq 0,05$ ) (Tabelas 3 e 4). Essas diferenças podem estar relacionadas à preferência de formigas-cortadeiras pelos híbridos estudados em relação a *E. grandis*.

TABELA 3. Densidade média ( $n \cdot ha^{-1}$ ) ( $\pm$ erro padrão) de saueiros em talhões cultivados com diferentes materiais genéticos de eucalipto, em duas regiões de diferentes altitudes eucalipto, na região do Vale do Rio Doce, MG, 2003 a 2006.

Material genético*	Região Alta (876 m) <sup>#</sup>	Região Baixa (224 m) <sup>#</sup>
<i>Eucalyptus grandis</i>	1,76 ( $\pm 0,13$ )	7,81 ( $\pm 1,70$ )
Híbridos de eucalipto	3,48 ( $\pm 0,06$ )	31,71 ( $\pm 4,06$ )

Há diferenças significativas entre os materiais genéticos (\*) e entre as regiões (#) estudadas (F;  $p \leq 0,05$ ).

TABELA 4. Área total média ( $\text{m}^2 \cdot \text{ha}^{-1}$ ) ( $\pm$  erro padrão) de saúveiros em talhões cultivados com diferentes materiais genéticos de eucalipto, em duas regiões de diferentes altitudes eucalipto, na região do Vale do Rio Doce, MG, 2003 a 2006.

Material genético*	Região Alta (876 m) <sup>#</sup>	Região Baixa (224 m) <sup>#</sup>
<i>Eucalyptus grandis</i>	8,19 ( $\pm 0,64$ )	23,19 ( $\pm 5,06$ )
Híbridos de eucalipto	12,28 ( $\pm 2,13$ )	63,77 ( $\pm 8,16$ )

Há diferenças significativas entre os materiais genéticos (\*) e entre as regiões (#) estudadas (F;  $p \leq 0,05$ ).

As espécies *E. grandis* e *Eucalyptus citriodora* Hook foram menos procuradas por *A. sexdens rubropilosa* que *Eucalyptus dunni* Maiden, *Eucalyptus saligna* Smith, *Eucalyptus torelliana* F. Muell e *Eucalyptus urophylla* S.T. Blake (Vendramim et al., 1995). Forti (1985) verificou que *E. grandis* foi menos procurada por *A. sexdens rubropilosa* do que *Eucalyptus tereticornis* Smith.

*E. grandis* é citada como menos procurada por saúvas. Entretanto, Zanetti et al. (2000b) verificaram que essa espécie apresentou maior área ( $164 \text{ m}^2$ ) e a maior densidade total (28,84) de saúveiros por hectare, enquanto *Eucalyptus pellita* F. Muell e *E. tereticornis* apresentaram as menores densidades totais, 12,84 e 11,07, respectivamente. Isso mostra que a densidade de ninhos dessa praga em uma determinada área pode estar relacionada à preferência ou à não-preferência delas por determinado material genético cultivado. Esse resultado reforça o fato de que disponibilidades qualitativas e quantitativas de substratos afetam no nível de forrageamento desses insetos-praga (Littleddyke & Cherrett 1975), os que os torna seletivos a determinados materiais vegetais (Della Lucia & Oliveira, 1993).

Talhões com o mesmo tipo de material genético de eucalipto cultivado na Região Alta possuem menores densidade e área total média de saúvas que talhões localizados na Região Baixa (Tabelas 3 e 4). Isso reforça a idéia de que o sucesso do estabelecimento de ninhos das saúvas em regiões de menor altitude está, possivelmente, relacionado com condições favoráveis para a dispersão, a cópula e a sobrevivência dos ninhos de saúvas (Bento, 1993), uma vez que a presença de alta evaporação do ar, ventos fortes e temperatura mínima anual predominam em regiões de maiores altitudes e desfavorecem as formigas-cortadeiras (Pacheco et al., 1993).

#### 4.2 Estimativa do índice de sítio para o cálculo do volume de madeira

Como a base de dados utilizada para estimar o índice de sítio e o volume de madeira não foi suficiente para obter equações para cada região (Alta e Baixa), estimaram-se essas variáveis desconsiderando-se o possível efeito de altitude/região. O ajuste linear do logaritmo neperiano da altura de árvores dominantes e codominantes ( $LnHdc$ ) em relação ao inverso da idade ( $1/Id$ ) das árvores de eucalipto de cada talhão resultou na seguinte equação:

$$\hat{LnHdc} = 3,69(\pm 0,01) - 2,35(\pm 0,08) * \frac{1}{Id_i} \quad (R^2 = 0,6116)$$

Com base nos valores de  $\beta_1$  (-2,35), foram encontrados os valores de índice de sítio de cada talhão, conforme as equações a seguir:

$$\hat{LnS} = \hat{LnHdc} - 2,35 * \left( \frac{1}{7} - \frac{1}{Id_i} \right)$$

Para a obtenção dos valores de índice de sítio de cada talhão para a população estudada, com base na altura média de árvores dominantes e codominantes, foi considerada a idade de corte de sete anos, uma vez que, a partir do quinto ano de vida, o povoamento tem um padrão de desenvolvimento mais definido em altura (Scolforo, 1992).

Verificou-se que, conforme há aumento no índice de sítio, ocorre também um aumento no volume de madeira produzido, independente da infestação por formigas-cortadeiras (Tabela 5). Tais resultados já eram esperados, pois a produção de madeira é influenciada significativamente pelo sítio (Spurr, 1952; Gomes et al., 1997). Nesse contexto, são vários os métodos utilizados para a classificação de sítio florestal, sendo aquele que emprega a altura das árvores dominantes considerado o mais prático e usual (Selle et al., 1994). Além disso, verifica-se predominância do uso da altura dominante e codominante em vários trabalhos realizados no Brasil para a classificação de sítio, dentre os quais citam-se os de Batista & Do Couto (1986), Scolforo & Machado (1988), Oliveira et al. (1990), Scolforo (1992), Selle et al. (1994), Cunha Neto et al. (1996), Gomes et al. (1997), Machado et al. (1997), Schneider et al. (2001) e Calegario et al. (2005).

Dessa forma, foi possível observar que, à medida que os sítios são classificados, de acordo com a potencialidade produtiva de cada local (talhão), tal classificação se torna fundamental para a determinação e o planejamento da produção, pois tabelas de produção podem ser construídas com base nos índices de sítio.

É possível supor que, em sítios com índices maiores podem ocorrer perdas maiores no volume de madeira, de acordo com os aumentos na área de saúvas. Além disso, verificou-se que área de saúvas maior que 1 m<sup>2</sup> por hectare pode reduzir em mais de 0,03% a produção de madeira, na idade de corte (7 anos), o que reflete uma perda de até R\$ 2,01 por hectare em talhões

cultivados com eucalipto em áreas de Mata Atlântica na região do Vale do Rio Doce. Densidades maiores que 30 sauveiros em *Pinus caribaea* (Hernández & Jaffé, 1995) e 80 sauveiros em *Eucalyptus* spp. (Zanetti et al., 2003c), por hectare, podem reduzir mais de 50% da produção de madeira na mesma idade de corte.

TABELA 5. Produção volumétrica de eucalipto em função dos índices de sítios, na região do Vale do Rio Doce, MG, 2003 a 2006, em que: Id = idade de corte das árvores de eucalipto (anos); N = número de árvores; G = área basal das árvores ( $m^2 \cdot ha^{-1}$ ); S = índice de sítio; V = volume de madeira ( $m^3 \cdot ha^{-1}$ ).

Id (anos)	N*	$\hat{G}$ ( $m^2 \cdot ha^{-1}$ )	S	V ( $m^3 \cdot ha^{-1}$ )
7	992	9,21	15	96,7
7	1339	12,60	20	136,7
7	1339	16,75	25	190,2
7	992	20,15	30	237,7
7	1211	22,44	35	268,7

\*Valores médios estimados na região.

#### 4.3 Efeito dos sauveiros sobre o volume de madeira de eucaliptais

A análise de correlação mostrou que o volume de madeira de eucalipto ( $\ln V$ ) apresentou correlações significativas ( $p < 0,0001$ ) com a área basal de árvores ( $\ln G$ ), com o número de árvores ( $\ln N$ ), com o índice de sítio ( $\ln S$ ) e com a idade das árvores de eucalipto (Id) (Tabela 6). Observou-se que o volume

de madeira está alta e positivamente correlacionado com a variável área basal ( $p < 0,0001$ ; 99,74%), significando que esta é a variável que melhor expressa o crescimento em volume, seguida pelas variáveis número de árvores e idade de árvores (Tabela 6). Tais resultados já eram esperados, pois, à medida que as árvores crescem em diâmetro, permanecem vivas em número e crescem no tempo, favorecem o desenvolvimento da planta e, conseqüentemente, aumentam o volume de madeira. Isso foi comprovado cientificamente por diversas equações volumétricas desenvolvidas no Brasil para florestas plantadas com espécies de crescimento rápido do gênero *Eucalyptus* (Silva, 1977; Paula Neto et al., 1983; McTague et al., 1989; Guimarães & Leite, 1996; Batista, 1997) e do gênero *Pinus* (Campos, 1970; IFSP, 1974; Couto & Vettorazzo, 1999; Tonini et al., 2001), que se baseiam em variáveis, como o diâmetro da área basal, a altura, o número e a idade das árvores.

Outra variável que se correlaciona significativamente com o volume de madeira é o índice de sítio dos talhões (Tabela 6), significando que a produtividade dos locais pode influenciar na produção de madeira. Quanto maior for o índice de sítio, maior será a potencialidade de determinado local e, conseqüentemente, maior será o volume de madeira, uma vez que o cálculo de tal índice se baseia na altura média das árvores dominantes e codominantes e na idade de referência, sendo utilizado mundialmente para definir a potencialidade de sítios florestais (Batista & Do Couto, 1986; Scolforo, 1992; Selle et al., 1994; Cunha Neto et al., 1996; Gomes et al., 1997; Machado et al., 1997; Schneider et al., 2001; Calegario et al., 2005), por meio da soma de fatores ambientais que podem ser expressos de forma numérica.

TABELA 6. Correlação (Pearson;  $p \leq 0,05$ ) entre as variáveis logaritmo neperiano do volume de madeira (LnV), inverso da idade das árvores de eucalipto (Invt), logaritmo neperiano da área basal de árvores (LnG), logaritmo neperiano do número de árvores (LnN), logaritmo neperiano do sítio (LnS), logaritmo neperiano da densidade de saueiros (LnDs), logaritmo neperiano da área de saueiros (LnAs), referentes a talhões cultivados com eucalipto, na região do Vale do Rio Doce, MG, 2003 a 2006.

Variável	Invt	LnG	LnN	LnS	LnDs	LnAs
LnV	-0,46792 ( $p < 0,0001$ )	0,99747 ( $p < 0,0001$ )	0,68035 ( $p < 0,0001$ )	0,29734 ( $p < 0,0001$ )	-0,07500 ( $p = 0,0990$ )	-0,12974 ( $p = 0,0042$ )
Invt		-0,43150 ( $p < 0,0001$ )	-0,24060 ( $p < 0,0001$ )	-0,00004 ( $p = 0,9993$ )	-0,05807 ( $p = 0,2017$ )	0,01680 ( $p = 0,7122$ )
LnG			0,071221 ( $p = 0,0001$ )	0,26677 ( $p < 0,0001$ )	-0,06895 ( $p = 0,1294$ )	-0,12081 ( $p = 0,0077$ )
LnN				-0,09014 ( $p = 0,0473$ )	-0,02469 ( $p = 0,5875$ )	-0,06112 ( $p = 0,1790$ )
LnS					0,03931 ( $p = 0,3877$ )	-0,00285 ( $p = 0,9501$ )
LnDs						0,94335 ( $p < 0,0001$ )

Foi possível observar que a variável área basal apresenta correlação significativa com a idade das árvores. Essa variável foi a que melhor expressou o crescimento em diâmetro das árvores, seguida pelas variáveis índice de sítio e número de árvores (Tabela 6). Esses resultados evidenciam que tais variáveis influenciam diretamente o desenvolvimento da planta, pois, à medida que as árvores crescem no tempo, em determinado sítio produtivo, permanecendo vivas em número, favorece o desenvolvimento da planta em diâmetro e,

conseqüentemente, aumenta o volume de madeira produzido. Veiga (1976, 1980) afirma que a área basal é um bom representante do potencial produtivo, sendo sensível às condições climáticas, topográficas e edáficas, possuindo vantagens relacionadas à sua facilidade e rapidez de mensuração.

Com relação às variáveis relacionadas às formigas-cortadeiras, ambas apresentaram correlações negativas com o volume de madeira, porém, somente a área de saúveiros apresentou correlações significativas e negativas com o volume de madeira e com a área basal das árvores ( $p \leq 0,05$ ) (Tabela 6). Isso demonstra que as saúvas influenciam negativamente o crescimento em diâmetro das árvores e, conseqüentemente, a produção por meio de desfolhas, à medida que os ninhos crescem em tamanho.

Observou-se que tanto a variável área de saúveiros quanto a variável densidade de saúveiros não apresentaram correlações significativas com as variáveis idade das árvores de eucalipto (Invt), número de árvores (LnN) e índice de sítio (LnS), ou seja, que, a princípio, saúvas não influenciam ou não são influenciadas por essas variáveis.

Foi possível observar que as variáveis densidade (LnDs) e a área de saúveiros (LnAs) estão altamente correlacionadas ( $p < 0,0001$ ; 94,33%) (Tabela 6), demonstrando que, nessa região, a maioria dos ninhos é pequena, com aproximadamente de 1 m<sup>2</sup>. Isso pode ser comprovado por um estudo de Reis (2005) na mesma região, que verificou que 88,9% dos ninhos de saúvas eram menores que 1m<sup>2</sup>. Resultados semelhantes foram encontrados em áreas cultivadas com *Eucalyptus* spp., em João Pinheiro, MG, tendo sido observado que 75,4% dos formigueiros apresentaram área de terra solta com até 1m<sup>2</sup> (Zanetti et al., 2000b). O mesmo foi verificado por Caldeira (2002) em eucaliptais de Bocaiúva, MG, onde 67,3% de saúveiros eram pequenos e menores de 1m<sup>2</sup> de terra solta.

A análise de correlação demonstrou que a área de saueiros foi a melhor variável para estimar a influência negativa dessa praga na produção de eucaliptais, uma vez que, conforme citado anteriormente, tal variável apresentou correlações significativas e negativas com o volume de madeira e com a área basal das árvores, o que justifica a sua inserção no modelo para estimar o volume de madeira por meio de regressão linear. Resultados semelhantes foram encontrados por Hernández et al. (1999), para colônias de *Atta laevigata* em plantios de pinus e por Zanetti et al. (2000a) e Zanetti et al. (2003c), para colônia de *Atta sexdens rubropilosa* em talhões de *Eucalyptus* spp., ao realizarem análises de correlação e de regressão múltipla para estimarem o volume por meio de modelo linear múltiplo.

O ajuste do modelo linear múltiplo  $\hat{LnV} = \beta_0 + \beta_1*(1/Id) + \beta_2*LnG + \beta_3*LnN + \beta_4*LnS + \beta_5*As$  mostrou que o volume de madeira ( $m^3.ha^{-1}$ ) de eucalipto pode ser estimado ( $R^2 = 0,9979$ ;  $p < 0,0005$ ) com base nas variáveis: idade (anos) das árvores de eucalipto, logaritmo neperiano da área basal de árvores (LnG), logaritmo neperiano do número de árvores (LnN), logaritmo neperiano do sítio (LnS) e área de saueiros (As) (Tabela 7).

A regressão confirmou que correlações significativas ( $p < 0,0001$ ) e positivas existem entre o volume de madeira e a área basal de árvores, variável essa que melhor expressou ( $t = 357,46$ ) a estimativa do volume de madeira, seguida pela idade das árvores ( $t = 27,01$ ) e pelo índice de sítio ( $t = 15,87$ ), (Tabela 7). Isso porque, à medida que há aumentos na área basal, na idade e no índice de sítio das árvores, há aumentos no volume de madeira ( $m^3.ha^{-1}$ ).

Por outro lado, a mesma análise permite afirmar que correlações significativas e negativas existem entre a área de saueiros e o volume de madeira (Tabela 7), indicando que as desfolhas provocadas por saúvas reduzem a produção dos eucaliptais. Hernández & Jaffé (1995) encontraram resultados semelhantes na variável densidade de saueiros, ao estimarem a produção

volumétrica de *Pinus caribaea* Mor., na Venezuela. Do mesmo modo, Zanetti et al. (2000a), ao analisarem a produção de madeira em eucaliptais, encontraram resultados semelhantes ao avaliarem a densidade de saueiros por hectare.

TABELA 7. Regressão linear múltipla para a variável dependente logaritmo neperiano volume de madeira de eucalipto ( $m^3 \cdot ha^{-1}$ ), eucalipto na região do Vale do Rio Doce, MG, 2003 a 2006.

Variáveis independentes	Coefficientes	t	P
Intercepto	$2,26502 \pm 0,03370$	67,21	<0,0001
Inverso da idade de árvores (anos)	$-0,33137 \pm 0,0142$	-23,27	<0,0001
Logaritmo neperiano da área basal de árvores ( $m^2 \cdot ha^{-1}$ )	$1,06033 \pm 0,00333$	318,47	<0,0001
Logaritmo neperiano do número de árvores	$-0,04064 \pm 0,00320$	-12,70	<0,0001
Logaritmo neperiano do índice de sítio	$0,10328 \pm 0,00731$	14,13	<0,0001
Área de saueiros ( $m^2 \cdot ha^{-1}$ )	$-0,0003016 \pm 0,00000857$	-3,52	<0,0005

$R^2 = 0,9979$ .

Dessa forma, o modelo linear múltiplo ajustado para estimar o volume de madeira ( $m^3 \cdot ha^{-1}$ ) em função das variáveis independentes citadas anteriormente (Tabela 7) resulta na seguinte equação:

$$\hat{LnV} = 2,26502 - 0,33137 * \frac{1}{Id} + 1,06033 * \hat{LnG} - 0,04064 * LnN + 0,10328 * \hat{LnS} - 0,0003016 * As$$

em que: LnV = logaritmo neperiano do volume de madeira ( $m^3 \cdot ha^{-1}$ ); Id = idade (anos) das árvores de eucalipto; LnG = logaritmo neperiano da área basal das árvores ( $m^2 \cdot ha^{-1}$ ); LnN = logaritmo neperiano do número de árvores; LnS = logaritmo neperiano do índice de sítio; As = área de saueiros ( $m^2 \cdot ha^{-1}$ ).

Quando se atribuíram valores à variável logaritmo neperiano da área de saueiros, mantendo constantes os valores das outras variáveis da equação de produção em volume, verificou-se que a percentagem de redução no volume de madeira para cada incremento unitário na área de saueiros, com área média igual a 24,28  $m^2$  de terra solta por hectare, foi de 0,03%. Isso significa que as formigas-cortadeiras reduzem entre 0,03 a 0,08  $m^3 \cdot ha^{-1}$  a produção de madeira, a depender do sítio cultivado com eucalipto em áreas de Mata Atlântica (Tabela 8). Zanetti et al. (2003c) verificaram que densidades de saueiros de área igual a 2,76  $m^2$  de terra solta por hectare reduz em 0,87% o volume de madeira de *Eucalyptus* spp. em plantios comerciais no Cerrado de João Pinheiro, MG. Hernández & Jaffé (1995) concluíram que densidades superiores que 30 saueiros por hectares de *Atta laevigata*, em plantios de *Pinus caribaea* nas Savanas da Venezuela, podem reduzir em mais de 50% a produção de madeira por hectare.

Dessa forma, pode-se inferir que, em regiões do cerrado de João Pinheiro, que possuem menor área de saueiro por hectare, ocorrem perdas diferentes de madeira (0,87%) do que em regiões que possuem maior área de saueiros por hectare, como nas regiões de Mata Atlântica (0,03%). Essas diferenças de percentagem, bem como aquelas observadas referentes à redução de volume de madeira (Tabela 8), causadas pelo ataque de formigas-cortadeiras, podem ser explicadas devido às diferenças existentes entre cada unidade de

produção e de seus fatores interferentes, como, por exemplo, o potencial de produção (índice de sítio) de cada área, a área e a densidade de formigas-cortadeiras presentes, o clima, a resistência das plantas ao corte, etc.

TABELA 8. Redução no volume de madeira ( $m^3.ha^{-1}$ ) causada por formigas-cortadeiras em sítios de eucaliptais, na região do Vale do Rio Doce, MG, 2003 a 2006, em que: Id = idade de corte das árvores de eucalipto (anos); G = área basal das árvores ( $m^2.ha^{-1}$ ); S = Índice de sítio; N = número de árvores; P = perda no volume de madeira ( $m^3.ha^{-1}$ ).

Id (anos)	N*	$\hat{G}$ ( $m^2.ha^{-1}$ )	S	P ( $m^3.ha^{-1}$ )
7	992	9,21	15	0,03
7	1339	12,60	20	0,04
7	1339	16,75	25	0,06
7	992	20,15	30	0,07
7	1211	22,44	35	0,08

\*Valores médios estimados na região.

#### 4.4 Estimativa do nível de dano econômico por sítio de produção

As equações que permitiram estimar o nível de dano econômico (NDE) para formigas em cada sítio estão apresentadas a seguir:

$$\hat{LnG} = -5,42961 - 1,32627 * \frac{1}{Id} + 1,07106 * \hat{LnS} + 0,72127 * LnN$$

$$\hat{LnV} = 2,26502 - 0,33137 * \frac{1}{Id} + 1,06033 * \hat{LnG} - 0,04064 * LnN + 0,10328 * \hat{LnS} - 0,0003016 * As$$

em que: LnV = logaritmo neperiano do volume de madeira (m<sup>3</sup>.ha<sup>-1</sup>); Id = idade (anos) das árvores de eucalipto; LnG = logaritmo neperiano da área basal das árvores (m<sup>2</sup>.ha<sup>-1</sup>); LnN = logaritmo neperiano do número de árvores; LnS = logaritmo neperiano do índice de sítio; As = área de saueiros (m<sup>2</sup>.ha<sup>-1</sup>).

Verificou-se que o NDE variou entre 35,54 e 99,64 m<sup>2</sup>.ha<sup>-1</sup>, para os sítios 35 e 15, respectivamente (Tabela 9). Observou-se também que os valores de NDE diminuem conforme aumenta a qualidade do sítio, pois sítios de melhor qualidade produzem mais madeira; portanto, menor será a área de saueiros permitida nesses locais. Assim, quanto maior for o índice de sítio dos talhões cultivados com eucalipto, menor será o nível de dano econômico para a área de saúvas (m<sup>2</sup>.ha<sup>-1</sup>).

Esses valores de NDE foram superiores aos encontrados por Zanetti et al. (2003c) para áreas cultivadas com eucalipto no cerrado de Minas Gerais (7,02 m<sup>2</sup>.ha<sup>-1</sup>). Isto ocorreu, provavelmente, devido ao fato de que plantas cultivadas na região de cerrado respondem mais sensivelmente ao ataque de formigas-cortadeiras do que na região de Mata Atlântica, onde, possivelmente, as condições locais favorecem maior vigor da planta. Nessa última região observou-se redução de 0,03% na produção de eucalipto, a cada incremento unitário na área de saueiros por hectare, enquanto que, no Cerrado, esse valor é igual a 0,87% (Zanetti et al., 2003c).

TABELA 9. Nível de dano econômico de formigas-cortadeiras em sítios de eucaliptais, na região do Vale do Rio Doce, MG, 2003 a 2006, em que: Id = idade de corte das árvores de eucalipto (anos); G = área basal das árvores ( $m^2 \cdot ha^{-1}$ ); S = Índice de sítio; N = número de árvores; NDE = nível de dano econômico (área de terra solta;  $m^2 \cdot ha^{-1}$ ).

Id (anos)	N*	$\hat{G}$ ( $m^2 \cdot ha^{-1}$ ) <sup>1</sup>	S	NDE ( $m^2 \cdot ha^{-1}$ ) <sup>#</sup>
7	992	9,21	15	99,64
7	1339	12,60	20	70,20
7	1339	16,75	25	50,31
7	992	20,15	30	40,26
7	1211	22,44	35	35,54

\*Valores médios estimados na região;

<sup>#</sup>Área total de terra solta de saueiros, que provoca um prejuízo de valor igual ao custo de controle dessa praga (R\$ 71,44/ha), considerando um valor de mercado da madeira em pé na região de R\$ 25,00/m<sup>3</sup> (Fonte: CENIBRA).

## 5 CONCLUSÕES

O estudo permite concluir que:

- regiões de maior altitude possuem menor área total e densidade de formigas-cortadeiras do que regiões de menor altitude em florestas de eucalipto;
- não há variação na área total e na densidade de formigueiros por ano de monitoramento;
- talhões cultivados com *Eucalyptus grandis* possuem área total e densidades de formigas-cortadeiras menores que as dos talhões cultivados com híbridos de eucalipto;
- o aumento da área total de ninhos de saúvas reduz o volume de madeira de eucalipto;
- os valores de nível de dano econômico (NDE) para formigas-cortadeiras diminuem com o aumento da qualidade dos sítios de produção em eucaliptais;
- os valores de NDE para sítios de qualidade 15, 20, 25, 30 e 35 são iguais a  $99,64 \text{ m}^2.\text{ha}^{-1}$ ,  $70,20 \text{ m}^2.\text{ha}^{-1}$ ,  $50,31 \text{ m}^2.\text{ha}^{-1}$ ,  $40,26 \text{ m}^2.\text{ha}^{-1}$  e  $35,54 \text{ m}^2.\text{ha}^{-1}$ , respectivamente, na região estudada.

## 6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANUÁRIO DA AGRICULTURA BRASILEIRA. **Floresta**. São Paulo: Prol Editora Gráfica, 2008. p. 417-419.

AMANTE, E. Prejuízos causados pela formiga saúva em plantações de *Eucalyptus* e *Pinus* no Estado de São Paulo. **Silvicultura**, São Paulo, v. 6, p. 355-363, 1967.

ANJOS, N.; MOREIRA, D.D.O.; DELLA LUCIA, T.M.C. Manejo integrado de formigas cortadeiras em reflorestamentos. In: DELLA LUCIA, T. M. C. (Ed.). **As formigas cortadeiras**. Viçosa: UFV/Imprensa Universitária, 1993. p. 212-241.

ANJOS, N. **Taxonomia, ciclo de vida e dinâmica populacional de *Costalimaita ferruginea* (Fabr., 1801) (Coleoptera: Chrysomelidae), praga de *Eucalyptus* spp.** 1992. 165 p. Tese (Doutorado em Entomologia) – Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba.

BATISTA, J. L. F.; DO COUTO, H.T.Z. Escolha de modelos matemáticos para a construção de curvas de índice de sítio para florestas implantadas de *Eucalyptus* sp. no Estado de São Paulo. **Revista IPEF**, Piracicaba, v. 32, p. 25-32, abr. 1986.

BATISTA, J. L. F. **Modelos biométricos visando a prognose da produção de florestas plantadas de *Eucalyptus grandis* e *Eucalyptus saligna* : fase 2- equações volumétricas** : relatório técnico apresentado a Eucatex, Salto, SP. Piracicaba: IPEF/ESALQ - USP, 1997. 33 p.

BENTO, J. M. S. **Condições climáticas para vôo nupcial e reconhecimento dos indivíduos em *Atta sexdens rubropilosa* (Hymenoptera: Formicidae)**. 1993. 98 p. Dissertação (Mestrado em Entomologia) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa.

BENTO, J. M. S.; DELLA LUCIA, T. M. C.; MUCHOVEJ, R. M. C.; VILELA, E. F. Influência da composição química e da população microbiana de diferentes horizontes do solo no estabelecimento de saúveiros iniciais de *Atta laevigata* (Hymenoptera: Formicidae) em laboratório. **Anais da Sociedade Entomológica do Brasil**, Londrina, v. 20, p. 307-315, 1991.

BERTI FILHO, E.; KRUGNER, T. S. Manejo integrado de pragas e doenças em povoamentos de *Eucalyptus* no Brasil. **Silvicultura**, v. 21, n. 41, p. 41-43, 1986.

BURKHART, H. E.; TENNENT, R. B. Site index equations for radiata pine in New Zealand. **New Zealand Journal Forestry Science**, Bethesda, n. 7, p. 408-416, 1977.

BUZZI, Z. J.; MIYAZAKI, R.D. **Entomologia didática**. 4. ed. Curitiba: UFPR, 2002. 347 p.

CALDEIRA, M. A. **Planos de amostragem de saueiros em eucaliptais**. 2002. 39 p. Dissertação (Mestrado em Entomologia) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG.

CALEGARIO, N.; DANIELS, R. F.; MAESTRIA, R.; NEIVA, R. Modeling dominant height growth based on nonlinear mixed-effects model: a clonal *Eucalyptus* plantation case study. **Forest Ecology and Management**, Amsterdam, v. 204, n. 1, p. 11-20, Jan. 2005.

CAMPOS, J. **Estudo sobre índice de sítio e tabelas de volume e produção para *Pinus elliottii* no Estado de São Paulo, Brasil**. 1970. 82 p. Dissertação (Mestrado em Ciências Agrícolas) - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba.

CANDY, S. G.; ELLIOTT, H. J.; BASHFORD, R.; GREENER, A. Modeling the impact of defoliation by the beetle leaf, *Chrysophtharta bimaculata*, on height growth of *Eucalyptus regnans*. **Forest Ecology and Management**, Amsterdam, v. 54, n. 1/4, p. 69-87, Nov. 1992.

CANTARELLI, E. B.; COSTA, E. C.; PEZZUTTI, R.; OLIVEIRA, L. S. Quantificação das perdas no desenvolvimento de *Pinus taeda* após o ataque de formigas cortadeiras. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 18, n. 1, p. 39-45, jan./mar. 2008.

CEULEMANS, R. J.; SAUGIER, B. Photosynthesis. In: RAGHAVENDRA, A. S. (Ed.). **Physiology of trees**. New York: J. Wiley, 1991. p. 21-50.

CLUTTER, J.; FORTSON, J.; PIENNAR, L.; BRISTER, G. BAILEY, R. **Timber management : a quantitative approach**. New York: J. Wiley, 1983. 333 p.

COUTO, H. T. Z; VETTORAZZO, S. Seleção de equações de volume e peso seco comercial para *Pinus taeda*. **Cerne**, Lavras, v. 5, n. 1, p. 69-80, 1999.

CROCOMO, W. B. O que é o manejo de pragas. In: CROCOMO, W. B. (Org.). **Manejo integrado de pragas**. Botucatu: UNESP/CETESB, 1990. p. 9-35.

CRUZ, A. P. **Níveis de dano econômico e fatores que favorecem o aumento de lepidópteros-praga, associados a eucalipto na Jari Celulose S.A.** 1997. 67 p. Dissertação (Mestrado em Entomologia) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa.

CUNHA NETO, F. R. da; SCOLFORO, J. R. .; OLIVEIRA, A. D. de; CALEGÁRIO, N.; KANEGAE JÚNIOR, H. Uso da diferença algébrica para construção de curvas de índice de sítio para *Eucalyptus grandis* e *Eucalyptus urophylla* na região de Luiz Antonio - SP. **Cerne**, Lavras, v. 2, n. 2, p. 40-43, 1996.

DELLA LUCIA, T. M. C.; ARAÚJO, M. S. Fundação e estabelecimento de formigueiros. In: DELLA LUCIA, T. M. C. (Ed.). **As formigas cortadeiras**. Viçosa: UFV/Imprensa Universitária, 1993. p. 60-83.

DELLA LUCIA, T. M. C.; FOWLER, H. G., MOREIRA, D. D.O. Espécies de formigas cortadeiras no Brasil. In: DELLA LUCIA, T. M.C. (Ed.). **As formigas cortadeiras**. Viçosa: Folha de Viçosa, 1993. p. 26-30.

DELLA LUCIA, T. M. C.; OLIVEIRA, M. A. Forrageamento. In: DELLA LUCIA, T. M. C. (Ed.). **As formigas cortadeiras**. Viçosa: UFV/Imprensa Universitária, 1993. p. 84-105.

DELLA LUCIA, T. M. C.; VILELA, E. F. Métodos atuais de controle e perspectivas. In: DELLA LUCIA, T.M.C. (Ed.). **As formigas cortadeiras**. Viçosa: UFV/Imprensa Universitária, 1993. p. 163-190.

DICKSON, R. E. Assimilate distribution and storage. In: RAGHAVENDRA, A. S. **Physiology of trees**. Hyderabad: J. Wiley, 1991. p. 51-85.

DIEHL-FLEIG, E.; ROCHA, E. S. Escolha de solo por fêmeas de *Acromyrmex striatus* (Roger) (Hymenoptera: Formicidae) para construção do ninho. **Anais da Sociedade Entomológica do Brasil**, Londrina, v. 27, n. 1, p. 41-45, mar. 1998.

ELLIOTT, H. J.; BASHFORD, R.; GREENER, A.; CANDY, S. T. Integrated pest management of the Tasmanian *Eucalyptus* leaf beetle, *Chrysophtharta bimaculada* (Oliver) (Coleoptera: Chrysomelidae). **Forest Ecology and Management**, Amsterdam, v. 53, n. 1/4, p. 29-38, Oct.1992.

FORD, E. D. The dynamics of plantation growth. In: BOWEN, G.D. ; NAMBIAR, E. K. S. (Ed.). **Nutrition of plantations forests**. London: Academic, 1984. p. 17-52.

FORTI, L. C.; ANDRADE, A. P. P.; RAMOS, V. M. Biologia e comportamento de *Atta sexdens rubropilosa* (Hymenoptera: Formicidae) : implicações no seu controle. **Série Técnica IPEF**, v. 13, n. 33, p. 103-114, 2000.

FORTI, L. C. **Relação entre plantas atacadas e a saúva *Atta sexdens rubropilosa* (Formicidae: Hymenoptera)**. Piracicaba: ESALQ, 1985. p. 11-13. (Boletim do GTFG, 2).

FREITAS, S.; BERTI FILHO, E. Efeito do desfolhamento no crescimento de *Eucalyptus grandis* Hill Ex. Maiden (Myrtaceae). **Revista IPEF**, Piracicaba, v. 47, p. 36-43, maio 1994.

FREITAS, S. **Efeito do desfolhamento na produção de *Eucalyptus grandis* Hill ex Maiden (Myrtaceae) visando avaliar os danos causados por insetos desfolhadores**. 1988. 99 p. Dissertação (Mestrado em Entomologia) - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba.

GALLO, D.; NAKANO, O.; SILVEIRA NETO, S.; CARVALHO, R. P. L.; BATISTA, G. C.; BERTI FILHO, E.; PARRA, J. R. P.; ZUCCHI, R. A.; ALVES, S. B.; VENDRAMIM, J. D.; MARCHINI, L. C.; LOPES, J. R. S.; OMOTO, C. **Entomologia agrícola**. Piracicaba: FEALQ, 2002. 920 p.

GOMES, F. S.; MAESTRI, R.; SANQUETTA, C. R. Avaliação da produção em volume total e sortimento em povoamentos de *Pinus taeda* L. submetidos a diferentes condições de espaçamento inicial e sítio. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 7, n. 1, p. 101-126, 1997.

GRANDEZA, L. A. O.; MORAES, J. C.; ZANETTI, R. Estimativa de crescimento externo de ninhos de *Atta sexdens rubropilosa* Forel, 1908 e de *Atta laevigata* (F. Smith, 1858) (Hymenoptera: Formicidae) em áreas de reflorestamento com eucalipto. **Anais da Sociedade Entomológica do Brasil**, Londrina, v. 28, n. 1, p. 59-64, mar. 1999.

GUEDES, R. N.C.; ZANUNCIO, T. V.; ZANUNCIO, J. C.; MEDEIROS, A. G. B. Species richness and fluctuation of defoliator Lepidoptera populations in brazilian plantations of *Eucalyptus grandis* as affected by plant age and weather factors. **Forest Ecology and Management**, Amsterdam, v. 137, n. 1/3, p. 179-184, Oct. 2000.

GUIMARÃES, D.; LEITE, H.G. Influência no número de árvore na determinação de equação volumétrica para *Eucalyptus grandis*. **Scientia Forestalis**, Piracicaba, n. 50, p. 37-42, dez. 1996.

HEICHEL, G. H.; TURNER, N. C. Phenology and leaf growth of defoliated hardwood trees. In: ANDERSON, J. F.; KAYA, H. K. **Perspective in forest entomology**. New York: Academic, 1976. p.31-40.

HERNÁNDEZ, J. V.; JAFFÉ, K. Dano econômico causado por populações de formigas *Atta laevigata* (F. Smith) em plantações de *Pinus caribaea* Mor. e elementos para o manejo da praga. **Anais da Sociedade Entomológica do Brasil**, Londrina, v. 24, n. 2, p. 287-298, ago. 1995.

HERNÁNDEZ, J. V.; RAMOS, C.; BORJAS, M.; JAFFÉ, K. Growth of *Atta laevigata* (Hymenoptera: Formicidae) nests in pine plantations. **Florida Entomologist**, v. 82, n. 1, p. 97-107, mar. 1999.

HÖLLDOBLER, B.; WILSON, E. O. **The ants**. Cambridge: Harvard University, 1990. 733 p.

INSTITUTO FLORESTAL DE SÃO PAULO. **Tabelas de volume para algumas espécies do gênero *Pinus***. 1974. p. 15 (Boletim Técnico do Instituto Florestal, 12).

KOGAN, M. Integrated pest management : historical and contemporary developments. **Annual Review of Entomology**, E.U. A., v. 43, p. 243-270, 1998.

KRAMER, P. J.; KOZLOWSKI, T. T. **Fisiologia de árvores**. Lisboa: Fundação Calouste Gulbenkian, 1960. 745 p.

KULMAN, H. M. Effect of insect defoliation on growth and mortality of trees. **Annual Review of Entomology**, v. 16, p. 289-324, 1971.

- LAAR, A. van. Biomass parameters in studies of the effect of site and silviculture on production. In: INTERNATIONAL UNION OF FOREST RESEARCH ORGANIZATIONS WORLD CONGRESS, 17., 1981, Kyoto. **Anais...** Kyoto: IUFRO, 1981. p. 120-124.
- LITTLEDEYKE, M.; CHERRETT, J. M. Variability in the selection of substrate by the leaf-cutting ants *Atta cephalotes* (L.) and *Acromyrmex octospinosus* (Reich) (Formicidae, Attini). **Bulletin of Entomological Research**, Farnham Royal, v. 65, n. 1, p. 33-47, Mar. 1975.
- MACHADO, S. A. OLIVEIRA, E. B. de; CARPANEZZI, A. A.; BARTOSZECK, A. C. P. S. Classificação de sítio para bracatingais na região metropolitana de Curitiba. **Boletim de Pesquisa Florestal**, Colombo, n. 35, p. 21-37, jul./dez. 1997.
- MAJER, J. D. Ants : bio-Indicators of minesite rehabilitation, land-use, and land conservation. **Environmental Management**, v. 7, p. 375-383, 1983.
- MATRANGOLO, C. A. R. **Efeito do desfolhamento no crescimento de mudas de *Eucalyptus grandis* e forrageamento de *Trachymyrmex* sp. (Formicidae: Attini)**. 1998. 70 p. Dissertação (mestrado em Entomologia) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa.
- MCLEAN, J. A. IPM in the forests of British Columbia, Canada. **Forest Ecology and Management**, Amsterdam, v. 65, n. 1, p. 3-9, May 1994.
- MCTAGUE, J. P.; BATISTA, J. L. F.; STEIN, L. Equações de volume total, volume comercial e forma do tronco para plantações de *Eucalyptus* no Estado de São Paulo e Rio de Janeiro. **Revista IPEF**, Piracicaba, n. 41/42, p. 56-63, jan./dez.1989.
- MENDES, J. E. P. **Nível de dano e impacto do desfolhamento por *Costalimaita ferruginea* (Fabr.) (Coleoptera: Chrysomelidae) em *Eucalyptus grandis* Hill ex Maiden**. 1999. 99 p. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa.
- OLIVEIRA, A. C. de; BARCELOS, J. A. V., MORAES, E. J. de; FREITAS, G .D. de. Um estudo de caso: o sistema de monitoramento e controle de formigas cortadeiras na Mannesmann Fi-EL Florestal Ltda. In: DELLA LUCIA, T. M. C. (Ed.). **As formigas cortadeiras**. Viçosa: UFV/Imprensa Universitária, 1993. p. 242-255.

- OLIVEIRA, M. A. **Identificação de formigas cortadeiras e efeito do desfolhamento simulado em plantios de *Eucalyptus grandis***. 1996. 61 p. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa.
- OLIVEIRA, Y. M. M. DE; OLIVEIRA, E. B. de; HAFLEY, W. L. Classificação de sítio para povoamentos de *Pinus taeda* no sul do Brasil. In: CONGRESSO FLORESTAL BRASILEIRO, 6., 1990, Campos do Jordão. **Anais...**Campos do Jordão: SBS, 1990. p. 357-361.
- PACHECO, P.; BERTI FILHO, E.; COUTO, H. T. Z. Correlações de determinadas características ambientais com o número de colônias dos gêneros *Acromyrmex*, *Atta* e *Sericomyrmex* (Hymenoptera: Formicidae). In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENTOMOLOGIA, 14., 1993, Piracicaba. **Resumos...** Piracicaba: SEB, 1993. p. 694.
- PANIZZI, A. R.; PARRA, J. R. P. A ecologia nutricional e o manejo integrado de pragas. In: \_\_\_\_\_. ; \_\_\_\_\_. **Ecologia nutricional de insetos suas implicações no manejo de pragas**. São Paulo: Manole, 1991. p. 313-329.
- PAULA NETO, F.; SOUZA, A. L.; QUINTAES, P. C. G.; SOARES, V. P. Análise de equações volumétricas para *Eucalyptus* spp., segundo o método de regeneração na região de José de Melo, MG. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 7, n. 1, p. 56-70, 1983.
- PEDIGO, L. P. **Entomology and pest management**. New York: MacMillan, 1989. 646 p.
- PÉLICO NETTO, S.; BRENA, D. A. **Inventário florestal**. Curitiba: UFPR, 1997. 316 p.
- PEREIRA, A. J. **Emprego do método de Bitterlich em inventários florestais e em modelagem de crescimento e produção**. 2002. 56 p. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa.
- RAYMOND, C. A. Genetic variation in *Eucalyptus regnans* and *Eucalyptus nitens* for levels of observed defoliation caused by the *Eucalyptus* leaf beetle, *Chrysophtharta bimaculada* (Oliver), in Tasmania. **Forest Ecology and Management**, Amsterdam, v. 72, n. 1, p. 21-29, Mar. 1995.

REIS, M. A. **Estudo de métodos aleatório e de distâncias para amostragem de formigas cortadeiras em eucaliptais**. 2005. 55 p. Dissertação (Mestrado em Entomologia) – Universidade Federal de Lavras. 2005.

REZENDE, J.L. P.; LIMA JÚNIOR, V. B.; SILVA, M. L. O setor florestal brasileiro. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v. 18, n. 185, p. 7-14, 1996.

RIOS, N. A. **Amostragem com igual probabilidade de seleção e amostragem com probabilidade proporcional ao tamanho, em plantações de eucaliptos, Minas Gerais**. 1993. 154 p. Dissertação (Mestrado em Ciência Florestal) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa.

SCHNEIDER, P. R.; FLEIG, F. D.; FINGER, C. A. G.; SPATHELF, P. Produção de madeira e casca verde por índice de sítio e espaçamento inicial de Acácia-Negra *Acacia mearnsii* De Wild). **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 11, n. 1, p. 151-165, 2001.

SCHUMACHER, F.; HALL, F. Logarithmic expression of timber-tree volume. **Journal of Agricultural Research**, v. 47, n. 9, p. 719-734, 1933.

SCOLFORO, J. R. Curvas de índice de sítio para *Pinus caribaea* var. *hondurensis*. Revista **IPEF**, Piracicaba, n. 45, p. 40-47, jan./dez.1992.

SCOLFORO, J. R. S.; MACHADO, S. A. Curvas de índice de sítio para plantações de *Pinus taeda* nos estados do Paraná e Santa Catarina. **Revista Floresta**, Curitiba, v. 8, n. 1/2, p. 59-173, 1988.

SELLE, G. L.; SCHNEIDER, P. R.; FINGER, C. A.G. Classificação de sítio para *Pinus taeda* L., através da altura dominante, para a região de Cambará do Sul, RS, Brasil. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 4, n. 1, p. 77-95, 1994.

SHEPHERD, R.F. Management strategies for forest defoliators in British Columbia. **Forest Ecology and Management**, Amsterdam, v. 68, n. 2/3, p. 303-324, Oct. 1994.

SILVA, J. **Análise de equações volumétricas para construção de tabelas de volume comercial para *Eucalyptus*, segundo a espécie, região e método de regeneração**. 1977. 93 p. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa.

SILVA, M. A. **Simulação do ataque de formigas cortadeiras e seus efeitos no crescimento inicial de *Eucalyptus grandis***. 1998. 66 p. Dissertação (Mestrado em Entomologia) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa.

SOUZA-SILVA, A. **Efeitos do extrato pirolenhoso sobre *Atta sexdens rubropilosa* Forel, 1908 (Hymenoptera: Formicidae), *Syntermes molestus* (Burmeister, 1839) (Isoptera: Termitidae) e mudas de eucalipto**. 2003. 68 p. Dissertação (Mestrado em Agronomia/Entomologia) – Universidade Federal de Lavras, Lavras.

SPURR, S. H. **Forest inventory**. New York: The Ronald, 1952. 476 p.

STATISTICAL ANALYSIS SYSTEM. **Software SAS** : version 9.1.3. Cary, NC, 2004. 1 CD.

STOUT, B. B.; SHUMWAY, D. L. Site quality estimation using height and diameter. **Forest Science**, Washington, v. 28, n. 3, p. 639-645, 1982.

TEIXEIRA, U. R.; BONETTI FILHO, R.Z.; REZENDE, A. M. P. de. Software para gerenciamento do manejo de formigas cortadeiras. In: CONGRESSO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA DA UFLA, 16.; SEMINÁRIO DE AVALIAÇÃO DO PIBIC/CNPQ, 11.; SEMINÁRIO DE AVALIAÇÃO DO PIBIC/CNPQ, 6.; SEMINÁRIO DE AVALIAÇÃO DO PBICT/FAPEMIG, 6., 2003, Lavras, MG. **Resumos....** Lavras: UFLA, 2003. p. 271.

TONINI, H.; FINGER, C. A. G.; SCHNEIDER, P. R.; SPATHELF, P. Crescimento em altura de *Pinus elliottii* Engelm., na região de Piratini no Rio Grande do Sul, Brasil. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 31, n. 3, p. 417-423, maio/jun. 2001.

VEIGA, A. A. A determinação do "site". **A semente**, São Paulo, v. 6, p. 5-6, 1976.

VEIGA, A. A. Proposição para trabalhos de campo na determinação de "site" em povoamentos naturais dissetâneos. **Silvicultura em São Paulo**, São Paulo, v. 16A, p. 1142-20, 1980.

VENDRAMIM, J. D.; SILVEIRA NETO, S.; CERIGNONI, J.A. Não-preferência de *Atta sexdens rubropilosa* Forel (Hymenoptera: Formicidae) por espécies de *Eucalyptus*. **Ecossistema**, v. 20, n. 1, p. 87-92, 1995.

ZANETTI, R.; CARVALHO, G.A.; SANTOS, A.; SOUZA-SILVA, A.;  
GODOY, M. S. **Manejo integrado de formigas cortadeiras**. Lavras: UFLA,  
2002. 16 p.

ZANETTI, R; JAFFÉ, K.; VILELA, E. F.; ZANUNCIO, J. C.; LEITE, H. G.  
Efeito da densidade e do tamanho de saueiros sobre a produção de madeira em  
eucaliptais. **Anais da Sociedade Entomológica do Brasil**, v. 29, p. 105-112,  
mar. 2000a.

ZANETTI, R; VILELA, E. F.; ZANUNCIO, J. C.; LEITE, H. G; FREITAS, G.  
D. Influência da espécie cultivada e da vegetação nativa circundante na  
densidade de saueiros em eucaliptais. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**,  
Brasília, v. 35, n. 10, p. 1911-1918, out. 2000b.

ZANETTI, R; ZANUNCIO, J. C.; MAYHÉ-NUNES, A. J.; MEDEIROS, A. G.  
B.; SOUZA-SILVA, A. Combate sistemático de formigas-cortadeiras com iscas  
granuladas, em eucaliptais com cultivo mínimo. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 27,  
n. 3, p. 387-392, maio/jun. 2003a.

ZANETTI, R; ZANUNCIO, J. C.; SOUZA-SILVA, A.; ABREU, L.G. de.  
Eficiência de isca formicida aplicada sobre o monte de terra solta de ninhos de  
*Atta sexdens rubropilosa* (Hymenoptera: Formicidae). **Revista Árvore**, Viçosa,  
v. 27, n. 3, p. 407-410, maio/jun. 2003b.

ZANETTI, R; ZANUNCIO, J. C.; VILELA, E.F.; LEITE, H. G; DELLA  
LUCIA, T. M.C.; COUTO, L. Efeito da espécie de eucalipto e da vegetação  
nativa circundante sobre o custo de combate a saueiros em eucaliptais. **Revista  
Árvore**, Viçosa, v. 23, n. 3, p. 321-325, 1999.

ZANETTI, R.; ZANUNCIO, J. C.; VILELA, E. F.; LEITE, H. G .; JAFFÉ, K.;  
OLIVEIRA, A. C. Level of economic damage for leaf-cutting ants  
(Hymenoptera: Formicidae) in *Eucalyptus* plantations in Brazil. **Sociobiology**,  
Chico California, v. 42, n. 2, p. 433-44, 2003c.

ZANUNCIO, J. C.; LOPES, E. T.; ZANETTI, R.; PRATISSOLI, D.; COUTO,  
L. Spatial distribution of nests of the leaf cutting ant *Atta sexdens rubropilosa*  
(Hymenoptera: Formicidae) in plantations of *Eucalyptus urophylla* in Brazil.  
**Sociobiology**, Chico Califórnia, v. 39, n. 2, p. 231-242, 2002.