



WILLIAN LUCAS PAIVA DA SILVA

**COMO A DESFOLHA CAUSADA POR *Atta spp.*
(HYMENOPTERA: FORMICIDAE) AFETA AS VARIÁVEIS
DENDROMÉTRICAS DE EUCALIPTO EM BIOMAS E SÍTIOS
DE PRODUTIVIDADE?**

LAVRAS – MG

2018

WILLIAN LUCAS PAIVA DA SILVA

**COMO A DESFOLHA CAUSADA POR *Atta spp.* (HYMENOPTERA:
FORMICIDAE) AFETA AS VARIÁVEIS DENDROMÉTRICAS DE EUCALIPTO EM
BIOMAS E SÍTIOS DE PRODUTIVIDADE?**

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

Dr. Ronald Zanetti Bonetti Filho

Orientador

Dr. Alexandre dos Santos

Co-orientador

LAVRAS – MG

2018

Ficha catalográfica elaborada pelo Sistema de Geração de Ficha Catalográfica da Biblioteca
Universitária da UFLA, com dados informados pelo(a) próprio(a) autor(a).

Silva, Willian Lucas Paiva da.

Como a desfolha causada por *Atta spp.* (Hymenoptera:
Formicidae) afeta as variáveis dendrométricas de eucalipto
em biomas e sítios de produtividade? / Willian Lucas Paiva da
Silva. - 2018.

58 p. : il.

Orientador(a): Ronald Zanetti.

Coorientador(a): Alexandre Dos Santos.

Tese (doutorado) - Universidade Federal de Lavras, 2018.

Bibliografia.

1. Crescimento. 2. Eucalipto. 3. Formigas cortadeiras. I.
Zanetti, Ronald. II. Dos Santos, Alexandre. III. Título.

WILLIAN LUCAS PAIVA DA SILVA

**COMO A DESFOLHA CAUSADA POR *Atta spp.* (HYMENOPTERA: FORMICIDAE)
AFETA AS VARIÁVEIS DENDROMÉTRICAS DE EUCALIPTO EM BIOMAS E
SÍTIOS DE PRODUTIVIDADE?**

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

APROVADA em 22 de março de 2018.

Dr. Ronald Zanetti.....UFLA
Dr. Geraldo Andrade Carvalho...UFLA
Dr. Stephan Malfitano Carvalho..UFLA
Dr. Natalino Calegario.....UFLA
Dr. Otávio Camargo Campoe.....UFSC

Dr. Ronald Zanetti Bonetti Filho

Orientador

Dr. Alexandre dos Santos

Co-orientador

LAVRAS – MG

2018

*Aos meus pais, Maria José de Oliveira Paiva e Benedito Luiz da Silva
As minhas irmãs, Karen e Giselly*

DEDICO

AGRADECIMENTOS

A DEUS por me fazer entender que a vida é uma breve passagem, cujo objetivo principal é a expansão da consciência e evolução como pessoa e espírito.

Aos meus pais Maria José de Oliveira Paiva e Benedito Luiz da Silva, por todo amor, incentivo, e por sempre mostrarem a importância da educação e da simplicidade na formação do ser humano.

As minhas irmãs, Karen e Giselly, pelo convívio em família, amor e incentivo.

À Universidade Federal de Lavras (UFLA) pela estrutura e oportunidade de crescimento profissional e pessoal. Foram 11 anos de convivência com professores e colegas fantásticos, que foram extremamente importantes para formação da minha personalidade.

Ao departamento de entomologia DEN-UFLA pelo estrutura cedida para realização dos diversos trabalhos acadêmicos.

Ao projeto Bioecologia e as empresas Vallourec, Veracel, Gerdau, Storaenso, Cenibra e Suzano, que permitiram a realização deste trabalho, com toda assistência e investimentos necessários.

A CAPES pela concessão de bolsa durante o meu mestrado e doutorado.

Ao professor Ronald Zanetti pelos quase 10 anos de orientação, pelos ensinamentos, pela paciência, pelo exemplo de postura como professor, como profissional e ser humano.

Ao meu coorientador Prof. Alexandre dos Santos pela ajuda nas análises estatísticas, pela disponibilidade e principalmente pelo convívio nestes anos todos. A Isabel Lima pela ajuda nas análises e disponibilidade.

Aos colegas Hernani e Pedro Braga pelas coletas de campo e momentos agradáveis. A Ana Clara pela ajuda nas coletas de dados, pela amizade e conversas.

Aos demais professores do departamento de entomologia, em especial os professores Luís Cláudio, Geraldo Andrade, Brígida Sousa e Cesar Freire, pelas conversas, ensinamentos e momentos agradáveis.

Aos funcionários do departamento de entomologia, Lisiane, Isabel, Julinho e Luana.

A Dona Irene pelo imenso respeito, carinho e orações em quase 10 anos de convivência.

A Eliana Andrade (Léia), pela ajuda nos trabalhos, pelas galinhadas, pela assistência em todos os momentos, pela amizade e todo amor compartilhado.

Aos meus colegas de doutorado, Roberta, Sandra, Ivana e Rodrigo. Aos meus colegas de departamento Fernanda Soares e Paulo Henrique Sabino.

Aos meus colegas de laboratório Alexandre Arnhold, Jessica, Júlia, Julius, Kênia, Carlos, Gustavo, Paulinha e Bruno.

Ao amigo e colega João Pedro pela amizade, energia positiva e vários momentos de conversas profundas.

A Caroline abreu pela amizade, viagens, coletas, conversas, e consideração.

A Danielle Braga pela ajuda, pelas conversas, pela amizade e toda consideração.

Ao colega Alexandre Roger (Chimbinha) pela ajuda, conversas e diversos momentos agradáveis.

A colega Thayane pela convivência no laboratório, por sempre estar disponível a ajudar, pelo exemplo de simplicidade e humildade.

A Phanni pela amizade, pela luz, e por ter compartilhado comigo momentos fantásticos nos quase 10 anos de laboratório, e certamente muitos outros que virão.

As amigas de departamento Val, DeJane e Amanda Fialho pelo incentivo e exemplo como profissionais.

Aos amigos Jonata, Mateus, Gabriel e Camila pela amizade e todo incentivo nestes anos todos de UFLA. Certamente as pessoas que compartilharam os momentos mais agradáveis neste período de formação, e que vou compartilhar muitos outros no decorrer da minha vida.

Aos amigos e frequentadores da “República GR” Rafaela, Larissa, Diogo, e Neilton pelos momentos de confraternização, pela ajuda e conversas.

Aos colegas de apartamento Lucas Bragança e Isaac, pela boa convivência e ajuda.

Aos meus familiares, Cândida, Eugenio, Luiz Paiva, Aurea, Ana, Edilson, e meus primos, pelo incentivo e momentos em família.

A todos, muito obrigado!

RESUMO

Os plantios de eucalipto ocupam extensas áreas em todo Brasil, e as formigas cortadeiras são as principais pragas dessas plantações. Estes plantios estão inseridos em diferentes biomas e sítios de produtividade, que apresentam diferentes características climáticas, disponibilidade de água, nutrientes e luz. A porcentagem da copa desfolhada pelas formigas cortadeiras associada a estas variáveis pode causar diferenças no crescimento das árvores. Diante disso, o objetivo deste trabalho foi verificar o peso da área de formigueiros e desfolha, juntamente com o efeito do bioma, sítio de produtividade, espaçamentos e idade sobre as variáveis dendrométricas de *Eucalyptus urograndis* ao final do ciclo de produção; Verificar os valores do diâmetro, altura e volume de madeira de *Eucalyptus urograndis* desfolhados por formigas cortadeiras em diferentes intensidades, em diferentes sítios de produtividade e nos biomas Mata Atlântica, Cerrado e pampa. Para isso, unidades amostrais foram lançadas em plantios que tinham entre 2 e 3 anos de idade, inseridos nos biomas Mata Atlântica, Cerrado e pampa. A desfolha causada por formigas cortadeiras foi medida em cada árvore da unidade amostral, sendo classificada em relação à intensidade de desfolha. Os formigueiros foram mensurados, combatidos e as unidades amostrais monitoradas até o final das medições. O diâmetro, altura e volume de cada árvore foram medidos anualmente até o final do ciclo produtivo, aos 7 e 8 anos. Todas as unidades amostrais foram classificadas através do índice de sítio. Os diferentes biomas, sítios de produtividade, espaçamento, idade, área de formigueiros e intensidade de desfolha foram analisados num único modelo, através do ajuste de uma regressão linear múltipla multivariada. A desfolha causada por formigas cortadeiras foi umas das principais causas da redução das variáveis dendrométricas dos plantios. Todas as classes de desfolha reduziram os valores de diâmetro, altura e volume de madeira, em todos os biomas e sítios de produtividade. A desfolha de 75-100% reduziu o volume de madeira no bioma Cerrado e sítio menos produtivo em 35% e 51,1%, respectivamente. Concluiu-se que o ataque de formigas cortadeiras é um dos principais fatores que reduzem o crescimento de árvores de eucalipto ao final do ciclo produtivo; As diferentes intensidades de desfolha causam reduções distintas em plantas de *Eucalyptus urograndis* inseridos nos biomas Mata Atlântica, pampa, Cerrado. O mesmo ocorre para plantios de diferentes sítios de produtividade. A ação conjunta destas duas fontes de estresse, desfolha e baixa produtividade, pode comprometer o incremento em DAP, altura e volume de madeira no final do ciclo produtivo. Desfolhas de maiores intensidades causam maiores reduções nos valores do DAP, altura e principalmente volume de madeira no final do ciclo produtivo.

Palavras chave: Crescimento, eucalipto, formigas cortadeiras.

ABSTRACT

Eucalyptus plantations are distributed all over Brazil, and leaf-cutting ants are the main pests of these plantations. The eucalyptus plantations are inserted in different biomes and productivity sites, which present different climatic characteristics, such as availability of water, nutrients, and light. Defoliation associated with these variables may cause differences in tree growth. The objective of this work was to verify the influence of infestation of leaf-cutting ants, ant size, and defoliation, together with the effect of different biomes, productivity sites, spacing and age on the growth of *Eucalyptus urograndis* until the end of the production cycle; to verify the diameter growth, height and volume of wood of *Eucalyptus urograndis* defoliated by leaf-cutting ants at different intensities, in different productivity sites and in Mata Atlantica, Cerrado and Pampa biomes. Plots were laid in plantations that were between 2 and 3 years of age, inserted in each biomes. The defoliation caused by leaf-cutting ants was measured in each tree of the plot, being classified in relation to its intensity. The nests were measured, combated. The plots monitored until the end of the cycle. The diameter, height, and volume of each tree were measured every year until the end of the productive cycle, at 7 and 8 years. All plots were classified using the site index. The different biomes, productivity sites, spacing, age, loose soil and defoliation intensity were analysed in a single growth model, by adjusting for a multivariate multiple linear regression. The defoliation caused by leaf-cutting ants was one of the main causes of the reduction of the trees dendrometric variables. All the defoliation classes reduced the values of diameter, height and volume of wood in all sites of productivity and biomes. The 75-100% defoliation reduced the volume of wood in the Cerrado biome and the less productive site by 35% and 51.1%, respectively. It is concluded that the defoliation caused by leaf-cutting ants is one of the main factors that reduce the growth of eucalyptus at the end of the productive cycle. Different defoliation intensities cause distinct reductions in the *Eucalyptus urograndis* plants inserted in the Mata Atlântica, Pampa and Cerrado. The same happens with the plantations of different productivity sites. The joint action of defoliation and low productivity can compromise the increase of DAP, height, and volume of wood at the end of the productive cycle. The remnants of higher intensities cause higher reductions in DAP, height and higher volume of wood at the end of the productive cycle.

Keywords: Growth, eucalyptus, leaf cutting.

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	12
2 OBJETIVOS	15
3 HIPÓTESES	15
4 REFERENCIAL TEÒRICO	16
4.1 Setor florestal.....	16
4.2 Formigas cortadeiras	17
5 MATERIAL E MÉTODOS	21
5.1 Área de estudo	21
5.2 Coleta dos dados.....	22
5.3 Análise dos dados	24
6 RESULTADOS	25
6.1 Classificação de sítios	25
6.2 Ajuste do modelo	25
6.3 Efeito conjunto da área de formigueiros, desfolha, idade, sítio, biomas e espaçamento sobre as variáveis dendrométricas ao final do ciclo de produção	27
6.4 Efeito dos biomas e sítios nas variáveis dendrométricas de árvores não desfolhadas	27
6.5 Efeito das diferentes classes de desfolha sobre as variáveis dendrométricas de árvores de diferentes sítios e biomas	27
6.6 Classificação dos sítios em cada bioma.....	31
6.7 Reduções causadas por diferentes classes de desfolha por bioma	31
6.8 Reduções causadas por diferentes classes de desfolha por sítio de produtividade.....	32
6.9 Reduções médias causadas por diferentes classes de desfolha	32
7 DISCUSSÃO	34
7.1 Efeito conjunto da área de formigueiros, desfolha, idade, sítio, biomas e espaçamento sobre as variáveis dendrométricas ao final do ciclo de produção	34
7.2 Reduções causadas por diferentes classes de desfolha por bioma	37
7.3 Reduções causadas por diferentes classes de desfolha por sítio de produtividade.....	38

7.4 Reduções médias causadas por diferentes classes de desfolha	39
9 CONCLUSÕES.....	41
10 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	42

1 INTRODUÇÃO

Os plantios de eucalipto ocupam grandes áreas em todas as regiões do Brasil, com 7,8 milhões de hectares plantados (IBÁ, 2016). O crescimento destes plantios é influenciado por fatores bióticos e abióticos, como diferenças macro climáticas, condições de produtividade local, espaçamentos e o ataque de diversos insetos herbívoros (LANFRANCO; DUNGEY, 2001; SOSSAI et al., 2005; ZANUNCIO et al., 2006). Dentre os insetos herbívoros, as formigas cortadeiras são os mais importantes, e são consideradas limitantes do crescimento (ZANETTI et al., 2003; ZANETTI et al., 2014; DELLA LUCIA et al., 2014).

As ações para garantir o desenvolvimento adequado destes plantios são baseadas no entendimento de como estes fatores influenciam o crescimento das árvores. Muitos estudos verificaram o efeitos de cada uma destas variáveis. O espaçamento exerce um papel fundamental na taxa de crescimento das árvores (COELHO et al., 1970; BALLONI; SIMÕES, 1980). Sua relação com o crescimento está associado com a competição por recursos, como água, luz e nutrientes (BERNARDO, 1998; REIS; REIS, 1993). Considerando esta competição, o espaçamento ótimo é considerado aquele capaz de produzir o maior volume de produto em tamanho, forma e qualidade desejável (TONINI, 2003).

Sítios mais produtivos são os que apresentam as maiores altura das árvores dominantes codominantes, reflexo da condição local de sustentar o crescimento. A maior produtividade de um sítio está diretamente relacionado com a disponibilidade de água, nutrientes e luz (BRAGA et al., 1999; GOULART et al., 2006), pH em CaCl₂, teor de silte, teor de fósforo assimilável, teor de SiO₂ da argila e teor de matéria orgânica (GONÇALVES et al., 1990). Sítios mais produtivos também estão associados a locais com menor declividade, altitude e pedofoma côncava, pois permitem a concentração e menor exportação de água e nutrientes do sistema, já que estão menos expostos à erosão, além de apresentarem perfis mais profundos (BRAGA, 1997; BRAGA et al., 1999). Quanto à insolação, sítios mais produtivos recebem mais energia solar durante o ano (KOZLOWSKI et al., 1991; LEE; SYPOLT, 1974). A maior disponibilidade destes recursos sustenta o crescimento das árvores (MENESES et al., 2015).

Os biomas são definidos como um agrupamento de fisionomia homogenia, determinado principalmente por diferentes condições macro climáticas (DAJOZ, 1973). As características climáticas que promovem a surgimento de diferentes biomas também podem influenciar o crescimento de plantios de eucalipto, pois grandes maciços florestais estão inseridos na região do bioma Mata Atlântica, Cerrado e pampa (IBÁ, 2016). Estas diferenças

estão relacionadas principalmente com a quantidade e distribuição de chuvas, umidade, temperaturas médias diferentes, eventos extremos de temperaturas máxima e mínima, variação na insolação (MACHADO, 2017; KUINCHTNER; BURIOL, 2001; KÖPPEN, 1931).

As formigas cortadeiras são as principais pragas de reflorestamentos, pois cortam folhas, ramos e brotos das árvores em todas as idades e épocas do ano (CRUZ et al., 2000; MARSARO JÚNIOR et al., 2007; SOUZA-SOUTO et al., 2007). Os danos causados no crescimento das árvores são principalmente devido a remoção da área foliar, que compromete a taxa de realização de fotossíntese (SOARES, 2017), o metabolismo do crescimento e os padrões de alocação de carbono (BLOOM et al., 1985; RYAN, 2010). Em relação ao impacto da desfolha sobre o crescimento, árvores com 27 meses de idade que sofreram uma desfolha total apresentaram biomassa de madeira 48% inferior ao das árvores que não sofreram desfolhas; duas desfolhas sucessivas causaram redução média de 59% de biomassa; e três desfolhas sucessivas causaram perdas médias de 68% (PIZZI, 2016). Apenas uma desfolha de 100% em *Eucalyptus grandis* foi capaz de reduzir o volume total de madeira em 37,9%, e três desfolhas de 100% reduziram o volume em 79,7%, no final do ciclo de produção (MATRANGOLO et al., 2010).

Freitas e Berti Filho (1994) mostraram que eucaliptos que sofreram desfolhas de 100% e 75% durante o inverno e verão apresentaram acentuada redução no incremento do DAP, 78,9% e 37,8%, respectivamente, e altura, 60,7% e 35,65%, respectivamente, após um ano, e concluíram que a diferença no efeito da desfolha nas duas estações é associada ao estresse da remoção foliar com as condições climáticas de cada estação. A maioria das plantas diminui o seu potencial osmótico durante a seca, acumulando compostos (osmólitos) como íons inorgânicos, aminoácidos, açúcares, álcoois de açúcar e ácidos orgânicos (KRAMER, 1983; MATTSON; HAACK 1987). Isto causa um estresse maior na planta desfolhada, pois a pressão osmótica também é reduzida devido à menor diferença de potencial causada pela respiração através das folhas (O'GRADY et al., 2008). Além disso, a absorção de nutrientes e minerais do solo é alterada durante a seca, pois a temperatura do solo aumenta, a água do solo diminui, o movimento dos íons e o crescimento das raízes são reduzidos, e as raízes se tornam mais suberizadas (KRAMER, 1983). Viets (1972) informou que a profundidade das raízes de uma planta também influencia no seu conteúdo mineral. Durante a seca, por exemplo, as plantas profundamente enraizadas extraíram água principalmente de solo profundo onde os nutrientes são escassos. Como resultado, a falta de nutrientes tornou-se um fator limitante ao crescimento.

Outros estudos também sustentam a hipótese de que a desfolha associada a outras fontes de estresse, como a seca e pouca disponibilidade de nutrientes, podem causar uma diferença no crescimento das árvores (BARRY et al., 2012; QUENTIN et al., 2011; GONÇALVES; PASSOS, 2010). Estes estudos evidenciam a necessidade de se estudar os efeitos da desfolha sobre as variáveis dendrométricas de plantios de eucalipto inseridos em diferentes biomas e sítios de produtividade.

2 OBJETIVOS

1. Verificar o quanto a área de formigueiros e a desfolha causada por *Atta spp.* reduz a taxa de crescimento em diâmetro e altura das árvores de *Eucalyptos urograndis*, juntamente com as variáveis idade das árvores, espaçamento, sítios de produtividade e diferentes biomas, ao final do ciclo de produção;
2. Verificar o efeito de diferentes intensidades de desfolha causada por *Atta spp.* em campo, durante um ciclo de produção, sobre as variáveis diâmetro, altura e volume de madeira, nos biomas Mata Atlântica, pampa e Cerrado;
3. Verificar o efeito de diferentes intensidades de desfolha causada por *Atta spp.* ao final do ciclo de produção, sobre as variáveis diâmetro, altura e volume de madeira, em diferentes sítios de produtividade.

3 HIPÓTESES

1. O ataque de formigas cortadeiras, em relação as variáveis idade, sítio de produtividade, espaçamento e bioma, é um dos principais fatores que reduzem o crescimento de arvores de eucalipto;
2. A desfolha provocada por formigas cortadeiras reduz taxa de crescimento em DAP, altura e volume das árvores de forma diferente em plantios de eucalipto inseridos nos biomas Mata Atlântica, Cerrado e pampa;
3. A desfolha causada por formigas cortadeiras reduz taxa de crescimento em DAP, altura e volume de forma mais intensa em sítios menos produtivos;
4. Desfolhas de maior intensidade causam maiores taxas de reduções do crescimento em DAP, altura e volume de madeira em plantas de eucalipto.

4 REFERENCIAL TEÓRICO

4.1 Setor florestal

O setor florestal é um importante segmento da economia brasileira Moreira et al (2017), e destaca-se não apenas pela produção econômica, mas também pelo papel social e ambiental que desempenha (NARDELLE; GRIFFITH, 2003; VALVERDE et al., 2003). Os plantios florestais ocupam mais de 7,8 milhões de hectares em todas as regiões do Brasil, e o eucalipto é a essência florestal mais cultivada, com 5,6 milhões de hectares plantados principalmente nos estados de Estados de Minas Gerais (25%), São Paulo (17%) e Mato Grosso do Sul (15%) (IBÁ, 2016).

O produto interno bruto (PIB) do setor florestal atingiu 69,1 bilhões de reais em 2015, e representou 1,2% de toda riqueza gerada no Brasil. Este valor foi 3% maior do que o gerado no ano anterior, mesmo o Brasil sofrendo uma retração econômica de 3,8% neste período, o que demonstra o potencial de crescimento deste segmento. Em relação a geração de impostos, foram pagos 11,3 bilhões em tributos federais, estaduais e municipais, o que correspondeu a 0,9% de toda arrecadação do país (IBÁ, 2016).

O impacto social da implantação de grandes empreendimentos florestais está principalmente relacionado com a geração de empregos. Estima-se que 3,8 milhões de postos de trabalho foram gerados de forma direta, indireta e resultante do efeito de renda, que agregou 9 bilhões de reais ao consumo das famílias (IBÁ, 2016). Este impacto, por exemplo, é mais importante nas regiões historicamente menos favorecidas que implantaram grandes maciços florestais, como o que ocorreu na região norte de minas (VIEIRA et al., 2006). Além disso, os investimentos em programas de responsabilidade social e ambiental realizados pelas empresas associadas a Indústria brasileira de árvores totalizaram R\$ 285 milhões e beneficiaram cerca de 2,2 milhões de pessoas (IBÁ, 2016).

Em relação aos impactos ambientais, as florestas plantadas reduzem a pressão sobre as florestas nativas como fornecedoras madeira e matéria prima para diversos segmentos, e contribuem para a manutenção da biodiversidade (LIMA, 1997). Essas florestas também são importantes como agentes de fixação de carbono (OLIVEIRA et al., 2016; PAIXÃO et al., 2006) e influenciam na questão climática (UHLIG et al., 2008). Outra questão importante foi o engajamento do setor na inclusão das informações de seus imóveis no cadastro ambiental rural (BRANDÃO et al., 2016), um dos principais instrumentos do novo código florestal brasileiro instituído pelo ministério do meio ambiente.

4.2 Formigas cortadeiras

Mesmo com tantos aspectos positivos, a implantação de grandes plantios florestais traz consigo uma série de problemas (CASTRO, 2015), como a explosão populacional de insetos herbívoros, que com frequência atingem o status de pragas (PHILPOT et al., 2009), devido a abundância de recursos alimentares, pouca competição e ausência de inimigos naturais (ALTIERI, 1983). Os plantios florestais estão sujeitos ao ataque de vários grupos de pragas (LANFRANCO; DUNGEY, 2001; SOSSAI et al., 2005; ZANUNCIO et al., 2006), e as formigas cortadeiras são as mais importantes (DELLA LUCIA et al., 2014; ZANETTI et al., 2003), e são consideradas parte limitante da produtividade (DELLA LUCIA et al., 2014; OLIVEIRA et al., 2011).

As formigas cortadeiras pertencem a ordem Hymenoptera, família Formicidae e gêneros *Atta* e *Acromyrmex* (BRANDÃO et al., 2011). O gênero *Acromyrmex* possui 25 espécies de formigas cortadeiras, e o gênero *Atta* nove espécies (BOLTON, 2014). São insetos sociais e apresentam uma organização social complexa, mesmo quando comparadas com outros insetos sociais. Esta organização é fundamentada principalmente pelas diferenças morfológicas entre as castas que formam a sua colônia, que realizam as diversas tarefas em cooperação e de forma especializada (WILSON, 1985). Isso faz com que as tarefas sejam executadas com a melhor relação custo/benefício (HÖLLDOBLER; WILSON, 2011).

Estas características biológicas e estratégias comportamentais permitem que suas atividades sejam realizadas sob uma ampla faixa de condições climáticas, o que explica a ocorrência destes insetos em todas as regiões e biomas brasileiros (DELLA LUCIA et al., 1993; GONÇALVES, 1964; RANDO, 2002; RANDO; FORTI, 2005). As espécies *Atta sexdens* e *Atta laevigata* são as espécies de maior importância econômica devido as reduções causadas nos plantios (ZANETTI et al., 2000; ZANETTI et al., 2003; ZANETTI; ZANUNCIO 2006).

Os ninhos de *Atta* são compostos por câmaras subterrâneas ligadas por galerias (MOREIRA et al., 2010; VERZA et al., 2007) e a população de uma única colônia pode ser de até 8 milhões de formigas (MARICONI, 1970). Para garantir a sobrevivência da colônia as formigas cortadeiras cultivam um fungo basidiomiceto importante para sua nutrição (WEBER, 1966). Para isso cortam e transportam material vegetal para o interior do ninho, para servir de substrato para o crescimento de seu fungo simbiote (DELLA LUCIA et al., 2014).

O conjunto de atividades que envolvem a procura, seleção, corte e transporte de material vegetal, é denominado forrageamento (HUBBELL et al., 1980). Esta é uma atividade

onde as formigas apresentam estratégias comportamentais para encontrar e utilizar fontes energéticas e nutrientes. Isso resulta na interação de comportamentos individuais das operárias e na construção de longas trilhas de exploração (SCHLINDWEIN, 2004). Alguns trabalhos mostraram que operárias de *A. sexdens* podem cortar fragmentos vegetais a até 200 metros de distância do ninho (GONÇALVES, 1964), embora a maior atividade seja a distâncias próximas do ninho (SCHLINDWEIN, 2004).

A revoada ou voo nupcial da colônia de formigas cortadeiras é mais uma das estratégias evolutivas que possibilitam o sucesso de sua reprodução (HOLDOBLER; WILSON, 1990) e a presença constante nos plantios florestais. Este processo ocorre após o amadurecimento sexual, cerca de 38 meses após a fundação da colônia (MARICONE, 1970; DELLA LUCIA; BENTO, 1993), em determinados períodos do ano, de acordo com as espécies de formigas cortadeiras e a região onde ocorrem (MARINHO et al., 2011). Neste evento as castas reprodutivas, fêmeas e machos alados, saem da colônia, levantam voo a grandes alturas e são dispersas com ajuda de correntes de ar. A cópula ocorre em pleno voo, e as fêmeas fazem o intercruzamento com o maior número possível de machos de diferentes colônias, o que mantém o aumento das combinações gênicas (CROZIER; PAGE, 1985; BAER; BOOSMA, 2004). Após este processo as rainhas voltam ao solo, preferencialmente em locais de terra exposta, e iniciam uma nova colônia (MARINHO et al., 2011).

4.3 Importância das formigas nos plantios florestais

A importância das formigas cortadeiras no contexto dos plantios florestais está principalmente relacionada a sua presença constante, como mencionado anteriormente, e aos prejuízos causados. Muitos trabalhos foram realizados com o objetivo de se compreender o efeito da desfolha das formigas cortadeiras sobre plantios florestais. As formigas cortadeiras cortam as plantas em todas as idades dos plantios (MARSARO JÚNIOR et al., 2007; SOUZA-SOUTO et al., 2007). Portanto, elas causam perdas diretas, como a morte e a redução do crescimento da árvore, e também perdas indiretas, como a diminuição da resistência da árvore ao ataque de outros insetos e patógenos (ZANUNCIO et al., 1996).

A capacidade de desfolha das formigas cortadeiras tem sido investigada. Um estudo com a formiga cortadeira *Atta colombica* mostrou que 49 colônias colheram 13,2 toneladas de biomassa/ano e 13,1 hectares de área foliar/ano. As taxas variaram consideravelmente entre as colônias (HERTZ et al., 2008). Em outro estudo, foram realizadas simulações de desfolha artificial em *Gmelina arborea* e *Pinus caribaea*. Os resultados mostraram que as árvores do gênero pinus foram afetadas por desfolhas sucessivas, com redução de 12% no crescimento

em altura, e 17,4% no crescimento em diâmetro, além de mortalidade de 11,7% (RIBEIRO et al., 1980).

Em outro trabalho que também simulou a desfolha foi observado que a redução no crescimento em altura e diâmetro em *Pinus taeda* foi maior nos 12 primeiros meses de crescimento da planta. (CANTARELLI et al., 2008). Buratto et al., (2012) também mostrou este resultado em mudas de *P. Taeda*, e constatou a ocorrência de formigas das espécies *Acromyrmex crassispinus* e *Acromyrmex heyeri* causando danos em mudas, com danos totais médios por hectare 3,0% 35 dias após o plantio e de 5,38% 63 dias após ser efetuado o plantio.

Árvores desfolhadas totalmente e em 3/4 da sua copa, durante o inverno e verão, mostraram acentuada redução no crescimento do DAP (78,9% e 37,8%) e altura (60,7% e 35,65%). No verão, as reduções no DAP e altura ocorreram somente para desfolhas de 100% da copa, com reduções de 53,3% e 23,9%, respectivamente (FREITAS; BERTI FILHO, 1994). Em relação ao efeito da desfolha causada por formigas cortadeiras, apenas uma desfolha de 100% foi capaz de reduzir o volume total de madeira em 37,9%, e três desfolhas de 100% reduziram o volume em 79,7% (MATRANGOLO et al., 2010). Outro estudo que mostrou que o efeito da desfolha no crescimento de clones de eucalipto foi imediato e prolongado, com o crescimento próximo à zero entre 50 a 120 dias após a desfolha. Neste mesmo estudo foi verificado que as desfolhas causaram redução do crescimento em diâmetro, altura total, volume e biomassa de madeira, além do estiolamento das árvores desfolhadas em relação às árvores não desfolhadas, e a redução da homogeneidade das unidades amostrais. Aos 27 meses, as árvores que sofreram uma desfolha apresentaram biomassa de madeira 48% inferior ao das árvores que não sofreram desfolhas. Duas desfolhas sucessivas causaram redução média de 59% de biomassa, e três desfolhas sucessivas causaram perdas médias de 68% (PIZZI, 2016).

Apenas uma desfolha completa na fase inicial do plantio de Eucalipto grandes causou prejuízo expressivo no final do ciclo de produção, e mostrou que as formigas cortadeiras são mais nocivas durante os primeiros três anos de idade (MATRANGOLO et al., 2010). Mesmo após três anos de idade, os eucaliptos podem morrer se experimentam três desfolhas totais consecutivas (MENDES FILHO, 1979).

Em relação ao potencial de uma colônia de causar desfolha, uma única colônia de formigas cortadeiras por hectare de floresta pode reduzir o crescimento anual de árvores em 5% em eucaliptos e 10% em *Pinus* (AMANTE, 1967). Em outro estudo, cinco formigueiros de *Atta sexdens* em plantios de *pinus* causaram uma redução de 14% no volume de madeira

(NACCARATA, 1983). Isso representa uma perda de 2,1% na produção anual de madeira, considerando a área total do plantio estudado (MORAES, 1983). Densidades superiores a 30 ninhos de *Atta laevigata* em plantações de *P. caribaea* inferiores a 10 anos podem reduzir a produtividade da madeira em até 50%, como observado em plantios na Venezuela (HERNÁNDEZ; JAFFÉ, 1995). O incremento de 1 m² de terra solta de colônias de *Atta spp* por hectare de plantios de eucalipto reduziu a produção de madeira de 0,04 a 0,13 m³ por hectare na região da Mata Atlântica, Brasil (SOUZA et al., 2011). A redução média da madeira produzida para todas as espécies de eucaliptos foi de 0,87% por cada 2,76 m² de colônia de formigas por hectare, na região do Cerrado (ZANETTI et al., 2003).

5 MATERIAL E MÉTODOS

5.1 Área de estudo

Os plantios de eucalipto estavam situados nos biomas Mata Atlântica, Cerrado e Pampa, nas cidades de Eunápolis/ BA, Belo Oriente/MG, Três Marias/ MG, e São Borja/ RS, conforme a Tabela 1. Eunápolis situa-se no sul da Bahia (16° 22' 40" S 39° 34' 48" O) com altitude média de 189 metros. Três Marias situa-se na mesorregião central de Minas Gerais (18° 12' 21" S 45° 14' 31" O) com altitude média de 569 metros. Belo Oriente situa-se na região do vale do aço em Minas Gerais (19° 13' 12" S 42° 29' 02" O) com altitude média de 350m. São Borja situa-se na região sudoeste do Rio Grande do Sul (28° 39' 39" S 56° 00' 14" O) com altitude média de 97 metros.

Em cada uma das localidades foram lançadas unidades amostrais com dimensões de 30 x 30 m em plantios de diferentes clones de *Eucalyptus urograndis*. Foram lançadas 43 unidades amostrais no bioma Mata Atlântica, 18 no bioma Cerrado, 13 no bioma Pampa, em locais infestados com diferentes tamanhos de formigueiros. Os plantios inseridos no bioma Mata Atlântica e Cerrado foram monitorados de 2 a 7 anos. Os plantios inseridos no bioma Pampa foram monitorados de 3 a 8 anos.

Tabela 1: Local das unidades amostrais, Clima, temperatura e pluviosidade média histórica nas áreas de estudo.

Localidades	Clima	Temperatura média (°C)	Pluviosidade média (mm)
Eunápolis/ BA	Tropical quente e úmido (Af)	24	1250
Belo Oriente/ MG	Tropical (Aw)	23,8	1150
Três Marias/ MG	Tropical (Aw)	23,5	1050
São Borja/ RS	Subtropical úmido (Cfa)	19	1678

Tabela 2: Diferentes tipos de Bioma, solo e relevo nas áreas de estudo.

Localidades	Bioma	Solo	Relevo
Eunápolis/ BA	Mata Atlântica	Argisol Amarelo/ Latosolo Amarelo	Suave ondulado
Belo Oriente/ MG	Mata Atlântica	Latosolo Vermelho Amarelo/ Cambissolo	Suave ondulado a montanhoso
Três Marias/ MG	Cerrado	Latosolo Vermelho Amarelo	Suave ondulado
São Borja/ RS	Pampa	Nitossolo Vermelho	Suave ondulado

5.2 Coleta dos dados

Todas as árvores da unidade amostral foram medidas, obtendo-se as seguintes informações: classe de desfolha da árvore, número e área (m²) dos formigueiros, espaçamento, idade, diâmetro a altura do peito (DAP) e altura (HT). As medições de cada árvore foram feitas anualmente e consecutivamente. Os plantios do bioma pampa e Cerrado estavam sob os espaçamentos 3,5x2,5 e 3x3, respectivamente. Os plantios do bioma Mata Atlântica estavam sob os espaçamentos 3,33x3, 3x2, 3x3, 3x4, 2x4 e 3x2,5.

Os dados de DAP foram coletados por meio de suta. As alturas totais foram coletadas na primeira linha de cada unidade amostral em que as árvores não estavam desfolhadas. Depois nas árvores que apresentaram desfolha e nas árvores com maior diâmetro, por meio de clinômetro digital. Esses dados foram digitalizados em planilha eletrônica e realizou-se a relação hipsométrica conforme o modelo abaixo para estimar as alturas totais dos indivíduos não mensurados:

$$Ht = \beta_0 + \beta_1 * DAP^2 * ht + \epsilon_i$$

Em que: Ht = altura estimada; β = coeficiente; DAP = diâmetro; ht = altura observada; ϵ_i = erro aleatório.

Posteriormente, determinou-se o volume total por árvore individual através do método de Smalian, conforme o modelo abaixo:

$$V = \frac{AS_1 + AS_2}{2} \cdot L$$

Em que: V = volume com ou sem casca da seção, em m³; AS_1 e AS_2 = áreas seccionais com casca, obtidas nas extremidades da seção, em m²; L = comprimento da seção, em metros.

As árvores desfolhadas pelas formigas foram classificadas em função das classes de desfolha, com a porção e quantidade da copa desfolhada (Tabela 3), medidas visualmente através de um gabarito de referência. As árvores desfolhadas sofreram apenas uma desfolha no início das medições, entre 2 a 3 anos de idade e não sofreram mais desfolha até o final do seu ciclo produtivo, aos 7 e 8 anos. As árvores que apresentaram sinais de mais de uma desfolha foram descartadas das análises. Após o lançamento das unidades amostrais,

mensuração dos formigueiros e verificação das desfolhas, os formigueiros de *Atta spp.* foram controlados e as unidades amostrais monitoradas até o final do ciclo produtivo.

Figura 1: Esquema de unidade amostral lançada nos diferentes locais de coleta.

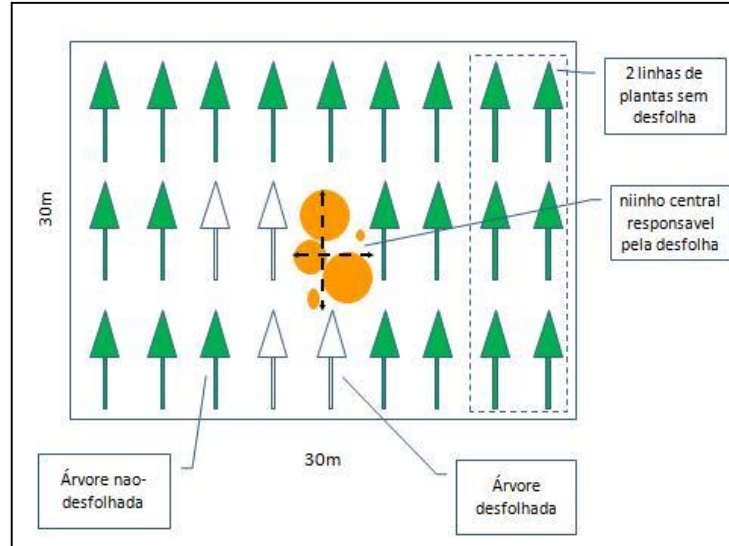


Figura 2: Representação da unidade amostral e do sentido de caminhada de medição dentro da unidade amostral.

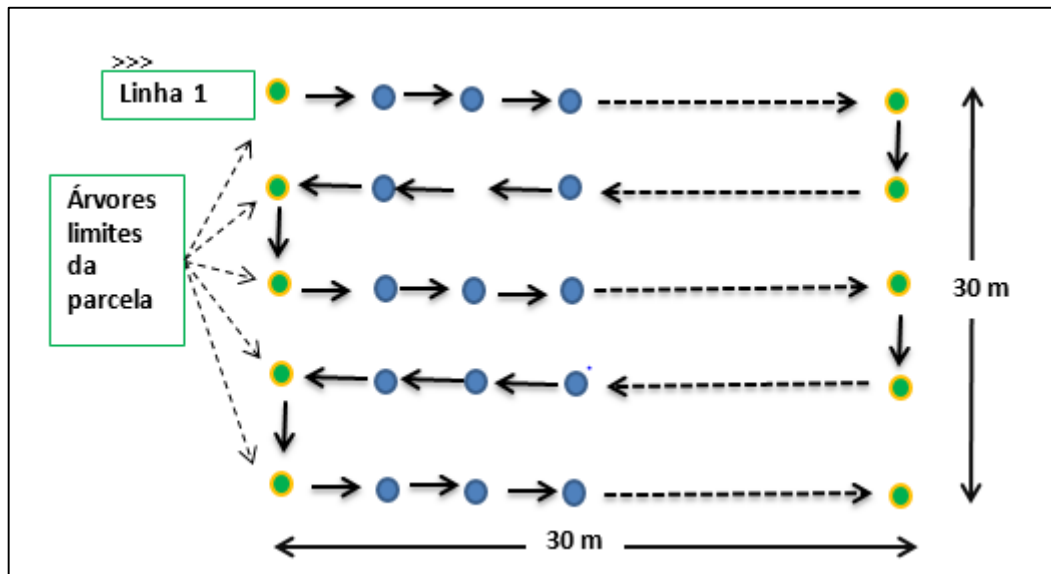


Tabela 3: Classes e porcentagem da copa desfolhada por formigas cortadeiras.

Classe de	Porcentagem de desfolha
D0	Sem desfolha
D1	0- 25% da altura da copa com desfolha
D2	25-50% da altura da copa com desfolha
D3	50-75% da altura da copa com desfolha
D4	75-100 % da altura da copa com desfolha

Cada unidade amostral estudada foi classificada de acordo com a sua produtividade ou índice de sítio, através do seguinte modelo:

$$\text{Ln}(\text{Si}) = \text{Ln}(\text{Hdc}) + \beta 1 * \left(\frac{1}{7} - \frac{1}{\text{Idi}} \right) + \epsilon i$$

Em que: $\text{Ln}(\text{Si})$ = logaritmo neperiano do índice de sítio; $\text{Ln}(\text{Hdc})$ = Logaritmo neperiano da altura das árvores dominantes codominantes (m); β = coeficiente; 7= idade de referência; Idi = Idade das árvores (anos); ϵi = erro aleatório.

5.3 Análise dos dados

Para testar o efeito das diferentes biomas, sítios de produtividade, idade das arvores (anos), espaçamento do plantio (m^2), área de formigueiros (m^2) e classe de desfolha, sobre as variáveis dendrométricas diâmetro a altura do peito DAP (cm), altura das árvores (m) e volume (m^3), ao final do ciclo de produção, foram construídas regressões lineares múltiplas multivariada (MORRISON, 2005). A significância das variáveis empregadas no modelo multivariado final foram determinadas pelo teste de soma de quadrados do tipo II de Pillai ($p < 0,05$) (FOX, 2008) e pelo método gráfico multivariado de erro de hipótese ($p < 0,05$) (FOX et al., 2009). Foram inicialmente ajustadas regressões lineares múltiplas multivariada completas e posteriormente, apenas as variáveis significativas foram adotadas no modelo final, quando significativas, se comparado ao modelo nulo ($p < 0,05$) (SILVA et al., 2016).

Para verificar o efeito das diferentes classes de desfolha sobre o crescimento em diâmetro, altura e volume de madeira nos diferentes biomas e sítios de produtividade, foi realizado um desdobro do modelo final ajustado. As variáveis bioma, classe de desfolha e índice de sítio foram comparadas entre si pelo teste de contraste de modelos pela combinação dos níveis dentro dos fatores qualitativos, sendo consideradas diferentes as variáveis com diferença significativa entre si, quando comparado ao modelo completo pelo teste de soma de quadrados do tipo II de Pillai (FOX, 2008) com ajuste de p pelo método de Benjamini e Yekutieli (2001) ($p < 0,05$).

A partir do desdobro do modelo ajustado foram observados os valores médios de DAP, altura e volume de madeira, por arvore desfolhada em cada classe, em cada um dos biomas estudados, Mata Atlântica, pampa e Cerrado, e em cada sítio de produtividade, com os dados coletados durante todo ciclo produtivo. As análises estatísticas foram realizadas com o programa R (R DEVELOPMENT CORE TEAM, 2017) e com o uso do pacote car (FOX; WEISBERG, 2011).

6 RESULTADOS

6.1 Classificação de sítios

A classificação de sítios mostrou que todos os plantios estavam inseridos em quatro classes de produtividade (Tabela 4).

Tabela 4: Índice de sítio das unidades amostrais para plantios de eucaliptos nos biomas Mata Atlântica, Cerrado, transição Mata Atlântica-Cerrado e pampa.

Índice	Centro de classe de sítio
IV	20
III	26
II	32
II	38

6.2 Ajuste do modelo

O ajuste do modelo de regressão linear múltipla multivariada final foi representado por: $Y_{DAP} + Y_{Ht} + Y_{Volume} = a + \beta_1 * \text{Bioma} + \beta_2 * \text{Espaçamento} + \beta_3 * \text{Idade} + \beta_4 * \text{Sítio} + \beta_5 * \text{classe de desfolha} + \beta_6 * \text{Área de formigueiros} + \epsilon_i$, sendo os coeficientes ajustados representados na Tabela 4 e as variáveis significativas na Tabela 5.

Todas as variáveis explicativas foram significativas, tanto pelo teste de soma de quadrados do tipo II de Pillai, como pelo método gráfico multivariado de erro de hipótese, uma vez que todos os vetores ultrapassaram a linha de erro do modelo de regressão linear múltiplo multivariado (Figura 3). O tamanho de cada vetor representou a força de cada variável sobre o crescimento em DAP e altura (Figura 3 e Tabela 6).

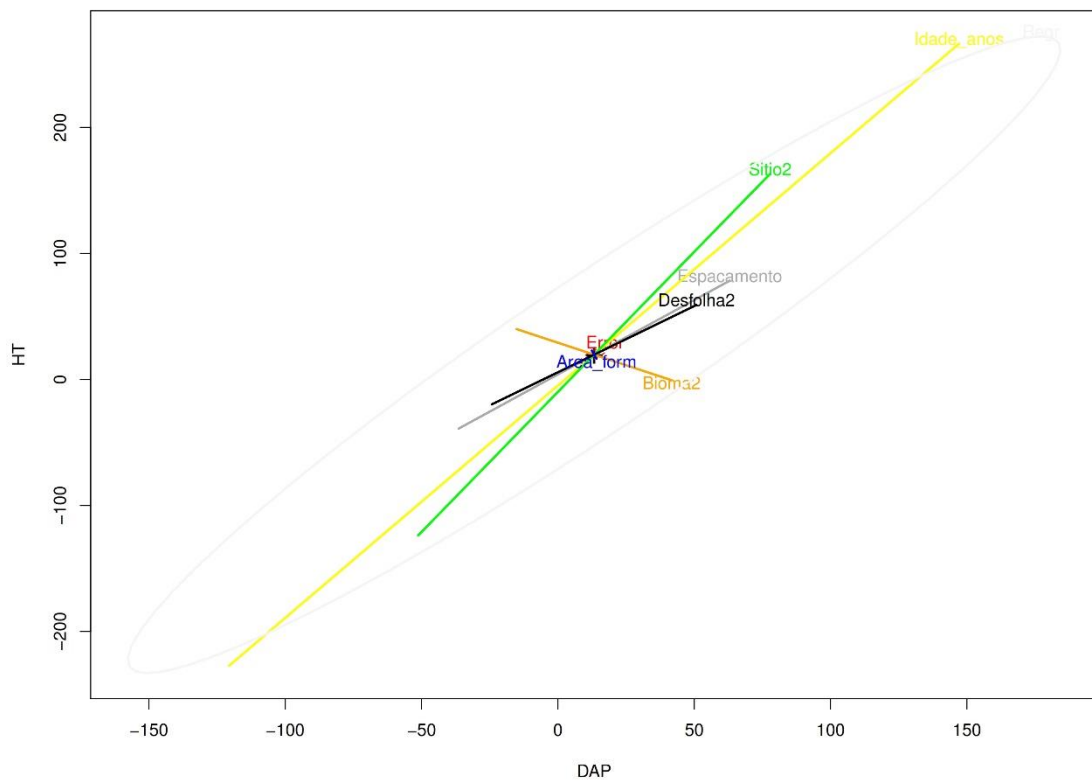
Tabela 5: Coeficientes do modelo de regressão linear múltipla multivariada ajustados em função das variáveis bioecológicas DAP (cm), Altura (m) e volume (m³).

Variáveis explicativas	Variáveis dendrométricas		
	DAP (cm)	Altura (m)	Volume (m ³ /árvore)
Intercepto	4.48	12.5540	-0.0161
Bioma	5.86E-01	0.4185	0.0162
Espaçamento	6.93E-01	0.8188	0.0113
Idade	1.27E+00	2.3404	0.0438
Sítio	-1.38E+00	3.0666	-0.0475
Desfolha	-5.07E-01	0.5327	-0.0144
Área de formigueiros	6.39E-05	0.0002	-0.0001

Tabela 6: Significância dos coeficientes do modelo de regressão linear múltipla multivariada final pelo teste de soma de quadrados do tipo II de Pillai ($p < 0,05$).

Fatores	Df	Valor do teste	F	GL	P
Bioma	1	0.08584	581.1	3	<0.0001***
Espaçamento	1	0.06407	423.7	3	<0.0001***
Idade	1	0.46529	5385.7	3	<0.0001***
Sítio	1	0.24303	1987.1	3	<0.0001***
Desfolha	1	0.02408	152.7	3	<0.0001***
Área de formigueiros	1	0.01042	65.2	3	<0.0001***

Figura 3. Método gráfico multivariado de hipótese de erro para seleção de variáveis do modelo final comparando as dimensões de DAP e Ht (Variáveis em que o vetor não ultrapassa a linha tracejada vermelha são não significativas).



6.3 Efeito conjunto da área de formigueiros, desfolha, idade, sítio, biomas e espaçamento sobre as variáveis dendrométricas ao final do ciclo de produção

A idade do plantio foi a variável que exerceu o maior efeito na composição do diâmetro e altura das árvores, ao final do ciclo de produção, representado pela proporção do vetor (46,2%), seguido de sítio (25,9%), espaçamento (12,6%), desfolha (9,0%) e bioma (5,7%) (Figura 3, Tabela 7). A área de formigueiros afetou muito pouco as variáveis dendrométricas estudadas (0,5%), porém foi significativa dentro do modelo ajustado (Tabela 5).

Tabela 7: Valor da força dos vetores de cada variável explicativa, em porcentagem, sobre as variáveis biométricas DAP e altura de acordo com a análise gráfica de erro de hipóteses (Hipótese de erro - HE) ($p < 0,05$).

Variáveis explicativas	%
Idade	46,2
Sítio	25,9
Espaçamento	12,6
Desfolha	9,0
Bioma	5,7
Área de formigueiros	0,5

6.4 Efeito dos biomas e sítios nas variáveis dendrométricas de árvores não desfolhadas

Os valores do DAP, altura e volume de madeira para árvores que não foram desfolhadas (D0) foram diferentes nos biomas Mata Atlântica, pampa e Cerrado; e nos diferentes sítios de produtividade. Os maiores valores de DAP foram das árvores do bioma Mata Atlântica, pampa e Cerrado, respectivamente (Figura 4). As maiores alturas foram para árvores do bioma Mata Atlântica, seguido das árvores do bioma Cerrado e pampa (Figura 4). Os maiores volumes de madeira foram observados no bioma Mata Atlântica, seguidos dos biomas pampa e Cerrado (Figura 4). Os maiores valores de DAP, altura e volume de madeira foram observados nos sítios mais produtivos (Figura 5).

6.5 Efeito das diferentes classes de desfolha sobre as variáveis dendrométricas de árvores de diferentes sítios e biomas

A comparação das médias dos valores obtidos mostrou a taxa de redução nos valores de DAP, altura e volume de madeira, para árvores desfolhadas em cada classe, em relação a árvores que não sofreram desfolha, em cada um dos biomas e sítios de produtividade. Todas as classes de desfolha reduziram os valores das médias de DAP, altura e volume de madeira

nos biomas Mata Atlântica, Cerrado e pampa; e nos diferentes sítios de produtividade (Figura 4 e Figura 5).

Figura 4 - Efeito de diferentes classes de desfolha causada por *Atta app.* sobre as médias de todas as idades, de diâmetro a altura do peito (DAP) (cm), altura (HT) e volume de madeira, por árvore individual, de árvores de plantios clonais de *E. urograndeis* inseridos nos biomas Cerrado (2 a 7 anos), Mata Atlântica (2 a 7 anos) e pampa (3 a 8 anos). D0= média de árvores sem desfolha, D1= média das árvores que foram 0-25% desfolhadas, D2= média das árvores que foram 25-50% desfolhadas, D3= média das árvores que foram 50-75% desfolhadas, D4= média das árvores que foram 75-100% desfolhadas.

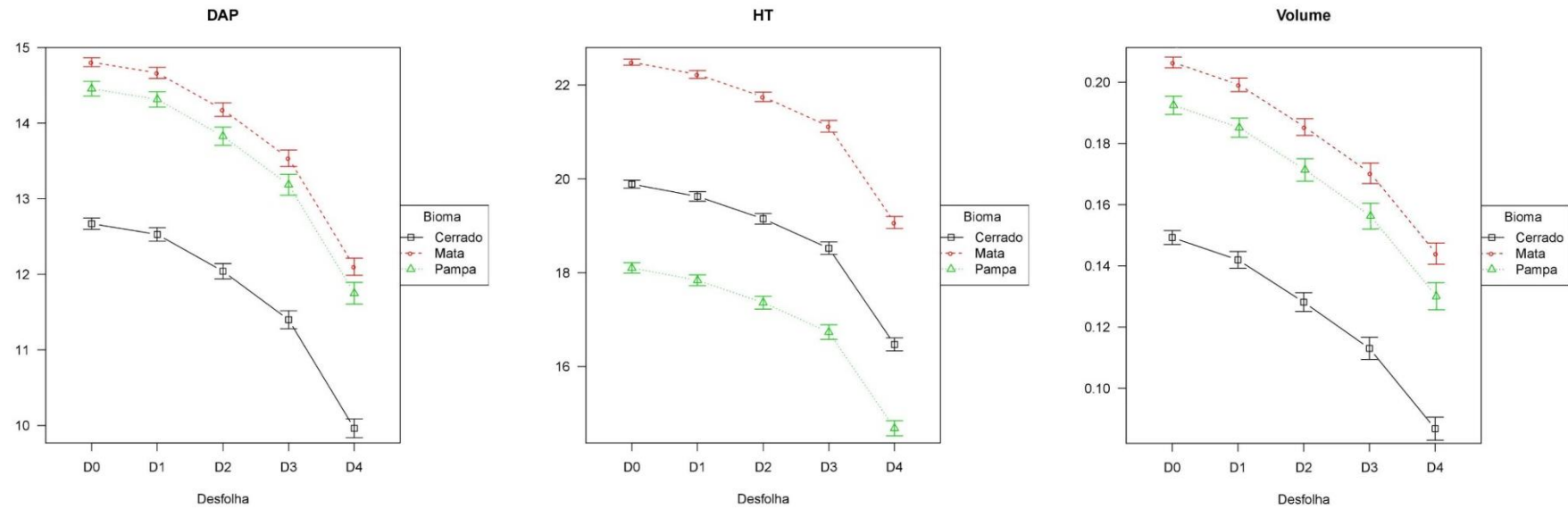
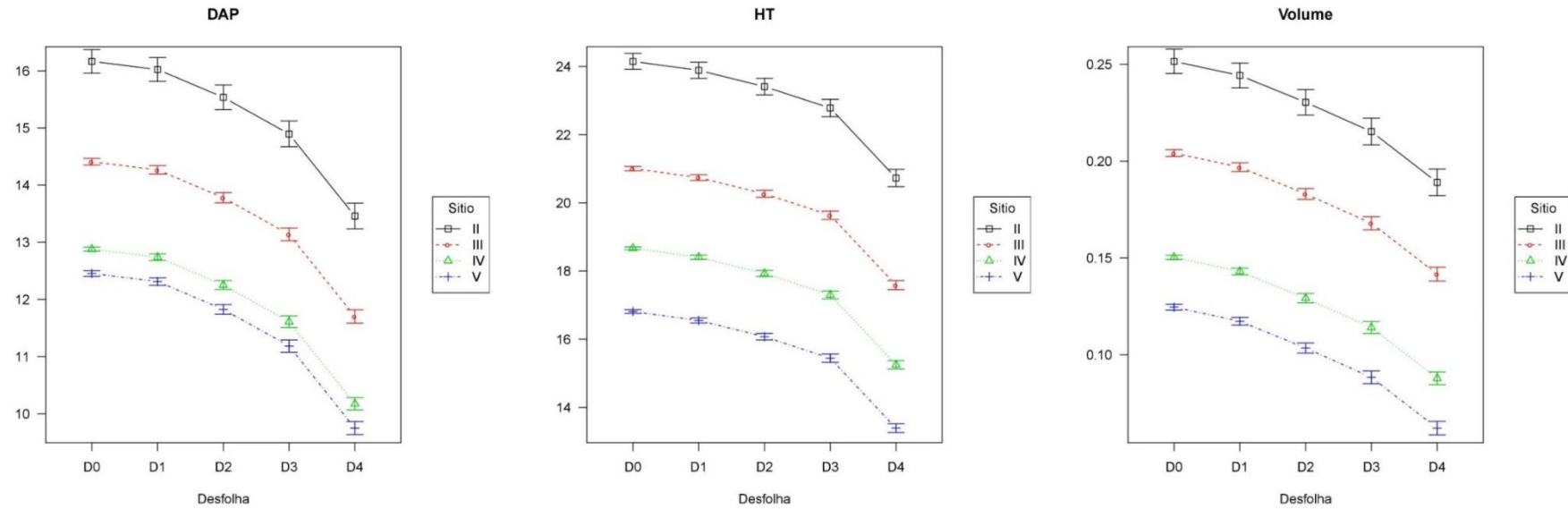


Figura 5: Efeito de diferentes classes de desfolha causada por *Atta spp.* sobre as médias de todas as idades, de diâmetro a altura do peito (DAP) (cm), altura (HT) e volume de madeira, por árvore individual média, de plantios clonais de *E. urograndeis* inseridos em diferentes sítios de produtividade. D0= média de árvores sem desfolha, D1= média das árvores que foram 0-25% desfolhadas, D2= média das árvores que foram 25-50% desfolhadas, D3= média das árvores que foram 50-75% desfolhadas, D4= média das árvores que foram 75-100% desfolhadas.



6.6 Classificação dos sítios em cada bioma

Os sítios mais produtivos, de classe II e III, foram observados somente no bioma Mata Atlântica, com 37% das unidades amostrais inseridas nestas duas classes de produtividade. Todas as unidades amostrais dos plantios inseridos no bioma Cerrado e pampa foram das classes IV e V. O bioma pampa apresentou 85% das unidades amostrais no sítio IV. O bioma Cerrado apresentou 78% de todas as suas unidades amostrais no sítio V (Tabela7).

Tabela 7: Porcentagem das unidades amostrais de cada sítio de produtividade nos biomas Mata Atlântica, pampa e Cerrado, de plantios clonais de *E. urograndis*.

% de Unidades amostrais de cada sítio				
Bioma/índice de sítio	II	III	IV	V
Mata Atlântica	7,0	30,0	49,0	14,0
Pampa	-	-	85,0	15,0
Cerrado	-	-	22,0	78,0

6.7 Reduções causadas por diferentes classes de desfolha por bioma

O efeito da desfolha nos biomas foi mais evidente quando observou-se as reduções das médias de DAP e altura para a maior classe de desfolha, 75-100%, e do volume de madeira para desfolhas acima de 50-75% (Tabela 8). Desfolhas de até 50-75% não causaram reduções discrepantes nos valores de DAP e altura nos três biomas estudados (Tabela 8). O bioma Cerrado apresentou as maiores as reduções no DAP, altura e volume de madeira para desfolhas de 75-100%. O bioma Mata Atlântica apresentou as menores reduções nos valores de DAP, altura e volume de madeira (Tabela 8). Desfolhas de 75-100% reduziram o volume de madeira em 35,7% no bioma Cerrado (Tabela 8).

Tabela 8: Taxa de redução do diâmetro a altura do peito (cm) (DAP), Altura (Ht) e volume de madeira (V), em porcentagem (%), devido diferentes classes de desfolha causada por formigas cortadeiras em árvores de *E. urograndis*, em relação a árvores não desfolhadas, nos biomas Mata Atlântica, pampa e Cerrado, no final do ciclo produtivo. *significância das reduções devido a desfolha em relação a árvores não desfolhadas.

Bioma	0-25%			25-50%			50-75%			75-100%		
	DAP	Ht	V	DAP	Ht	V	DAP	Ht	V	DAP	Ht	V
Mata Atlântica	0,7	1,1*	2,9*	3,0*	3,2*	8,6*	6,3*	6,0*	14,9*	13,2*	15,0*	26,0*
Pampa	0,8	1,3	2,9*	3,2*	3,7*	9,3*	6,6*	7,0*	16,3*	13,9*	17,5*	27,6*
Cerrado	0,8	1,2*	4,0*	3,8*	3,8*	12,4*	7,5*	7,4*	20,7*	16,0*	18,9*	35,7*
Média	0,8	1,2	3,3	3,3	3,6	10,1	6,8	6,8	17,3	14,4	17,1	29,8

6.8 Reduções causadas por diferentes classes de desfolha por sítio de produtividade

O efeito dos sítios de produtividade foi mais evidente quando observou-se as reduções nos valores de DAP e altura para árvores que sofreram desfolhas de 75-100%, e a redução no volume de madeira a partir de desfolhas de 50-75%, quando comparou-se o sítio II e V (Tabela 9). Desfolhas de classes menores, de até 50-75%, não causaram reduções discrepantes nos valores de DAP e altura nos diferentes sítios de produtividade (Tabela 9). Desfolhas de 75-100% no sítio V reduziram os valores de DAP, altura e volume de madeira em 22,0%, 20,3% e 51,1% respectivamente (Tabela 9).

Tabela 9: Taxa de redução do diâmetro a altura do peito (cm) (DAP), Altura (Ht) e volume de madeira (V), em porcentagem (%) em árvores de plantios clonais de *E. urograndis*, em relação à árvores que não foram desfolhadas, em diferentes sítios de produtividade, ao final do ciclo de produção.

*significância das reduções devido a desfolha em relação a árvores não desfolhadas.

Sítio	0-25%			25-50%			50-75%			75-100%		
	DAP	Ht	V	DAP	Ht	V	DAP	Ht	V	DAP	Ht	V
II	0,9	1,0	3,3	4,0*	2,9*	8,3*	7,9*	5,4*	13,8*	16,9*	14,0*	24,3*
III	1,0	1,1*	3,7*	4,3*	3,5*	10,2*	8,9*	6,5*	17,3*	19,1*	16,2*	30,0*
IV	1,0*	1,3*	4,6*	4,8*	3,8*	14,3*	10,0*	7,2*	24,5*	21,3*	18,1*	41,6*
V	1,0*	1,4*	5,5*	5,0*	4,2*	17,2*	10,3*	7,9*	29,0*	22,0*	20,3*	51,1*
Média	1,0	1,2	4,3	4,5	3,6	12,5	9,3	6,8	21,2	19,8	17,2	36,8

6.9 Reduções médias causadas por diferentes classes de desfolha

Não houve uma redução significativa nos valores de DAP para árvores que foram 0-25% desfolhadas, em todos os biomas (Tabela 8). Desfolhas de 0-25% causaram reduções significativas no DAP apenas nos sítios IV e V (Tabela 9). Para a altura, desfolhas a partir de 0-25% já causaram diferença significativa nos biomas Mata Atlântica e Cerrado, e nos sítios III, IV e V. Desfolhas de 75-100% causaram reduções mais acentuadas nos valores das

variáveis estudadas. Os valores de DAP, altura e volume de madeira foram 14,4%, 17,1% e 29,8% menores, respectivamente, em média, para árvores que sofreram desfolhas de 75-100%, nos biomas estudados (Tabela 8). As mesmas variáveis foram 19,8%, 17,2% e 36,8% menores, em média, respectivamente, nos diferentes sítios (Tabela 9).

7 DISCUSSÃO

7.1 Efeito conjunto da área de formigueiros, desfolha, idade, sítio, biomas e espaçamento sobre as variáveis dendrométricas ao final do ciclo de produção

A idade foi a variável que apresentou a maior força na composição dos valores de DAP e altura, ao final do ciclo de produção, com 46,2% de influência sobre o crescimento. A idade do plantio corresponde ao intervalo composto pela fixação de carbono, absorção de nutrientes, água e o incremento em diâmetro e altura (WHATLEY, 1982; SOUZA, 1973). O crescimento ao longo das diferentes idades é um processo natural, e já citado dentro do estudo das variáveis que mais influenciam no crescimento (ENCINAS et al., 2005). Zanetti et al., (2003) mostraram que plantas de maior idade apresentam maior volume de madeira, e que as perdas causadas por ninho são menores, e o nível de dano econômico menor, em povoamentos florestais no estado de Minas Gerais. Além disso, a variável idade é o principal elemento dos modelos de crescimento e produção utilizados para estimativa da produção (COLPINI et al., 2017; CASTRO et al., 2017; BINOTI et al., 2015), amplamente utilizados nas ações de manejo e inventário florestal.

O sítio foi a variável que apresentou a segunda maior força na composição dos valores de DAP e altura, ao final do ciclo de produção, com 25,9% de influência sobre o crescimento. Os sítios de produtividade são classificados de acordo com a altura dominante codominante das árvores. Os locais onde as árvores apresentam as maiores alturas dominantes codominantes para árvores de mesma idade são classificados como sítios de maior produtividade (SCOLFORO, 1993). O sítio quando associado a florestas de produção é definido como a capacidade de uma região em produzir madeira (SCOLFORO, 1998). Isso porque os sítios mais produtivos possuem maior disponibilidade de água, luz e nutrientes (BRAGA et al., 1999), e locais onde o suprimento destes fatores são maiores tendem a aumentar a produção (EPSTEIN; BLOOM, 2006), pois estes recursos estão diretamente relacionados ao crescimento das árvores (DOBNER et al., 2017). Evidências da interação entre água e nutrientes influenciando a produção de biomassa foram relatadas para plantios de eucalipto no Brasil (SANTANA et al., 2002; BARROS; COMERFORD, 2002; STAPE et al., 2006).

O espaçamento foi a variável que apresentou a terceira maior força na composição dos valores de DAP e altura, ao final do ciclo de produção, com 12,6% de influência sobre o crescimento. O espaçamento apresenta relações estreitas com os sítios de produtividade, e está diretamente relacionado com a competição das árvores por recursos durante o seu desenvolvimento (COELHO et al., 1970), e com o crescimento das árvores (RIBEIRO et al.,

2017; MARANGON et al., 2017). Nos estágios iniciais do crescimento as árvores apresentam maior demanda por umidade e luz. Se estes recursos estão em quantidade adequada, qualquer sítio pode suportar o crescimento inicial de um povoamento (BARRET et al., 1975; BALONI; SIMÕES, 1980). Entretanto, com o passar do tempo, as árvores entram em competição por água, luz, nutrientes e espaço para o crescimento da sua copa e sistema radicial, e neste estágio os espaçamentos associados a produtividade local determinarão o início da competição e a velocidade do crescimento (SCHNEIDER, 2012). Como nosso estudo verificou a influência do espaçamento até o final do ciclo produtivo, o espaçamento foi uma variável importante para o crescimento das árvores, e isso ajuda a explicar a força desta variável no modelo ajustado.

A desfolha foi a variável que apresentou a quarta maior força na composição dos valores de DAP e altura, ao final do ciclo de produção, com 9% de influência sobre o crescimento das árvores. A desfolha é a consequência direta do ataque de formigas cortadeiras. A redução da área foliar altera a capacidade da planta de realizar fotossíntese (SOARES, 2017). Alguns estudos mostraram que desfolhas acima de 75% da copa provocaram mudanças na realocação do carbono assimilado, com a utilização deste elemento para recomposição da copa em detrimento da manutenção do crescimento (BLOOM et al., 1985; RYAN, 2010). Outro estudo mostrou que o efeito da desfolha de 100% da copa no crescimento de clones de eucalipto foi imediato e prolongado, com o crescimento próximo à zero entre 50 a 120 dias após a desfolha.

Além disso, as árvores não desfolhadas podem dominar as desfolhadas e causar o estiolamento das árvores desfolhadas e a redução da homogeneidade das unidades amostrais (PIZZI, 2016). Outros autores que simularam desfolhas de 100% da copa em eucalipto relataram reduções no diâmetro e altura em 78,9% e 60,7%, respectivamente (FREITAS et al., 1994). Apenas uma desfolha de 100% no início do plantio foi capaz de reduzir o volume total de madeira em 37,9%, e três desfolhas de 100% reduziram o volume em 79,7%, aos 92 meses de idade (MATRANGOLO et al., 2010).

O bioma foi a variável que apresentou a quinta maior força na composição dos valores de DAP e altura, ao final do ciclo de produção, com 5,7% de influência sobre o crescimento. Plantios de eucalipto inseridos em diferentes biomas estão sujeitos a variações macro climáticas, que estão principalmente relacionadas à quantidade e distribuição de chuvas, umidade, temperaturas médias diferentes, eventos extremos de temperaturas máxima e mínima, variação na insolação (MACHADO, 2014; KUINCHTNER; BURIOL, 2001; KÖPPEN, 1931). A precipitação, distribuição anual das chuvas e variações de temperatura

são as principais variáveis climáticas que influenciam no crescimento de clones de eucalipto (NUNES et al., 2002; SANTOS et al., 2017), o que ajuda a explicar a influência dos biomas sobre o crescimento das árvores.

A área de formigueiros foi a variável que apresentou a menor força na composição dos valores de DAP e altura, ao final do ciclo de produção, com 0,5% de influência no crescimento das árvores. Em relação ao peso da desfolha (9%) este valor foi muito menor. Entretanto, a desfolha é o efeito direto do ataque das formigas sobre as árvores. A remoção da área foliar causa alterações importantes no crescimento, como mencionado anteriormente. A área externa dos formigueiros foi correlacionado com o total de árvores por unidade amostral, entretanto nem todas as árvores foram desfolhadas. No caso da desfolha, foi verificado o efeito desta variável apenas para as árvores que foram desfolhadas, o que pode justificar a grande diferença na força entre estas duas variáveis sobre o crescimento. Além disso, a área de terra solta pode não representar o tamanho real do ninho. A área de terra solta não apresentou correlação significativa com volume e número total de câmaras em ninhos de *Atta bisphaerica* (MOREIRA et al., 2002). Em outro estudo com ninhos de *Atta laevigata* também foi verificado que a área de terra solta não se relaciona com o tamanho do ninho e que a sua utilização, por exemplo, para cálculo da dosagem de formicidas pode interferir na eficiência do controle, principalmente através de subdosagem (MOREIRA; FORTI 1999). Outro estudo mostrou também que o número de operárias de *Atta sexdens* que saíram do ninho para o forrageamento não apresentou alta correlação com o tamanho da área externa da colônia (ABREU, 2015).

Mesmo com apenas um evento de desfolha durante todo ciclo produtivo, o resultado de 9% de influência negativa sobre o crescimento das árvores complementa os estudos que já foram feitos sobre o efeito do ataque de formigas cortadeiras em eucaliptais, e realça a importância das formigas cortadeiras sobre o crescimento das árvores em plantios de eucalipto. Isto fica mais evidente quando consideramos que o efeito da desfolha e da área de formigueiros foi estudado juntamente com a influência de outras variáveis, como idade, sítio, espaçamento e bioma. Diferentes condições de sítio, bioma e espaçamento estão diretamente relacionados a disponibilidade de água, nutrientes e condições climáticas para o crescimento das árvores. A força destes componentes, juntamente com a variável idade, naturalmente apresentarão a expressiva maioria da força capaz de influenciar o crescimento das árvores nos plantios florestais.

Considerando os principais fatores que influenciam no crescimento num mesmo modelo de crescimento, o efeito das formigas cortadeiras chegou a 9%, o que evidencia a sua

importância. Concluiu-se que a desfolha causada pelas formigas cortadeiras é uma das principais causas da redução no crescimento em diâmetro, altura e volume de madeira em plantios eucalipto.

7.2 Reduções causadas por diferentes classes de desfolha por bioma

As maiores reduções nos valores de DAP e altura foram observadas nas árvores dos plantios inseridos no bioma Cerrado, principalmente para desfolhas de 75-100%. As maiores reduções no DAP e volume neste bioma pode ser justificado pela desfolha associada as suas características climáticas. O bioma Cerrado não apresenta grandes variações de temperatura durante o ano, mas a distribuição anual das chuvas se caracteriza por uma estação chuvosa e uma seca, com até 80% do total anual de chuva caindo durante a estação chuvosa (GOEDERT, 1989).

Os plantios inseridos no bioma Mata Atlântica apresentaram as menores reduções de DAP, altura e volume de madeira para árvores que sofreram todas as classes de desfolha, entretanto as desfolhas de 75-100% apresentaram as maiores reduções nas variáveis estudadas. Eventos de desfolha associados ao estresse hídrico podem comprometer o desenvolvimento das árvores (RYAN, 2010), e o bioma Mata Atlântica é o que menos apresenta estas condições durante o ciclo de produção, devido a suas características climáticas de grande pluviosidade e boa distribuição de suas chuvas. Além disso, o bioma Mata Atlântica foi o único que apresentou os maiores sítios de produtividade, com 37% das suas unidades amostrais nos sítios II e III.

Apesar do bioma pampa ser mensurado de 3 a 8 anos, este bioma apresentou redução expressiva nos valores de DAP, altura e principalmente volume de madeira para desfolhas de 75-100%. Este bioma é caracterizado por eventos extremos de temperatura, com geadas frequentes durante o inverno, e verões com temperaturas elevadas, apesar das chuvas serem bem distribuídas. Estes eventos extremos de temperatura também podem reduzir a taxa de crescimento das árvores (KRAMER, 1983), e estas condições associadas a desfolhas pode justificar as elevadas taxas de redução nos valores de DAP, altura e volume de madeira. Além disso, o bioma pampa apresentou todas as suas unidades amostrais nos sítio IV e V, os menos produtivos, e o que também pode explicar o efeito da desfolha neste bioma.

De maneira geral, os biomas que apresentaram os maiores valores de DAP, altura e volume para as árvores que não foram desfolhadas foram os que apresentaram as menores taxas de redução destas variáveis, principalmente para desfolhas acima de 75%- 100%.

Biomias com características climáticas que não são limitadoras do crescimento das árvores também podem oferecer melhores condições para a recuperação das plantas desfolhadas. Apesar disso, um estudo realizado em diferentes biomias mostrou que os locais com melhores condições climáticas para o crescimento das árvores, como a região da Mata Atlântica, limitam menos o forrageamento e aumentam a capacidade das formigas cortadeiras de causar desfolha (ABREU, 2015). Entretanto, a maior capacidade de causar desfolha devido à pouca limitação ao forrageamento, aparentemente, pode ter sido compensada pela maior capacidade das plantas de realizar medidas compensatórias e manter o crescimento.

O efeito da desfolha associada a biomias com condições climáticas de extremos de temperatura e períodos de estresse hídrico fica mais evidente quando observamos as taxas de redução do volume de madeira. O volume foi a variável que apresentou as maiores reduções devido a desfolha nos diferentes biomias. Entretanto esta variável é calculada, e a relação dos diâmetros e alturas para seu cálculo faz com que pequenas reduções de diâmetro e altura resultem em reduções expressivas de volume.

Considerando o efeito de desfolhas severas, de 75- 100%, o Cerrado foi o bioma onde o volume de madeira pode ser comprometido, pois o volume médio por árvore para esta classe de desfolha foi 35% menor em relação a árvores não desfolhadas. Grandes maciços florestais estão inseridos neste bioma e o manejo de formigas cortadeiras nestes locais é muito importante para que os empreendimentos não sejam comprometidos. Outro aspecto importante foi a redução no volume de madeira para o bioma pampa, onde o volume médio para árvores que foram 75-100% desfolhadas foi de 27,6%. Apesar deste valor ser o segundo menor entre os três biomias estudados para esta classe de desfolha, esta redução evidencia o potencial de dano das formigas cortadeiras mesmo em plantios de maior idade.

7.3 Reduções causadas por diferentes classes de desfolha por sítio de produtividade

O efeito das diferentes classes de desfolha por sítio mostrou que as maiores taxas de reduções nos valores de DAP e altura foram para árvores que sofreram desfolhas de 75-100% no sítio V (Tabela 3). Desfolhas de até 50-75% não causaram grandes diferenças nos valores da redução do DAP e altura entre os sítios estudados. Estes resultados mostram que a baixa produtividade é mais severa quando associada a desfolhas de maior intensidade. Plantas que sofrem desfolhas menores que 75% são capazes de aumentar a taxa de realização de fotossíntese por unidade de área foliar e sustentar o crescimento (QUENTIN et al., 2012). Isto demonstra que a capacidade de plantas parcialmente desfolhadas de extrair água e nutrientes pode não ser reduzida devido esta categoria de desfolha.

O mesmo efeito foi observado em árvores de carvalho (*Quercus robur L.*), onde a condutância estomática em resposta à seca e desfolha foi regulada principalmente pela maior capacidade da árvore de transportar água para as folhas através de mudanças na condutância hidráulica entre solo e a copa, e que, em contraste com uma ocorrência isolada dos estressores, a ação combinada, dependendo do tempo de ocorrência dos estressores, resultou em maiores danos na árvore (GIEGER; THOMAS, 2005).

Não ocorreram grandes diferenças nas taxas de redução do crescimento de DAP e altura para árvores que sofreram a mesma classe de desfolha, para desfolhas menores que 75-100%, nos diferentes sítios de produtividade. Este resultado pode ter ocorrido devido a maior capacidade de sítios mais produtivos de sustentar o crescimento devido ao estresse da desfolha, ao mesmo tempo em que pode ocorrer uma menor redução devido a menor capacidade dos sítios pouco produtivos de manter o crescimento. Pode ter ocorrido, então, com o aumento das intensidades de desfolha nos diferentes sítios, a alternância entre o efeito da desfolha e a capacidade do sítio como principais limitantes do crescimento.

Entretanto, o resultado do efeito conjunto das duas fontes de estresse, maior intensidade de desfolha e menor produtividade, pode comprometer o volume de madeira ao final do ciclo produtivo. Isto mostra que formigas cortadeiras em plantios florestais de baixa produtividade podem ser uma das principais causas da redução da produção, e o manejo adequado de formigas nestes locais é muito importante para o sucesso destes empreendimentos.

7.4 Reduções médias causadas por diferentes classes de desfolha

Os resultados das diferentes classes de desfolha demonstram que as mudanças nos padrões de alocação de carbono para outras prioridades em detrimento da manutenção do crescimento ocorre em maior intensidade a partir de desfolhas de 25-50%. Árvores que sofreram desfolhas de até 0-25% são capazes de manter sua taxa de crescimento através da compensação fotossintética realizada por uma área foliar menor. Estudos com *Eucalyptus globulus* mostraram que árvores desfolhadas apresentaram aumento da taxa de fotossíntese líquida (PINKARD et al., 2006; TURNBULL et al., 2007; QUENTIN et al., 2010), aumento da taxa de transpiração por unidade de área foliar e da condutância hidráulica (QUENTIN et al., 2011), que compensaram o crescimento em diâmetro e altura mesmo após eventos de desfolha.

As variáveis diâmetro e altura apresentaram as maiores reduções a partir de desfolhas de 75-100%, em todos os sítios e biomas. As árvores que estão sob esta condição podem não

ter condições de realizar medidas compensatórias para sustentar o crescimento, ou, mesmo que realizando fotossíntese a taxas maiores, a área foliar remanescente pode ser insuficiente. Isso pode induzir a planta a alocar mais carbono para a recuperação da sua biomassa foliar, comprometendo o desenvolvimento em altura e diâmetro. Outros estudos verificaram este comportamento para plantas que foram desfolhadas artificialmente, onde reduções relevantes nos valores de DAP e altura só ocorreram a partir de desfolhas severas (PIZZI, 2016; MATRANGOLO et al, 2010; FREITAS; BERTI FILHO, 1994; BERTULIO et al., 2008).

A desfolha de maior intensidade causou as maiores reduções nos valores de DAP, altura e volume, em todos os biomas e sítios de produtividade. A remoção total da cobertura foliar compromete a realização da fotossíntese e fixação de carbono (SOARES, 2017) e também o equilíbrio hídrico dentro da planta (CUNNINGHAM et al., 2009, QUENTIN et al., 2011), pois o transporte de água e a fotossíntese nas árvores são regulados pela condutância hidráulica do percurso do solo à folha (MENCUCCINI, 2002; MENCUCCINI, 2003; TYREE, 2003). Um estudo mostrou que a irrigação aumentou a produtividade primária líquida da madeira de eucaliptos devido ao aumento da interceptação de luz, eficiência fotossintética, produtividade primária bruta e partição em madeira (RYAN, 2010). Portanto, a remoção da cobertura foliar também pode causar um colapso devido redução da capacidade de absorção pelas raízes e transporte até as partes superiores para manutenção do metabolismo fotossintético.

O volume de madeira foi a variável mais sensível as diferentes classes de desfolha, em todos os biomas e sítios de produtividade. Desfolhas a partir de 0-25% causaram reduções significativas para todos os biomas e os sítios II, IV e V, em relação a árvores não desfolhadas. Uma desfolha de 75-100% pode comprometer o volume de madeira de *Eucalyptus urograndis* no final do ciclo produtivo, em todos os biomas e sítios de produtividade.

9 CONCLUSÕES

Concluiu-se que a desfolha causada pelas formigas cortadeiras é uma das principais causas da redução no crescimento em diâmetro, altura e volume de madeira em plantios eucalipto.

As diferentes intensidades de desfolha causam reduções distintas em plantios de eucalipto inseridos nos biomas Mata Atlântica, pampa, Cerrado. O mesmo ocorre para plantios de diferentes sítios de produtividade.

A ação conjunta destas duas fontes de estresse, desfolha e baixa produtividade, pode comprometer o incremento em DAP, altura e volume de madeira no final do ciclo produtivo.

Desfolhas de maiores intensidades causam maiores reduções nos valores do DAP, altura e principalmente volume de madeira no final do ciclo produtivo.

10 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABREU, C. S. Forrageamento diário e sazonal de *Atta sexdens* Linnaeus, 1758 (Hymenoptera: Formicidae) em eucaliptais nos biomas brasileiros. 2015. 78p. Dissertação (Mestrado em entomologia) – Universidade Federal de Lavras, Lavras MG, 2015.

ALTIERI, M. A.; SILVA, E. M.; NICHOLLS, C. I. O papel da biodiversidade no manejo de pragas. Ribeirao Preto (Brasil), 2003. 226 p. ISBN 85-86699-38-1.

ALTIERI, M. A. Agroecology, the scientific basis of alternative agriculture. Div. of Biol.Control, U.C. Berkeley, Cleo's Duplication Services. 1983. 173 p.

AMANTE, E. Prejuízos causados pela formiga saúva em plantações de *Eucalyptus* e *Pinus* no Estado de São Paulo. *Silvicultura*, 6, 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, MG: UFV/Sociedade de Investigações Florestais, 1993, p. 212-241,

ASHRAF, M. Y.; AKHTAR, K.; SARWAR, G.; ASHRAF, M. Role of rooting system in salt tolerance potential of different guar accessions. *Agronomy for Sustainable Development*, 25: 243-249, 2005.

BAER, B.; BOOMSMA, J.J. Male reproductive investment and queen mating-frequency in fungus-growing ants. *Behavioral Ecology*, v. 15, n. 3, p. 426-432, 2004.

BALLONI, E. A.; SIMÕES, J. W. O. espaçamento de plantio e suas implicações silviculturais. *IPEF* 1(3):1-16, 1980. BARRET, C.; VAPAILLE, A. Determination of the density and the relaxation time of silicon-metal interfacial states. *Solid-State Electronics* 18(1): 25-27, 1975.

BARROS, N. F.; COMERFORD, N. B. Sustentabilidade da produção de florestas plantadas na região tropical. In: ALVAREZ, V.; SCHAEFER, C.E.G.R.; V. H.; BARROS, N.F; MELLO, J.W.V.;

COSTA, L.M. eds. Tópicos em ciência do solo. Viçosa, Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, Viçosa, Folha de Viçosa 2: 487-592, 2002.

BARRY, K. M. Consequences of resource limitation for recovery from repeated defoliation in *Eucalyptus globulus* Labillardière. *Tree Physiology*, Oxford, 32(1): 24-35, 2011.

BELLOTE, A. F. J.; DEDECEK, R.A. Atributos Físicos e Químicos do Solo e suas Relações com o Crescimento e a Produtividade do *Pinus taeda*. *Pesquisa Florestal Brasileira* 53: 21-38, 2006.

BENJAMINI, Y.; YEKUTIELI, D. The control of the false discovery rate in multiple testing under dependency. *Annals of Statistics*. 29, 1165–1188, 2001.

BERNARDOA, A.L.; REISB, M.G.F.; REISB, G.G.; HARRISONC, R.B.; FIRMED, D.J. Effect of spacing on growth and biomass distribution in *Eucalyptus camaldulensis*, *E. pellita* and *E. urophylla* plantations in southeastern Brazil. *Forest Ecology and Management* 104(1-3):1-13, 1998.

BERRYMAN, A. A Forest insects, Principles and practice of population management. Plenum Press, London, p. 279, 1986.

BERTULIO, V.G.; PERES, F.O.; SILVA, E.G.; DORVAL, A. Crescimento de clones de *Eucalyptus spp.* submetidos a desfolha artificial sucessiva. *Brazilian Journal of Agriculture*, 83(2), 2008.

BINOTI, M.L.M.S.; LEITE, H.G.; BINOTI, D.H.B.; GLERIANI, J.M. Prognose em nível de povoamento de clones de eucalipto empregando redes neurais artificiais. *Cerne* 21(1): 97-105, 2015.

BLOOM, A. J; CHAPIN, F. S; MOONEY, H. A Resource limitation in plants-an economic analogy. *Annual Review of Ecology and Systematics* 16: 363-392, 1985.

BOLTON, B. An online catalog of the ants of the world – ANTCAT, 2012. Disponível em: <http://www.antcat.org/catalog/429529>. Acesso em 4 abr 2017.

BRAGA, F. A. Uso da análise discriminante na identificação de características ambientais determinantes da capacidade produtiva de povoamentos de eucalipto. Tese (Doutorado), 65p. Universidade Federal de Viçosa, Viçosa MG, 1997.

BRAGA, F. A.; BARROS, N. F.; SOUZA, A. L.; COSTA, L. M. Environmental characteristics determining site capacity for eucalypt production. *Revista Brasileira de Ciência do Solo* (23): 291-298, 1999.

BRANDÃO, A.M.; BACCAS, D.; AREAL, G. R. E.; MARTINS, M.R DE SÁ.; LIMA, M. G; BRITO, R. S. P.; FERREIRA, T.G. Principais aspectos da nova regulamentação do Cadastro Ambiental Rural (CAR). *Revista do Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social (BNDES)*, 45, 197- 241, 2016.

BRANDÃO, C. R.; MAYHÉ-NUNES, A. J.; SANHUDO, C.E.D. Taxonomia e filogenia das formigas-cortadeiras. In: DELLA LUCIA, T. M. C. (eds). *Formigas-cortadeiras: da biologia ao manejo*. UFV Viçosa, MG. V.1, p. 27-48, 2011.

BRÉDA, N.; BADEAU, V. Forest tree responses to extreme drought and some biotic events: towards a selection according to hazard tolerance. *C. R. Geosci* 340:651–662. 2008.

BREIMAN, L.; FRIEDMAN, J.H. Predicting Multivariate Responses in Multiple Linear Regression. *Journal of the Royal Statistical Society: Series B (Statistical Methodology)* 59 (1): 3-57, 1997.

BURATTO, D.A.; CARDOSO, J.T.; ROLIM, F.A.; FILHO, W.R. Avaliação dos danos causados por formigas cortadeiras do gênero *Acromyrmex* (Hymenoptera) aos plantios de *Pinus taeda* no planalto Sul-Catarinense. *Floresta*, 42, 683–690, 2012.

CANTARELLI, E.B.; COSTA, E.C.; PEZUTTI, R.; OLIVEIRA, L.S. Quantificação das perdas no desenvolvimento de *Pinus taeda* após ataque de formigas cortadeiras. *Ciência Florestal* 18, 39–45, 2008.

CASTRO, R.A; CASTRO, E.M.R. As Monoculturas e a Sustentabilidade: Análises de três Regiões do Brasil. *SUSTENTABILIDADE EM DEBATE*, 6(2), 228-248, 2015. ISSN 2179-9067. Disponível em:

<<http://periodicos.unb.br/index.php/sust/article/view/14975>> Acesso em 29 jan. 2018.
doi:<http://dx.doi.org/10.18472/SustDeb.v6n2.2015.14975>.

CASTRO, R.V.O.; ARAÚJO, R.A.A.; LEITE, H.G.; CASTRO, A.F.N.M.; SILVA, A.; PEREIRA, R.S.; LEAL, F. A. Modelagem do crescimento e da produção de povoamentos de *Eucalyptus* em nível de distribuição diamétrica utilizando índice de local¹. Revista Árvore 40 (1): 107-116, 2016.

COELHO, A. S. R.; MELLO, H. A.; SIMÕES, J.W. Comportamento de espécies de eucalipto face ao espaçamento. IPEF 1: 29-55, 1970.

COLPINI, C.; SILVA, V.S.M.; SOARES, T.S. Prognose da estrutura diamétrica e da produção de uma floresta de contato ombrófila aberta/estacional. Adv. For. Sci., Cuiabá, 4(3):147-150, 2017.

COULSON, R.N.; WITTER, J. A. Forest entomology: ecology and management. New York, 1984, p 669.

COUTINHO, M. L. O conceito de bioma. Acta bot. bras. 20 (1): 13-23, 2006.

CRUZ, A.P.; ZANUNCIO, J.C.; ZANETTI, R. Eficiência de cebos granulados a base de sulfluramida o de clorpirifós en el control de *Acromyrmex octospinosus* (Hymenoptera: Formicidae) en el trópico húmedo. Revista Colombiana de Entomologia 26: 67-69, 2000.

CROZIER, R.E.H. Page On being the right size: male contributions and multiple mating in social Hymenoptera Behav. Ecol. Sociobiol., v. 18, p. 105-115, 1985.

CUNNINGHAM, S.; PULLEN, K.; COLLOFF, M. Whole-tree sap flow is substantially diminished by leaf herbivory. Oecologia 158: 633–640, 2009.

DAJOZ, R. Ecologia Geral. Rio de Janeiro, Ed. Vozes, 1973.

DELABIE, J.H.C.; MARINHO, C.G.S.; ALVES, H.S.S.; STRENZEL, G.M.R.; CARMO, A.F.R.; NASCIMENTO, I.C. Distribuição das formigas-cortadeiras *Acromyrmex* e *Atta* no novo mundo. In Formigas Cortadeiras, da Bioecologia ao manejo. Editora UFV: Viçosa, Brazil. p 80-101, 2011.

DELLA LUCIA, T.M.C; BENTO, J.M.S. Voo nupcial ou revoada. In: As formigas cortadeiras. Viçosa, MG: Folha de Viçosa, p 54-59, 1993.

DELLA LUCIA, T.M.C; FOWLER, H.G; MOREIRA, D.D.O. Espécies de formigas cortadeiras no Brasil. In: DELLA LUCIA TMC (ed.) As formigas cortadeiras. Viçosa, MG: Folha de Viçosa, p 26-31, 1993.

DELLA LUCIA, T.M.C.; GANDRA, L.C.; GUEDES, R.N. Managing leaf-cutting ants: peculiarities, trends and challenges. *Pest Manag Sci* 70(1):14-23, 2014 doi: 10.1002/ps.3660

DELLA LUCIA, T.M.C.; GANDRA, L.C.; GUEDES, R.N.C. Managing leaf-cutting ants: peculiarities, trends and challenges. *Pest Management Science* 70: 14–23, 2014.

DOBNER, M.; TRAZZI, P.A.; MACHADO, S.A.; HIGA, A. Aspectos dendrométricos e silviculturais de um povoamento de *Cunninghamia lanceolata* no sul do Brasil. *Floresta* 47(1):1, 2017 doi:10.5380/rf.v47i1.43562

ENCINAS, J. M. I.; SILVA, G.F.; PINTO, J. R. R. Idade e crescimento das árvores. *Comum. Técn. Fl. Da UnB* 7(1): 1-40, 2005.

EPSTEIN, E.; BLOOM, A. J. *Nutrição mineral de plantas: princípios e perspectivas*. Londrina: Editora Planta, p 403, 2006.

FOX, J. *Applied Regression Analysis and Generalized Linear Models, Second Edition*. Sage Publications, 2008.

FOX, J; FRIENDLY, M.; MONETTE, G. Visualizing hypothesis tests in multivariate linear models: The heplots package for R. *Computational Statistics*, 24:233–246, 2009.

FOX, J; SANFORD, W. *An R Companion to Applied Regression, Second Edition*. Thousand Oaks CA: Sage, 2011.

FOX, J.; WEISBERG, S. An R Companion to Applied Regression, Second Edition. Thousand Oaks CA: Sage. <http://socserv.socsci.mcmaster.ca/jfox/Books/Companion> Journal of Computational and Graphical Statistics 16:421-44, 2011.

FREITAS, S.; BERTI FILHO, E. Efeito do desfolhamento no crescimento de *Eucalyptus grandis* hill ex maiden (Myrtaceae). Scientia Forestalis, Piracicaba (47): 36-43, 1994.

FRIENDLY, M. HE plots for Multivariate General Linear Models. Journal of Computational and Graphical Statistics 16, 421-44, 2007.

GOEDERT, W. J. Região dos Cerrados: Potencial agrícola e política para o seu desenvolvimento. Pesq. agropec. bras., Brasília, 24(1):1-17, 1989.

GONÇALVES, J.L.M.; DEMATTÊ, J.L.I.; COUTO, H.T.Z. Relações entre a produtividade de sítios florestais de *Eucalyptus grandis* e *Eucalyptus saligna* com as propriedades de alguns solos de textura arenosa e média no Estado de São Paulo. IPEF (43/44): 24-39, 1990.

GONÇALVES, M. R.; PASSOS, C.A.M. Crescimento de cinco espécies de eucalipto submetidas a déficit hídrico em dois níveis de fósforo. Ciência Florestal, Santa Maria, 10 (2): 145-161, 2000.

GONÇALVES, CR. As formigas cortadeiras. Boletim do Campo, Rio de Janeiro, v 20, n 181, p 7-23, 1964.

GOULART, R.M.; PEREIRA, J.A.; CALEGARIO, N. Caracterização de sítios e comportamento de espécies florestais em processo de estabilização de voçorocas. CERNE (UFPA) 12(1) p. 68-79, 2006.

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, 24, 287–298, 1995.

HERZ, H.; HÖLLDOBLER, B.; ROCES, F. Delayed rejection in a leaf-cutting ant after foraging on plants unsuitable for the symbiotic fungus. *Behav. Ecol.* 19, 575–582, 2008 doi:10.1093/beheco/arn016.

HÖLLDOBLER, B.; WILSON, E.O. *The Leafcutter Ants. Civilization by Instinct.* W. W. Norton, New York, 2011.

HUBBELL, S.P.; JOHNSON, L.K.; STANISLAV, E.; WILSON, B.; FOWLER, H. Foraging by bucket-brigade in leafcutter ants. *Biotropica*, 12, 210–213, 1980.

IBÁ – Indústria Brasileira de Árvores (2016) Relatório IBÁ 2016. São Paulo

KÖPPEN, W. *Grundriss der Klimakunde: Outline of climate science.* Berlin: Walter de Gruyter, 1931, p 388.

KOZLOWSKI, T.T. Growth characteristics of forest trees. *Journal of Forestry* 61:655-662, 1963.

KOZLOWSKI, T.T. Tree physiology and forest pests. *Journal of Forestry*, 67: 118-123, 1969.

KOZLOWSKI, T.T.; KRAMER, P.J.; PALLARDY, S.G. *The physiological ecology of woody plants.* San Diego, Academic Press. 1991, 657p.

KRAMER, P.J. *Water Relations of Plants.* Academic Press, Orlando, FL, 1983.

KRAMER, P. J; KOZLOWSKI, T. *Fisiologia das árvores.* Lisboa: Fundação Calouste Gulbenkian, 1972, 745 p.

KUINCHTNER, A; BURIOL, G.A. Clima do Estado do Rio Grande do Sul segundo a classificação climática de Köppen e Thornthwaite. *Disciplinarum Scientia*, 2: 171-182, 2001.

LANFRANCO, D.; DUNGEY, H.S. Insect damage in *Eucalyptus*: a review of plantations in Chile. *Austral Ecology*, 26,477-481, 2001.

LEE, R; SYPOLT, C.R. Toward a biophysical evaluation of forest site potential. For. Science, 20:145-154, 1974.

LEWIS, T; NORTON, G. An aerial bating to control leaf-cutting ants (Formicidae: Attini) en Trinidad. Bull. Entomol. Res. 63:289-303, 1973.

LIMA, D.G. Importância das florestas plantadas como forma de reduzir a pressão sobre as florestas nativas ainda existentes. Revista Bahia Agrícola, 1(3), 45-48, 1997.

MACHADO, L.A. Classificação Climática Para Minas Gerais Por Meio Do Método De Agrupamento Não Hierárquico De K-Means. Cadernos do Leste, IGC, UFMG, 2014.

MARANGON, G.P.; COSTA, E.A.; ZIMMERMANN, A.P.L.; SCHNEIDER, P.R.; SILVA, E.A. Dinâmica da distribuição diamétrica e produção de eucalipto em diferentes idades e espaçamentos. Rev. Cienc. Agrar. 60 (1): 33-37, 2017.

MARICONI, F.A.M. As saúvas. São Paulo: Agronômica Ceres, 1970, 167 p.

MARINHO, C.G.S.; OLIVEIRA, M.A.; ARAÚJO, M.S.; RIBEIRO, M.M.R.; DELLA LUCIA, T.M.C. Voo nupcial ou revoada de formigas-cortadeiras. In: DELLA LUCIA, T. M. C. Formigas-cortadeiras: da biologia ao manejo. Viçosa-MG: UFV, p. 165-172, 2011.

MARSARO JÚNIOR, A.L.; MOLINA-RUGAMA, A.J.; LIMA, C.A.; DELLA LUCIA, T.M.C. Preferência de corte de *Eucalyptus spp.* por *Acromyrmex laticeps nigrosetosus* Forel, 1908 (Hymenoptera: Formicidae) em condições de laboratório. Ciência Florestal, 17: 171-174, 2007.

MARSARO JÚNIOR, A.L.; SOUZA, R.C.; DELLA LUCIA, T.M.C.; FERNANDES, J.B.; SILVA, M.F.G.F.; VIEIRA, P.C. Behavioral changes in workers of the leaf-cutting ant *Atta sexdens rubropilosa* induced by chemical components of *Eucalyptus maculata* leaves. Journal of Chemical Ecology, 30(9), 1771-1780, 2004.

MATRANGOLO, C.A.R.; CASTRO, R.V.O.; DELLA LUCIA, T.M.C.; DELLA LUCIA, R.M.; MENDES, A.F.N.; COSTA, J.M.F.N.; LEITE, H.G. Crescimento de eucalipto sob efeito de desfolhamento artificial. *Pesquisa Agropecuária Brasileira* 45:952-957, 2010.

MATTSON, W.J; HAACK, R. A. The role of drought stress in provoking outbreaks of phytophagous insects. In press in: BARBOSA, P; SCHULTZ, J. eds. *Insect Outbreaks: Ecological and Evolutionary Perspectives*. Academic Press, Orlando, FL, 1987.

MENCUCCINI, M. The ecological significance of long-distance water transport: short-term regulation, long-term acclimation and the hydraulic costs of stature across plant life forms. *Plant Cell Environ.* 26:163–182, 2003.

MENCUCCINI, M. Hydraulic constraints in the functional scaling of trees. *Tree Physiol.* 22: 553–565, 2002.

MENDES FILHO, J.M.A. Técnicas de combate à formiga. *Circular Técnica*. Instituto de Pesquisa e Estudos Florestais, 75, 1-19, 1979.

MENESES, V.A; TRUGILHO, P.F; CALEGARIO, N; LEITE, H.G. Efeito da idade e do sítio na densidade básica e produção de massa seca de madeira em um clone do *Eucalyptus urophylla*. *Scientia Forestalis* 43(105): 101-116, 2015.

MORAES, J.S.A. Conhecimentos básicos para o combate às formigas cortadeiras. In *Boletim Técnico Da CAF*, 2nd ed.; Cia Agrícola e Florestal Santa Bárbara: Belo Horizonte, Brazil, 1983, 25 p.

MOREIRA, A.A.; FORTI, F.C. Comparação entre o volume externo e interno de ninhos de *Atta laevigata* (Hymenoptera: Formicidae). *Rev. Árvore*, Viçosa 23: 355-358, 1999.

MOREIRA, A.A; FORTI, F.C; ANDRADE, A.P.P; BOARETTO, M.A.C; RAMOS, V.M; LOPES, J.F.S. Comparação entre parâmetros externos e internos de ninhos de *Atta bisphaerica* Forel (Hymenoptera, Formicidae). *Acta. Sci. Biol. Sci.* 24: 369-373, 2002.

MOREIRA, J.M.M.A.P.; SIMIONI, F.J.; OLIVEIRA, E.B. Importância e desempenho das florestas plantadas no contexto do agronegócio brasileiro. *Floresta*, Curitiba, 47(1), 85-94, 2017. DOI: 10.5380/rf.v47i1.47687

MORRISON, D.F. *Multivariate Statistical Methods*. Duxbury, Belmont CA, 4th edition, 2005.

NACCARATA, V. Evaluacion de daños por bachacos (*Atta* spp.) en plantaciones juvenis de pino caribe. Caracas, Programa Charamas Campaña Nacional de Reforestacion, 1983, 16p.

NARDELLI, A.M.B.; GRIFFITH, J.J. Modelo Teórico para Compreensão do Ambientalismo Empresarial do Setor Florestal Brasileiro. *Revista Árvore*, 27(6), 855-869, 2003.

NARDELLI, A.M.B.; TOMÉ, M.V.D.F. Efeito multiplicador dos benefícios da certificação florestal. *Revista Floresta*, p 94-98, 2002.

NUNES, G.H.S.; RESENDE, G.D.S.P.; RAMALHO, M.A.P.; SANTOS, J.B. Implicações da interação genótipos x ambientes na seleção de clones de eucalipto. *Cerne* 8(1): 049-058, 2002.

O'GRADY, A.P.; WORLEDGE, D.; BATTAGLIA, M. Constraints on transpiration of *Eucalyptus globulus* in southern Tasmania, Australia. *Agric. For. Meteorol.* 148:453-465, 2008.

OLIVEIRA, M.A.; ARAÚJO, M.S.; MARINHO, G.C.; RIBEIRO, M.M.R.; DELLA LUCIA, T.M.C. Manejo de formigas cortadeiras. In: DELLA LUCIA TMC (Ed.). *Formigas cortadeiras: da bioecologia ao manejo*. Viçosa, MG: UFV, 400-419, 2011.

OLIVEIRA, M.; FERNANDA, R.I.L.; PERETTI, C.; CAPELLESSO, E.; SAUSEN, T.; BUDKE, J. Biomass and carbon stocks in different forest systems in southern Brazil. *Perspectiva*. 40, 9-20, 2016.

PAIXÃO, F.; SOARES, C.; JACOVINE, L. Quantification of carbon stock and economic evaluation of management alternatives in a eucalypt plantation. *Revista Árvore* 30 (3): 411–420, 2006.

PINKARD, E.A.; BAILLIE, C.; PATEL, V.; MOHAMMED, C.L. Effects of fertilising with nitrogen and phosphorus on growth and crown condition of *Eucalyptus globulus* Labill. Experiencing insect defoliation. For. Ecol. Manage 23(1): 131-137, 2006.

PIZZI, M.B. Perdas de produtividade de 12 clones de eucalipto submetidos a Desfolhas artificiais sucessivas. 2016. 69p. Dissertação (Mestrado) - Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências Agrônômicas, Botucatu SP, 2016.

QUENTIN, A.G.; BEADLE, C.L.; O'GRADY, A.P.; PINKARD, E.A. Effects of partial defoliation on closed canopy *Eucalyptus globulus* Labillardière: growth, biomass allocation and carbohydrates. For Ecol Manag 261:695–702, 2011.

QUENTIN, A.G.; PINKARD, E.A.; BEADLE, C.L.; WARDLAW, T.J.; O'GRADY, A.P.; PATERSON, S.; MOHAMMED, C.L. Do artificial and natural defoliation have similar effects on physiology of *Eucalyptus globulus* Labill. seedlings? Annals of Forest Science 67(2):203-203, 2010.

R CORE TEAM R. A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria, 2017.

RANDO, J.S.S.; FORTI, L.C. Ocorrência de formigas *Acromyrmex* Mayr, 1865, em alguns municípios do Brasil. Acta Scientiarum. Biological Sciences, Maringá, 27(2), 129-133, 2005.

RANDO, J.S.S. Ocorrência de espécies de *Atta* Fabricius, 1804 e *Acromyrmex* Mayr, 1865 em algumas regiões do Brasil. 2002. 105 p Tese (Doutorado em Agronomia) - Universidade Estadual Paulista, São Paulo, 2002.

REIS, G.G.; REIS, M.G.F. Competição por luz, água e nutrientes em povoamentos florestais. In: Simpósio brasileiro de pesquisa florestal. Belo Horizonte. Resumos. Viçosa: SIF/UFV, 161-172, 1993.

RIBEIRO, G.T.; WOESSNER, R.A. Efeito de diferentes níveis de desfolha artificial, para avaliação de danos causados por saúvas (*Atta* spp.) em árvores de *Gmelina arborea* Linnée e de *Pinus caribaea* var. hondurensis Barr. e Golf. Anais da Sociedade Entomológica do Brasil, 9, 261–272, 1980.

RIBEIRO, M.D.S.B.; JORGE, L.A.B.; MISCHAN, M.M.; SANTOS, A.L.; BALLARIN, A.W. Avaliação da produção de biomassa do fuste de um clone híbrido de eucalipto sob diferentes espaçamentos. *Ciência Florestal*, Santa Maria 27(1): 41-45, 2017.

RIBEIRO, M.M.R.; MARINHO, C.G. Seleção e forrageamento em formigas cortadeiras. In: DELLA LUCIA, T. M. C. Formigas-cortadeiras: da biologia ao manejo. Viçosa, Minas Gerais, 189-203, 2011.

RYAN, M.G.; STAPE, J.L.; BINKLEY, D.; FONSECA, S.; LOOS, R.A.; TAKAHASHI, E.N.; SILVA, C.R.; SILVA, S.R.; HAKAMADA, R.E.; FERREIRA, J.M.; LIMA, A.M.N.; GAVA, J.L.; LEITE, F.P.; ANDRADE, H.B.; ALVES, J.M.; SILVA, G.G.C. Factors controlling Eucalyptus productivity: how water availability and stand structure alter production and carbon allocation. *Forest Ecology and Management* 259(9): 1695-1703, 2010.

SANTANA, R.C.; BARROS, N.F.; NEVES, J.C.L. Eficiência nutricional e sustentabilidade da produção em procedências de *Eucalyptus grandis* e *Eucalyptus saligna* em sítios florestais do estado de São Paulo. *Revista Árvore*, Viçosa-MG 26(4): 447-457, 2002.

SANTOS, A.A.; SILVA, S.; LEITE, H.G.; CRUZ, J.P. Influência da variabilidade edafoclimática no crescimento de clones de eucalipto no Nordeste baiano. *Pesq. flor. bras. Colombo* 37(91): 259-268, 2017.

SCHLINDWEIN, M.N. Dinâmica do ataque de *Atta sexdens rubropilosa* Forel, 1908 sobre a vegetação: uso de manipulação de recursos e armadilha de solo para se estimar o comportamento de forrageamento. *Revista UNIARA*, Araraquara, 15,153-166, 2004.

SCHNEIDER, P.R.; FLEIG, F.D.; FINGER, C.A.G.; KLEIN, J.E.M. (2012) Crescimento da acácia-negra, *acacia mearnsii* de Wild em diferentes espaçamentos. *Ciência Florestal*, Santa Maria 10(2): 101-112.

SCOLFORO, J.R.S. O manejo de florestas plantadas. In: SCOLFORO J.R.S. Manejo florestal. Lavras: UFLA/FAEPE, p 313-379, 1998.

SCOLFORO, J.R. Mensuração florestal 4: avaliação da produtividade florestal através da classificação de sítio. Lavras: ESAL / FAEPE, 1993, 138p.

SILVA, E.; SANTOS, A.; KORASAKI, V.; EVANGELISTA, A.; BIGNELL, D.; CONSTANTINO, R.; ZANETTI, R. Does fipronil application on roots affect the structure of termite communities in eucalypt plantations?. *Forest Ecology and Management* 377:55-60, 2016.

SOARES, L.K.D. Manejo da copa diminui o fator de afilamento e altera a fisiologia foliar de *Eucalyptus urophylla*. 2017. 52p. Dissertação de mestrado, Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Piracicaba SP, 2017.

SOSSAI, M.F.; ZANUNCIO, J.C.; LEITE, H.G.; ZANETTI, R.; SERRÃO, J.E. Transects to estimate the number of leaf-cutting ant nests (Hymenoptera: Formicidae) in *Eucalyptus urophylla* plantations. *Sociobiology*, 46, 667-676, 2005.

SOUSA-SOUTO, L.; GUERRA, M.B.B.; SCHOEREDER, J.H.; SCHAEFER, C.E.G.R.; SILVA, W.L. Determinação do fator de conversão em colônias de *Atta sexdens rubropilosa* (Hymenoptera: Formicidae) e sua relação com a qualidade do material vegetal cortado. *Revista Árvore* 31: 163-166, 2007.

SOUZA, A.; ZANETTI, R.; CALEGARIO, N. Nível de dano econômico para formigas-cortadeiras em função do índice de produtividade florestal de eucaliptais em uma região de Mata Atlântica. *Neotropical Entomology*, Londrina, 40(4), 483-488, 2011.

SOUZA, P.F. Terminologia florestal, glossário de termos e expressões florestais. Guanabara (RJ): Fundação IBGE, 1973, p 304.

STAPE, J.L.; BINKLEY, D.; JACOB, W.S.; TAKAHASHI, E.N. A twin-plot approach to determine nutrient limitation and potential productivity in *Eucalyptus* plantations at landscape scales in Brazil. *Forest Ecology and Management* 223:358-362, 2006.

STAPE, J.L.; BINKLEY, D.; RYAN, M.G.; FONSECA, S.; LOOS, R.A.; TAKAHASHI, E.N.; SILVA, C.R.; SILVA, S.R.; HAKAMADA, R.E.; FERREIRA, J.M.A.; LIMA, A.M.N.; GAVA, J.L.; LEITE, F.P.; ANDRADE, H.B.; ALVES, J.M.; SILVA, G.G.C.; AZEVEDO, M.R. The Brazil

eucalyptus potential productivity project: influence of water, nutrients and stand uniformity on wood production. *Forest Ecology and Management* 259:1684-1694, 2010.

TONINI, H. Crescimento e produção de clones *Eucalyptus saligna* Smith, na depressão central e serra do Sudeste, Rio Grande do Sul. Tese (Doutorado em Ciências Florestais) – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, Brasil, p. 289, 2003.

TURNBULL, T.L.; KELLY, N.; ADAMS, M.A.; WARREN, C.R. Within-canopy nitrogen and photosynthetic gradients are unaffected by soil fertility in field-grown *Eucalyptus globulus*, *Tree Physiol.* 27:1607-1617, 2007.

TYREE, M.T. Hydraulic limits on tree performance: transpiration, carbon gain and growth of trees. *Trees* 17(2): 95-100, 2003.

UHLIG, J.G.; COELHO, S.T. O uso de carvão vegetal na indústria siderúrgica brasileira e o impacto sobre as mudanças climáticas *Revista Brasileira de Energia*, 14 (2) 67-85, 2008.

VALVERDE, S.R.; REZENDE, J.L.; SILVA, M.L.; JACOVINE, L.A.G.; CARVA, R.M.M.A. Efeitos multiplicadores da economia florestal brasileira. *Revista Árvore*, 27(3), 285-293, 2003.

VERZA, S.S.; FORTI, L.C.; LOPES, J.F.S.; HUGHES, W.O.H. Nest architecture of the leaf-cutting ant *Acromyrmex rugosus rugosus*. *Insectes Sociaux* 54: 303–309, 2007.

VIEIRA, L.A.N.; SOARES, T.S.; CARVALHO, R.M.M.A.; REZENDE, J.B. Dimensionamento do Setor Florestal em Minas Gerais. *Revista Cerne*, 12(4), 389-398, 2006.

VIETS, F.G. JR. Water deficits and nutrient availability: in Kozlowski TT, ed. *Water Deficits and Plant Growth*. Academic Press, New York, 3:217-239. 1972

WEBER, N. The fungus growing ants. *Science* 121, 587–604, 1966.

WHATLEY, F.H.; WHATLEY, F.R. A luz e a vida das plantas. São Paulo: EPU-EDUSP 30:101, 1982.

WILSON, E. O. The Sociogenesis of Insect Colonies. *Science*. 228, 1489-1495, 1985 DOI: 10.1126/science.228.4707.1489

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*, Londrina, PR, 29(1), 105-117, 2000.

ZANETTI, R.; ZANUNCIO, J.; SANTOS, J.; SILVA, W.; RIBEIRO, G.; LEMES, P. An Overview of Integrated Management of Leaf-Cutting Ants (Hymenoptera: Formicidae) in Brazilian Forest Plantations. *Forests* 5: 439-454. (2014).

ZANETTI, R.; ZANUNCIO, J.C. Monitoramento de formigas cortadeiras em florestas cultivadas no Brasil. *Manejo Integrado de Plagas y Agroecología*, 75, 91-92, 2006.

ZANETTI, R.; ZANUNCIO, J.C.; MAYHÉ-NUNES, A.J.; MEDEIROS, A.G.B.; SILVA, A.S. Combate sistemático de formigas cortadeiras com iscas granuladas, em eucaliptais com cultivo mínimo. *Revista Árvore*, Viçosa, MG, 27(3), 387-392, 2003.

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*, Chicago, 42(2), 433- 442, 2003.

ZANUNCIO, J.C.; TORRES, J.B.; GASPERAZZO, W.L.; ZANUNCIO, T.V. Aferição de dosagens de iscas granuladas para controle de *Atta laevigata* (F. Smith) pelo número de olheiros ativos. *Revista Árvore*, 20, 241–246, 1996.

ZANUNCIO, T.V.; ZANUNCIO, J.C.; FREITAS, F.A.; PRATISSOLI, D.; SEDI, Y. C.; MAFFIA, V. P. Main lepidopteran pest species from an eucalyptus plantation in Minas Gerais, Brazil. *Revista de Biologia Tropical*, 54, 553-560, 2006.