

UNIVERSIDADE ESTADUAL DO CENTRO-OESTE, UNICENTRO

**EFEITOS DE DIFERENTES DOSAGENS DE
ADUBAÇÃO NO CRESCIMENTO INICIAL DE
Eucalyptus benthamii NA REGIÃO SUL DO ESTADO DO
PARANÁ**

DISSERTAÇÃO DE MESTRADO

EDSON LUIS SERPE

IRATI-PR

2015

EDSON LUIS SERPE

EFEITOS DE DIFERENTES DOSAGENS DE ADUBAÇÃO NO CRESCIMENTO INICIAL DE *Eucalyptus benthamii* NA REGIÃO SUL DO ESTADO DO PARANÁ

Dissertação de Mestrado apresentada à Universidade Estadual do Centro-Oeste, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Ciências Florestais, área de concentração em Manejo Florestal, para obtenção do título de Mestre.

Prof. Dr. Afonso Figueiredo Filho

Orientador

Prof. Dr. Julio Eduardo Arce

Coorientador

IRATI-PR

2015

Catálogo na Fonte
Biblioteca da UNICENTRO

SERPE, Edson Luis.

S486 Efeitos de diferentes dosagens de adubação no crescimento inicial de *Eucalyptus benthamii* na região sul do estado do Paraná -- Irati, PR : [s.n], 2015.
82f.

Orientador: Prof. Dr. Afonso Figueiredo Filho

Coorientador: Prof. Dr. Julio Eduardo Arce

Dissertação (mestrado) - Programa de Pós-Graduação em Ciências Florestais,
área de concentração em Manejo Florestal.

1. Engenharia Florestal – dissertação. 2. Nutrição Florestal. 3. Eucalipto.
I. Figueiredo Filho, Afonso. II. Arce, Julio Eduardo. III. UNICENTRO. IV. Título.

CDD 20 ed. 583.42

Universidade Estadual do Centro-Oeste

Reconhecida pelo Decreto Estadual nº 3.444, de 8 de agosto de 1997

Home Page: <http://www.unicentro.br>

Campus Santa Cruz: Rua Pres. Zacarias 875 – Cx. Postal 3010 – Fone: (42) 3621-1000 – FAX: (42) 3621-1080 – CEP 85.015-430 – GUARAPUAVA – PR

Campus CEDETEG: Rua Simeão Camargo Varela de Sá, 03 – Fone/FAX: (42) 3629-8100 – CEP 85.040-080 – GUARAPUAVA – PR

Campus de Irati: PR 153 – Km 07 – Riozinho – Cx. Postal 21 – Fone: (42) 3421-3000 – FAX: (42) 3421-3067 – CEP 84.500-000 – IRATI – PR


PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO *STRICTO SENSU* EM CIÊNCIAS FLORESTAIS


PARECER


Defesa Nº 75

A Banca Examinadora instituída pelo Colegiado do Programa de Pós-Graduação *Stricto Sensu* em Ciências Florestais, do Setor de Ciências Agrárias e Ambientais, da Universidade Estadual do Centro-Oeste, Campus de Irati, após arguir o mestrando **Edson Luis Serpe** em relação ao seu trabalho de dissertação intitulado "EFEITOS DE DIFERENTES DOSAGENS DE ADUBAÇÃO NO CRESCIMENTO INICIAL DE *Eucalyptus benthamii* NA REGIÃO SUL DO ESTADO DO PARANÁ", é de parecer favorável à APROVAÇÃO do estudante, habilitando-o ao título de **Mestre em Ciências Florestais**, Área de Concentração em Manejo Sustentável de Recursos Florestais.

Curitiba-PR, 04 de março de 2015.


Dr. Antônio Carlos Vargas Motta
Universidade Federal do Paraná
Primeiro Examinador


Dr. Julio Eduardo Arce
Universidade Federal do Paraná
Segundo Examinador


Dr. Afonso Figueiredo Filho
Universidade Estadual do Centro-Oeste
Orientador e Presidente da Banca Examinadora

A Deus, pela dádiva da vida

AGRADEÇO

A meus pais Luiz Serpe (*in memorian*) e Zeli Jarski Serpe minha querida, muito amada e incentivadora mãe, aos meus amados irmãos Maria da Conceição (*in memorian*), José Luiz, Terezinha, Luiza, Ana Rita, Silvio, Paulo Roberto, Maristela, Elaine Cristina Serpe, à meus Avós Dante Serpe (*in memorian*) e Mariana Chamano Serpe (*in memorian*) e Estefano Jarski (*in memorian*) e Balbina Opata Jarski (*in memorian*) e a todos meus tios e sobrinhos.

DEDICO

AGRADECIMENTOS

A alegria de uma conquista deve ser compartilhada, por isso divido essa alegria com todos aqueles que de alguma forma contribuíram para que este projeto se tornasse realidade.

Agradeço primeiramente ao meu orientador e grande amigo Prof. Dr. Afonso Figueiredo Filho, por ter auxiliado-me na elaboração desta dissertação, fortalecendo a base deste estudo, sem os quais a pesquisa nem teria sido iniciada.

Também agradecer ao meu coorientador, Prof. Dr. Julio Eduardo Arce, pelos valiosos conhecimentos compartilhados, na área do manejo florestal.

A todos os professores, em especial ao Prof. Dr. Flávio Augusto de Oliveira Garcia, Prof. Dr. Eduardo da Silva Lopes, Prof.^a Dr^a. Andrea Nogueira Dias, Prof.^a Dr^a. Kátia Cylene Lombardi e Prof. Dr. Éverton Hillig, pelos conhecimentos compartilhados nas diversas áreas do setor florestal.

Igualmente agradeço imensamente ao Engenheiro Florestal Gilson Geronasso, Vice-Presidente da empresa REMASA REFLORESTADORA S.A. que dispensou meu tempo de compromissos profissionais para dedicar-me aos estudos, bem como aos Engenheiros Florestais Julio César de Christo e Tiago Digner e ao Técnico Florestal Luis Eduardo Maior, que colaboraram com as informações e apoio necessários aos trabalhos de campo.

Agradeço ao Técnico Florestal Gilmar Antonio Guerellu por muitas vezes suprir a minha ausência em compromissos profissionais.

Aos meus sobrinhos Luís Filipe Serpe e Silvia Maria Pavelski pela revisão ortográfica e gramatical.

A todos os amigos e colegas da graduação, mestrado e doutorado, em especial aos amigos Marcos Leandro Garcia, Josmar de Jesus Viana, Sueza Basso, Carla Krulikowski Rodrigues, Fernanda Bortolanza Pereira, Marçal Akira Oliveira de Carvalho Hanawa, Mario Rodolfo Boff Burgin, Diego Oro, Ricardo Murilo Malheiros dos Santos, Tiago Grespan e Anderson de Costa Paini, pelo companheirismo e apoio nas horas das dificuldades, além da descontração nos intervalos de aula e aos vários churrascos e confraternizações com inúmeras histórias.

BIOGRAFIA

Edson Luis Serpe, nasceu em Irati, estado do Paraná em 15 de dezembro de 1979. A sua vida estudantil iniciou-se no Colégio Estadual Getúlio Vargas, em Fernandes Pinheiro, estado do Paraná, onde frequentou até o ensino fundamental. Iniciou e concluiu o ensino médio profissionalizante “Técnico Florestal” no Colégio Florestal Estadual Presidente Costa e Silva em Irati, grande referência por muitos anos no setor florestal. O ingresso no ensino superior deu-se em 1999 no recém criado Curso de Engenharia Florestal na Universidade Estadual do Centro-Oeste de Irati, o qual formou-se na primeira turma em dezembro de 2002.

A carreira profissional iniciou em 2004 na iniciativa privada na Empresa Ibema Cia Brasileira de Papel no município de Turvo, estado do Paraná, como Engenheiro Florestal *Trainee* na área de colheita, transporte e comercialização florestal, em 2006 passou a Supervisão Florestal assumindo além da área de colheita florestal, as áreas de planejamento e silvicultura. Porém nunca deixou o convívio com a academia.

Entre os anos de 2008 e 2010 especializou-se em Gestão Ambiental pela Universidade Estadual do Centro-Oeste em Guarapuava, estado do Paraná, MBA - *Master Business Administration* em Executivo em Administração pela Faculdade Campo Real em Guarapuava, e iniciou como aluno especial no Programa de Pós-Graduação *Stricto Sensu* em Agronomia na Universidade Estadual do Centro-Oeste em Guarapuava.

Em 2010 desligou-se da Ibema Cia Brasileira de Papel e teve uma breve passagem na coordenação de transporte florestal da Julio Simões Logística, maior operadora logística da América Latina, na operação Cenibra em Belo Oriente, estado de Minas Gerais. No mesmo ano em 2010, recebeu o convite para assumir a Gerência Geral da Remasa Reflorestadora Ltda em Bituruna, estado do Paraná.

Em 2014 inscreveu-se como aluno regular no Programa de Pós-Graduação *Stricto Sensu* em Ciências Florestais na Universidade Estadual do Centro-Oeste em Irati, dando continuidade ao Mestrado.

Em 2015 assumiu a Gerência de Planejamento e Silvicultura do Grupo Remasa, segundo maior comercializador de toras *in natura* do sul do Brasil.

SUMÁRIO

LISTA DE TABELAS	i
LISTA DE FIGURAS	v
LISTA DE SIGLAS	vii
RESUMO	viii
ABSTRACT	ix
1. INTRODUÇÃO	1
2. OBJETIVOS	4
2.1. Geral	4
2.2. Específicos	4
3. REFERENCIAL TEÓRICO	5
3.1. <i>Eucalyptus</i>	5
3.2. <i>E. benthamii</i>	9
3.2.1. Produção de mudas	11
3.2.2. Preparo de solo	11
3.2.3. Adubação e suas funções nas plantas	12
3.2.4. Crescimento e produção	15
3.2.5. Utilização da madeira	15
3.2.6. Resistência à geadas	17
4. MATERIAL E MÉTODOS	19
4.1. Localização da área de estudo	19
4.2. Dados meteorológicos da área de estudo	20
4.3. Fonte de dados	23
4.4. Coleta e análise de dados	27
4.4.1. Cubagem de árvores de <i>E. benthamii</i>	30
4.4.2. Ajuste de modelos hipsométricos para <i>E. benthamii</i>	31
4.4.3. Ajuste de funções de afilamento para <i>E. benthamii</i>	31

4.4.4. Análise estatística do experimento de <i>E. benthamii</i>	33
5. RESULTADOS E DISCUSSÃO	34
5.1. Caracterização da análise de solos no experimento de <i>E. benthamii</i>	34
5.2. Caracterização dos dados amostrados no experimento de <i>E. benthamii</i>	34
5.3. Amostra de árvores cubadas de <i>E. benthamii</i>	35
5.4. Ajuste dos modelos hipsométricos para <i>E. benthamii</i>	35
5.5. Ajuste das funções de afilamento para <i>E. benthamii</i>	39
5.6. Efeito da adubação no crescimento das variáveis dendrométricas para <i>E. benthamii</i>	42
5.6.1. Crescimento diamétrico e área transversal em <i>E. benthamii</i>	42
5.6.2. Crescimento da altura total em <i>E. benthamii</i>	48
5.6.3. Crescimento do volume individual em <i>E. benthamii</i>	51
5.6.4. Crescimento da área basal por hectare em <i>E. benthamii</i>	54
5.6.5. Produção do volume total por hectare em <i>E. benthamii</i>	56
5.6.6. Produção do volume comercial por hectare em <i>E. benthamii</i>	58
5.6.7. Sortimento por classe de diâmetro em <i>E. benthamii</i>	61
5.6.8. Incremento volumétrico médio anual em <i>E. benthamii</i>	64
5.7. Efeito da adubação na sobrevivência em <i>E. benthamii</i>	66
5.8. Comparativo entre as variáveis estudadas em <i>E. benthamii</i>	68
6. CONCLUSÕES	70
7. RECOMENDAÇÕES	71
8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	72
ANEXOS	81

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Distribuição dos plantios com <i>Eucalyptus</i> no Brasil	7
Tabela 2. Histórico da área de plantios florestais no Brasil com o gênero <i>Eucalyptus</i> , 2006 - 2012	7
Tabela 3. Plantios com <i>Pinus</i> e <i>Eucalyptus</i> no estado do Paraná, 2006 - 2012	8
Tabela 4. Densidade básica de <i>E. benthamii</i>	16
Tabela 5. Temperaturas média mínima, média, máxima, precipitação e número de dias com chuva (novembro/2007 a novembro/2013) na área de estudo	20
Tabela 6. Classes de geadas.....	21
Tabela 7. Distribuição das geadas no período de novembro de 2008 a novembro de 2013 na área de estudo	21
Tabela 8. Delineamento inteiramente casualizado para <i>E. benthamii</i> , conduzido sob diferentes tratamentos, com seis anos de idade, na região sul do estado do Paraná.....	24
Tabela 9. Quantidade de adubação aplicada por planta para <i>E. benthamii</i> , conduzido sob diferentes tratamentos, com seis anos de idade, na região sul do estado do Paraná.....	26
Tabela 10. Quantidade de adubação por hectare por período de aplicação para <i>E. benthamii</i> , conduzido sob diferentes tratamentos, com seis anos de idade, na região sul do estado do Paraná	26
Tabela 11. Quantidade de adubação total aplicada por hectare para <i>E. benthamii</i> , conduzido sob diferentes tratamentos, com seis anos de idade, na região sul do estado do Paraná.....	27
Tabela 12. Características químicas do solo na área de estudo	29
Tabela 13. Frequência de árvores cubadas por classe diamétrica para <i>E. benthamii</i> , conduzido sob diferentes tratamentos, com seis anos de idade, na região sul do estado do Paraná.....	30
Tabela 14. Modelos hipsométricos ajustados para estimativa da altura total para <i>E. benthamii</i> , conduzido sob diferentes tratamentos, com seis anos de idade, na região sul do estado do Paraná	31
Tabela 15. Funções de afilamento ajustadas para <i>E. benthamii</i> , conduzido sob diferentes tratamentos, com seis anos de idade, na região sul do estado do Paraná	32
Tabela 16. Estatísticas descritivas dos tratamentos para o número de árvores por hectare, diâmetro a 1,3 m e altura total	35
Tabela 17. Média das informações dendrométricas das árvores cubadas de <i>E. benthamii</i>	35

Tabela 18. Estatísticas dos modelos hipsométricos para <i>E. benthamii</i> , conduzido sob diferentes tratamentos, com seis anos de idade, na região sul do estado do Paraná.....	36
Tabela 19. Coeficientes do modelo hipsométrico de Trorey (1932) selecionado para expressar a relação hipsométrica de <i>E. benthamii</i> , conduzido sob diferentes tratamentos, com seis anos de idade, na região sul do estado do Paraná	38
Tabela 20. Coeficientes e estatísticas das funções de afilamento para estimativa de diâmetros ao longo do tronco para <i>E. benthamii</i> , conduzido sob diferentes tratamentos, com seis anos de idade, na região sul do estado do Paraná	39
Tabela 21. Integral das funções de afilamento para <i>E. benthamii</i> , conduzido sob diferentes tratamentos, com seis anos de idade, na região sul do estado do Paraná	40
Tabela 22. Estatísticas das funções de afilamento para estimativa do volume total com casca de <i>E. benthamii</i> , conduzido sob diferentes tratamentos, com seis anos de idade, na região sul do estado do Paraná	41
Tabela 23. Teste de Bartlett para a variável diâmetro para <i>E. benthamii</i> , conduzido sob efeitos de diferentes dosagens de adubação, com seis anos de idade, na região sul do estado do Paraná	43
Tabela 24. Teste F da análise de variância (ANOVA) para a variável diâmetro para <i>E. benthamii</i> , conduzido sob efeitos de diferentes dosagens de adubação, com seis anos de idade, na região sul do estado do Paraná.....	43
Tabela 25. Teste de Tukey para a variável diâmetro para <i>E. benthamii</i> , conduzido sob efeitos de diferentes dosagens de adubação, com seis anos de idade, na região sul do estado do Paraná	43
Tabela 26. Quantidade de NPK aplicado por hectare por tratamento para <i>E. benthamii</i> , conduzido sob diferentes tratamentos, com seis anos de idade, na região sul do estado do Paraná	45
Tabela 27. Recomendação de adubação de base e cobertura para as regiões de atuação da Cenibra	45
Tabela 28. Teste de Tukey para a variável área transversal para <i>E. benthamii</i> , conduzido sob efeitos de diferentes dosagens de adubação, com seis anos de idade, na região sul do estado do Paraná	47
Tabela 29. Teste de Bartlett para a variável altura total para <i>E. benthamii</i> , conduzido sob efeitos de diferentes dosagens de adubação, com seis anos de idade, na região sul do estado do	

Paraná	48
Tabela 30. Teste F da análise de variância (ANOVA) para a variável altura total para <i>E. benthamii</i> , conduzido sob efeitos de diferentes dosagens de adubação, com seis anos de idade, na região sul do estado do Paraná.....	48
Tabela 31. Teste de Tukey para a variável altura para <i>E. benthamii</i> , conduzido sob efeitos de diferentes dosagens de adubação, com seis anos de idade, na região sul do estado do Paraná.....	49
Tabela 32. Teste de Tukey para a variável volume médio individual para <i>E. benthamii</i> , conduzido sob efeitos de diferentes dosagens de adubação, com seis anos de idade, na região sul do estado do Paraná	52
Tabela 33. Teste de Tukey para área basal por hectare para <i>E. benthamii</i> , conduzido sob efeitos de diferentes dosagens de adubação, com seis anos de idade, na região sul do estado do Paraná	55
Tabela 34. Teste de Tukey para a produção do volume total por hectare para <i>E. benthamii</i> , conduzido sob efeitos de diferentes dosagens de adubação, com seis anos de idade, na região sul do estado do Paraná	56
Tabela 35. Teste de Tukey para a produção do volume comercial por hectare para <i>E. benthamii</i> , conduzido sob efeitos de diferentes dosagens de adubação, com seis anos de idade, na região sul do estado do Paraná.....	58
Tabela 36. Investimento de capital em adubação por hectare para <i>E. benthamii</i> , conduzido sob efeitos de diferentes dosagens de adubação, com seis anos de idade, na região sul do estado do Paraná.....	60
Tabela 37. Investimento de capital em adubação por metro cúbico de madeira produzida de <i>E. benthamii</i> , conduzido sob efeitos de diferentes dosagens de adubação, com seis anos de idade, na região sul do estado do Paraná.....	60
Tabela 38. Receita bruta por sortimento e por hectare para <i>E. benthamii</i> , conduzido sob efeitos de diferentes dosagens de adubação, com seis anos de idade, na região sul do estado do Paraná	62
Tabela 39. Receita bruta por metro cúbico de volume comercial considerando o investimento de capital em adubação para <i>E. benthamii</i> , conduzido sob efeitos de diferentes dosagens de adubação, com seis anos de idade, na região sul do estado do Paraná.....	63
Tabela 40. Receita bruta por metro cúbico de volume comercial por hectare não considerando o investimento de capital em adubação para <i>E. benthamii</i> , conduzido sob efeitos de diferentes	

dosagens de adubação, com seis anos de idade, na região sul do estado Paraná	63
Tabela 41. Teste de Bartlett para a variável sobrevivência para <i>E. benthamii</i> , conduzido sob efeitos de diferentes dosagens de adubação, com seis anos de idade, na região sul do estado do Paraná	66
Tabela 42. Teste F da análise de variância (ANOVA) para a variável sobrevivência para <i>E. benthamii</i> , conduzido sob efeitos de diferentes dosagens de adubação, com seis anos de idade, na região sul do estado do Paraná.....	67
Tabela 43. Comparativo percentual entre as variáveis estudadas para <i>E. benthamii</i> , conduzido sob efeitos de diferentes dosagens de adubação, com seis anos de idade, na região sul do estado do Paraná	68

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Distribuição geográfica de <i>E. benthamii</i> na região de ocorrência natural	10
Figura 2. Danos causados pela geada em <i>E. benthamii</i>	18
Figura 3. Localização da área de estudo.....	19
Figura 4. Ocorrência de geada forte (-6,4°C) em 28/06/2011	22
Figura 5. Povoamento de <i>E. benthamii</i> e <i>E. dunnii</i> atingidos por geada forte (-6,4°C)	22
Figura 6. Ocorrência de neve (-0,1°C) em 23/07/2013	22
Figura 7. Localização da área de estudo.....	23
Figura 8. Distribuição dos tratamentos e repetições de <i>E. benthamii</i> , conduzido sob diferentes tratamentos, com seis anos de idade, na região sul do estado do Paraná	24
Figura 9. Relevo da área de estudo.....	25
Figura 10. Trincheira para coleta de solo da área de estudo	27
Figura 11. Profundidade dos horizontes do solo	28
Figura 12. Medição de diâmetro e altura total em <i>E. benthamii</i>	28
Figura 13. Medição de diâmetros ao longo do tronco em alturas relativas em <i>E. benthamii</i> ..	30
Figura 14. Distribuição dos resíduos para os modelos hipsométricos de Trorey (1932) e Prodan (1968) para <i>E. benthamii</i> , conduzido sob diferentes tratamentos, com seis anos de idade, na região sul do estado do Paraná.....	37
Figura 15. Distribuição dos resíduos para as funções de afilamento ajustadas para <i>E. benthamii</i> , conduzido sob diferentes tratamentos, com seis anos de idade, na região sul do estado do Paraná	40
Figura 16. Distribuição dos resíduos para estimar o volume total com as funções de afilamento ajustadas para <i>E. benthamii</i> , conduzido sob diferentes tratamentos, com seis anos de idade, na região sul do estado do Paraná	41
Figura 17. Médias da variável diâmetro a 1,3 m para <i>E. benthamii</i> , conduzido sob diferentes tratamentos, com seis anos de idade, na região sul do estado do Paraná	44
Figura 18. Médias da variável altura para <i>E. benthamii</i> , conduzido sob diferentes tratamentos, com seis anos de idade, na região sul do estado do Paraná.....	49
Figura 19. Médias da variável volume médio individual (VMI) para <i>E. benthamii</i> , conduzido sob diferentes tratamentos, com seis anos de idade, na região sul do estado do Paraná.....	52
Figura 20. Médias da área basal por hectare para <i>E. benthamii</i> , conduzido sob diferentes	

tratamentos, com seis anos de idade, na região sul do estado do Paraná	55
Figura 21. Médias da variável volume total para <i>E. benthamii</i> , conduzido sob diferentes tratamentos, com seis anos de idade, na região sul do estado do Paraná	57
Figura 22. Médias da variável volume comercial para <i>E. benthamii</i> , conduzido sob diferentes tratamentos, com seis anos de idade, na região sul do estado do Paraná	59
Figura 23. Sortimento por classe de diâmetro para <i>E. benthamii</i> , conduzido sob diferentes tratamentos, com seis anos de idade, na região sul do estado do Paraná	61
Figura 24. Incremento volumétrico médio anual para <i>E. benthamii</i> , conduzido sob diferentes tratamentos, com seis anos de idade, na região sul do estado do Paraná	64
Figura 25. Número de árvores por hectare para <i>E. benthamii</i> , conduzido sob diferentes tratamentos, com seis anos de idade, na região sul do estado do Paraná	67
Figura 26. Comparativo percentual entre as variáveis para <i>E. benthamii</i> , conduzido sob diferentes tratamentos, com seis anos de idade, na região sul do estado do Paraná.....	68

LISTA DE SIGLAS

ACS: Área de coleta de sementes	K: Potássio
Al: Alumínio	Kg: Quilograma
ANOVA: Análise de variância	m: Metro
APS: Área de produção de sementes	Mg: Magnésio
ATP: Trifosfato de adenosina	mm: Milímetro
B: Boro	Mn: Manganês
Ca: Cálcio	Mo: Molibdênio
CENIBRA: Celulose Nipo-Brasileira S.A.	N: Nitrogênio
Cfa: Clima subtropical	NSW: New South Wales
Cfb: Clima temperado	°C: Graus Celsius
cm: Centímetro	P: Fósforo
Cu: Cobre	pH: Potencial hidrogeniônico
CV: Coeficiente de variação	PIB: Produto interno bruto
DAP: Diâmetro a 1,3 m	PRNT: Poder relativo de neutralização total
DIC: Delineamento inteiramente casualizado	PS: Pomar de sementes
EMBRAPA: Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária	PSC: Pomar de sementes clonal
Fe: Ferro	R ² : Coeficientes de determinação
g: Gramas	R ² _{aj} : Coeficiente de determinação ajustado
G: Área basal	SSP: Superfosfato simples
h: Altura	S _{yx} : Erro padrão de estimativa
ha: Hectare	USD: Dólar Americano
IA: Índice de ajuste de Schlaegel	VBP: Valor bruto da produção
IM: Índice de Meyer	VMI: Volume médio individual
IMA: Incremento volumétrico médio anual	Zn: Zinco

RESUMO

Edson Luis Serpe. **Efeitos de diferentes dosagens de adubação no crescimento inicial de *Eucalyptus benthamii* na região sul do estado do Paraná.**

Os efeitos de diferentes dosagens de adubação no crescimento inicial de *Eucalyptus benthamii* foram estudados no município de General Carneiro, região sul do estado do Paraná. Foi utilizado um delineamento inteiramente casualizado sob diferentes dosagens de adubação com unidades amostrais de 250 m² (seis tratamentos e oito repetições) e espaçamento inicial de 2,5 m x 2,5 m aos seis anos de idade. Foi avaliado o crescimento médio individual em diâmetro, altura total, área transversal e volume, assim como a produção média por hectare da área basal, volume total, comercial e por sortimento, além da sobrevivência. O estudo avaliou o crescimento e a produção de *E. benthamii* em região com invernos rigorosos, sob diferentes dosagens de adubação de superfosfato simples com adição ou não de adubação de base com NPK aplicada em diferentes períodos. Foram ajustados modelos hipsométricos por tratamento e funções de afilamento a partir da cubagem de 27 árvores. Os dados foram submetidos ao teste de Bartlett para todas as variáveis estudadas, análise de variância (ANOVA) e o teste de Tukey, para verificar as diferenças entre as médias dos tratamentos. Os ajustes demonstram que o modelo hipsométrico de Trorey é o melhor modelo para estimar a altura total e o polinômio de potências fracionárias de Hradetzky a função de afilamento mais apropriada para estimar diâmetros a diferentes alturas e estimar o volume total. Comprova-se pelos resultados obtidos que a aplicação de adubação de base (28,8 Kg ha⁻¹ de P₂O₅, 30,4 Kg ha⁻¹ de Ca e 17,6 Kg ha⁻¹ de S) e adubações de cobertura aos 30 dias (14,4 kg ha⁻¹ de N, 72 Kg ha⁻¹ de P₂O₅, 14,4 Kg ha⁻¹ de K₂O, 0,12 Kg ha⁻¹ de B e 0,48 Kg ha⁻¹ de Zn) e aos 60 e 90 dias (2 aplicações de 36 kg ha⁻¹ de N, 12 Kg ha⁻¹ de P₂O₅, 72 Kg ha⁻¹ de K₂O, 0,48 Kg ha⁻¹ de B e 0,05 Kg ha⁻¹ de Zn) proporciona maior crescimento em volume médio individual, volume total, volume comercial e IMA volumétrico. A espécie é resistente à geadas frequentes no sul do Brasil, apresentando valores de IMA de 54,4 m³ ha⁻¹ ano⁻¹, onde a receita bruta do tratamento que recebeu adubação quando comparado à testemunha é superior em R\$ 4.769,00 por hectare.

Palavras-chave: Nutrição Florestal; Produção; Modelagem.

ABSTRACT

Edson Luis Serpe. **Effects of different dosages of fertilization in the initial growth of *Eucalyptus benthamii* in the Parana southern region.**

The effects of different dosages of fertilizers in the initial growth of *Eucalyptus benthamii* were studied in the municipality of General Carneiro, Parana southern region. A completely randomized design under different fertilizer dosages with sample units of 250 m² (six treatments and eight repetitions) and initial spacing of 2.5 m x 2.5 m to six years old was used. We evaluated the initial mean growth in diameter, total height, cross-sectional area and volume (total and by assortment), as well as the production mean per hectare of the basal area, total e commercial volume, besides the survival capacity. The study evaluated the growth and production of *E. benthamii* in a region with severe winters under different dosages of fertilization with or without addition of base fertilization with NPK applied in different periods of time. Hypsometric models were adjusted per treatment and taper functions were also fitting using 27 trees cubed. The data were submitted to the Bartlett test for all studied variables, analysis of variance (ANOVA) and the Tukey test to verify the differences between treatment means. The adjustments showed that the Trorey hypsometric model is the best model to estimate total height and the Hradetzky polynomial of fractioned potencies the most appropriate function to estimate diameters at different heights and the total volume. It can be proved, through the obtained results, that the application of base fertilization (28.8 Kg ha⁻¹ from P₂O₅, 30.4 Kg ha⁻¹ from Ca and 17.6 Kg ha⁻¹ from S), and covering fertilization at day 30 (14.4 kg ha⁻¹ from N, 72 Kg ha⁻¹ from P₂O₅, 14.4 Kg ha⁻¹ from K₂O, 0.12 Kg ha⁻¹ from B and 0.48 Kg ha⁻¹ from Zn), and at days 60 and 90 (2 applications of 36 kg ha⁻¹ from N, 12 Kg ha⁻¹ from P₂O₅, 72 Kg ha⁻¹ from K₂O, 0.48 Kg ha⁻¹ from B and 0.05 Kg ha⁻¹ from Zn) provides greater individual medium growth rate, total volume, commercial volume and volumetric MAI. The species is resistant to the frequent frosts in southern Brazil, with MAI values of 54.4 m³ ha⁻¹ yr⁻¹, where the gross income of the treatment that received fertilization when compared to the control treatment is superior than R\$ 4,769.00 per hectare.

Key-words: Forest Nutrition; Production; Modeling.

1. INTRODUÇÃO

As florestas existentes no mundo somam cerca de quatro bilhões de hectares, cobrindo aproximadamente 30% da superfície terrestre do globo. Cinco países concentram mais da metade da área florestal total, a Federação Russa, Brasil, Canadá, Estados Unidos e China (FAO, 2010).

A criação do Setor Florestal Brasileiro teve início nas décadas de 1920 e 1930 com a criação do Serviço Florestal e edição do Código Florestal Brasileiro (1934). Em 1965 instituiu-se o Código Florestal e em 1966 surgiram os incentivos fiscais ao reflorestamento no Brasil os quais foram revogados em 1987 (SBS, 2008).

A silvicultura brasileira ocupa lugar de destaque no cenário mundial pelos índices de produtividade. As condições brasileiras (insolação intensa, abundância de recursos hídricos, solos propícios para o cultivo), associadas ao desenvolvimento de técnicas silviculturais adequadas, fizeram com que algumas espécies atingissem produtividade sem concorrência com outros países (SFB, 2012).

As atividades de pesquisa e desenvolvimento realizadas pelas empresas em prol do melhoramento genético geraram ganhos significativos no incremento volumétrico médio anual (IMA). A produtividade média dos plantios de *Eucalyptus* em 2012, atingiu $40,7 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$ (ABRAF, 2013).

O cultivo de *Eucalyptus* representa 72,5% de sua área plantada para o segmento de papel e celulose, seguido pelos segmentos de siderurgia a carvão vegetal (19,5%), painéis de madeira reconstituída (7,3%) e produtores independentes (0,7%) (ABRAF, 2013). No Brasil, 100% da produção de celulose e papel provêm de florestas plantadas de eucalipto e pinus (BRACELPA, 2014).

A cadeia produtiva do setor brasileiro de base florestal caracteriza-se pela grande diversidade de produtos, compreendendo a produção, a colheita e o transporte de madeira, além da obtenção dos produtos finais nos segmentos industriais (ABRAF, 2013).

A atividade de base florestal divide-se em vários segmentos, como: celulose e papel, siderurgia, carvão vegetal, móveis e madeira processada mecanicamente (madeira serrada, painéis de madeira reconstituída, compensados e laminados), além de vários produtos não madeireiros (SBS, 2008).

O mercado externo teve um importante papel no consumo dos produtos florestais do Brasil em 2012. Os principais importadores dos produtos florestais brasileiros foram à Argentina, Alemanha e a China, que lideraram o *ranking* da importação de papel, celulose e compensados. Os Estados Unidos em 2012 lideraram a importação de painéis de madeira reconstituída e madeira serrada (ABRAF, 2013).

O setor florestal corresponde a 3,5% do produto interno bruto (PIB) e receita de cerca de R\$ 42 bilhões. Suas exportações equivalem a 3,4% do total exportado pelo país (SFB, 2012). Do ponto de vista social, promovem a geração de empregos e de renda. Em 2012, estima-se que o setor florestal manteve 4,3 milhões de postos de empregos, incluindo 0,6 milhão de empregos diretos, 1,3 milhão de empregos indiretos e 2,4 milhões de empregos resultantes do efeito-renda (ABRAF, 2013).

Em 2012, o valor bruto da produção (VBP) obtido pelo setor totalizou 56,3 bilhões. Os tributos arrecadados corresponderam a 7,6 bilhões (0,5% da arrecadação nacional). O saldo da balança comercial da indústria nacional de base florestal (USD 5,5 bilhões) embora inferior (3,8%) ao alcançado em 2011, ampliou a sua participação no superávit da balança comercial nacional de 19,1% para 28,1% (ABRAF, 2013).

As áreas ocupadas por plantações florestais no Brasil com o gênero *Eucalyptus* e *Pinus* em 2012 totalizaram 6,66 milhões de hectares, sendo 5,10 milhões com *Eucalyptus* (76,6%) e 1,56 milhão com *Pinus* (23,4%). Das plantações florestais brasileiras o Paraná possui respectivamente 12,3% (817.566 ha), sendo 75,8% (619.731 ha) e 24,2% (197.835 ha), correspondentes aos gêneros *Pinus* e *Eucalyptus* (ABRAF, 2013).

O Paraná é o estado com maior área plantada com o gênero *Pinus* (619.731 ha), mas gradativamente está apresentando migração na área plantada para o gênero *Eucalyptus* (197.835 ha) (ABRAF, 2013).

A importância da cultura do eucalipto para o Brasil pode ser avaliada pela participação do setor florestal na economia do país que inicialmente foi apoiado por incentivos fiscais ao reflorestamento e também pelos programas nacionais de siderurgia ao carvão vegetal e de celulose e papel (SANTOS *et al.*, 2001).

O gênero *Eucalyptus* é o mais plantado no Brasil, sendo que a definição da espécie a ser plantada está relacionada com o objetivo da produção (uso da madeira) e as condições climáticas da região.

No sul do Brasil algumas espécies estão sendo plantadas como: *Eucalyptus dunnii*, *Eucalyptus benthamii*, *Eucalyptus saligna*, *Eucalyptus viminalis*, *Eucalyptus camaldulensis*, *Eucalyptus grandis*, *Eucalyptus cloeziana*, *Corymbia citriodora* e *Eucalyptus badjensis*.

O *E. benthamii* está sendo testado no sul do Brasil por apresentar grande resistência à geadas, mas ainda apresenta pouco melhoramento genético, conhecimento de qualidade da madeira, crescimento e produção.

O fato de esta espécie apresentar grande resistência à geadas, despertou o interesse na realização dessa pesquisa, a qual busca gerar conhecimentos sobre o efeito de diferentes dosagens de adubos no crescimento das variáveis dendrométricas, além de desenvolver algumas equações para subsidiar o manejo dessa promissora espécie florestal para o sul do Brasil.

2. OBJETIVOS

2.1. Geral

Avaliar o crescimento e a produção de *E. benthamii* em região com invernos rigorosos, sob diferentes dosagens de adubação.

2.2. Específicos

- Ajustar e testar modelos hipsométricos e de afileamento;
- Avaliar o efeito de diferentes dosagens de adubação no crescimento e na produção média individual em diâmetro, altura total, área transversal e volume, além de estimar a sobrevivência;
- Avaliar o efeito de diferentes dosagens de adubação no crescimento e na produção média por hectare da área basal e do volume total, comercial e por sortimento;
- Avaliar o efeito de diferentes dosagens de adubação no incremento volumétrico médio anual (IMA).

3. REFERENCIAL TEÓRICO

3.1. *Eucalyptus*

Eucalipto (do grego, eu + καλύπτω = "bem coberto") é a designação vulgar das várias espécies vegetais do gênero *Eucalyptus*, o qual foi descrito em 1788 pelo botânico francês Charles Louis L'Héritier de Brutelle. Pertencente à família Myrtaceae, subfamília Leptospermoideae, este gênero apresenta mais de 600 espécies, grande número de variedades e híbridos naturais, as quais estão distribuídas naturalmente no continente australiano e ilhas da Oceania (ANDRADE, 1961).

O eucalipto (*Eucalyptus* spp.) ocorre naturalmente na Austrália, Indonésia e ilhas próximas, tais como Flores, Alor e Wetar. O gênero apresenta uma ampla plasticidade e dispersão mundial, crescendo satisfatoriamente em diferentes situações edafoclimáticas, extrapolando àquelas das regiões de origem. Menos de 1% dessas 600 espécies têm sido usadas com propósitos industriais (SANTOS *et al.*, 2001).

Os primeiros registros da introdução do eucalipto no Brasil relatam a solicitação de sementes de eucalipto em 1868 do Sr. Frederico de Albuquerque em carta lida pela Sociedade Imperial Zoológica de Aclimação de Paris, as quais teriam sido semeadas e plantadas no Rio Grande do Sul, sendo mencionado o plantio de mudas de *Eucalyptus globulus*, *Eucalyptus amygdalina* e *Eucalyptus polyanthemos*. No mesmo ano haviam sido plantados vários exemplares pelo 1º Tenente da Marinha Pereira da Cunha no Rio de Janeiro na Quinta da Boa Vista, hoje Museu Nacional (ANDRADE, 1961).

O catálogo de plantas cultivadas no Jardim Botânico do Rio de Janeiro registra o plantio de duas mudas de *Eucalyptus gigantea* em 1824. Em maio de 1865 o Almirante Chaigneau, remeteu várias mudas de eucalipto, entre elas duas do Rio de Janeiro para a França (ANDRADE, 1961).

No Rio de Janeiro em 1870, relatam-se o plantio de vários exemplares nas ruas e no jardim botânico pelo Sr. A. Pereira. A Revista Agrícola do Instituto Fluminense de Agricultura, em um artigo "Silvicultura Brasileira" diz que foram plantados vários eucaliptos sem precisar a data. Em 1872 a mesma revista apresentava uma lista das sementes de diversas espécies de eucaliptos enviadas àquele Instituto e distribuídas parte ao diretor do Jardim Botânico e parte ao Major M. Gomes Archer, da Floresta da Tijuca (ANDRADE, 1961).

Embora seja difícil precisar a data, a existência de um exemplar de *E. globulus* antigo em São Paulo plantado entre 1861 e 1863 pelo vigário José Honório da Silva, parece afirmar a introdução do eucalipto (ANDRADE, 1961).

No ano de 1874, Joaquim Antonio de Azevedo, na publicação “*Eucalyptus globulus*”, relata o envio de Montevidéu para o Rio Grande do Sul de sementes de eucalipto em 1865 pelo Coronel Felipe Belzebé de Oliveira Neri a vários amigos. Em 1875, no município de São José do Norte, estado do Rio Grande do Sul, foram plantados 3000 eucaliptos (ANDRADE, 1961).

O eucalipto até início do século XIX, foi plantado como árvore decorativa e quebra-vento, poucas eram as plantações com fins industriais e de caráter florestal (ANDRADE, 1961).

A sistematização e a enorme série de experimentos, devem-se a Companhia Paulista de Estradas de Ferro pelos estudos iniciados ao final de 1903, em Jundiaí, estado de São Paulo, pelo notabilíssimo trabalho realizado por Edmundo Navarro de Andrade, com propósito de fornecer combustível para as locomotivas, madeira para postes e dormentes (ANDRADE, 1961).

Navarro de Andrade, entre os anos de 1904 e 1909 no Horto de Jundiaí, desenvolveu experimentos comparativos entre eucaliptos e as espécies nativas (Peroba - *Aspidosperma polyneuron* Müll. e Arg, Cabreúva - *Microcarpus fastigiatus* Fr. All., Cedro - *Cedrella fissilis* Vell., Jequitibá - *Cariniana legalis* (Mart.) Kuntze, Pinheiro do Paraná - *Araucaria angustifolia* (Bert.) O. Ktze e exóticas (grevíleas, casuarinas) de valores econômico. Nesses experimentos os eucaliptos superaram as demais espécies (ANDRADE, 1961).

Em 1909, a Companhia Paulista de Estradas de Ferro adquiriu áreas em Rio Claro, estado de São Paulo, iniciando a produção de mudas e plantios em 1910, de diversas espécies de eucalipto. Em 1919 plantou 123 espécies das 144 testadas experimentalmente (ANDRADE, 1961).

Dentre as inúmeras espécies arbóreas existentes, o eucalipto é extensivamente plantado por apresentar rápido crescimento, produtividade, diversidade de espécies, grande capacidade de adaptação e produzirem madeira de importância comercial para os mais diversos usos industriais (MORA e GARCIA, 2000).

No mundo, cerca de 90 países usam este gênero em plantios comerciais, tendo a sua madeira como matéria-prima destinada para o abastecimento do setor energético e para fins

industriais (MOURA e GUIMARAES, 2003). No Brasil, as plantações florestais com o gênero *Eucalyptus* ocupam 5,10 milhões de hectares (Tabela 1). Na Tabela 2 está o histórico recente (2006 - 2012) da área de plantios florestais no Brasil com o gênero *Eucalyptus*.

Na Tabela 3 está a área plantada com gênero *Pinus* e *Eucalyptus* no Paraná. O estado é o maior produtor de *Pinus* do Brasil, mas gradativamente está apresentando migração na área plantada para o gênero *Eucalyptus*.

Tabela 1. Distribuição dos plantios com *Eucalyptus* no Brasil

Estado	Área (ha)	%
MG	1.438.971	28,2
SP	1.041.695	20,4
BA	605.464	11,9
MS	587.310	11,5
RS	284.701	5,6
ES	203.349	4,0
PR	197.835	3,9
MA	173.324	3,4
PA	159.657	3,1
TO	109.000	2,1
SC	106.588	2,1
MT	59.980	1,2
AP	49.506	1,0
GO	38.081	0,7
PI	27.730	0,5
RJ	18.368	0,4
Outros	470	0,0
Total	5.102.030	100

Fonte: ABRAF, 2013

Tabela 2. Histórico da área de plantios florestais no Brasil com o gênero *Eucalyptus*, 2006 - 2012

Ano	Área (ha)
2006	3.746.000
2007	3.970.000
2008	4.325.000
2009	4.516.000
2010	4.754.000
2011	4.874.000
2012	5.102.000

Fonte: ABRAF, 2013

Tabela 3. Plantios com *Pinus* e *Eucalyptus* no estado do Paraná, 2006 - 2012

Ano	Área				
	ha			%	
	<i>Pinus</i>	<i>Eucalyptus</i>	Total	<i>Pinus</i>	<i>Eucalyptus</i>
2006	686.453	121.908	808.361	85	15
2007	701.578	123.070	824.648	85	15
2008	714.890	142.430	857.320	83	17
2009	695.790	157.920	853.710	82	18
2010	686.509	161.422	847.931	81	19
2011	658.707	188.153	846.860	78	22
2012	619.731	197.835	817.566	76	24

Fonte: ABRAF, 2013

O aumento percentual em plantios do gênero *Eucalyptus* deve-se a conversão de áreas do gênero *Pinus* nas regiões com classificação climática - Segundo Köppen - Cfa, onde o gênero apresenta maior incremento quando comparado ao gênero *Pinus*, bem como estarem inseridas nesta região grandes “players” do setor papelero, painéis de madeira reconstituída, setor industrial madeireiro desenvolvido para a espécie (madeira serrada) e setor agrícola (secagem de grãos). Nas regiões com classificação climática - Segundo Köppen - Cfb, com invernos rigorosos, estão sendo testadas espécies de *Eucalyptus* mais resistentes à geadas, no entanto a região apresenta setor madeireiro especializado na laminação de toras, onde o setor papelero, painéis de madeira reconstituída e industrial madeireiro encontram-se em desenvolvimento para este gênero.

O eucalipto é cultivado para os mais diversos fins, sendo utilizado para papel, celulose, biomassa, carvão vegetal, painéis de madeira reconstituída, serraria, dormentes, postes, óleos para indústrias farmacêuticas, cosméticos, mel, ornamentação e quebra-vento (SANTOS *et al.*, 2001).

No Brasil, estão sendo obtidos ganhos de produção significativos para o gênero *Eucalyptus* por meio da utilização de técnicas silviculturais adequadas, preparo e fertilização de solo, combate a pragas e doenças e melhoramento genético, com plantios de variedades puras ou híbridas, bem como a clonagem de materiais, as quais mantêm as características favoráveis e aumento da homogeneidade dos povoamentos (HIGASHI *et al.*, 2000).

Dentre as espécies de eucalipto cultivadas no Brasil, destacam-se o *E. grandis*, *E. saligna* e *Eucalyptus urophylla*, plantios com híbridos, principalmente de *E. grandis* x *E. urophylla*, os quais apresentam grande área plantada principalmente devido a utilização de material clonal (HIGA *et al.*, 2000a).

No entanto, apesar de todos os avanços no cultivo do *Eucalyptus*, existem certas limitações de sua expansão na região sul do Brasil, principalmente devido à ocorrência de temperaturas mais baixas e geadas frequentes (NISGOSKI *et al.*, 1998).

As espécies de eucalipto economicamente importantes para as condições mais frias do Brasil constituem um grupo muito restrito, *E. benthamii*, *E. dunnii*, *E. saligna*, *E. grandis*, e o híbrido entre *E. benthamii* x *E. dunnii* de boa aptidão para a produção de madeira para fins energéticos e/ou sólidos madeiráveis. Deve-se considerar também um segundo grupo de espécies formado por *E. viminalis*, *E. camaldulensis*, *E. cloeziana*, *E. badjensis*, e *C. citriodora* economicamente importantes para as condições mais frias (PALUDZYSZYN FILHO *et al.*, 2006).

3.2. *E. benthamii*

O *E. benthamii* Maiden et Cabbage conhecido na Austrália como Camden White Gum, foi classificado na série Viminales, subsérie Viminalinae (PRYOR e JOHNSON, 1971). A espécie é botanicamente próxima a *Eucalyptus dorrigoensis* (considerada anteriormente uma subespécie de *E. benthamii*) e a *Eucalyptus kartzoffiana*, ambas as espécies apresentam diferenças acentuadas na estrutura externa do opérculo e restrita distribuição, onde *E. dorrigoensis* é encontrado próximo de Dorrigo, no litoral norte e *E. kartzoffiana* perto de Araluen na costa sul de New South Wales, Austrália (BENSON, 1985).

E. benthamii é encontrado em áreas restritas, ao sudoeste da cidade de Sydney em planícies ao longo do rio Nepean e seus afluentes. Originalmente ocorria em solos férteis das partes planas de deposição de rios (PRYOR, 1981).

Na Austrália é uma espécie ameaçada de extinção, ocorrendo somente em duas populações pouco extensas, uma pequena população de indivíduos espalhados ao longo do Rio Nepean entre Wallacia e Camden e outra população maior em Kedumba Creek (33°49'S, 150°22') e a montante da confluência com o Rio Coxs (Figura 1) (BENSON, 1985).

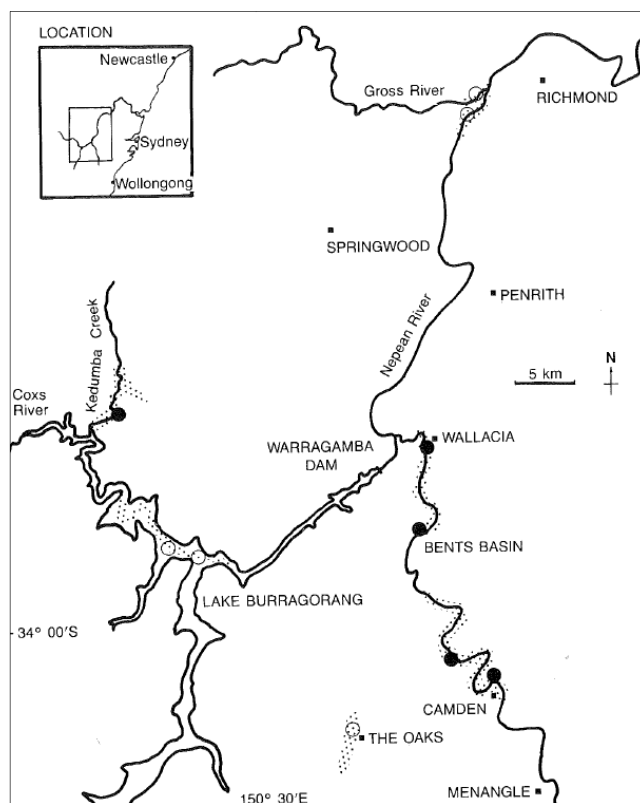


Figura 1. Distribuição geográfica de *E. benthamii* na região de ocorrência natural

Fonte: Benson (1985)

Ocorre preferencialmente nas margens de rios, com altitudes variando de 0 a 100 m. Os solos são rasos a moderadamente profundos (<100 cm) e bem drenados, com valores de pH variando de 5,5 a 6,5. Apresenta melhor desenvolvimento em neossolos flúvicos (solos aluviais). A árvore pode atingir até 40 metros de altura com longevidade de até 200 anos, possui casca lisa, apresenta inflorescências brancas entre março e maio, sua cápsula apresenta entre 4 a 5 mm de comprimento com dispersão das sementes entre junho e dezembro (BENSON e McDOUGALL, 1998).

A média de precipitação anual varia de 730 a 1.010 mm, com regime uniforme de chuva no verão e tempo de seca de 5 meses. A temperatura média anual está na amplitude de 13 a 17°C, com média das temperaturas máximas do mês mais quente entre 26 a 30°C e média das temperaturas mínimas do mês mais frio de 1 a 3°C (JOVANOVIC e BOOTH, 2002).

No Brasil as primeiras populações de *E. benthamii* foram plantadas em 1988 pela EMBRAPA Florestas, em Colombo, estado do Paraná. O povoamento inclui famílias de dez matrizes da procedência Wentworth Falls, NSW, Austrália (GRAÇA *et al.*, 1999).

3.2.1. Produção de mudas

A produção de mudas de *Eucalyptus* pode ser realizada via propagação sexuada (sementes) ou assexuada (clones). Mudas obtidas por sementes podem ser oriundas de sementes classificadas de acordo com o grau de melhoramento genético, em ordem crescente de aprimoramento genético, advindas de Área de Coleta de Sementes (ACS), de Produção de Sementes (APS) e Pomar de Sementes (PS). Mudas obtidas via clonagem são geneticamente idênticas, tendo como origem uma matriz selecionada dentro de uma espécie pura ou a partir de cruzamentos. Na clonagem, as mudas são obtidas por multiplicação vegetativa por meio de miniestacas (PALUDZYSZYN FILHO *et al.*, 2006).

As principais vantagens da clonagem são ganhos em homogeneidade, produtividade e adaptabilidade, mantendo as características favoráveis e evitando a variabilidade encontrada em povoamentos conduzidos a partir de sementes (BRONDANI *et al.*, 2009).

A EMBRAPA Florestas possui uma ACS em Colombo, estado do Paraná com *E. benthamii* de primeira geração de seleção. O enraizamento de estacas da população de *E. benthamii* é baixo, podendo ser um fator limitante para produção de mudas para plantios comerciais ou em programas de melhoramento genético (GRAÇA *et al.*, 1999).

O manejo de minicepas de *E. benthamii* em tubete ou cultivo hidropônico é viável tecnicamente, sendo uma alternativa promissora para produção de propágulos vegetativos da espécie (MORI da CUNHA *et al.*, 2005). O uso de ápices caulinares de *E. benthamii* apresenta-se promissor para a produção de mudas via micro propagação (HANSEL *et al.*, 2005).

3.2.2. Preparo de solo

O preparo do solo para o plantio de eucalipto é primordial para o desenvolvimento das mudas e consequente uniformidade e produção da floresta (SUITER FILHO *et al.*, 1980). Pode ser considerado como o conjunto técnicas que visam proporcionar condições adequadas ao estabelecimento e desenvolvimento de plantios florestais (BARBOSA *et al.*, 1988). Visa disponibilizar água e nutrientes em quantidades suficientes para o rápido estabelecimento das mudas e crescimento do sistema radicular em plantios florestais (GATTO *et al.*, 2003).

O método de preparo de solo afeta o desenvolvimento, a homogeneidade e a sobrevivência do eucalipto. A subsolagem é uma prática no preparo de solo que favorece o desenvolvimento do eucalipto em solos compactados (SUITER FILHO *et al.*, 1980).

O preparo de solo para implantação de povoamentos de *Eucalyptus* pode ocorrer em maior ou menor intensidade, desde o cultivo mínimo (enxada, pá chilena, plantadeiras manuais), utilização de coveamento semi-mecanizado (moto coveadores) ou uso da subsolagem (subsoladores e escarificadores), que proporciona um sistema radicular mais vigoroso às plantas (BERNARDI, 2010).

A subsolagem melhora a condição estrutural do solo, pelo rompimento de camadas compactadas, trazendo benefícios pela redução da densidade do solo, que diminui a resistência à penetração das raízes, aumenta o volume de macroporos, melhorando a aeração e drenagem, permitindo infiltração mais rápida da água (SANTOS *et al.*, 2011). A produtividade do gênero *Eucalyptus* é afetada pela profundidade e compactação de solos, preferindo solos profundos e sem camadas de impedimento (MORA e GARCIA, 2000).

3.2.3. Adubação e suas funções nas plantas

A necessidade de adubação em espécies florestais provém de que nem sempre o solo é capaz de fornecer todos os nutrientes em quantidade que as plantas necessitam para um adequado crescimento, sendo que a quantidade depende das necessidades nutricionais, da fertilidade do solo, reação dos adubos com o solo e da eficiência dos adubos. A correta nutrição em plantios de eucalipto é essencial para o estabelecimento de florestas de alta produtividade (GONÇALVES, 1995).

Os macronutrientes (nitrogênio “N”, fósforo “P” e potássio “K”) são aplicados no cultivo de *Eucalyptus*, onde a função do nitrogênio apresenta grande importância no metabolismo e formação de proteínas. É um dos compostos dos aminoácidos e proteínas, aminoaçúcares, purinas, pirimidinas e alcaloides. A deficiência leva a clorose foliar devido à formação reduzida de clorofila. É absorvido pelas raízes em ambas as formas de nitrato e amônio e está relacionado com o aumento da área foliar e também com o crescimento vegetativo. O fósforo é essencial para o crescimento das plantas, uma vez que está envolvida na maior parte dos processos metabólicos. O fósforo é constituinte de ácidos nucleicos, fosfolípidos, fosfoproteínas, ésteres de fosfato e carboidratos, nucleótídeos e trifosfato de

adenosina (ATP). É necessário para o armazenamento e transferência de energia, a fotossíntese, os processos de transporte de elétrons, a regulação de algumas enzimas (por exemplo, na síntese de açúcares e amido), e ao transporte de hidratos de carbono. O fósforo é responsável pelo fornecimento de energia (ATP) para um maior crescimento inicial, bem como agente acelerador da formação de raízes. O potássio é de extrema importância na fisiologia vegetal, sendo responsável pelo controle da abertura e fechamento dos estômatos (manutenção da turgescência, controle estomático, estabilização do pH e regulação osmótica das células). É indispensável para a síntese de proteínas, para o metabolismo de hidratos de carbono e lipídeos, e é um ativador de numerosas enzimas, inclusive na síntese de celulose. Atua no transporte de carboidratos das folhas para caule e raízes (DELL *et al.*, 2001). O potássio atua no metabolismo (ativação da síntese do amido, síntese do fosfato, sacarose e outras enzimas) e transporte de carboidratos (MALAVOLTA, 1980).

As espécies de *Eucalyptus* plantadas no Brasil são adaptadas a baixos níveis de fertilidade do solo, toleram altos níveis de Al e Mn e são pouco sensíveis a acidez do solo. O uso de calcário dolomítico suplementará o solo com quantidades de Ca e Mg. A adubação de plantio tem finalidade principal de promover o arranque inicial de crescimento (8 kg ha⁻¹ de N, 90 kg ha⁻¹ de P₂O₅ e 16 Kg ha⁻¹ K₂O), sendo recomendadas fertilizações de cobertura com doses (32 kg ha⁻¹ de N, 24 Kg ha⁻¹ K₂O e opcionalmente aplicação de P₂O₅) parceladas entre 2 a 4 aplicações (GONÇALVES, 1995).

O efeito do preparo do solo na região de Entre Rios, estado da Bahia sobre a produtividade florestal foi observado por Stape *et al.* (2002), ao estudar três sistemas de limpeza de terreno, preparo de solo e fertilização em dois sítios (latossolo vermelho amarelo, sítio mais pobre e em Argissolo, sítio mais fértil). Esses autores compararam o efeito da subsolagem, fertilização, queimada, manutenção de resíduo e coveamento sobre o cultivo do híbrido *E. grandis* x *E. urophylla*. Ao comparar os efeitos da fertilização aos 12 meses, a altura média dos para tratamentos sem fertilização no latossolo foi de 1,6 m, enquanto que no argissolo foi de 6,3 m. Durante os três anos iniciais todos os tratamentos estabelecidos em argilosolos foram superiores ao latossolo.

O eucalipto responde à adubação (NPK) e, em alguns casos, é necessária a adubação com boro e zinco, sendo que para a maioria dos solos brasileiros a adubação com fósforo é essencial (MORA e GARCIA, 2000).

A adubação no plantio visa principalmente o fornecimento de fósforo, cobre e zinco. Solos com baixo teor de matéria orgânica e de potássio deve-se também utilizar doses de N e K. A adubação de cobertura visa fornecer os nutrientes de alta mobilidade no solo, nitrogênio, potássio e boro (SILVEIRA *et al.*, 2001).

O uso de adubação de base (15 Kg ha⁻¹ de N, 210 Kg ha⁻¹ de P₂O₅ e 30 Kg ha⁻¹ de K₂O), e adubação de cobertura distribuída em duas aplicações aos cinco e 10 meses de idade (30 Kg ha⁻¹ de N, e 60 Kg ha⁻¹ de K₂O) para o cultivo de *E. benthamii*, com espaçamento inicial de 2,5 m x 2,5 m em Otacílio Costa, estado de Santa Catarina, promoveu resposta significativa ao primeiro ano nas variáveis, diâmetro à altura do colo, altura total e volume. Na testemunha, o diâmetro de colo médio foi de 3,3 cm, enquanto, nos tratamentos adubados situaram-se entre 4,9 e 5,9 cm. A altura média da testemunha foi de 1,8 m, enquanto nos tratamentos adubados as alturas situaram-se entre 2,6 e 2,9 m. Na testemunha, o volume foi de 2,8 m³ ha⁻¹, já nos tratamentos adubados os volumes situaram-se entre 7,7 e 12,7 m³ ha⁻¹ (DIAS *et al.*, 2014).

A utilização de adubação fosfatada em plantios de *E. dunnii* com espaçamento inicial de 3 m x 2 m em Ponta Grossa, estado do Paraná, apresentou ganhos em volume em relação a testemunha aos 6 anos de idade. A testemunha apresentou volume médio individual de 0,1757 m³, já os tratamentos com adubação inicial de 49 Kg de N, 186,6 Kg de P₂O₅, 52 Kg de K₂O e 56 Kg de S por hectare acrescidos de 9,3 Kg ha⁻¹ de P₂O₅ aos 10 meses, apresentou volume médio individual de 0,2421 m³. O tratamento com adubação inicial idêntica ao anterior com acréscimo aos 10 meses de 37,3 Kg ha⁻¹ de P₂O₅ apresentou volume médio individual de 0,2825 m³ (ANDRADE *et al.*, 2003).

O efeito da adubação com NPK (60 Kg ha⁻¹ de N, 150 Kg ha⁻¹ de P₂O₅ e 30 Kg ha⁻¹ de K₂O) em *C. citriodora* com espaçamento inicial de 3 m x 1,7 m em Selvíria, estado do Mato Grosso do Sul, foi estatisticamente superior quando comparado ao plantio sem utilização de adubação, no entanto o uso de micronutrientes não apresenta ganhos no desenvolvimento da cultura. Aos 6 anos de idade na testemunha, o diâmetro médio foi de 11,36 cm, enquanto, no tratamento adubado com NPK (60 Kg ha⁻¹ de N, 150 Kg ha⁻¹ de P₂O₅ e 30 Kg ha⁻¹ de K₂O) foi de 12,96 m. A testemunha apresentou altura média de 12,51 m e o tratamento com NPK atingiu altura de 14,68 m. Na testemunha, o volume médio individual foi de 0,19 m³, já no tratamento adubado com NPK foi de 0,30 m³ (OLIVEIRA *et al.*, 1999).

3.2.4. Crescimento e produção

No município de Colombo, estado do Paraná, a altura média observada em *E. benthamii* procedência Wentworth Falls (NSW) aos oito anos de idade foi de 21,7 m e diâmetro a 1,3 m (DAP) de 18,2 cm (HIGA e PEREIRA, 2003). Também em Colombo, cresceu 2,3 m em altura e 2,7 cm em diâmetro ao ano, em média, aos oito anos de idade (PEREIRA *et al.*, 2000). Ainda no Paraná, mas no município de Dois Vizinhos, a altura média observada aos quatro anos de idade foi de 16 m e DAP de 15 cm (HIGA e CARVALHO, 1990).

No norte da Argentina, na província de Jujuy, o *E. benthamii* de procedência *Coxs River* apresentou produtividade de 34 m³ ha⁻¹ ano⁻¹ aos sete anos de idade (MENDOZA, 1983).

O volume médio individual em povoamento de *E. benthamii* de 6 anos de idade com espaçamento inicial de 3 m x 2 m na região de Guarapuava, estado do Paraná, foi de 0,527 m³ (variando de 0,402 a 0,652). Em simulação para este povoamento na idade de 10 anos o volume por hectare seria de 878 m³ (LIMA *et al.*, 2011).

3.2.5. Utilização da madeira

É uma espécie utilizada para a produção de lenha, carvão, estacas, postes, mourões (HIGA *et al.*, 2000a). A qualidade da madeira do *E. benthamii* indicam o uso potencial da espécie como lenha, carvão e celulose, não sendo aconselhado para serraria, pois além das rachaduras do topo das toras e tábuas, apresenta empenamento e rachaduras internas durante a secagem, com índices elevados de contração volumétrica e de coeficiente de anisotropia, mesmo em condições amenas de secagem em temperatura ambiente e à sombra. Programas de melhoramento genético podem resolver em parte esses fatores restritivos (HIGA e PEREIRA, 2003).

Sua qualidade é adequada para a produção de energia, mas apresenta sérios problemas para processamento mecânico, necessitando de pesquisas adicionais destinadas a reduzir as intensidades de rachaduras e de empenamentos. Apresenta densidade média aos sete anos comparável ao *E. saligna* (PEREIRA *et al.*, 2001).

A qualidade da madeira serrada aos seis anos de idade apresenta alta intensidade de defeitos (arqueamento, encurvamento, encanoamento e rachaduras), sendo intensificados pelo processo de secagem. O rendimento de madeira serrada são maiores no sentido de desdobro radial (MÜLLER, 2013).

O uso para produção de celulose kraft com madeira de *E. benthamii* aos seis anos de idade provenientes de povoamento experimental da EMBRAPA Florestas, localizado no município de Guarapuava, estado do Paraná apresenta estrutura anatômica bastante semelhante às de outras espécies do gênero e densidade básica e dimensões das fibras dentro dos parâmetros dos clones utilizados atualmente pela indústria nacional de celulose e papel. Do ponto de vista de constituição química, apresentou qualidade inferior quando comparado a clones de híbridos de alta performance de *E. urophylla* x *E. grandis* aos sete anos de idade, provenientes do sul da Bahia (ALVES *et al.*, 2011).

A densidade básica em povoamento de *E. benthamii* com 6 anos de idade e espaçamento inicial de 3 m x 3 m cultivado no Uruguai foi de 0,457 g cm⁻³ (BOCAGE e ULERY, 2005). Já no município de Guarapuava, estado do Paraná, também aos 6 anos, mas com espaçamento inicial de 3 m x 2 m, a densidade básica média foi de 0,475 g cm⁻³ (LIMA *et al.*, 2011). A Tabela 4 ilustra a densidade básica de *E. benthamii* encontrados em diversos trabalhos.

Tabela 4. Densidade básica de *E. benthamii*

Densidade Básica (g cm ⁻³)	Idade (anos)	Espaçamento (m)	Município/Estado	Autor
0,403 - 0,404	4	3 x 3	Colombo, Paraná	Pereira <i>et al.</i> (2000)
0,520	6	2,5 x 2	Cerro Negro, Santa Catarina	Müller (2013)
0,472	6	Não citado	Guarapuava, Paraná	Alves <i>et al.</i> (2011)
0,477	7	3 x 3	Colombo, Paraná	Pereira <i>et al.</i> (2001)
0,470	7	3 x 3	Colombo, Paraná	Nisgoski <i>et al.</i> (1998)
0,407 - 0,481	7	3 x 3	Colombo, Paraná	Pereira <i>et al.</i> (2000)

A madeira é adequada para produção de carvão em fornos convencionais atingindo densidade de 215 Kg m⁻³, com índice de conversão de 2,4 estéreos de lenha para metro de carvão, com idade de seis anos (LIMA *et al.*, 2012).

3.2.6. Resistência à geadas

No Brasil a procedência Wentworth Falls (NSW), introduzida pela EMBRAPA Florestas, no município de Colombo, estado do Paraná, apresentou alta resistência à geada, rápido crescimento, boa forma de fuste e alta homogeneidade do talhão. Essas características tornaram o *E. benthamii* uma excelente opção para reflorestamentos em regiões de clima frio, principalmente em localidades onde ocorre geadas frequentes e severas, como no sul do Brasil (GRAÇA *et al.*, 1999).

O inverno constitui um grande problema para o estabelecimento de eucaliptos na região sul. A escolha de material genético é fundamental, além de características de crescimento desejáveis, as espécies devem ser tolerantes ao frio. Em plantios experimentais de dois a três anos o *E. benthamii* tem mostrado bom crescimento e resistência à geadas (EMBRAPA, 1988).

Os efeitos das temperaturas próximas ou abaixo de zero graus ocasionam danos nos eucaliptos, que vão desde a perda de área foliar até a morte das plantas. Quanto mais jovem maior será o dano nas folhas, caules e ramos, devido à maior sensibilidade da planta em função da proximidade ao solo, onde a inversão térmica é mais acentuada (PALUDZYSZYN FILHO e SANTOS, 2005).

No Paraná as maiores limitações para os eucaliptos são as baixas temperaturas no período de inverno, principalmente as mínimas absolutas em algumas regiões (PALUDZYSZYN FILHO *et al.*, 2006).

É uma espécie resistente à geadas, apresentando bom crescimento (HIGA *et al.*, 2000a). O híbrido entre *E. benthamii* e *E. dunnii* é uma alternativa em regiões onde a incidência de geadas é frequente (BRONDANI *et al.*, 2009).

A temperatura mínima absoluta que o *E. benthamii* suporta, registrada em abrigo meteorológico é de até -6°C. Observou-se forte tolerância do *E. benthamii* à geada, sendo essa superior ao *E. dunnii* (DARROW, 1995).

É indicado para plantios em regiões com temperaturas mínimas absolutas de até -10°C, sob condições de aclimação prévia por abaixamento gradual de temperatura na estação fria. Com relação à geadas, suporta até 25 geadas anuais (FAO, 1981).

Os danos causados pela geada permanecem claramente visíveis, quer seja por tortuosidade leve a acentuada, pela presença de ramos grossos ou quebras de fuste (Figura 2). Embora a planta retome o crescimento, esse tipo de dano provoca lesões que favorecem a entrada de pragas e/ou doenças (HIGA *et al.*, 2000b).

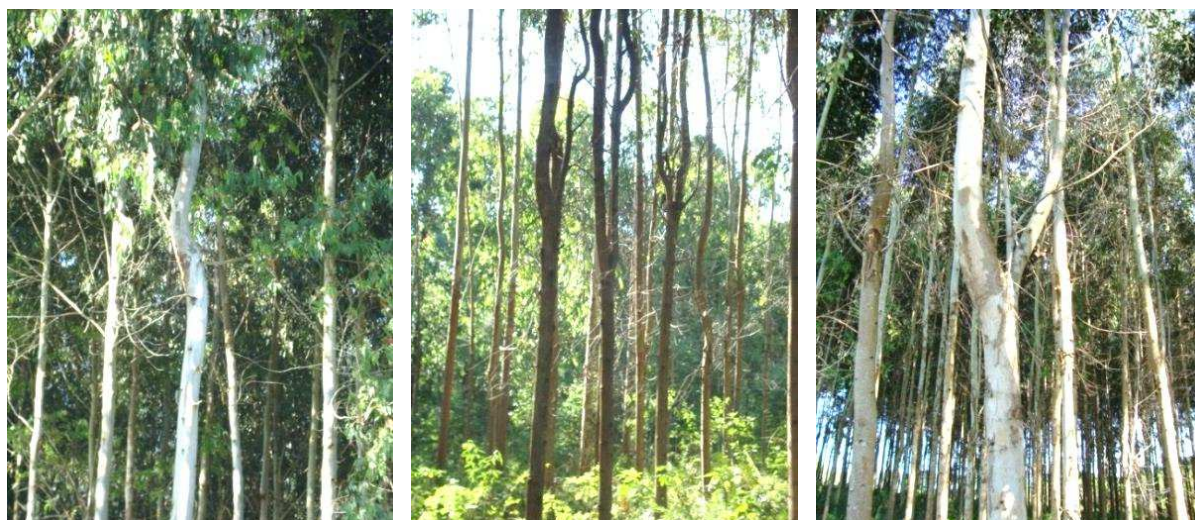


Figura 2. Danos causados pela geada em *E. benthamii*

4. MATERIAL E MÉTODOS

4.1. Localização da área de estudo

A pesquisa foi realizada na empresa REMASA REFLORESTADORA S.A., a qual está localizada no município de General Carneiro, região Centro-Sul do estado do Paraná (Figura 3).

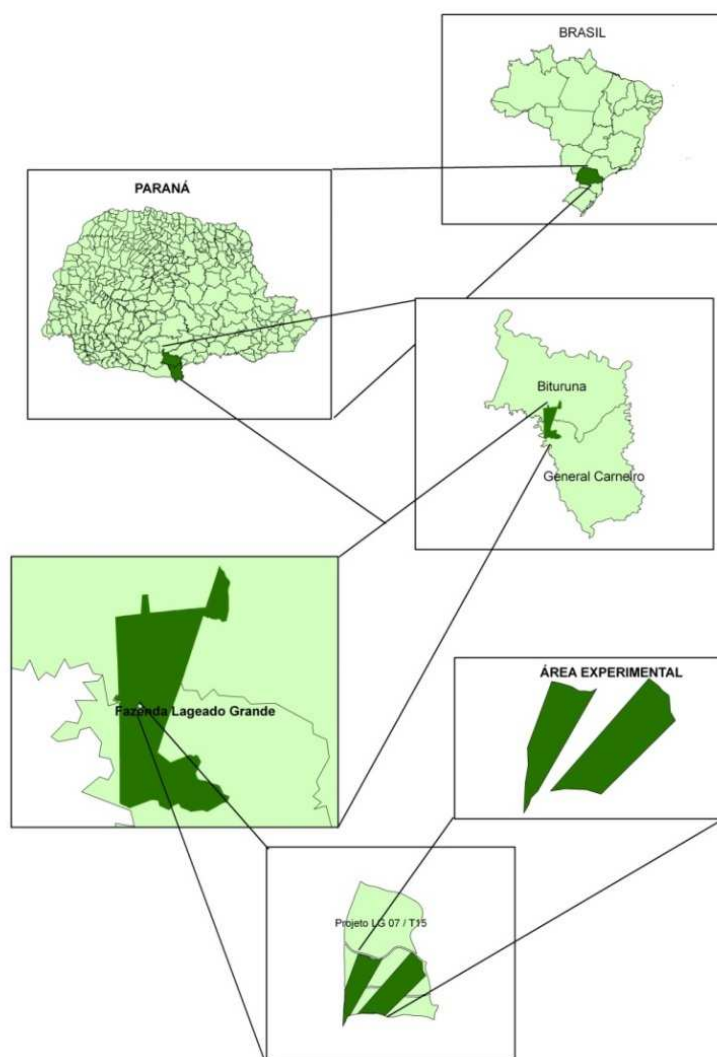


Figura 3. Localização da área de estudo

4.2. Dados meteorológicos da área de estudo

De acordo com a classificação de Köppen, o clima da região onde o experimento está inserido é caracterizado como clima temperado (Cfb), com temperatura média no mês mais frio abaixo de 18°C (mesotérmico), com verões frescos, temperatura média no mês mais quente abaixo de 22°C e sem estação seca definida (IAPAR, 2008a). A média regional das temperaturas máxima e mínima é de 22,6 e 12,0°C, respectivamente. A precipitação média mensal é de 176,25 mm e umidade relativa média mensal do ar é de 77,2% (IAPAR, 2008b).

Os dados da estação meteorológica (novembro/2007 a novembro/2013) localizada a 2,5 km da área de estudo apresentam temperaturas médias máxima e mínima de 22,9 e 11,7°C respectivamente (Anexo 1). A precipitação média mensal é de 148 mm ou 1776 mm ao ano (Tabela 5).

Tabela 5. Temperaturas média mínima, média, máxima, precipitação e número de dias com chuva (novembro/2007 a novembro/2013) na área de estudo

Mês	Temperatura (°C)			Precipitação (mm)	Nº de Dias com Chuva
	Mínima	Média	Máxima		
Jan	16,0	19,9	25,9	196	14
Fev	16,8	20,7	27,0	151	13
Mar	14,7	19,0	25,1	101	10
Abr	11,4	16,2	23,1	149	7
Mai	8,9	13,4	19,9	102	8
Jun	6,8	11,5	17,9	198	9
Jul	7,1	12,0	18,5	146	8
Ago	8,1	13,2	20,3	104	7
Set	9,5	14,8	21,5	165	8
Out	12,1	16,9	23,3	197	11
Nov	14,0	18,7	26,5	114	10
Dez	15,4	19,9	26,4	153	14
Média	11,7	16,4	22,9	148	10

A região apresenta frequentes geadas entre os meses de maio e setembro, as quais são classificadas de acordo com a Tabela 6.

Tabela 6. Classes de geadas

Temperatura mínima (°C)	Fenômeno
> 0	Sem Ocorrência
-2 a 0	Geadas Fracas
-4 a -2	Geadas Moderadas
-6 a -4	Geadas Medianas
-8 a -6	Geadas Fortes
-10 a -8	Geadas Muito Fortes,
-12 a -10	Extremamente fortes
< -12	ou Excepcionais

Fonte: ARAUJO *et al.*, 2009

O experimento durante os anos de 2008 a 2013 (Anexo 2) foi atingido por 41 geadas fracas, 18 moderadas, três medianas e uma forte, totalizando 63 ocorrências, conforme Tabela 7.

Tabela 7. Distribuição das geadas no período de novembro de 2008 a novembro de 2013 na área de estudo

Ano	Número de geadas				Total
	Fraca	Moderada	Mediana	Forte	
2007*					
2008	6	3	2	0	11
2009	6	6	0	0	12
2010	4	1	1	0	6
2011	8	6	0	1	15
2012	7	1	0	0	8
2013	10	1	0	0	11
Total	41	18	3	1	63

*Em 2007 ocorreram geadas, mas como o experimento foi instalado em novembro, o mesmo não foi atingido por geadas neste ano.

A Figura 4 ilustra a ocorrência de geada forte (-6,4°C em 28/06/2011), a qual atingiu o delineamento de *E. benthamii* conduzido sob diferentes tratamentos, na região sul do estado do Paraná. A Figura 5 mostra povoamentos de *E. benthamii* e *E. dunnii* atingidos por geada forte (-6,4°C) ocorrida em 28/06/2011. Apesar do *E. dunnii* ser plantado em sistema de sombreamento com *Pinus taeda* o mesmo sofreu queima foliar, no entanto o *E. benthamii* não apresentou tal fato. A Figura 6 ilustra a ocorrência de neve (-0,1°C) a qual atingiu o delineamento de *E. benthamii* em 23/07/2013.



Figura 4. Ocorrência de geada forte (-6,4°C) em 28/06/2011



Figura 5. Povoamento de *E. benthamii* e *E. dunnii* atingidos por geada forte (-6,4°C)



Figura 6. Ocorrência de neve (-0,1°C) em 23/07/2013

4.3. Fonte de dados

A área de estudo está localizada na fazenda Lageado Grande 01, município de General Carneiro, região sul do estado do Paraná, nas coordenadas geográficas 26°18'40" latitude Sul e 51°33'20" longitude Oeste, em uma altitude média de 1072 m.s.n.m. (Figura 7).

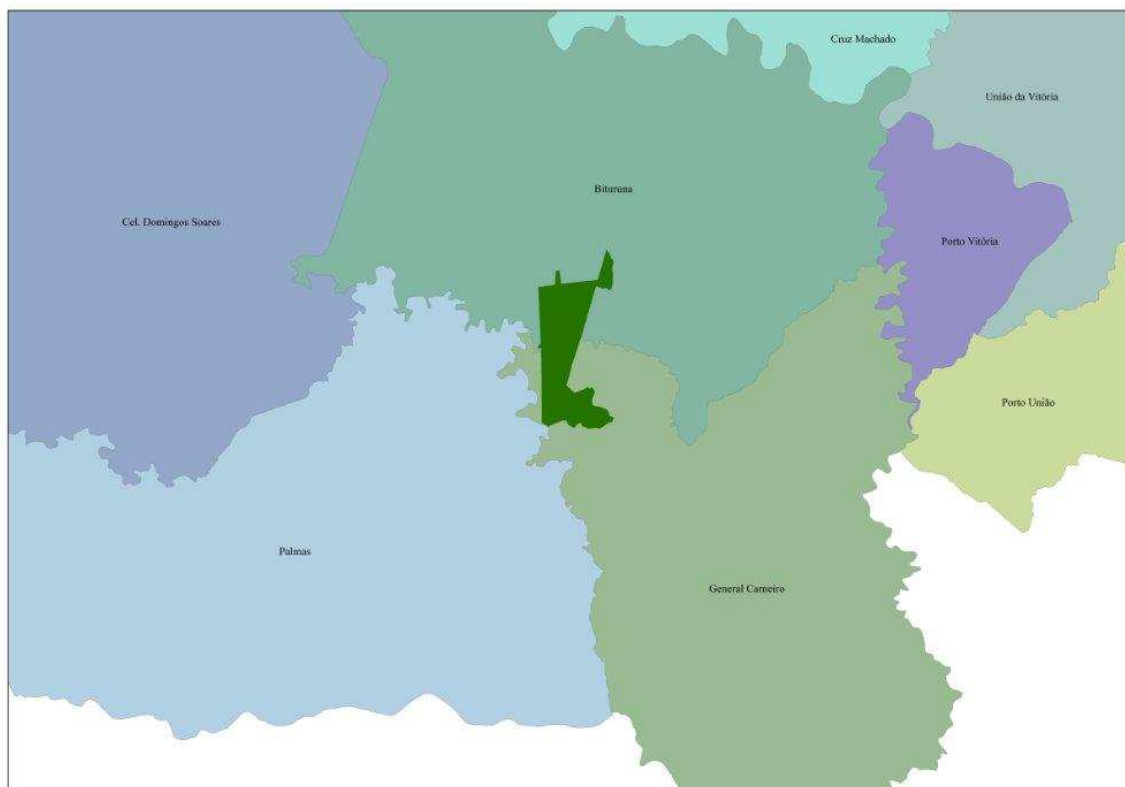
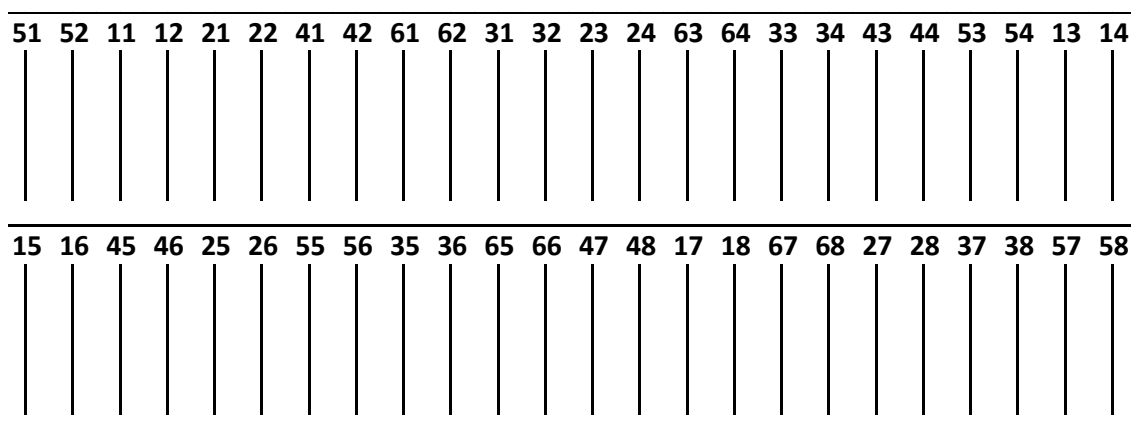


Figura 7. Localização da área de estudo

As mudas utilizadas no experimento foram produzidas com sementes de procedência de Pomar de Sementes Clonal (PSC) da localidade de Kowen - CSIRO (*Commonwealth Scientific and Industrial Research Organization*) na Austrália.

Em novembro de 2007 foi implantado um delineamento inteiramente casualizado (DIC) (Figura 8) com *E. benthamii* sob diferentes dosagens de adubação com unidades amostrais (repetição) de 250 m² (seis tratamentos e oito repetições), utilizando espaçamento de 2,5 m x 2,5 m ou 1.600 árvores por ha, conforme Tabela 8. Cada tratamento possui área total de 2.000 m² composto por 320 árvores.

Para o preparo de solo foi utilizada subsolagem até 40 cm de profundidade, não sendo realizada a calagem. O plantio foi realizado manualmente com o auxílio da pá chilena, sendo a adubação de base (plantio) realizada na cova e as adubações de cobertura (pós-plantio) por meio de covetas laterais.



51: 5: Tratamento 5; 1: Repetição.

Figura 8. Distribuição dos tratamentos e repetições de *E. benthamii*, conduzido sob diferentes tratamentos, com seis anos de idade, na região sul do estado do Paraná

Tabela 8. Delineamento inteiramente casualizado para *E. benthamii*, conduzido sob diferentes tratamentos, com seis anos de idade, na região sul do estado do Paraná

Período de Aplicação (dias)	0	30	40	60		90
				06-30-06	15-05-30	
Tratamento	SSP (g planta ⁻¹)	Adubo - NPK (g planta ⁻¹)				
		06-30-06	15-05-30	06-30-06	15-05-30	15-05-30
1	100	150	0	0	150	0
2	100	150	150	0	0	0
3	100	75	0	75	0	75
4	100	150	0	0	150	150
5	100	0	0	0	0	0
6	0	0	0	0	0	0

N: Nitrogênio; P: Fósforo; K: Potássio; SSP: Superfosfato simples.

O delineamento foi instalado em área com relevo plano de segunda rotação florestal (primeira rotação com povoamento de *Pinus taeda* plantado em 1973 e corte raso em 2007) (Figura 9).



Figura 9. Relevo da área de estudo

Os adubos utilizados além de possuírem macronutrientes têm micronutrientes em sua formulação. O adubo NPK 06-30-06 possui os micronutrientes Boro (B 0,05%) e Zinco (Zn 0,2%), já o adubo NPK 15-05-30 possui Boro (B 0,2%) e Zinco (Zn 0,02%).

No Tratamento 1 (T1) foi realizada a adubação de base com aplicação de 100 g de superfosfato simples (SSP), adubação de cobertura aos 30 dias com 150 g de NPK 06-30-06 e aos 60 dias a aplicação de 150 g NPK 15-05-30.

O Tratamento 2 (T2) foi submetido à adubação de base com aplicação de 100 g de SSP, adubação de cobertura aos 30 dias com 150 g de NPK 06-30-06 e aos 40 dias a aplicação de 150 g NPK 15-05-30.

Para o Tratamento 3 (T3) foi utilizada a adubação de base com aplicação de 100 g de SSP, adubação de cobertura aos 30 e 60 dias com 75 g de NPK 06-30-06 e aos 90 dias a aplicação de 75 g NPK 15-05-30.

No Tratamento 4 (T4) foi realizada a adubação de base com aplicação de 100 g de SSP, adubação de cobertura aos 30 dias com 150 g de NPK 06-30-06 e aos 60 e 90 dias aplicação de 150 g NPK 15-05-30.

O Tratamento 5 (T5) foi submetido à adubação de base com aplicação de 100 g de SSP, sem aplicação de adubação de cobertura com NPK.

No Tratamento 6 (T6) está a testemunha, na qual não foi realizada nenhuma aplicação de adubação. Nas Tabelas 9,10 e 11 está detalhada a quantidade de adubação aplicada por planta, por hectare por período de aplicação e total por hectare.

Tabela 9. Quantidade de adubação aplicada por planta para *E. benthamii*, conduzido sob diferentes tratamentos, com seis anos de idade, na região sul do estado do Paraná

Tratamento	Período de Aplicação (dias)																																		
	0							30							40							60							90						
	SSP (g planta ⁻¹)														Adubo - NPK (g planta ⁻¹)																				
				06-30-06				15-05-30				06-30-06				15-05-30				15-05-30															
P ₂ O ₅	Ca	S	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	B	Zn	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	B	Zn	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	B	Zn	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	B	Zn	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	B	Zn								
1	18	19	11	9,0	45,0	9,0	0,08	0,30	0,0	0,0	0,0	0,00	0,00	0,0	0,0	0,0	0,00	0,00	22,5	7,5	45,0	0,30	0,03	0,0	0,0	0,0	0,00	0,00	0,00						
2	18	19	11	9,0	45,0	9,0	0,08	0,30	22,5	7,5	45,0	0,30	0,03	0,0	0,0	0,0	0,00	0,00	0,0	0,0	0,0	0,00	0,00	0,0	0,0	0,0	0,00	0,00	0,00						
3	18	19	11	4,5	22,5	4,5	0,04	0,15	0,0	0,0	0,0	0,00	0,00	4,5	22,5	4,5	0,04	0,15	0,0	0,0	0,0	0,00	0,00	11,3	3,8	22,5	0,15	0,02							
4	18	19	11	9,0	45,0	9,0	0,08	0,30	0,0	0,0	0,0	0,00	0,00	0,0	0,0	0,0	0,00	0,00	22,5	7,5	45,0	0,30	0,03	22,5	7,5	45,0	0,30	0,03							
5	18	19	11	0,0	0,0	0,0	0,00	0,00	0,0	0,0	0,0	0,00	0,00	0,0	0,0	0,0	0,00	0,00	0,0	0,0	0,0	0,00	0,00	0,0	0,0	0,0	0,00	0,00							
6	0	0	0	0,0	0,0	0,0	0,00	0,00	0,0	0,0	0,0	0,00	0,00	0,0	0,0	0,0	0,00	0,00	0,0	0,0	0,0	0,00	0,00	0,0	0,0	0,0	0,00	0,00							

Tabela 10. Quantidade de adubação por hectare por período de aplicação para *E. benthamii*, conduzido sob diferentes tratamentos, com seis anos de idade, na região sul do estado do Paraná

Tratamento	Período de Aplicação (dias)																																		
	0							30							40							60							90						
	SSP (Kg ha ⁻¹)														Adubo - NPK (Kg ha ⁻¹)																				
				06-30-06				15-05-30				06-30-06				15-05-30				15-05-30															
P ₂ O ₅	Ca	S	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	B	Zn	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	B	Zn	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	B	Zn	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	B	Zn	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	B	Zn								
1	28,8	30,4	17,6	14,4	72,0	14,4	0,12	0,48	0,0	0,0	0,0	0,00	0,00	0,0	0,0	0,00	0,00	36,0	12,0	72,0	0,48	0,05	0,0	0,0	0,0	0,0	0,00	0,00							
2	28,8	30,4	17,6	14,4	72,0	14,4	0,12	0,48	36,0	12,0	72,0	0,48	0,05	0,0	0,0	0,0	0,00	0,00	0,0	0,0	0,0	0,00	0,00	0,0	0,0	0,0	0,00	0,00							
3	28,8	30,4	17,6	7,2	36,0	7,2	0,06	0,24	0,0	0,0	0,0	0,00	0,00	7,2	36	7,2	0,06	0,24	0,0	0,0	0,0	0,00	0,00	18,0	6,0	36,0	0,24	0,02							
4	28,8	30,4	17,6	14,4	72,0	14,4	0,12	0,48	0,0	0,0	0,0	0,00	0,00	0,0	0,0	0,00	0,00	36,0	12,0	72,0	0,48	0,05	36,0	12,0	72,0	0,48	0,05								
5	28,8	30,4	17,6	0,0	0,0	0,0	0,00	0,00	0,0	0,0	0,0	0,00	0,00	0,0	0,0	0,00	0,00	0,0	0,0	0,0	0,00	0,00	0,0	0,0	0,0	0,00	0,00								
6	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,00	0,00	0,0	0,0	0,0	0,00	0,00	0,0	0,0	0,00	0,00	0,0	0,0	0,0	0,00	0,00	0,0	0,0	0,0	0,00	0,00								

Tabela 11. Quantidade de adubação total aplicada por hectare para *E. benthamii*, conduzido sob diferentes tratamentos, com seis anos de idade, na região sul do estado do Paraná

Tratamento	N	P₂O₅	K₂O	Ca	S	B	Zn
1	50,4	112,8	86,4	30,4	17,6	0,6	0,5
2	50,4	112,8	86,4	30,4	17,6	0,6	0,5
3	32,4	106,8	50,4	30,4	17,6	0,4	0,5
4	86,4	124,8	158,4	30,4	17,6	1,1	0,6
5	0,0	28,8	0,0	30,4	17,6	0,0	0,0
6	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0

4.4. Coleta e análise de dados

A coleta dos dados da área experimental de *E. benthamii* sob diferentes dosagens de adubação foi realizada em novembro de 2013, estando o plantio com seis anos de idade.

Foi realizada a coleta de solos em trincheiras (Figura 10) nas alturas de 0 a 20 cm, 20 a 40 cm, 40 a 60 cm, 60 a 80 cm e 80 a 100 cm, as quais foram encaminhadas para análise laboratorial. A Figura 11 ilustra a profundidade do solo indicando os três horizontes.



Figura 10. Trincheira para coleta de solo da área de estudo



Figura 11. Profundidade dos horizontes do solo

Predominam solos denominados neossolos litólicos, cambissolos e argissolos (EMBRAPA, 2003). As características químicas são apresentadas na Tabela 12.

Foram medidos todos os diâmetros a 1,3 m (DAP) com fita métrica, as alturas com o hipsômetro Vertex de 20% das árvores, além das três árvores dominantes (Figura 12).



Figura 12. Medição de diâmetro e altura total em *E. benthamii*

Tabela 12. Características químicas do solo na área de estudo

Profundidade (cm)	pH CaCl ₂	Matéria orgânica g dm ⁻³	P Mehlich mg dm ⁻³	Complexo sortivo (cmolc m ⁻³)						Saturações (%)					
				K	Ca	Mg	Al	H + Al	Soma de bases (SB)	CTC pH 7,0	Bases V%	Al m%	Ca	Mg	K
0 - 20	3,8	47,6	3,1	0,09	2,5	2,1	2,2	9,0	4,7	13,7	34,5	31,3	18,3	15,5	0,7
20 - 40	3,9	42,5	2,3	0,06	2,1	2,8	1,4	9,6	5,0	14,6	34,2	22,5	14,4	19,3	0,4
40 - 60	3,9	37,3	1,9	0,05	2,3	2,7	1,5	8,1	5,1	13,2	38,3	23,0	17,6	20,3	0,4
60 - 80	4,0	31,1	1,7	0,06	2,5	2,5	1,4	7,4	5,1	12,5	40,8	21,0	20,0	20,3	0,5
80 - 100	4,1	27,1	1,1	0,04	2,7	2,4	0,9	6,0	5,1	11,2	45,9	14,2	24,3	21,2	0,4
Média	3,9	37,1	2,0	0,06	2,4	2,5	1,5	8,0	5,0	13,0	38,7	22,4	18,9	19,3	0,5

Profundidade (cm)	mg dm ⁻³						Relação entre cátions			Análise granulométrica (g Kg ⁻¹)			Classe textural simplificada
	S	B	Fe	Cu	Mn	Zn	Ca/Mg	Ca/K	Mg/K	Areia	Silte	Argila	
0 - 20	12,1	0,31	64,0	2,4	9,9	1,3	1,2/1	27,8/1	23,6/1	180	210	610	Muito argilosa
20 - 40	12,9	0,22	46,4	1,7	27,0	1,1	0,7/1	35,0/1	46,8/1	190	220	590	Argilosa
40 - 60	2,0	0,19	45,6	1,9	10,2	0,8	0,9/1	46,4/1	53,6/1	230	210	560	Argilosa
60 - 80	6,7	0,22	80,6	1,0	8,9	1,2	1,0/1	41,7/1	42,2/1	160	210	630	Muito argilosa
80 - 100	4,9	0,27	79,9	1,8	19,4	1,0	1,1/1	68,0/1	59,3/1	190	240	570	Argilosa
Média	7,7	0,24	63,3	1,76	15,1	1,1				190	218	592	

4.4.1. Cubagem de árvores de *E. benthamii*

Para os ajustes das funções de afilamento visando estimar volumes comerciais e totais foram cubadas árvores representativas do experimento. Assim, com os diâmetros medidos na área experimental foi realizada a distribuição de frequência por classe diamétrica para a definição e seleção das árvores a serem cubadas (Tabela 13). As árvores-amostra foram identificadas e cubadas fora da área experimental, as quais foram derrubadas e desgalhadas para a medição com a suta dos diâmetros ao longo do tronco nas alturas relativas de 0,005; 0,01; 0,05; 0,10; 0,15; 0,20; 0,25; 0,30; 0,40; 0,50; 0,60; 0,70; 0,80; 0,90; 0,95 e 1 da altura total (Figura 13). Foram cubadas 27 árvores pelo método de Smalian.

Tabela 13. Frequência de árvores cubadas por classe diamétrica para *E. benthamii*, conduzido sob diferentes tratamentos, com seis anos de idade, na região sul do estado do Paraná

Classe diamétrica (cm)	Nº de árvores
[5,0 - 10,0)	5
[10,0 - 15,0)	8
[15,0 - 20,0)	8
[20,0 - 25,0)	3
[25,0 - 30,0)	3
Total	27



Figura 13. Medição de diâmetros ao longo do tronco em alturas relativas em *E. benthamii*

4.4.2. Ajuste de modelos hipsométricos para *E. benthamii*

Como não foram medidas todas as alturas, foi realizado o ajuste de seis modelos hipsométricos (Tabela 14) para estimar a altura das árvores não medidas. Os ajustes foram conduzidos por tratamentos.

Tabela 14. Modelos hipsométricos ajustados para estimativa da altura total para *E. benthamii*, conduzido sob diferentes tratamentos, com seis anos de idade, na região sul do estado do Paraná

Autor	Modelo
1 - Trorey (1932)	$h = \beta_0 + \beta_1 \text{DAP} + \beta_2 \text{DAP}^2$
2 - Prodan (1968)	$h - 1,3 = \text{DAP}^2 / (\beta_0 + \beta_1 \text{DAP} + \beta_2 \text{DAP}^2)$
3 - Henriksen (1950)	$h = \beta_0 + \beta_1 \ln \text{DAP}$
4 - Curtis (1967)	$\ln h = \beta_0 + \beta_1 (1/\text{DAP})$
5 - Soares <i>et al.</i> (2006)	$h = \beta_0 + \beta_1 (1/\text{DAP}^2)$
6 - Stoffels e Van Soest (1953)	$\ln h = \beta_0 + \beta_1 \ln \text{DAP}$

h: Altura (m); DAP : Diâmetro a 1,3 m (cm); ln: Logaritmo natural; β_0 , β_1 , β_2 : Coeficientes a serem estimados.

Para a seleção dos modelos mais apropriados por tratamento foram utilizadas as estatísticas erro padrão de estimativa absoluto (m) e relativo (S_{yx}) e o coeficiente de determinação ajustado (R^2_{aj}), além da análise gráfica dos resíduos. Nos modelos em que o Y é o logaritmo natural da altura ($\ln h$) os erros foram recalculados para a variável de interesse (h), após correção da discrepância logarítmica com o Índice de Meyer (IM). Nesses modelos o R^2 também foi recalculado pelo Índice de Ajuste de Schlaegel (IA).

Para modelos que apresentarem um coeficiente com p-valor acima de 0,05, isto é, não é significativo para o modelo, o coeficiente foi eliminado, sendo a equação reajustada.

4.4.3. Ajuste de funções de afilamento para *E. benthamii*

Com os dados da cubagem foram ajustadas e testadas três funções de afilamento (Tabela 15).

Tabela 15. Funções de afilamento ajustadas para *E. benthamii*, conduzido sob diferentes tratamentos, com seis anos de idade, na região sul do estado do Paraná

Modelo	Função de afilamento
1 - Polinômio de 2º Grau ou Modelo de Kozak <i>et al.</i> (1969) modificado	$\left(\frac{di}{DAP}\right)^2 = \beta_0 + \beta_1 \left(\frac{hi}{h} - 1\right) + \beta_2 \left(\frac{hi^2}{h} - 1\right)$
2 - Polinômio de 5º Grau ou Modelo de Prodan (1965)	$\frac{di}{DAP} = \beta_0 + \beta_1 \frac{hi}{h} + \beta_2 \left(\frac{hi}{h}\right)^2 + \beta_3 \left(\frac{hi}{h}\right)^3 + \beta_4 \left(\frac{hi}{h}\right)^4 + \beta_5 \left(\frac{hi}{h}\right)^5$
3 - Polinômio de Potências Múltiplas e Fracionárias ou Modelo de Hradetzky (1976)	$\frac{di}{DAP} = \beta_0 + \beta_1 \left(\frac{hi}{h}\right)^{p1} + \beta_2 \left(\frac{hi}{h}\right)^{p2} + \dots + \beta_n \left(\frac{hi}{h}\right)^{pn}$

di: Diâmetro da seção (cm); DAP: Diâmetro a 1,3 m (cm); hi: Altura da seção (m); h: Altura (m); β_0 , β_1 , β_2 , β_3 , β_4 e β_5 : Coeficientes a serem ajustados.

O modelo de potência exige uma combinação apropriada de potências para melhor representar o perfil dos fustes e para isso realizou-se a construção do modelo utilizando o método de seleção de variáveis *Stepwise*, com potências variando de 0,005 a 25. A expectativa é que as potências inteiras unitárias representem melhor a seção intermediária da árvore, as potências com grandezas de dezenas a base da árvore, e as potências múltiplas e fracionárias o topo da árvore (FISCHER *et al.*, 2001). O procedimento de seleção de variáveis *Stepwise* foi utilizado para gerar um modelo matemático para os dados coletados. Esse procedimento procura obter a melhor equação de regressão por meio da inserção ou retirada de variáveis independentes.

Para a seleção dos modelos foram utilizadas as mesmas estatísticas já relatadas no item anterior, ressaltando que os erros foram recalculados para as variáveis de interesse diâmetro di (cm) nas várias alturas hi e para a variável volume total.

O volume total considerou a utilização da altura total da árvore, já o volume comercial foi definido até a altura onde foi encontrado o diâmetro de 8 cm. As classes de sortimento foram definidas de acordo com o mercado de madeira regional, considerando as seguintes classes de diâmetro na ponta fina e respectivos comprimentos: 8 a 18 cm (2,30 m), 18 a 25 cm (2,65 m) e 25 a 35 cm (2,65 m).

4.4.4. Análise estatística do experimento de *E. benthamii*

O delineamento utilizado foi o inteiramente casualizado (seis tratamentos e oito repetições), o qual é um experimento de simples classificação, pois é utilizado quando possui somente uma fonte de variação identificada, ou seja, oriunda dos tratamentos. Este é utilizado quando se tem unidades experimentais homogêneas. As principais vantagens é a flexibilidade no arranjo físico, pode ser utilizado para qualquer número de tratamentos.

Foi realizado o teste de Bartlett para todas as variáveis a serem estudadas (diâmetro, altura total, área transversal, volume médio individual, sobrevivência, área basal, volume total, comercial). Este teste é realizado para testar a homogeneidade das variâncias dos tratamentos.

Após verificado que as variâncias dos tratamentos são homogêneas foi realizada a análise de variância (ANOVA) para todas as variáveis estudadas. Considerou um p-valor de 0,05. O teste F da ANOVA testa a existência de diferença significativa nas médias de pelo menos dois tratamentos.

Finalmente, se o teste F de ANOVA rejeitar a hipótese de nulidade o teste de Tukey, também chamado de diferença significativa honesta (HSD - *Honestly Significant Difference*) será aplicado a fim de verificar as diferenças entre as médias dos tratamentos.

5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1. Caracterização da análise de solos no experimento de *E. benthamii*

O solo utilizado é argiloso a muito argiloso, característicos de solo originado do basalto, o que certamente poderá contribuir para uma maior retenção de água. Quanto ao aspecto químico, apresentava elevada acidez, mas saturação de Al (m%) abaixo de 50 %, ou seja, o solo não apresenta caráter álico. Ainda, os teores de Ca e Mg são elevados dada moderada CTC. Logo, embora ácido, o mesmo provavelmente tenha pequena limitação ao crescimento do eucalipto, uma vez que o eucalipto é uma planta resistente a acidez e o solo tem elevada disponibilidade de bases e saturação de Al não muito elevada. A disponibilidade dos micronutrientes Cu e Zn era elevada, principalmente Cu dada o material de origem (basalto). Os teores de S e B também se mostravam de médio a alto, indicando não limitação por parte dos mesmos. Com base nas tabelas de interpretação SBCS (2004), o nível de nitrogênio no solo com base no teor de matéria orgânica do mesmo, classifica-se como médio. Em relação ao nível de fósforo, este apresenta-se baixo ao longo de todo o perfil. O potássio varia de muito baixo a baixo.

5.2. Caracterização dos dados amostrados no experimento de *E. benthamii*

O total de árvores amostradas para a realização deste trabalho foi de 1683 indivíduos, distribuídos em seis tratamentos e oito repetições com medição de 100% dos diâmetros a 1,3 m (DAP), 20% das alturas e altura de três árvores dominantes. A Tabela 16 apresenta os dados estatísticos encontrados para cada tratamento.

Tabela 16. Estatísticas descritivas dos tratamentos para o número de árvores por hectare, diâmetro a 1,3 m e altura total

Tratamentos	Estatística	1	2	3	4	5	6
Número de árvores (ha)	Média	1405	1405	1425	1435	1395	1350
	CV (%)	7,52	8,53	6,53	4,06	5,41	4,41
DAP (cm)	Média	14,72	13,91	14,77	15,25	12,62	11,65
	CV (%)	9,92	5,04	6,21	5,33	4,61	9,73
Altura (m)	Média	19,56	18,57	19,98	19,80	18,15	16,98
	CV (%)	8,30	4,11	3,26	5,45	7,24	9,30

DAP: Diâmetro a 1,3 m; CV: Coeficiente de variação.

5.3. Amostra de árvores cubadas de *E. benthamii*

A Tabela 17 contém a média das informações dendrométricas (DAP, altura, volume total com casca e fator de forma comum) das árvores cubadas, as quais foram utilizadas para os ajustes das funções de afilamento.

Tabela 17. Média das informações dendrométricas das árvores cubadas de *E. benthamii*

DAP (cm)	Altura (m)	Volume (m³c/c)	Fator de Forma Comum
15,1	20,1	0,215	0,46

DAP: Diâmetro a 1,3 m.

5.4. Ajuste dos modelos hipsométricos para *E. benthamii*

O modelo de Trorey (1932) apresentou, na maioria das vezes, as melhores estatísticas de ajuste e precisão em todos os tratamentos para estimar a altura total. Na Tabela 18 estão as estatísticas encontradas para todos os modelos ajustados.

Tabela 18. Estatísticas dos modelos hipsométricos para *E. benthamii*, conduzido sob diferentes tratamentos, com seis anos de idade, na região sul do estado do Paraná

Tratamento	Modelo	Equação	R ² _{aj}	S _{yx} (m)	S _{yx} %
1	1 - Trorey (1932)	$h = \beta_0 + \beta_1 \text{DAP} + \beta_2 \text{DAP}^2$	0,9018	1,98	10,2
	2 - Prodan (1968)	$h - 1,3 = \text{DAP}^2 / (\beta_0 + \beta_1 \text{DAP} + \beta_2 \text{DAP}^2)$	0,9569	2,01	10,4
	3 - Henriksen (1950)	$h = \beta_0 + \beta_1 \ln \text{DAP}$	0,8851	2,14	11,1
	4 - Curtis (1967)	$\ln h = \beta_0 + \beta_1 (1/\text{DAP})$	0,8492	2,45	12,7
	5 - Soares <i>et al.</i> (2006)	$h = \beta_0 + \beta_1 (1/\text{DAP}^2)$	0,3885	4,94	25,5
	6 - Stoffels e Van Soest (1953)	$\ln h = \beta_0 + \beta_1 \ln \text{DAP}$	0,8518	2,43	12,6
2	1 - Trorey (1932)	$h = \beta_0 + \beta_1 \text{DAP} + \beta_2 \text{DAP}^2$	0,9025	1,86	9,8
	2 - Prodan (1968)	$h - 1,3 = \text{DAP}^2 / (\beta_0 + \beta_1 \text{DAP} + \beta_2 \text{DAP}^2)$	0,8982	1,90	10,0
	3 - Henriksen (1950)	$h = \beta_0 + \beta_1 \ln \text{DAP}$	0,8896	1,98	10,4
	4 - Curtis (1967)	$\ln h = \beta_0 + \beta_1 (1/\text{DAP})$	0,8652	2,18	11,5
	5 - Soares <i>et al.</i> (2006)	$h = \beta_0 + \beta_1 (1/\text{DAP}^2)$	0,5001	4,20	22,1
	6 - Stoffels e Van Soest (1953)	$\ln h = \beta_0 + \beta_1 \ln \text{DAP}$	0,8587	2,23	11,8
3	1 - Trorey (1932)	$h = \beta_0 + \beta_1 \text{DAP} + \beta_2 \text{DAP}^2$	0,8917	1,69	8,4
	2 - Prodan (1968)	$h - 1,3 = \text{DAP}^2 / (\beta_0 + \beta_1 \text{DAP} + \beta_2 \text{DAP}^2)$	0,8858	1,74	8,6
	3 - Henriksen (1950)	$h = \beta_0 + \beta_1 \ln \text{DAP}$	0,8802	1,78	8,8
	4 - Curtis (1967)	$\ln h = \beta_0 + \beta_1 (1/\text{DAP})$	0,8732	1,83	9,1
	5 - Soares <i>et al.</i> (2006)	$h = \beta_0 + \beta_1 (1/\text{DAP}^2)$	0,6118	3,20	15,9
	6 - Stoffels e Van Soest (1953)	$\ln h = \beta_0 + \beta_1 \ln \text{DAP}$	0,8427	2,04	10,1
4	1 - Trorey (1932)	$h = \beta_0 + \beta_1 \text{DAP} + \beta_2 \text{DAP}^2$	0,8903	1,78	8,7
	2 - Prodan (1968)	$h - 1,3 = \text{DAP}^2 / (\beta_0 + \beta_1 \text{DAP} + \beta_2 \text{DAP}^2)$	0,8881	1,80	8,8
	3 - Henriksen (1950)	$h = \beta_0 + \beta_1 \ln \text{DAP}$	0,8794	1,87	9,1
	4 - Curtis (1967)	$\ln h = \beta_0 + \beta_1 (1/\text{DAP})$	0,8566	2,04	9,9
	5 - Soares <i>et al.</i> , (2006)	$h = \beta_0 + \beta_1 (1/\text{DAP}^2)$	0,3262	4,41	21,5
	6 - Stoffels e Van Soest (1953)	$\ln h = \beta_0 + \beta_1 \ln \text{DAP}$	0,8341	2,19	10,7
5	1 - Trorey (1932)	$h = \beta_0 + \beta_1 \text{DAP} + \beta_2 \text{DAP}^2$	0,8931	1,91	10,3
	2 - Prodan (1968)	$h - 1,3 = \text{DAP}^2 / (\beta_0 + \beta_1 \text{DAP} + \beta_2 \text{DAP}^2)$	0,8939	1,91	10,3
	3 - Henriksen (1950)	$h = \beta_0 + \beta_1 \ln \text{DAP}$	0,8768	2,05	11,1
	4 - Curtis (1967)	$\ln h = \beta_0 + \beta_1 (1/\text{DAP})$	0,8262	2,44	13,2
	5 - Soares <i>et al.</i> (2006)	$h = \beta_0 + \beta_1 (1/\text{DAP}^2)$	0,2226	5,16	27,9
	6 - Stoffels e Van Soest (1953)	$\ln h = \beta_0 + \beta_1 \ln \text{DAP}$	0,8363	2,37	12,8
6	1 - Trorey (1932)	$h = \beta_0 + \beta_1 \text{DAP} + \beta_2 \text{DAP}^2$	0,9425	1,54	8,8
	2 - Prodan (1968)	$h - 1,3 = \text{DAP}^2 / (\beta_0 + \beta_1 \text{DAP} + \beta_2 \text{DAP}^2)$	0,9444	1,52	8,7
	3 - Henriksen (1950)	$h = \beta_0 + \beta_1 \ln \text{DAP}$	0,9015	2,02	11,5
	4 - Curtis (1967)	$\ln h = \beta_0 + \beta_1 (1/\text{DAP})$	0,7118	3,45	19,7
	5 - Soares <i>et al.</i> (2006)	$h = \beta_0 + \beta_1 (1/\text{DAP}^2)$	0,0994	6,10	34,9
	6 - Stoffels e Van Soest (1953)	$\ln h = \beta_0 + \beta_1 \ln \text{DAP}$	0,8880	2,15	12,3

h: Altura (m); DAP : Diâmetro a 1,3 m (cm); ln: Logaritmo natural; $\beta_0, \beta_1, \beta_2$: Coeficientes estimados; R²_{aj}: Coeficiente de determinação ajustado; S_{yx} (m): Erro padrão da estimativa (m); S_{yx} (%): Erro padrão da estimativa (%).

A Figura 14 apresenta a distribuição gráfica dos resíduos para o melhor modelo (Trorey, 1932) e para o segundo modelo (Prodan, 1968). Verifica-se que na maioria das vezes a distribuição dos resíduos do modelo de Trorey (1932) é melhor que o de Prodan (1968).

Tratamento

Trorey (1932)

Prodan (1968)

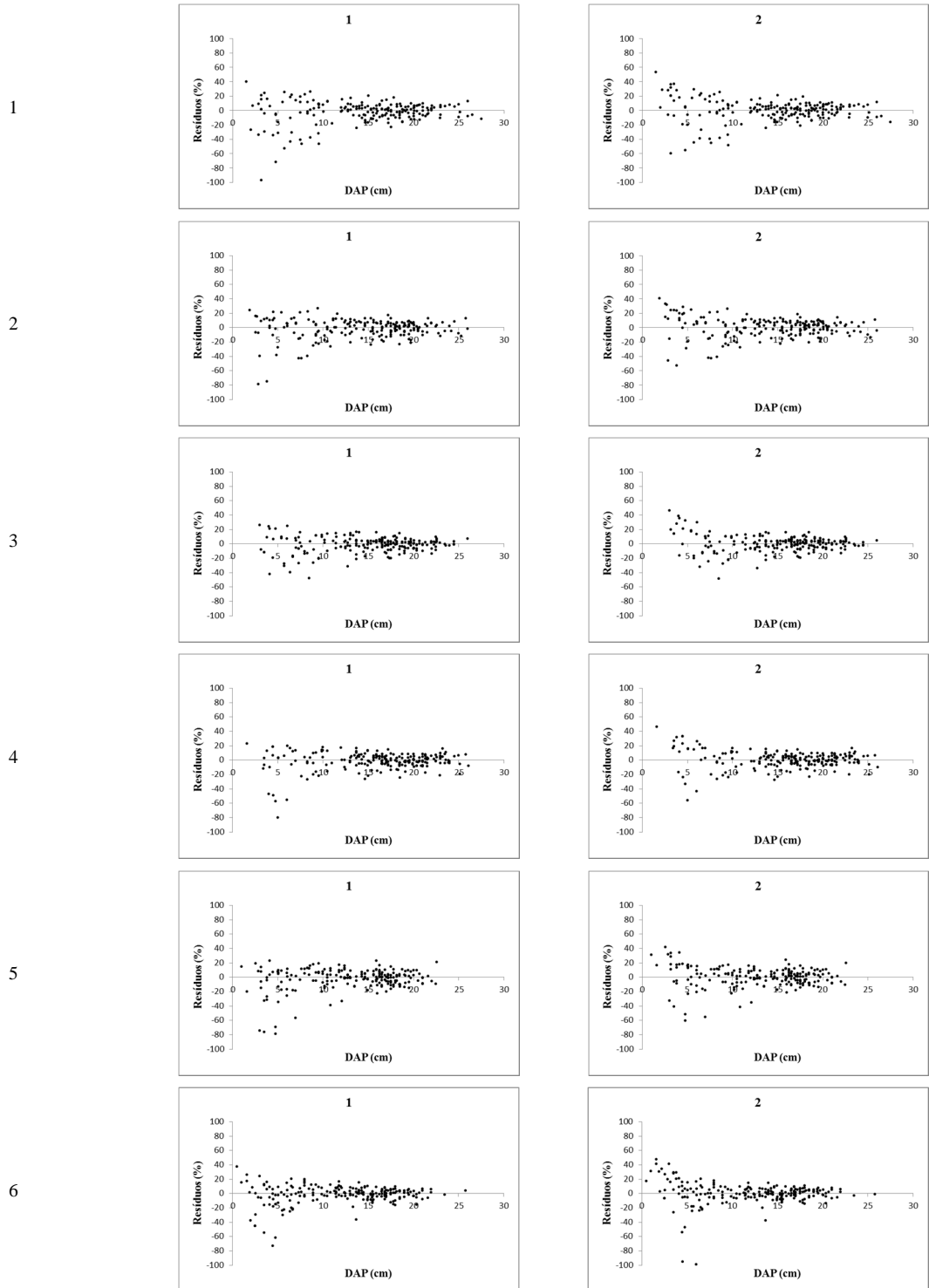


Figura 14. Distribuição dos resíduos para os modelos hipsométricos de Trorey (1932) e Prodan (1968) para *E. benthamii*, conduzido sob diferentes tratamentos, com seis anos de idade, na região sul do estado do Paraná

A Tabela 19 apresenta os coeficientes do modelo de Trorey (1932) selecionado para expressar a relação hipsométrica para cada tratamento. Deve ser ressaltado que em todos os tratamentos, o intercepto não foi significativo ($\alpha \geq 0,05$) e portanto foi eliminado e a equação foi reajustada.

Tabela 19. Coeficientes do modelo hipsométrico de Trorey (1932) selecionado para expressar a relação hipsométrica de *E. benthamii*, conduzido sob diferentes tratamentos, com seis anos de idade, na região sul do estado do Paraná

Modelo	Equação	Tratamento	β_1	β_2
1 - Trorey (1932)	$h = \beta_1 \text{ DAP} + \beta_2 \text{ DAP}^2$	1	1,97939	-0,03831
		2	1,98438	-0,03968
		3	2,07106	-0,04335
		4	2,00453	-0,04024
		5	2,18949	-0,05060
		6	2,15966	-0,04845

h: = Altura (m); DAP : Diâmetro a 1,3 m (cm); β_1 , β_2 : Coeficientes estimados.

Rufino *et al.* (2010) afirmaram que o modelo hipsométrico de Trorey (1932) apresenta estatísticas de ajuste e precisão sutilmente mais favoráveis quando comparado aos modelos de Stoffels (1953) e Curtis (1967) para povoamentos de *E. urophylla*.

Miguel (2009) ajustou os modelos hipsométricos de Trorey (1932), Stoffels (1953), Curtis (1967), Petterson (1955) e Prodan (1968) para *E. urophylla*, e ao analisar os gráficos de dispersão dos resíduos, os modelos de Petterson e Stoffels apresentam tendenciosidade em superestimar os valores estimados. Os modelos de Prodan e Curtis têm dificuldade para estimar as alturas das árvores de menores diâmetros, levando a uma subestimação. Por outro lado, o modelo de Trorey apresentou uma maior uniformidade na distribuição dos resíduos e também um menor erro padrão da estimativa, mostrando-se, portanto, superior aos demais para a estimativa da altura total.

Sousa *et al.* (2013) afirmaram que os modelos hipsométricos de Trorey (1932) e Henricksen (1950) são indicados para a estimativa da variável altura total em povoamento de *E. urophylla*, quando comparados aos modelos de Prodan (1968), Curtis (1967) e Stoffels (1953).

Rocha *et al.* (2010) obtiveram os melhores ajustes estatísticos para *E. urophylla* com os dos modelos de Trorey (1932) e Prodan (1968), para estimativa da altura.

Os resultados obtidos no presente trabalho, permitem afirmar que o modelo de Trorey (1932) ao ser comparado com os modelos de Prodan (1968), Henriksen (1950), Curtis (1967), Soares *et al.* (2006), Stoffels e Van Soest (1953), apresentaram na maioria das vezes melhores estatísticas e distribuição gráfica para a estimativa da altura total.

5.5. Ajuste das funções de afilamento para *E. benthamii*

Utilizando os dados das árvores cubadas, a Tabela 20 apresenta os coeficientes e as estatísticas encontradas para o ajuste das funções de afilamento para a estimativa de diâmetros ao longo do tronco. O polinômio de Hradetzky (1976) apresentou as melhores estatísticas de ajuste e precisão, sendo este utilizado para as estimativas de diâmetros ao longo do tronco.

Tabela 20. Coeficientes e estatísticas das funções de afilamento para estimativa de diâmetros ao longo do tronco para *E. benthamii*, conduzido sob diferentes tratamentos, com seis anos de idade, na região sul do estado do Paraná

Modelo		Coeficientes		R ² _{aj}	S _{yx} (cm)	S _{yx} %
1 - Polinômio de 2º Grau ou Modelo de Kozak <i>et al.</i> (1969) modificado	β_0	$\left(\frac{hi}{h} - 1\right)$	-2,39494	0,9778	1,03	10,0
	β_1	$\left[\left(\frac{hi}{h}\right)^2 - 1\right]$	1,08620			
2 - Polinômio de 5º Grau ou Modelo de Prodan (1965)	β_0	Constante	1,23071	0,9887	0,74	7,2
	β_1	(hi/h)	-3,99034			
	β_2	(hi/h) ²	17,11050			
	β_3	(hi/h) ³	-37,84770			
	β_4	(hi/h) ⁴	37,07340			
	β_5	(hi/h) ⁵	-13,58280			
3 - Polinômio de Potências Múltiplas e Fracionárias ou Modelo de Hradetzky (1976)	β_0	Constante	18,85560	0,9892	0,72	7,0
	β_1	(hi/h) ^{0,005}	-18,08860			
	β_2	(hi/h) ²	-0,66465			
	β_4	(hi/h) ¹⁰	-0,10147			

$\beta_0, \beta_1, \beta_2, \beta_3, \beta_4, \beta_5$: Coeficientes ajustados; hi: Altura da seção (m); h: Altura (m); R²_{aj}: Coeficiente de determinação ajustado; S_{yx} (cm): Erro padrão da estimativa (cm); S_{yx} (%): Erro padrão da estimativa (%).

A Figura 15 apresenta a distribuição gráfica dos resíduos para as funções de afilamento ajustadas para diâmetros ao longo do tronco. Verifica-se que o modelo de Hradetzky (1976) apresentou melhor distribuição dos resíduos.

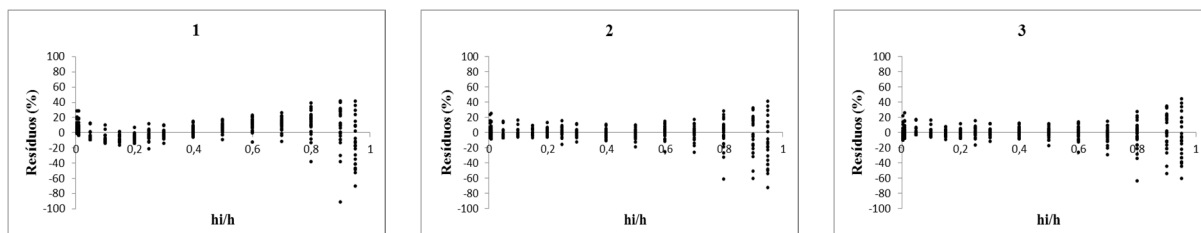


Figura 15. Distribuição dos resíduos para as funções de afilamento ajustadas para *E. benthamii*, conduzido sob diferentes tratamentos, com seis anos de idade, na região sul do estado do Paraná

A Tabela 21 apresenta a integral das funções de afilamento ajustadas, considerando os diâmetros ao longo do tronco das árvores cubadas.

A equação de volume gerada pela integral de cada função de afilamento possibilitou analisar as mesmas estatísticas para estimar o volume total com casca (Tabela 22 e Figura 16).

Tabela 21. Integral das funções de afilamento para *E. benthamii*, conduzido sob diferentes tratamentos, com seis anos de idade, na região sul do estado do Paraná

1 - Polinômio de 2º Grau ou Modelo de Kozak <i>et al.</i> (1969) modificado
$vi = \frac{1}{40000} \cdot \pi \cdot dap^2 \cdot \beta_1 \cdot \left(\frac{1}{2} \cdot \frac{h^2}{ht} - h \right) + \beta_2 \cdot \left(\frac{1}{3} \cdot \frac{h^3}{ht^2} - h \right)$
2 - Polinômio de 5º Grau ou Modelo de Prodan (1965)
$vi = \frac{1}{40000} \cdot \pi \cdot dap^2 \cdot \left[\frac{1}{11} \cdot \beta_5^2 \cdot \frac{h^{11}}{ht^{10}} + \frac{1}{5} \cdot \beta_4 \cdot \beta_5 \cdot \frac{h^{10}}{ht^9} + \frac{1}{9} \cdot \left(2 \cdot \beta_3 \cdot \frac{\beta_5}{ht^8} + \frac{\beta_4^2}{ht^8} \right) \cdot h^9 + \frac{1}{8} \cdot \left(2 \cdot \beta_2 \cdot \frac{\beta_5}{ht^7} + 2 \cdot \beta_3 \cdot \frac{\beta_4}{ht^7} \right) \cdot h^8 + \right.$ $\left. \frac{1}{7} \cdot \left(2 \cdot \beta_1 \cdot \frac{\beta_5}{ht^6} + 2 \cdot \beta_2 \cdot \frac{\beta_4}{ht^6} + \frac{\beta_3^2}{ht^6} \right) \cdot h^7 + \frac{1}{6} \cdot \left(2 \cdot \beta_0 \cdot \frac{\beta_5}{ht^5} + 2 \cdot \beta_1 \cdot \frac{\beta_4}{ht^5} + 2 \cdot \beta_2 \cdot \frac{\beta_3}{ht^5} \right) \cdot h^6 + \frac{1}{5} \cdot \left(2 \cdot \beta_0 \cdot \frac{\beta_4}{ht^4} + 2 \cdot \beta_1 \cdot \frac{\beta_3}{ht^4} + \frac{\beta_2^2}{ht^4} \right) \cdot h^5 + \right.$ $\left. \frac{1}{4} \cdot \left(2 \cdot \beta_0 \cdot \frac{\beta_3}{ht^3} + 2 \cdot \beta_1 \cdot \frac{\beta_2}{ht^3} \right) \cdot h^4 + \frac{1}{3} \cdot \left(2 \cdot \beta_0 \cdot \frac{\beta_2}{ht^2} + \frac{\beta_1^2}{ht^2} \right) \cdot h^3 + \beta_0 \cdot \beta_1 \cdot \frac{h^2}{ht} + \beta_0^2 \cdot h \right]$
3 - Polinômio de Potências Múltiplas e Fracionárias ou Modelo de Hradetzky (1976)
$vi = \frac{1}{40000} \cdot \pi \cdot dap^2 \cdot \left(\frac{1}{ht^{20}} \cdot 0,9900990099 \cdot \beta_1^2 \cdot ht^{21} \cdot \frac{h^{101}}{ht^{100}} + 0,1817355747 \cdot \beta_1 \cdot ht^{21} \cdot \beta_3 \cdot \frac{h^{2201}}{ht^{200}} + \right.$ $0,6655574043 \cdot \beta_1 \cdot ht^{21} \cdot \beta_2 \cdot \frac{h^{601}}{ht^{200}} + 1,990049751 \cdot \beta_1 \cdot ht^{21} \cdot \beta_0 \cdot \frac{h^{201}}{ht^{200}} + 0,04761904762 \cdot \beta_3^2 \cdot ht^{21} +$ $0,1538461538 \cdot \beta_3 \cdot ht^{13} \cdot \beta_2 \cdot ht^8 + 0,1818181818 \cdot \beta_3 \cdot ht^{11} \cdot \beta_0 \cdot ht^{10} + 0,2 \cdot \beta_2^2 \cdot h^5 \cdot ht^{16} +$ $\left. 0,6666666667 \cdot \beta_2 \cdot h^3 \cdot ht^{18} \cdot \beta_0 + \beta_0^2 \cdot ht^{20} \cdot h \right)$

vi: volume total; DAP: Diâmetro a 1,3 m (cm); h: Altura da seção (m); ht: Altura total (m); $\beta_0, \beta_1, \beta_2, \beta_3, \beta_4, \beta_5$: Coeficientes das variáveis.

Tabela 22. Estatísticas das funções de afilamento para estimativa do volume total com casca de *E. benthamii*, conduzido sob diferentes tratamentos, com seis anos de idade, na região sul do estado do Paraná

Modelo	R^2_{aj}	S_{yx} (m ³)	$S_{yx}\%$
1 - Polinômio de 2º Grau ou Modelo de Kozak <i>et al.</i> (1969) modificado	0,9625	0,0032	1,5
2 - Polinômio de 5º Grau ou Modelo de Prodan (1965)	0,9837	0,0021	1,0
3 - Polinômio de Potências Múltiplas e Fracionárias ou Modelo de Hradetzky (1976)	0,9876	0,0018	0,9

R^2_{aj} : Coeficiente de determinação ajustado; S_{yx} (m³): Erro padrão da estimativa (m³); S_{yx} (%): Erro padrão da estimativa (%).

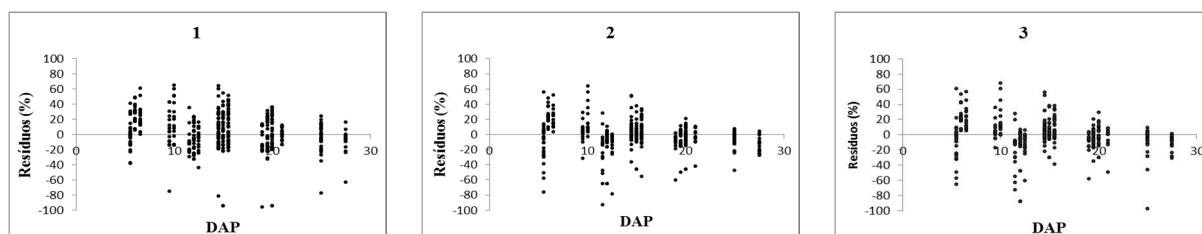


Figura 16. Distribuição dos resíduos para estimar o volume total com as funções de afilamento ajustadas para *E. benthamii*, conduzido sob diferentes tratamentos, com seis anos de idade, na região sul do estado do Paraná

O polinômio de Hradetzky (1976) apresentou as melhores estatísticas de ajuste e precisão para volume total, sendo este utilizado.

Miguel *et al.* (2011) ajustaram modelos polinomiais de Schöepfer (1966), Hradetzky (1976) e Kozak *et al.* (1969) para representar o perfil e o volume do fuste de *E. urophylla* na região norte do estado de Goiás. O polinômio de Hradetzky apresentou as melhores estatísticas para a estimativa de diâmetro ao longo do fuste, tanto com casca como sem casca, e o polinômio de quinto grau de Schöepfer apresentou melhores estatísticas para estimativa do volume total com e sem casca. O polinômio de 2º Grau (Kozak) apresentou os piores ajustes tanto para estimativa de diâmetro ao longo do fuste como para volume total com e sem casca.

Jammal Filho (2011) ajustou o polinômio de quinto grau de Prodan (1965) e o polinômio de potências de Hradetzky (1976) para dados de clones de *Eucalyptus* spp., para estimativa de diâmetro ao longo da altura das árvores. O modelo de potências foi o escolhido para estimativa de diâmetro ao longo da altura pois apresentou coeficiente de determinação das regressões (R^2) superiores ao modelo polinomial do 5º grau de Prodan.

Conceição (2004) ajustou os modelos de Prodan (1971), Kozak *et al.* (1969) e Hradetzky (1976) para *E. grandis* e em análise do perfil dos fustes com e sem casca, concluiu que o modelo de potências, apresentou melhor desempenho, para estimar diâmetros ao longo dos fustes, seguido do modelo de Prodan (polinômio do 5º grau).

Comparando os resultados obtidos no presente trabalho, é possível afirmar que tanto a equação de Prodan (1965) como a de Hradetzky (1976) poderiam ser consideradas adequadas para a obtenção das estimativas dos diâmetros e volume com casca ao longo do tronco das árvores, porém, o polinômio de Hradetzky foi selecionado como melhor equação, por apresentar uma leve superioridade, tanto no coeficiente de determinação ajustado como no erro padrão da estimativa, além de uma distribuição de resíduos mais homogênea ao longo do tronco.

5.6. Efeito da adubação no crescimento das variáveis dendrométricas para *E. benthamii*

5.6.1. Crescimento diamétrico e área transversal em *E. benthamii*

O teste de Bartlett indicou que as variâncias para diâmetro são homogêneas para $\alpha \leq 0,05$ (Tabela 23). Analisando o valor tabelado de χ^2 igual a 11,07 e o valor calculado de χ^2 igual a 7,40, não se encontra evidência que a hipótese da nulidade seja falsa e conclui-se que as variâncias são homogêneas.

O teste F da análise de variância (ANOVA) rejeitou a hipótese de nulidade para os tratamentos, pois o F (16,6024) é maior que o F Tab (2,4377), indicando que a média de pelo menos dois tratamentos são diferentes (Tabela 24).

Assim foi aplicado o teste de Tukey ($\alpha \leq 0,05$) para verificar as diferenças entre as médias dos tratamentos. A Tabela 25 mostra os resultados do teste de Tukey para o crescimento diamétrico, sendo também ilustrados na Figura 17.

Tabela 23. Teste de Bartlett para a variável diâmetro para *E. benthamii*, conduzido sob efeitos de diferentes dosagens de adubação, com seis anos de idade, na região sul do estado do Paraná

Tratamento	GL	s ² _i	log (s ² _i)	GL x log (s ² _i)
1	7	2,1304	0,3285	2,2993
2	7	0,4904	-0,3095	-2,1662
3	7	0,8422	-0,0746	-0,5222
4	7	0,6617	-0,1794	-1,2556
5	7	0,3385	-0,4704	-3,2931
6	7	1,2830	0,1082	0,7575
Total	42	5,7461		-4,1803
Média		0,9577		
χ² corr = 7,40			χ² Tab (α = 0,05) = 11,07	

GL: Graus de liberdade de cada tratamento; s²_i: Variância de cada tratamento; log: logaritmo natural; χ² corr: Qui quadrado corrigido; χ² Tab: Qui quadrado tabelar.

Tabela 24. Teste F da análise de variância (ANOVA) para a variável diâmetro para *E. benthamii*, conduzido sob efeitos de diferentes dosagens de adubação, com seis anos de idade, na região sul do estado do Paraná

FV	GL	SQ	QM	F
Tratamentos	5	79,4995	15,8999	16,6024*
Resíduo	42	40,2228	0,9577	
Total	47	119,7223		
F Tab		F		p
2,4377		16,6024		<0,05

FV: Fontes de variação; GL: Graus de liberdade; SQ: Soma de quadrados; QM: Quadrado médio; F: F calculado; F Tab: F tabelar; *significativo ao nível de 5% de probabilidade.

Tabela 25. Teste de Tukey para a variável diâmetro para *E. benthamii*, conduzido sob efeitos de diferentes dosagens de adubação, com seis anos de idade, na região sul do estado do Paraná

Período de Aplicação (dias)		0	30	40	60	90
Tratamento	DAP (cm)	SSP (g planta ⁻¹)	Adubo - NPK (g planta ⁻¹)			15-05-30
			06-30-06	15-05-30	06-30-06	
4	15,25a	100	150	0	0	150
3	14,77a	100	75	0	75	75
1	14,72a	100	150	0	0	150
2	13,91ab	100	150	150	0	0
5	12,62bc	100	0	0	0	0
6	11,65c	0	0	0	0	0

Médias seguidas da mesma letra não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey ao nível de 5% de significância; DAP: Diâmetro a 1,3 m; N: Nitrogênio; P: Fósforo; K: Potássio; SSP: Superfosfato simples.

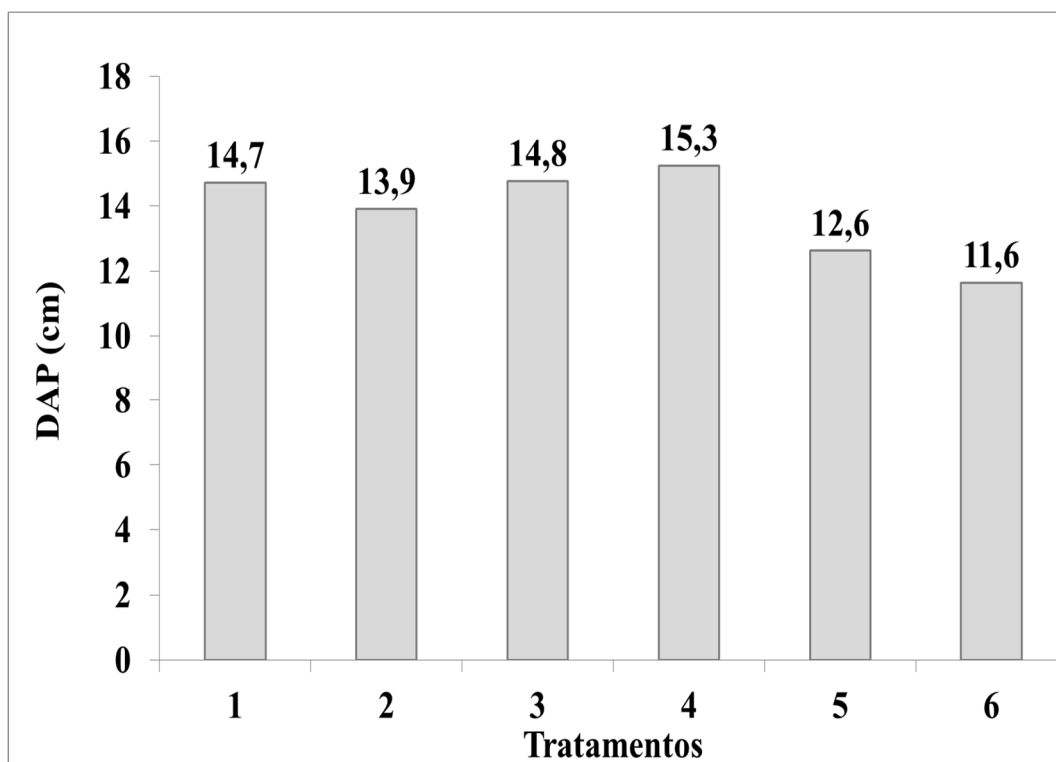


Figura 17. Médias da variável diâmetro a 1,3 m para *E. benthamii*, conduzido sob diferentes tratamentos, com seis anos de idade, na região sul do estado do Paraná

Quando comparado o melhor tratamento T4 (86,4 kg ha⁻¹ de N, 124,8 Kg ha⁻¹ de P₂O₅, 158,4 Kg ha⁻¹ de K₂O, 30,4 Kg ha⁻¹ de Ca, 17,6 Kg ha⁻¹ de S, 1,1 Kg ha⁻¹ de B e 0,6 Kg ha⁻¹ de Zn) com o tratamento T5 (28,8 Kg ha⁻¹ de P₂O₅, 30,4 Kg ha⁻¹ de Ca e 17,6 Kg ha⁻¹ de S) foi verificado uma diferença de 20,84% nesta variável. Ao comparar o T4 com o T6 (testemunha, sem adubação) a diferença é de 30,90%.

Ao comparar os tratamentos T1 e T2 que receberam igual adubação, mas em diferentes períodos (ambos com adubação de base com aplicação de 28,8 kg ha⁻¹ de P₂O₅, 30,4 Kg ha⁻¹ de Ca e 17,6 Kg ha⁻¹ de S), (ambos com adubação de cobertura aos 30 dias com 14,4 kg ha⁻¹ de N, 72 Kg ha⁻¹ de P₂O₅, 14,4 Kg ha⁻¹ de K₂O, 0,12 Kg ha⁻¹ de B e 0,48 Kg ha⁻¹ de Zn), T1 aos 60 dias e T2 aos 40 dias com aplicação de 36 kg ha⁻¹ de N, 12 Kg ha⁻¹ de P₂O₅, 72 Kg ha⁻¹ de K₂O, 0,48 Kg ha⁻¹ de B e 0,05 Kg ha⁻¹ de Zn, identificou-se que a aplicação em doses com períodos intercalados de 30 dias apresentam melhores resultados que a aplicação com períodos de 10 dias.

A Tabela 26 apresenta a quantidade de NPK aplicado por hectare aos tratamentos, onde se identifica que os tratamentos apresentam maiores percentuais P, seguido por K e N.

Tabela 26. Quantidade de NPK aplicado por hectare por tratamento para *E. benthamii*, conduzido sob diferentes tratamentos, com seis anos de idade, na região sul do estado do Paraná

Tratamento	DAP (cm)	Macronutrientes (Kg ha ⁻¹)		
		N	P ₂ O ₅	K ₂ O
4	15,25a	86,4	124,8	158,4
3	14,77a	32,4	106,8	50,4
1	14,72a	50,4	112,8	86,4
2	13,91a	50,4	112,8	86,4
Média		54,9	114,3	95,4
%		21	43	36

Médias seguidas da mesma letra não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey ao nível de 5% de significância; DAP: Diâmetro a 1,3 m; N: Nitrogênio; P: Fósforo; K: Potássio.

O programa de fomento da Celulose Nipo-Brasileira S.A. (CENIBRA) recomenda para Belo Oriente, Guanhães e Nova Era, municípios do estado de Minas Gerais a aplicação de calcário para regiões baixas (700 Kg ha⁻¹), para regiões de encosta (1000 Kg ha⁻¹) e altas (1500 Kg ha⁻¹). A adubação de base e cobertura para as regiões de atuação da CENIBRA é apresentada na Tabela 27. Verifica-se que a adubação possui recomendação de aplicação de maiores doses de P, seguidas de K e N, similar ao aplicado nos tratamentos que apresentaram os maiores diâmetros (CENIBRA, [s.d.]).

Tabela 27. Recomendação de adubação de base e cobertura para as regiões de atuação da Cenibra

Região	Tipo de Adubação	Macronutrientes (Kg ha ⁻¹)		
		N	P ₂ O ₅	K ₂ O
Baixa	Adubação de base	60	300	60
	1ª Adubação de cobertura	24	72	80
	Total	84	372	140
Encosta	Adubação de base	60	300	60
	1ª Adubação de cobertura	24	40	116
	2ª Adubação de cobertura	12	20	58
	Total	96	360	174
Alta	Adubação de base	60	300	60
	1ª Adubação de cobertura	24	40	116
	2ª Adubação de cobertura	24	40	116
	Total	108	380	292
Média		96	371	202
%		15	55	30

N: Nitrogênio; P: Fósforo; K: Potássio.

Benin *et al.* (2014), em estudos do desenvolvimento inicial de *E. benthamii* implantados em Guarapuava, estado do Paraná, sob diferentes espaçamentos e utilizando adubação de cobertura, obtiveram ao terceiro ano o incremento médio anual em DAP de 2,85; 3,10; 3,24 e 3,43 cm, respectivamente aos espaçamentos iniciais de 2 m x 3 m (13,3 kg ha⁻¹ de N, 46,7 Kg de P₂O₅ e 26,7 Kg de K₂O), 3 m x 3 m (8,9 kg ha⁻¹ de N, 31,1 Kg ha⁻¹ de P₂O₅ e 17,8 Kg ha⁻¹ de K₂O), 4 m x 3 m (6,7 kg ha⁻¹ de N, 23,3 Kg ha⁻¹ de P₂O₅ e 13,3 Kg ha⁻¹ de K₂O) e 4 m x 4m (5 kg ha⁻¹ de N, 17,5 Kg ha⁻¹ de P₂O₅ e 10 Kg ha⁻¹ de K₂O).

Dias *et al.* (2014) avaliaram o uso de adubação de base (15 Kg ha⁻¹ de N, 210 Kg ha⁻¹ de P₂O₅ e 30 Kg ha⁻¹ de K₂O), e adubação de cobertura distribuída em duas aplicações aos cinco e 10 meses de idade (30 Kg ha⁻¹ de N, e 60 Kg ha⁻¹ de K₂O), para o cultivo de *E. benthamii*, com espaçamento inicial de 2,5 m x 2,5 m em Otacílio Costa, estado de Santa Catarina. Esses autores constataram resposta significativa ao primeiro ano na variável diâmetro à altura do colo. Na testemunha, o diâmetro de colo médio foi de 3,3 cm, enquanto, nos tratamentos adubados situaram-se entre 4,9 e 5,9 cm.

O crescimento diamétrico do *E. benthamii* procedência Wentworth Falls (NSW) foi analisado no município de Colombo, estado do Paraná, aos oito anos de idade onde apresentou DAP de 18,2 cm (2,28 cm ano⁻¹) (HIGA e PEREIRA, 2003). Ainda em Colombo, aos quatro anos de idade com espaçamento inicial de 3 m x 3 m apresentou DAP de 14,2 cm (3,55 cm ano⁻¹), e aos oito anos de idade cresceu 2,7 cm ano⁻¹ (PEREIRA *et al.*, 2000). Também no Paraná, mas em Dois Vizinhos, o DAP observado aos 4 anos tinha um crescimento diamétrico anual de 3,75 cm ano⁻¹ (HIGA e CARVALHO, 1990).

Oliveira *et al.* (1999), estudando o efeito de 10 tratamentos de adubação com NPK e diferentes micronutrientes (60 Kg ha⁻¹ de N, 150 Kg ha⁻¹ de P₂O₅ e 30 Kg ha⁻¹ de K₂O com micronutrientes 2 Kg ha⁻¹ de B, 1 Kg ha⁻¹ de Cu, 4 Kg ha⁻¹ de Fe, 4 Kg ha⁻¹ de Mn, 120 g ha⁻¹ Mo e 10 Kg ha⁻¹ de Zn) em *C. citriodora* com espaçamento inicial de 3 m x 1,7 m em Selvíria, estado do Mato Grosso do Sul, constataram que aos seis anos de idade na testemunha, o diâmetro médio foi de 11,36 cm (1,89 cm ano⁻¹) enquanto, no tratamento adubado com NPK (60 Kg ha⁻¹ de N, 150 Kg ha⁻¹ de P₂O₅ e 30 Kg ha⁻¹ de K₂O sem micronutrientes) foi de 12,96 cm (2,16 cm ano⁻¹), não sendo encontrado diferença significativa quando comparado os tratamentos com aplicação de NPK e os tratamentos que receberam doses de micronutrientes.

No presente estudo o crescimento anual em diâmetro é de 2,54 cm ano⁻¹ no T4 (86,4 kg ha⁻¹ de N, 124,8 Kg ha⁻¹ de P₂O₅, 158,4 Kg ha⁻¹ de K₂O, 30,4 Kg ha⁻¹ de Ca, 17,6 Kg ha⁻¹ de S, 1,1 Kg ha⁻¹ de B e 0,6 Kg ha⁻¹ de Zn) e no T6 (testemunha, sem aplicação de adubação) de 1,94 cm ano⁻¹. Quando comparado à média de crescimento em diâmetro dos trabalhos citados verificou-se que apesar do T4 ser atingido entre os anos de 2007 e 2013 por 41 geadas fracas, 18 moderadas, três medianas e uma forte, totalizando 63 ocorrências, apresentou além da resistência à geadas um crescimento diamétrico dentro da média encontrada na literatura.

A Tabela 28 apresenta o teste de Tukey para ao nível de 5% de significância para a comparação de médias de área transversal.

Quando comparado o melhor tratamento T4 (86,4 kg ha⁻¹ de N, 124,8 Kg ha⁻¹ de P₂O₅, 158,4 Kg ha⁻¹ de K₂O, 30,4 Kg ha⁻¹ de Ca, 17,6 Kg ha⁻¹ de S, 1,1 Kg ha⁻¹ de B e 0,6 Kg ha⁻¹ de Zn) com a testemunha (T6) foi verificado uma diferença de 71,03% entre o crescimento na variável área transversal.

Ao comparar o T5 (28,8 Kg ha⁻¹ de P₂O₅, 30,4 Kg ha⁻¹ de Ca e 17,6 Kg ha⁻¹ de S) com a testemunha (T6), foi encontrada a diferença de 16,82%.

Tabela 28. Teste de Tukey para a variável área transversal para *E. benthamii*, conduzido sob efeitos de diferentes dosagens de adubação, com seis anos de idade, na região sul do estado do Paraná

Período de Aplicação (dias)		0	30	40	60	90	
Tratamento	Área transversal (cm ²)	SSP (g planta ⁻¹)	Adubo - NPK (g planta ⁻¹)				
			06-30-06	15-05-30	06-30-06	15-05-30	15-05-30
4	0,0183a	100	150	0	0	150	150
3	0,0172a	100	75	0	75	0	75
1	0,0172a	100	150	0	0	150	0
2	0,0152ab	100	150	150	0	0	0
5	0,0125bc	100	0	0	0	0	0
6	0,0107c	0	0	0	0	0	0

Médias seguidas da mesma letra não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey ao nível de 5% de significância; N: Nitrogênio; P: Fósforo; K: Potássio; SSP: Superfosfato simples.

5.6.2. Crescimento da altura total em *E. benthamii*

Analisando o teste de Bartlett apresentado na Tabela 29 o valor tabelado de χ^2 igual a 11,07 e o valor calculado de χ^2 igual a 8,41, não se encontra evidência que a hipótese da nulidade seja falsa e conclui-se que as variâncias são homogêneas para $\alpha \leq 0,05$.

O teste F da análise de variância (ANOVA) rejeitou a hipótese de nulidade para os tratamentos, pois o F (7,1698) é maior que o F Tab (2,4377), indicando que a média de pelo menos dois tratamentos são diferentes (Tabela 30).

Assim foi aplicado o teste de Tukey ($\alpha \leq 0,05$) para verificar as diferenças entre as médias dos tratamentos.

Tabela 29. Teste de Bartlett para a variável altura total para *E. benthamii*, conduzido sob efeitos de diferentes dosagens de adubação, com seis anos de idade, na região sul do estado do Paraná

Tratamento	GL	s ² i	log (s ² i)	GL x log (s ² i)
1	7	2,6355	0,4209	2,9460
2	7	0,5810	-0,2358	-1,6506
3	7	0,4243	0,3724	-2,6065
4	7	1,1669	0,0670	0,4691
5	7	1,7258	0,2370	1,6590
6	7	2,4937	0,3969	2,7780
Total	42	9,0272		3,5950
Média		1,5045		
χ^2 corr = 8,41			χ^2 Tab ($\alpha = 0,05$) = 11,07	

GL: Graus de liberdade de cada tratamento; s²i: Variância de cada tratamento; log: logaritmo natural; χ^2 corr: Qui quadrado corrigido; χ^2 Tab: Qui quadrado tabelar.

Tabela 30. Teste F da análise de variância (ANOVA) para a variável altura total para *E. benthamii*, conduzido sob efeitos de diferentes dosagens de adubação, com seis anos de idade, na região sul do estado do Paraná

FV	GL	SQ	QM	F
Tratamentos	5	53,9360	10,7872	7,1698*
Resíduo	42	63,1905	1,5045	
Total	47	117,1265		
F Tab		F		p
2,4377		7,1698		<0,05

FV: Fontes de variação; GL: Graus de liberdade; SQ: Soma de quadrados; QM: Quadrado médio; F: F calculado; F Tab: F tabelar; *significativo ao nível de 5% de probabilidade.

O crescimento em altura total ao ser submetido ao teste de Tukey demonstrou as diferenças entre as médias dos tratamentos, as quais são apresentadas na Tabela 31 e também ilustradas na Figura 18.

Tabela 31. Teste de Tukey para a variável altura para *E. benthamii*, conduzido sob efeitos de diferentes dosagens de adubação, com seis anos de idade, na região sul do estado do Paraná

Período de Aplicação (dias)		0	30	40	60	90	
Tratamento	h (m)	SSP (g planta ⁻¹)	Adubo - NPK (g planta ⁻¹)				
			06-30-06	15-05-30	06-30-06	15-05-30	15-05-30
3	19,98a	100	75	0	75	0	75
4	19,80a	100	150	0	0	150	150
1	19,56a	100	150	0	0	150	0
2	18,57ab	100	150	150	0	0	0
5	18,15ab	100	0	0	0	0	0
6	16,98b	0	0	0	0	0	0

Médias seguidas da mesma letra não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey ao nível de 5% de significância; h: Altura total; N: Nitrogênio; P: Fósforo; K: Potássio; SSP: Superfosfato simples.

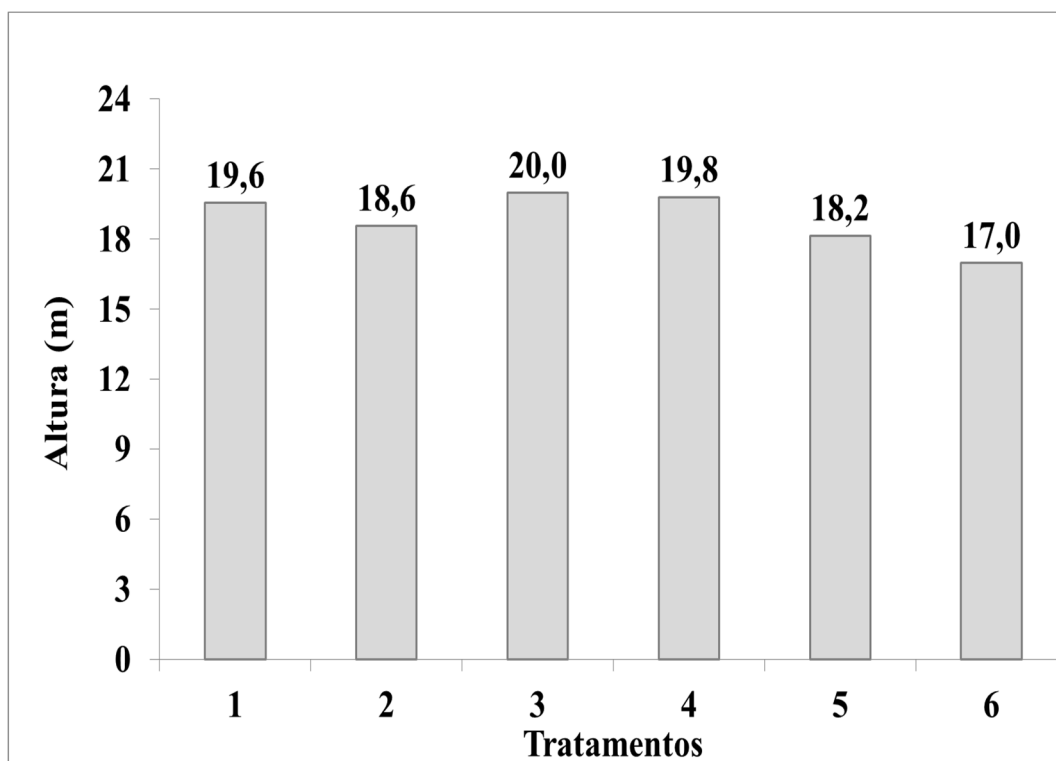


Figura 18. Médias da variável altura para *E. benthamii*, conduzido sob diferentes tratamentos, com seis anos de idade, na região sul do estado do Paraná

Os resultados do crescimento em altura total indicam que os tratamentos que receberam em média 54,9 kg ha⁻¹ de N, 114,3 Kg ha⁻¹ de P₂O₅, 95,4 Kg ha⁻¹ de K₂O, 30,4 Kg ha⁻¹ de Ca, 17,6 Kg ha⁻¹ de S, 0,68 Kg ha⁻¹ de B e 0,53 Kg ha⁻¹ de Zn (T1, T2, T3 e T4) e T5 (28,8 Kg ha⁻¹ de P₂O₅, 30,4 Kg ha⁻¹ de Ca e 17,6 Kg ha⁻¹ de S) não apresentaram diferença significativa, variando apenas 10,08% entre o melhor tratamento T3 (32,4 kg ha⁻¹ de N, 106,8 Kg ha⁻¹ de P₂O₅, 50,4 Kg ha⁻¹ de K₂O, 30,4 Kg ha⁻¹ de Ca, 17,6 Kg ha⁻¹ de S, 0,4 Kg ha⁻¹ de B e 0,5 Kg ha⁻¹ de Zn) e o tratamento T5 (28,8 Kg ha⁻¹ de P₂O₅, 30,4 Kg ha⁻¹ de Ca e 17,6 Kg ha⁻¹ de S).

Quando comparado os tratamentos (T1, T2, T3, T4 e T5) com a testemunha (T6), verificou-se que a média da altura dos tratamentos que receberam alguma dosagem de adubação (19,21 m ou 3,20 m ano⁻¹) quando comparada a testemunha (16,98 m ou 2,83 m ano⁻¹) a diferença é de 13,13%. Conclui-se que qualquer dosagem aplicada de adubação promove grande reflexo na altura, ou seja, melhora-se o sítio.

Stermer *et al.* (2007) verificaram a influência da compactação no crescimento e na nutrição de *E. badjensis* em experimento sem adubação localizado em São José dos Pinhais, estado do Paraná com idade de dois anos, onde a altura total variou de 1,40 a 4,60 m em função de diferentes resistências a penetração e concentração de nutrientes.

Oliveira *et al.* (1999), estudando o efeito de 10 tratamentos de adubação com NPK e diferentes micronutrientes (60 Kg ha⁻¹ de N, 150 Kg ha⁻¹ de P₂O₅ e 30 Kg ha⁻¹ de K₂O com micronutrientes 2 Kg ha⁻¹ de B, 1 Kg ha⁻¹ de Cu, 4 Kg ha⁻¹ de Fe, 4 Kg ha⁻¹ de Mn, 120 g ha⁻¹ Mo e 10 Kg ha⁻¹ de Zn com micronutrientes 2 Kg ha⁻¹ de B, 1 Kg ha⁻¹ de Cu, 4 Kg ha⁻¹ de Fe, 4 Kg ha⁻¹ de Mn, 120 g ha⁻¹ Mo e 10 Kg ha⁻¹ de Zn) em *C. citriodora* com espaçamento inicial de 3 m x 1,7 m em Selvíria, estado do Mato Grosso do Sul, constataram que aos seis anos de idade na testemunha, a altura média foi de 12,51 m (2,09 m ano⁻¹) enquanto, no tratamento adubado com NPK (60 Kg ha⁻¹ de N, 150 Kg ha⁻¹ de P₂O₅ e 30 Kg ha⁻¹ de K₂O com micronutrientes 2 Kg ha⁻¹ de B, 1 Kg ha⁻¹ de Cu, 4 Kg ha⁻¹ de Fe, 4 Kg ha⁻¹ de Mn, 120 g ha⁻¹ Mo e 10 Kg ha⁻¹ de Zn sem micronutrientes) foi de 14,68 m (2,45 m ano⁻¹), não sendo encontrado diferença significativa quando comparado os tratamentos com aplicação de NPK e os tratamentos que receberam doses de micronutrientes.

Em Colombo, estado do Paraná, a altura média observada em *E. benthamii* procedência Wentworth Falls (NSW) aos oito anos de idade foi de 21,7 m ($2,71 \text{ m ano}^{-1}$) (HIGA e PEREIRA, 2003). Também em Colombo cresceu 2,3 m em altura, em média, aos oito anos de idade (PEREIRA *et al.*, 2000). Também no Paraná, mas em Dois Vizinhos, a altura média observada aos 4 meses de idade foi de 16 m (4 m ano^{-1}) (HIGA e CARVALHO, 1990).

Dias *et al.* (2014) avaliaram o uso de adubação de base (15 Kg ha⁻¹ de N, 210 Kg ha⁻¹ de P₂O₅ e 30 Kg ha⁻¹ de K₂O), e adubação de cobertura distribuída em duas aplicações aos cinco e 10 meses de idade (30 Kg ha⁻¹ de N, e 60 Kg ha⁻¹ de K₂O), para o cultivo de *E. benthamii*, com espaçamento inicial de 2,5 m x 2,5 m em Otacílio Costa, estado de Santa Catarina, verificaram resposta significativa ao primeiro ano na variável altura total. Na testemunha, a altura média foi de 1,8 m, enquanto, nos tratamentos adubados situaram-se entre 2,6 e 2,9 m.

Quando comparado à média de crescimento em altura dos trabalhos citados verificou-se que apesar do experimento ser atingido entre os anos de 2007 e 2013 por 41 geadas fracas, 18 moderadas, três medianas e uma forte, totalizando 63 ocorrências, apresentou além da resistência à geadas um crescimento em altura de $3,20 \text{ m ano}^{-1}$, estando acima da média encontrada na literatura.

5.6.3. Crescimento do volume individual em *E. benthamii*

O teste de Bartlett indicou que as variâncias para volume médio individual (VMI) são homogêneas para $\alpha \leq 0,05$. O teste F da análise de variância (ANOVA) rejeitou a hipótese de nulidade para os tratamentos, indicando que a média de pelo menos dois tratamentos são diferentes. Assim foi aplicado o teste de Tukey ($\alpha \leq 0,05$) para verificar as diferenças entre as médias dos tratamentos. A Tabela 32 mostra os resultados do teste de Tukey para o crescimento volumétrico individual, sendo também ilustrados na Figura 19.

Tabela 32. Teste de Tukey para a variável volume médio individual para *E. benthamii*, conduzido sob efeitos de diferentes dosagens de adubação, com seis anos de idade, na região sul do estado do Paraná

Período de Aplicação	0	30	40	60	90		
Tratamento	VMI (m ³ árv ⁻¹)	SSP (g planta ⁻¹)	Adubo - NPK (g planta ⁻¹)				
			06-30-06	15-05-30	06-30-06 15-05-30		
4	0,2276a	100	150	0	0	150	150
1	0,2109ab	100	150	0	0	150	0
3	0,2047ab	100	75	0	75	0	75
2	0,1867bc	100	150	150	0	0	0
5	0,1495cd	100	0	0	0	0	0
6	0,1335d	0	0	0	0	0	0

Médias seguidas da mesma letra não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey ao nível de 5% de significância; VMI: Volume médio individual; N: Nitrogênio; P: Fósforo; K: Potássio; SSP: Superfosfato simples.

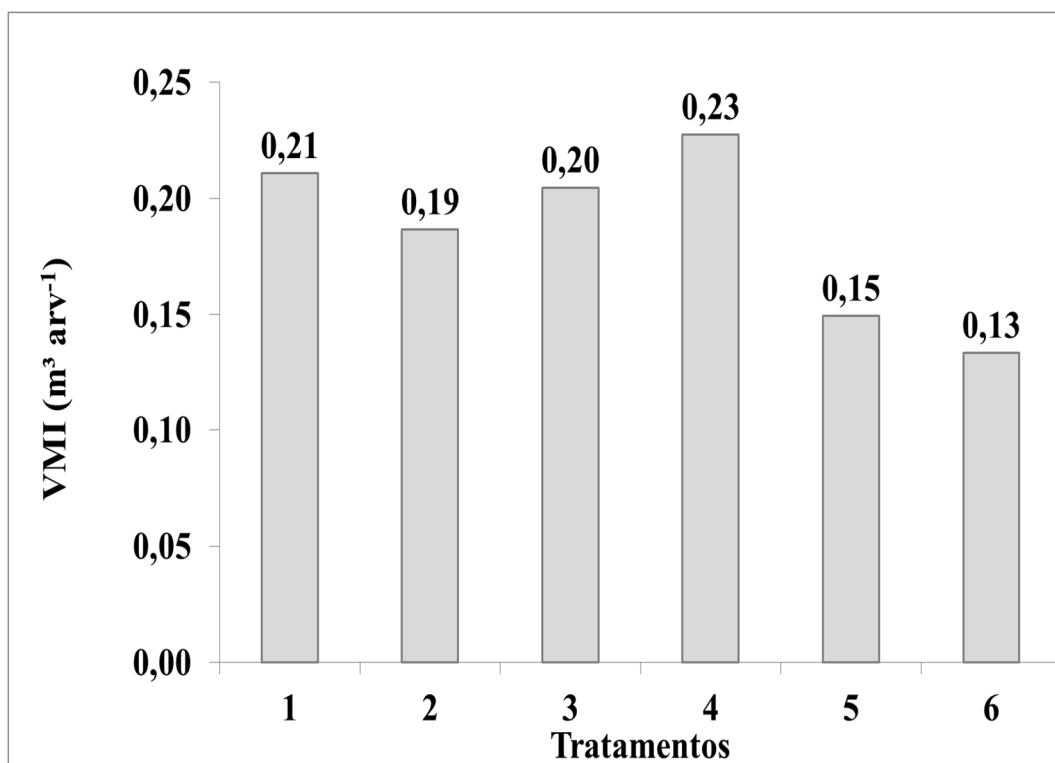


Figura 19. Médias da variável volume médio individual (VMI) para *E. benthamii*, conduzido sob diferentes tratamentos, com seis anos de idade, na região sul do estado do Paraná

Os resultados do crescimento do VMI indicam que a aplicação em doses parceladas proporciona melhores resultados. Ao comparar os tratamentos T1 e T2 que receberam igual adubação mas em diferentes períodos (ambos com adubação de base com aplicação de 28,8 kg ha⁻¹ de P₂O₅, 30,4 Kg ha⁻¹ de Ca e 17,6 Kg ha⁻¹ de S), (ambos com adubação de cobertura aos 30 dias com 14,4 kg ha⁻¹ de N, 72 Kg ha⁻¹ de P₂O₅, 14,4 Kg ha⁻¹ de K₂O, 0,12 Kg ha⁻¹ de B e 0,48 Kg ha⁻¹ de Zn) e T1 aos 60 dias e T2 aos 40 dias com aplicação de 36 kg ha⁻¹ de N, 12 Kg ha⁻¹ de P₂O₅, 72 Kg ha⁻¹ de K₂O, 0,48 Kg ha⁻¹ de B e 0,05 Kg ha⁻¹ de Zn, identificou-se que a aplicação em doses com períodos intercalados de 30 dias apresentam melhores resultados que a aplicação com períodos de 10 dias, ocorrendo um ganho em 12,96% no VMI.

Quando comparado o melhor tratamento T4 (86,4 kg ha⁻¹ de N, 124,8 Kg ha⁻¹ de P₂O₅, 158,4 Kg ha⁻¹ de K₂O, 30,4 Kg ha⁻¹ de Ca, 17,6 Kg ha⁻¹ de S, 1,1 Kg ha⁻¹ de B e 0,6 Kg ha⁻¹ de Zn) com o tratamento T5 (28,8 Kg ha⁻¹ de P₂O₅, 30,4 Kg ha⁻¹ de Ca e 17,6 Kg ha⁻¹ de S) foi verificado uma diferença de 52,24% entre o volume médio individual. Ao comparar o T4 com a testemunha (T6) a diferença é de 70,49%.

Quando se compara o T5 (28,8 Kg ha⁻¹ de P₂O₅, 30,4 Kg ha⁻¹ de Ca e 17,6 Kg ha⁻¹ de S) com a testemunha (T6), foi encontrada a diferença de 11,99%, onde somente foi realizada a aplicação de 100 g de SSP por muda.

Andrade *et al.* (2003), em estudo da utilização de adubação fosfatada em plantios de *E. dunnii* com espaçamento inicial de 3 m x 2 m em Ponta Grossa, estado do Paraná, observaram aos seis anos de idade que a testemunha apresentou volume médio individual de 0,1757 m³, já o tratamentos com adubação inicial de 49 Kg de N, 186,6 Kg de P₂O₅, 52 Kg de K₂O e 56 Kg de S por hectare acrescidos de 9,3 Kg ha⁻¹ de P₂O₅ aos 10 meses, apresentou volume médio individual de 0,2421 m³. O tratamento com adubação inicial idêntica ao anterior com acréscimo aos 10 meses de 37,3 Kg ha⁻¹ de P₂O₅ apresentou volume médio individual de 0,2825 m³.

No município de Colombo, estado do Paraná, o *E. benthamii* procedência Wentworth Falls (NSW) aos quatro e oito anos de idade, com espaçamento inicial de 3 m x 3 m apresentou volume individual comercial de 0,1110 e 0,2850 m³ (PEREIRA *et al.*, 2000).

Oliveira *et al.* (1999), estudando o efeito de 10 tratamentos de adubação com NPK e diferentes micronutrientes (60 Kg ha⁻¹ de N, 150 Kg ha⁻¹ de P₂O₅ e 30 Kg ha⁻¹ de K₂O com micronutrientes 2 Kg ha⁻¹ de B, 1 Kg ha⁻¹ de Cu, 4 Kg ha⁻¹ de Fe, 4 Kg ha⁻¹ de Mn, 120 g ha⁻¹ Mo e 10 Kg ha⁻¹ de Zn) em *C. citriodora* com espaçamento inicial de 3 m x 1,7 m em Selvíria, estado do Mato Grosso do Sul, constataram que aos seis anos de idade na testemunha, o volume médio individual foi de 0,19 m³, enquanto, no tratamento adubado com NPK (60 Kg ha⁻¹ de N, 150 Kg ha⁻¹ de P₂O₅ e 30 Kg ha⁻¹ de K₂O sem micronutrientes) foi de 0,30 m³, não sendo encontrada diferença significativa quando comparado os tratamentos com aplicação de NPK e os tratamentos que receberam doses de micronutrientes.

Na presente pesquisa o melhor tratamento foi o tratamento T4 (86,4 kg ha⁻¹ de N, 124,8 Kg ha⁻¹ de P₂O₅, 158,4 Kg ha⁻¹ de K₂O, 30,4 Kg ha⁻¹ de Ca, 17,6 Kg ha⁻¹ de S, 1,1 Kg ha⁻¹ de B e 0,6 Kg ha⁻¹ de Zn) com volume médio individual de 0,2276 m³. Quando comparado ao estudo realizado por Pereira *et al.* (2000) que atingiu aos oito anos 0,2850 m³ verificou-se que apesar do T4 ter sido atingido entre os anos de 2007 e 2013 por 41 geadas fracas, 18 moderadas, três medianas e uma forte, totalizando 63 ocorrências, apresentou além da resistência à geadas um volume médio individual projetado para oito anos de 0,3035 m³, acima do encontrado no estudo citado em 6,49%.

5.6.4. Crescimento da área basal por hectare em *E. benthamii*

A área basal por hectare foi submetida ao teste de Bartlett, o qual indicou que as variâncias são homogêneas para $\alpha \leq 0,05$. O teste F da análise de variância (ANOVA) rejeitou a hipótese de nulidade para os tratamentos, indicando que a média de pelo menos dois tratamentos são diferentes. O crescimento em área basal por hectare foi submetido à comparação de médias pelo teste de Tukey para o nível de 5% de significância (Tabela 33) para verificar as diferenças entre as médias dos tratamentos. A Figura 20 ilustra as diferenças entre as médias para a variável mencionada.

Tabela 33. Teste de Tukey para área basal por hectare para *E. benthamii*, conduzido sob efeitos de diferentes dosagens de adubação, com seis anos de idade, na região sul do estado do Paraná

Período de Aplicação (dias)		0	30	40	60	90	
Tratamento	G (m ² ha ⁻¹)	SSP (g planta ⁻¹)	Adubo - NPK (g planta ⁻¹)				
			06-30-06	15-05-30	06-30-06 15-05-30 15-05-30		
4	30,14a	100	150	0	0	150	150
1	27,71a	100	150	0	0	150	0
3	27,45a	100	75	0	75	0	75
2	25,17ab	100	150	150	0	0	0
5	20,45bc	100	0	0	0	0	0
6	17,81c	0	0	0	0	0	0

Médias seguidas da mesma letra não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey ao nível de 5% de significância; G: Área basal por hectare; N: Nitrogênio; P: Fósforo; K: Potássio; SSP: Superfosfato simples.

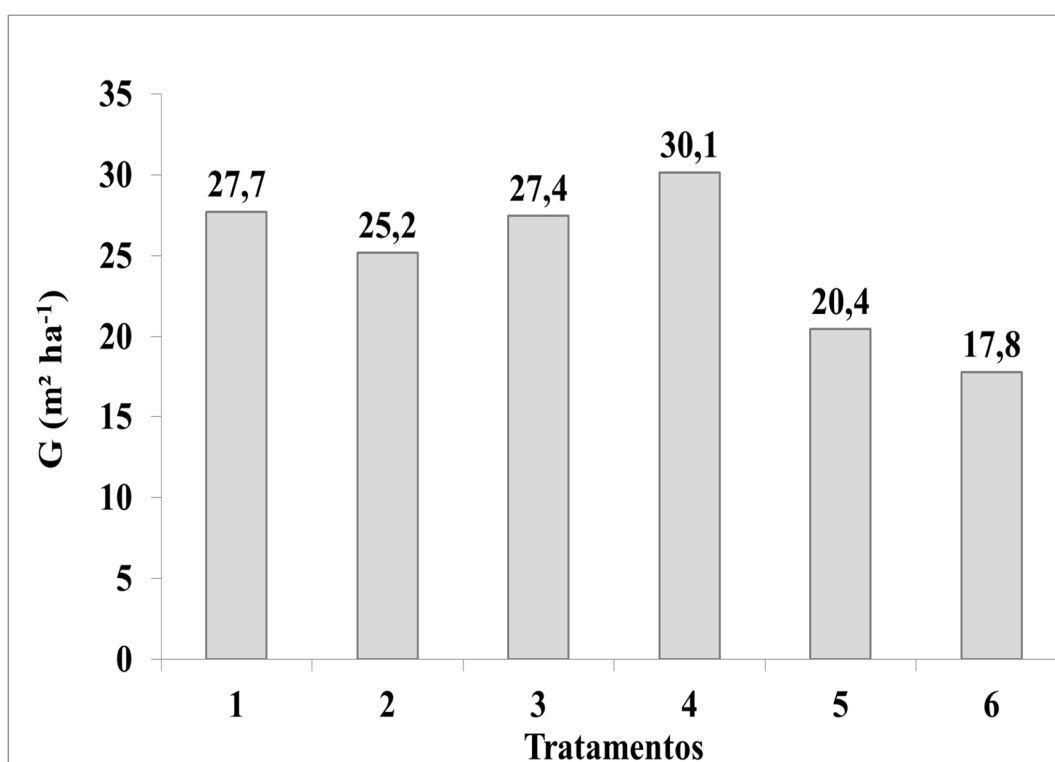


Figura 20. Médias da área basal por hectare para *E. benthamii*, conduzido sob diferentes tratamentos, com seis anos de idade, na região sul do estado do Paraná

Quando comparado o melhor tratamento T4 (86,4 kg ha⁻¹ de N, 124,8 Kg ha⁻¹ de P₂O₅, 158,4 Kg ha⁻¹ de K₂O, 30,4 Kg ha⁻¹ de Ca, 17,6 Kg ha⁻¹ de S, 1,1 Kg ha⁻¹ de B e 0,6 Kg ha⁻¹ de Zn) com o tratamento T6 (testemunha) foi verificado uma diferença de 69,26% entre o

crescimento na variável área basal.

Ao comparar o T5 (28,8 Kg ha⁻¹ de P₂O₅, 30,4 Kg ha⁻¹ de Ca e 17,6 Kg ha⁻¹ de S) com o T6 (testemunha), foi encontrada a diferença de 14,85%.

5.6.5. Produção do volume total por hectare em *E. benthamii*

O teste de Bartlett indicou que as variâncias para produção de volume total por hectare são homogêneas para $\alpha \leq 0,05$. O teste F da análise de variância (ANOVA) rejeitou a hipótese de nulidade para os tratamentos, indicando que a média de pelo menos dois tratamentos são diferentes. Assim foi aplicado o teste de Tukey ($\alpha \leq 0,05$) para verificar as diferenças entre as médias dos tratamentos. A Tabela 34 apresenta a comparação de médias dos tratamentos e a Figura 21 ilustra de forma gráfica a produção do volume total dos tratamentos.

Tabela 34. Teste de Tukey para a produção do volume total por hectare para *E. benthamii*, conduzido sob efeitos de diferentes dosagens de adubação, com seis anos de idade, na região sul do estado do Paraná

Período de Aplicação (dias)		0	30	40	60	90	
Tratamento	Volume Total (m ³ ha ⁻¹)	SSP (g planta ⁻¹)	Adubo - NPK (g planta ⁻¹)				
			06-30-06	15-05-30	06-30-06	15-05-30	15-05-30
4	326,2a	100	150	0	0	150	150
1	298,8a	100	150	0	0	150	0
3	292,2a	100	75	0	75	0	75
2	263,5ab	100	150	150	0	0	0
5	208,1bc	100	0	0	0	0	0
6	180,2c	0	0	0	0	0	0

Médias seguidas da mesma letra não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey ao nível de 5% de significância; N: Nitrogênio; P: Fósforo; K: Potássio; SSP: Superfosfato simples.

Quando comparado o melhor tratamento T4 (86,4 kg ha⁻¹ de N, 124,8 Kg ha⁻¹ de P₂O₅, 158,4 Kg ha⁻¹ de K₂O, 30,4 Kg ha⁻¹ de Ca, 17,6 Kg ha⁻¹ de S, 1,1 Kg ha⁻¹ de B e 0,6 Kg ha⁻¹ de Zn) com o tratamento T5 (28,8 Kg ha⁻¹ de P₂O₅, 30,4 Kg ha⁻¹ de Ca e 17,6 Kg ha⁻¹ de S) foi verificado uma diferença de 56,72% nesta variável. Ao comparar o T4 com o T6 (testemunha) a diferença é de 80,99%.

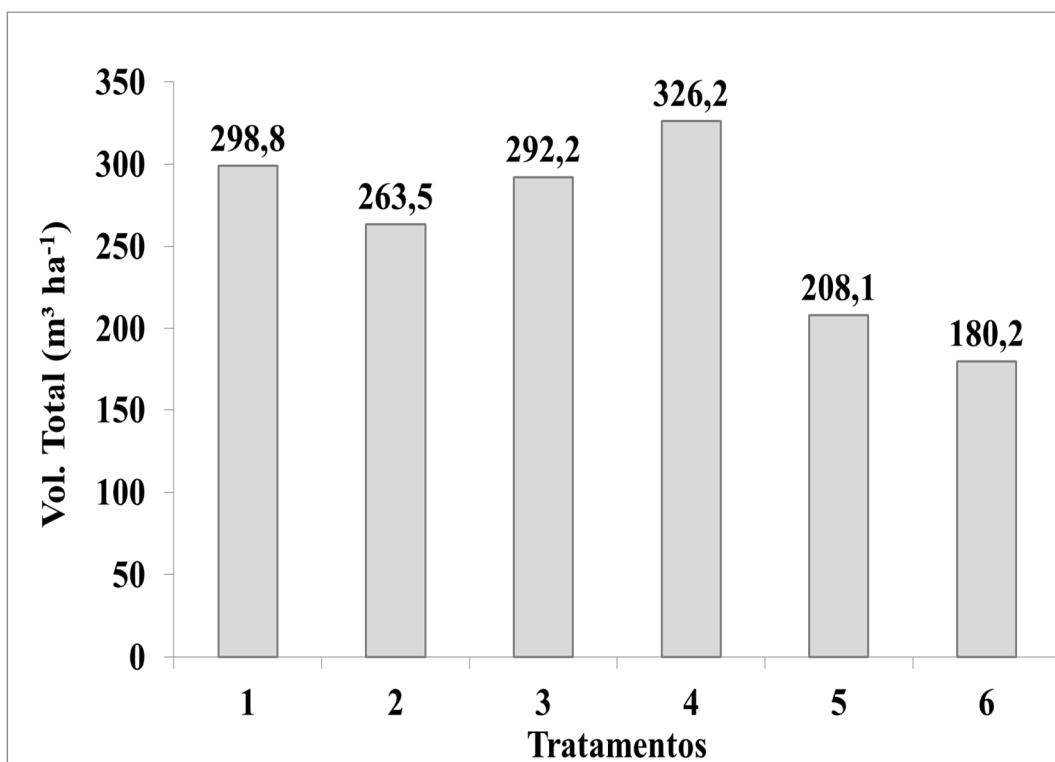


Figura 21. Médias da variável volume total para *E. benthamii*, conduzido sob diferentes tratamentos, com seis anos de idade, na região sul do estado do Paraná

Dias *et al.* (2014) avaliaram o uso de adubação de base (15 Kg ha⁻¹ de N, 210 Kg ha⁻¹ de P₂O₅ e 30 Kg ha⁻¹ de K₂O), e adubação de cobertura distribuída em duas aplicações aos cinco e 10 meses de idade (30 Kg ha⁻¹ de N, e 60 Kg ha⁻¹ de K₂O), para o cultivo de *E. benthamii*, com espaçamento inicial de 2,5 m x 2,5 m em Otacílio Costa, estado de Santa Catarina. Esses autores constataram resposta significativa ao primeiro ano na variável volume total. Na testemunha, o volume total foi de 2,8 m³ ha⁻¹, enquanto, nos tratamentos adubados situaram-se entre 7,7 e 12,7 m³ ha⁻¹.

Quando comparado o melhor tratamento T4 (86,4 kg ha⁻¹ de N, 124,8 Kg ha⁻¹ de P₂O₅, 158,4 Kg ha⁻¹ de K₂O, 30,4 Kg ha⁻¹ de Ca, 17,6 Kg ha⁻¹ de S, 1,1 Kg ha⁻¹ de B e 0,6 Kg ha⁻¹ de Zn) com o tratamento T1 (50,4 kg ha⁻¹ de N, 112,8 Kg ha⁻¹ de P₂O₅, 86,4 Kg ha⁻¹ de K₂O, 30,4 Kg ha⁻¹ de Ca, 17,6 Kg ha⁻¹ de S, 0,6 Kg ha⁻¹ de B e 0,5 Kg ha⁻¹ de Zn), mesmo não apresentando diferença estatística ao nível de 5% de significância, foi verificado uma diferença de 9,15% no volume total.

Ao comparar o T5 (28,8 Kg ha⁻¹ de P₂O₅, 30,4 Kg ha⁻¹ de Ca e 17,6 Kg ha⁻¹ de S) com o T6 (testemunha), foi encontrada a diferença de 15,49%.

5.6.6. Produção do volume comercial por hectare em *E. benthamii*

Considera-se o volume comercial por hectare, o volume de madeira com diâmetro na ponta fina igual e/ou maior que 8 cm.

A produção do volume comercial por hectare foi submetida ao teste de Bartlett, o qual indicou que as variâncias são homogêneas para $\alpha \leq 0,05$. O teste F da análise de variância (ANOVA) rejeitou a hipótese de nulidade para os tratamentos, indicando que a média de pelo menos dois tratamentos são diferentes. A produção do volume comercial foi submetida à comparação de médias pelo teste de Tukey para ao nível de 5%. A Tabela 35 apresenta as médias dos tratamentos, sendo também ilustrada na forma gráfica pela Figura 22.

Ao comparar o melhor tratamento T4 (86,4 kg ha⁻¹ de N, 124,8 Kg ha⁻¹ de P₂O₅, 158,4 Kg ha⁻¹ de K₂O, 30,4 Kg ha⁻¹ de Ca, 17,6 Kg ha⁻¹ de S, 1,1 Kg ha⁻¹ de B e 0,6 Kg ha⁻¹ de Zn) com o tratamento T5 (28,8 Kg ha⁻¹ de P₂O₅, 30,4 Kg ha⁻¹ de Ca e 17,6 Kg ha⁻¹ de S) foi verificado uma diferença de 60,11% nesta variável. Ao comparar o T4 com o T6 (testemunha, sem adubação) a diferença é de 84,69%.

Tabela 35. Teste de Tukey para a produção do volume comercial por hectare para *E. benthamii*, conduzido sob efeitos de diferentes dosagens de adubação, com seis anos de idade, na região sul do estado do Paraná

Período de Aplicação (dias)		0	30	40	60	90	
Tratamento	Volume Comercial (m ³ ha ⁻¹)	SSP (g planta ⁻¹)	Adubo - NPK (g planta ⁻¹)				
			06-30-06	15-05-30	06-30-06	15-05-30	15-05-30
4	271,7a	100	150	0	0	150	150
1	253,1a	100	150	0	0	150	0
3	240,2a	100	75	0	75	0	75
2	217,0ab	100	150	150	0	0	0
5	169,7bc	100	0	0	0	0	0
6	147,1c	0	0	0	0	0	0

Médias seguidas da mesma letra não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey ao nível de 5% de significância; N: Nitrogênio; P: Fósforo; K: Potássio; SSP: Superfosfato simples.

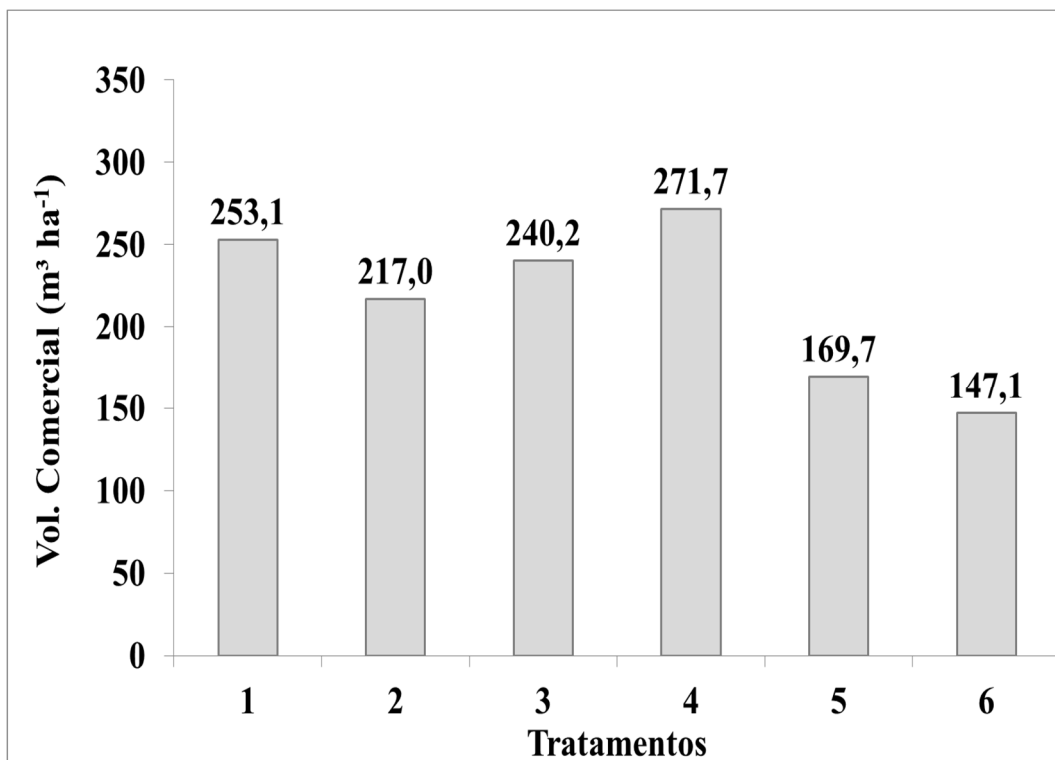


Figura 22. Médias da variável volume comercial para *E. benthamii*, conduzido sob diferentes tratamentos, com seis anos de idade, na região sul do estado do Paraná

Quando comparado o melhor tratamento T4 (86,4 kg ha⁻¹ de N, 124,8 Kg ha⁻¹ de P₂O₅, 158,4 Kg ha⁻¹ de K₂O, 30,4 Kg ha⁻¹ de Ca, 17,6 Kg ha⁻¹ de S, 1,1 Kg ha⁻¹ de B e 0,6 Kg ha⁻¹ de Zn) com o tratamento T1 (50,4 kg ha⁻¹ de N, 112,8 Kg ha⁻¹ de P₂O₅, 86,4 Kg ha⁻¹ de K₂O, 30,4 Kg ha⁻¹ de Ca, 17,6 Kg ha⁻¹ de S, 0,6 Kg ha⁻¹ de B e 0,5 Kg ha⁻¹ de Zn), mesmo não apresentando diferença ao nível de 5% de significância, foi verificado uma diferença de 7,35% no volume comercial.

Ao comparar o T5 (28,8 Kg ha⁻¹ de P₂O₅, 30,4 Kg ha⁻¹ de Ca e 17,6 Kg ha⁻¹ de S) com o T6 (testemunha), foi encontrada a diferença de 15,35%.

Ao comparar a produção do volume total com a produção do volume comercial, verificou-se que o volume com sortimento abaixo de 8 cm está entre 15,31% a 18,47% com média de 17,38%.

A aplicação de diferentes adubos e quantidades para os tratamentos resultou na produção de volumes comerciais diferentes. A Tabela 36 apresenta o investimento de capital em adubação por tratamento.

A maioria dos tratamentos que receberam maiores quantidades de adubação apresentaram os maiores investimentos em adubação por hectare ou metro cúbico, a Tabela 37 apresenta o investimento em adubação por metro cúbico de madeira produzida para os tratamentos.

Ao ser realizado investimento de capital em adubação nos tratamentos T1, T2, T3 e T4, obteve-se maior produção em volume comercial quando comparado ao T5 (somente SSP) e testemunha (T6).

Quando comparado o T4 (86,4 kg ha⁻¹ de N, 124,8 Kg ha⁻¹ de P₂O₅, 158,4 Kg ha⁻¹ de K₂O, 30,4 Kg ha⁻¹ de Ca, 17,6 Kg ha⁻¹ de S, 1,1 Kg ha⁻¹ de B e 0,6 Kg ha⁻¹ de Zn) com o tratamento T6 (testemunha), verificou-se que o T4 recebeu R\$ 3,85 m⁻³ em investimento de adubação, mas produziu 124,58 m³ ha⁻¹ a mais do que o T6.

Tabela 36. Investimento de capital em adubação por hectare para *E. benthamii*, conduzido sob efeitos de diferentes dosagens de adubação, com seis anos de idade, na região sul do estado do Paraná

Tratamento	Período de Aplicação (dias)	Volume Comercial (m ³ ha ⁻¹)	SSP (g planta ⁻¹)	Adubo - NPK (R\$ ha ⁻¹)					Investimento Adubação (R\$ ha ⁻¹)
				0	30	40	60	90	
				06-30-06	15-05-30	06-30-06	15-05-30	15-05-30	
4		271,7a	144,00	288,00	0,00	0,00	307,20	307,20	1.046,40
1		253,1a	144,00	288,00	0,00	0,00	307,20	0,00	739,20
3		240,2a	144,00	144,00	0,00	144,00	0,00	153,60	585,60
2		217,0ab	144,00	288,00	307,20	0,00	0,00	0,00	739,20
5		169,7bc	144,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	144,00
6		147,1c	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

Médias seguidas da mesma letra não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey ao nível de 5% de significância; DAP: Diâmetros a 1,3 m; N: Nitrogênio; P: Fósforo; K: Potássio; SSP: Superfosfato simples.

Tabela 37. Investimento de capital em adubação por metro cúbico de madeira produzida de *E. benthamii*, conduzido sob efeitos de diferentes dosagens de adubação, com seis anos de idade, na região sul do estado do Paraná

Tratamento	Volume Comercial (m ³ ha ⁻¹)	Investimento em Adubação	
		R\$ ha ⁻¹	R\$ m ⁻³
4	271,7a	1.046,40	3,85
1	253,1a	739,20	2,92
3	240,2a	585,60	2,44
2	217,0ab	739,20	3,41
5	169,7bc	144,00	0,85
6	147,1c	0,00	0,00

Médias seguidas da mesma letra não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey ao nível de 5% de significância.

5.6.7. Sortimento por classe de diâmetro em *E. benthamii*

O sortimento por classe de diâmetro foi estimado com a equação de afilamento de Hradetzky (1976). A Figura 23 ilustra o resultado dos sortimentos obtidos por classe de diâmetro dos tratamentos. Ressalta-se que os sortimentos consideram as seguintes classes de diâmetro (com casca) na ponta fina: 8 a 18 cm; 18 a 25 cm e 25 a 35 cm. O comprimento utilizado para as toras de 8 a 18 cm foi de 2,30 m e para os demais sortimentos foi de 2,65 m.

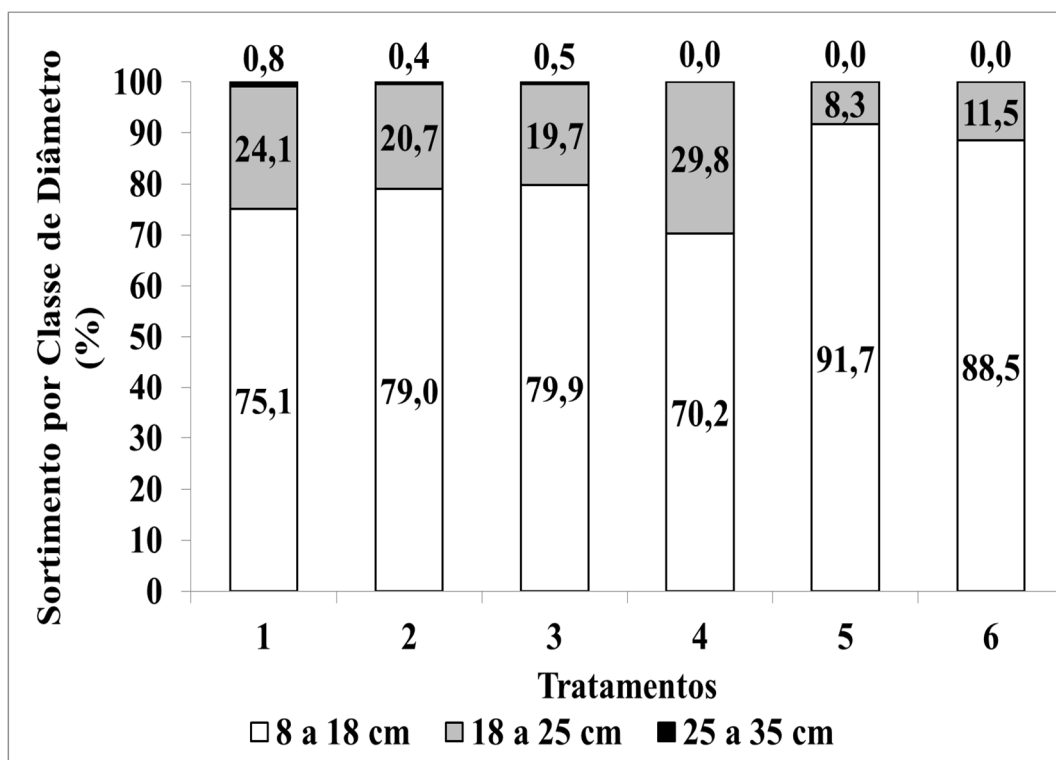


Figura 23. Sortimento por classe de diâmetro para *E. benthamii*, conduzido sob diferentes tratamentos, com seis anos de idade, na região sul do estado do Paraná

Os resultados do percentual de volume por sortimento em diferentes classes indicam que os tratamentos que receberam em média 54,9 kg ha⁻¹ de N, 114,3 Kg ha⁻¹ de P₂O₅, 95,4 Kg ha⁻¹ de K₂O, 30,4 Kg ha⁻¹ de Ca, 17,6 Kg ha⁻¹ de S, 0,68 Kg ha⁻¹ de B e 0,53 Kg ha⁻¹ de Zn (T1, T2, T3 e T4) apresentam volume acima de 20% no sortimento maior que 18 cm.

Quando comparado o melhor tratamento T4 (86,4 kg ha⁻¹ de N, 124,8 Kg ha⁻¹ de P₂O₅, 158,4 Kg ha⁻¹ de K₂O, 30,4 Kg ha⁻¹ de Ca, 17,6 Kg ha⁻¹ de S, 1,1 Kg ha⁻¹ de B e 0,6 Kg ha⁻¹ de Zn) com o tratamento T5 (28,8 Kg ha⁻¹ de P₂O₅, 30,4 Kg ha⁻¹ de Ca e 17,6 Kg ha⁻¹ de S) foi verificado que o T4 apresenta volume na classe acima de 18 cm de 29,79%, enquanto que no T5 é de 8,26%.

O tratamento T4 (86,4 kg ha⁻¹ de N, 124,8 Kg ha⁻¹ de P₂O₅, 158,4 Kg ha⁻¹ de K₂O, 30,4 Kg ha⁻¹ de Ca, 17,6 Kg ha⁻¹ de S, 1,1 Kg ha⁻¹ de B e 0,6 Kg ha⁻¹ de Zn) quando comparado com o tratamento T1 (50,4 kg ha⁻¹ de N, 112,8 Kg ha⁻¹ de P₂O₅, 86,4 Kg ha⁻¹ de K₂O, 30,4 Kg ha⁻¹ de Ca, 17,6 Kg ha⁻¹ de S, 0,6 Kg ha⁻¹ de B e 0,5 Kg ha⁻¹ de Zn), produziu 23,51% mais volume que o tratamento T1 na classe de sortimento superior a 18 cm.

A aplicação de diferentes adubos e quantidades para os tratamentos resultou na produção de volumes comerciais diferentes, bem como diferentes percentuais de volume por sortimento e respectivas receitas bruta por hectare de madeira vendida em pé (Tabela 38).

Tabela 38. Receita bruta por sortimento e por hectare para *E. benthamii*, conduzido sob efeitos de diferentes dosagens de adubação, com seis anos de idade, na região sul do estado do Paraná

Tratamento	Volume Comercial (m ³ ha ⁻¹)	% Sortimento			Receita Bruta (R\$ ha ⁻¹)			Total
		Classe de diâmetro (cm)			8 a 18	18 a 25	25 a 35	
		8 a 18	18 a 25	25 a 35				
4	271,7a	70,21	29,79	0,00	4.807	5.422	0	10.229
1	253,1a	75,08	24,12	0,81	4.788	4.089	177	9.054
3	240,2a	79,85	19,70	0,45	4.834	3.170	95	8.099
2	217,0ab	78,98	20,65	0,37	4.319	3.003	69	7.391
5	170,0bc	91,74	8,26	0,00	3.923	939	0	4.862
6	147,1c	88,50	11,50	0,00	3.281	1.133	0	4.414

Médias seguidas da mesma letra não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey ao nível de 5% de significância; Valor por m³ em pé: Sortimento 8 a 18 cm: R\$ 25,20; 18 a 25 cm: R\$ 67,00 e 25 a 35: R\$ 87,00; Fonte: SEAB, 2014.

A Tabela 39 apresenta a receita bruta por metro cúbico de volume comercial para os tratamentos com diferentes adubações considerando o investimento de capital em adubação e a Tabela 40 expõe a receita bruta por metro cúbico de volume comercial para os tratamentos com diferentes adubações não considerando o investimento de capital em adubação por tratamento.

Ao ser realizado investimento de capital em adubação no T4 (R\$ 1.046,00 ha⁻¹) quando comparado à testemunha, ocorreu acréscimo no volume comercial de 84,69% e na receita bruta por metro cúbico de 12,63%, representando a diferença de R\$ 4.769,00 ha⁻¹. No T4 a receita bruta é maior em R\$ 3,79 m⁻³ produzido, além de apresentar um volume superior em 124,58 m³ ha⁻¹.

Tabela 39. Receita bruta por metro cúbico de volume comercial considerando o investimento de capital em adubação para *E. benthamii*, conduzido sob efeitos de diferentes dosagens de adubação, com seis anos de idade, na região sul do estado do Paraná

Tratamento	Volume Comercial (m ³ ha ⁻¹)	Receita Bruta	
		R\$ ha ⁻¹	R\$ m ⁻³
4	271,7a	10.229	37,65
1	253,1a	9.054	35,78
3	240,2a	8.099	33,71
2	217,0ab	7.391	34,06
5	169,7bc	4.862	28,65
6	147,1c	4.414	30,01

Médias seguidas da mesma letra não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey ao nível de 5% de significância.

Tabela 40. Receita bruta por metro cúbico de volume comercial por hectare não considerando o investimento de capital em adubação para *E. benthamii*, conduzido sob efeitos de diferentes dosagens de adubação, com seis anos de idade, na região sul do estado Paraná

Tratamento	Volume Comercial (m ³ ha ⁻¹)	Receita Bruta	
		R\$ ha ⁻¹	R\$ m ⁻³
4	271,7a	9.183	33,80
1	253,1a	8.315	32,86
3	240,2a	7.513	31,28
2	217,0ab	6.652	30,65
5	169,7bc	4.718	27,80
6	147,1c	4.414	30,01

Médias seguidas da mesma letra não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey ao nível de 5% de significância.

5.6.8. Incremento volumétrico médio anual em *E. benthamii*

O IMA volumétrico de cada tratamento está na Figura 24.

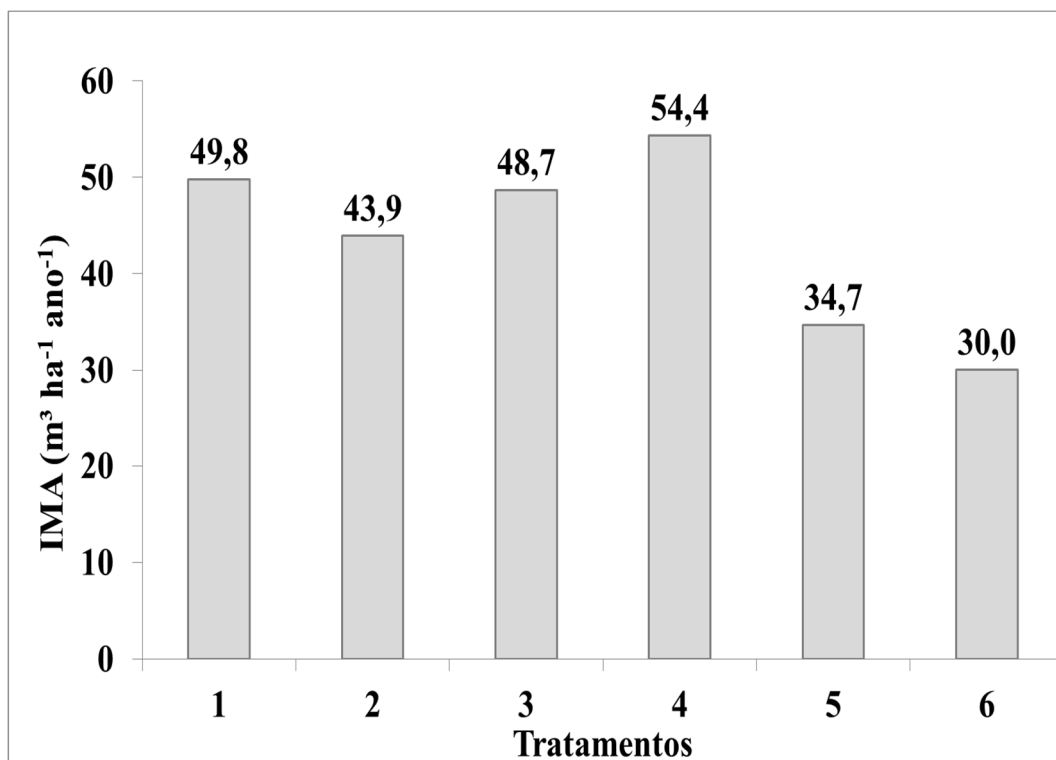


Figura 24. Incremento volumétrico médio anual para *E. benthamii*, conduzido sob diferentes tratamentos, com seis anos de idade, na região sul do estado do Paraná

A média do IMA obtido para os tratamentos que receberam em média 54,9 kg ha⁻¹ de N, 114,3 Kg ha⁻¹ de P₂O₅, 95,4 Kg ha⁻¹ de K₂O, 30,4 Kg ha⁻¹ de Ca, 17,6 Kg ha⁻¹ de S, 0,68 Kg ha⁻¹ de B e 0,53 Kg ha⁻¹ de Zn (T1; T2; T3 e T4) é de 49,20 m³ ha⁻¹ ano⁻¹, enquanto o tratamento que recebeu 28,8 Kg ha⁻¹ de P₂O₅, 30,4 Kg ha⁻¹ de Ca e 17,6 Kg ha⁻¹ de S (T5) e o tratamento sem adubação (T6), apresentaram 32,36 m³ ha⁻¹ ano⁻¹, representando uma diferença de 52,04%.

O *E. benthamii* apresentou incremento médio anual de 54,4 m³ ha⁻¹ ano⁻¹ para o tratamento T4 (86,4 kg ha⁻¹ de N, 124,8 Kg ha⁻¹ de P₂O₅, 158,4 Kg ha⁻¹ de K₂O, 30,4 Kg ha⁻¹ de Ca, 17,6 Kg ha⁻¹ de S, 1,1 Kg ha⁻¹ de B e 0,6 Kg ha⁻¹ de Zn), enquanto a testemunha (T6 - sem adubação) produziu 30,0 m³ ha⁻¹ ano⁻¹, o que representa 81,02% de diferença.

No norte da Argentina, na província de Jujuy, o *E. benthamii* de procedência *Coxs River* apresentou produtividade de 34 m³ ha⁻¹ ano⁻¹ aos sete anos de idade (MENDOZA, 1983).

Mello *et al.* (1970), em avaliação de *E. saligna* com espaçamento inicial de 3 x 1,5 m com diferentes adubações de base, com fertilizantes minerais (52,9 Kg ha⁻¹ de N, 172,01 Kg ha⁻¹ de P₂O₅ e 25,3 Kg ha⁻¹ de K₂O) e calagem em solos de cerrado (pré plantio) no município de Mogi Guaçu, estado de São Paulo aos cinco anos de idade, verificaram uma influência altamente significativa do P sobre a produção. Observaram que o aumento de produção de madeira alcançado resulta da ação dos fertilizantes minerais no desenvolvimento das árvores em altura e diâmetro. Deve ser registrado que o experimento conduzido por esses autores produziu aos cinco anos um total de 186,2 m³ ha⁻¹ (37,24 m³ ha⁻¹ ano⁻¹), no entanto a produção média alcançada em terras (sem adubação) no estado de São Paulo situa-se em torno de 105 m³ ha⁻¹ (21 m³ ha⁻¹ ano⁻¹ aos cinco anos de idade).

As atividades de pesquisa e desenvolvimento realizadas pelas empresas em prol do melhoramento genético geraram ganhos significativos no incremento médio anual (IMA). A produtividade média dos plantios de *Eucalyptus*, que era de 39,4 m³ ha⁻¹ ano⁻¹ em 2006, atingiu 40,7 m³ ha⁻¹ ano⁻¹ em 2012 (ABRAF, 2013).

Benin *et al.* (2014), em estudos do desenvolvimento inicial de *E. benthamii* implantados em Guarapuava, estado do Paraná, sob diferentes espaçamentos e utilizando adubação de cobertura, obtiveram ao terceiro ano volume por hectare de 31,61, 34,72, 41,05 e 66,55 m³ ha⁻¹, respectivamente aos espaçamentos iniciais de 4 m x 4m (5 kg ha⁻¹ de N, 17,5 Kg ha⁻¹ de P₂O₅ e 10 Kg ha⁻¹ de K₂O), 4 m x 3 m (6,7 kg ha⁻¹ de N, 23,3 Kg ha⁻¹ de P₂O₅ e 13,3 Kg ha⁻¹ de K₂O), 3 m x 3 m (8,9 kg ha⁻¹ de N, 31,10 Kg ha⁻¹ de P₂O₅ e 17,8 Kg ha⁻¹ de K₂O), e 2 m x 3 m (13,3 kg ha⁻¹ de N, 46,7 Kg de P₂O₅ e 26,7 Kg de K₂O).

Gatto *et al.* (2003), em estudo do efeito do método de preparo do solo, em área de reforma em plantios de *E. grandis* no município de Santa Bárbara, estado de Minas Gerais, sob espaçamento inicial de 3 m x 2 m com subsolagem e com adubação de base (8,3 kg ha⁻¹ de N, 41,7 Kg de P₂O₅, 16,7 Kg de K₂O e 0,8 Kg de B) e adubação de cobertura após 1 ano (16,7 kg ha⁻¹ de N, 16,7 Kg de P₂O₅ e 33,3 Kg de K₂O), verificaram após 3 anos a produção total de 135,18 m³ ha⁻¹ (42,69 m³ ha⁻¹ ano⁻¹), enquanto para o tratamento testemunha (sem adubação) a produção total alcançada foi de 63,43 m³ ha⁻¹ (20,13 m³ ha⁻¹ ano⁻¹).

Quando comparado o IMA obtido entre os tratamentos que receberam que receberam em média 54,9 kg ha⁻¹ de N, 114,3 Kg ha⁻¹ de P₂O₅, 95,4 Kg ha⁻¹ de K₂O, 30,4 Kg ha⁻¹ de Ca, 17,6 Kg ha⁻¹ de S, 0,68 Kg ha⁻¹ de B e 0,53 Kg ha⁻¹ de Zn (T1; T2; T3 e T4) que é de 49,20 m³ ha⁻¹ ano⁻¹, com o IMA dos plantios de *Eucalyptus* no Brasil que é de 40,7 m³ ha⁻¹ ano⁻¹, conforme citado por ABRAF (2013), verificou-se que apesar de ter sido atingido entre os anos de 2007 e 2013 por 41 geadas fracas, 18 moderadas, três medianas e uma forte, totalizando 63 ocorrências, o experimento apresentou além da resistência à geadas um IMA acima do encontrado nos povoamentos de *Eucalyptus* no Brasil.

5.7. Efeito da adubação na sobrevivência em *E. benthamii*

O teste de Bartlett mostrou que as variâncias para a variável sobrevivência são homogêneas para $\alpha \leq 0,05$. Analisando o valor tabelado de χ^2 igual a 11,07 e o valor calculado de χ^2 igual a 5,73, não se encontra evidência que a hipótese da nulidade seja falsa e conclui-se que as variâncias são homogêneas (Tabela 41).

O teste F da análise de variância (ANOVA) aceitou a hipótese de nulidade para os tratamentos, indicando que não existem diferenças reais entre os tratamentos (Tabela 42), não sendo aplicado o teste de Tukey ($\alpha \leq 0,05$) para verificar as diferenças entre as médias dos tratamentos. A Figura 25 ilustra de forma gráfica o número de árvores por hectare dos tratamentos.

Tabela 41. Teste de Bartlett para a variável sobrevivência para *E. benthamii*, conduzido sob efeitos de diferentes dosagens de adubação, com seis anos de idade, na região sul do estado do Paraná

Tratamento	GL	s ² i	log (s ² i)	GL x log (s ² i)
1	7	11171,4286	4,0481	28,3368
2	7	14371,4286	4,1575	29,1025
3	7	8657,1429	3,9374	27,5616
4	7	3400,0000	3,5315	24,7204
5	7	5686,7143	3,7548	26,2835
6	7	3542,8571	3,5494	24,8455
Total	42	46828,5714		160,8502
Média		7804,7619		
χ^2 corr = 5,73			χ^2 Tab ($\alpha = 0,05$) = 11,07	

GL: Graus de liberdade de cada tratamento; s²i: Variância de cada tratamento; log: logaritmo natural; χ^2 corr: Qui quadrado corrigido; χ^2 Tab: Qui quadrado tabelar.

Tabela 42. Teste F da análise de variância (ANOVA) para a variável sobrevivência para *E. benthamii*, conduzido sob efeitos de diferentes dosagens de adubação, com seis anos de idade, na região sul do estado do Paraná

FV	GL	SQ	QM	F
Tratamentos	5	35100,0000	7020,0000	0,8995^{ns}
Resíduo	42	327800,0000	7804,7619	
Total	47	362900,0000		
F Tab		F		p
2,4377		0,8995		<0,05

FV: Fontes de variação; GL: Graus de liberdade; SQ: Soma de quadrados; QM: Quadrado médio; F: F calculado; F Tab: F tabelar; ^{ns}: não significativo ao nível de 5% de probabilidade.

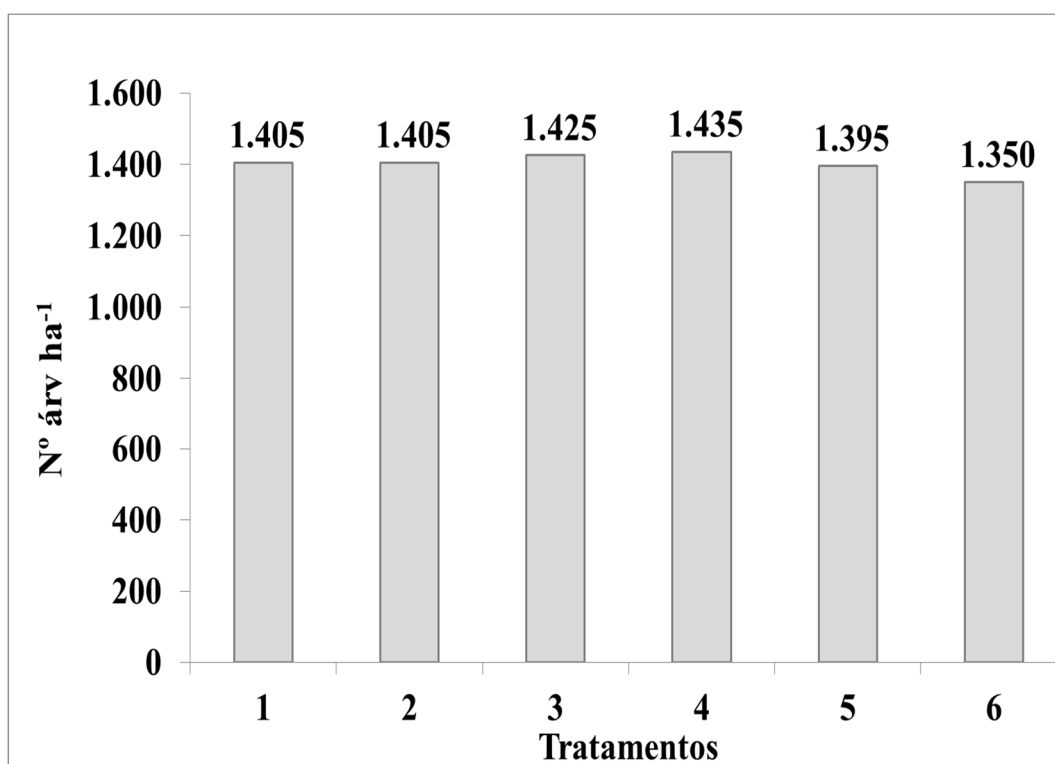


Figura 25. Número de árvores por hectare para *E. benthamii*, conduzido sob diferentes tratamentos, com seis anos de idade, na região sul do estado do Paraná

Os tratamentos que receberam algum tipo de adubação (T1, T2, T3, T4 e T5) e o tratamento sem adubação (T6), estatisticamente não tiveram diferença ao nível de 5% de significância, apresentando diferença de 6,30% entre os tratamentos com maior e menor número de plantas por hectare, devido a isto, verificou-se que, a princípio, a adubação não possui relação direta com a mortalidade das plantas.

5.8. Comparativo entre as variáveis estudadas em *E. benthamii*

A Tabela 43 e a Figura 26 apresentam o comparativo em percentual entre os tratamentos adubados e testemunha.

Tabela 43. Comparativo percentual entre as variáveis estudadas para *E. benthamii*, conduzido sob efeitos de diferentes dosagens de adubação, com seis anos de idade, na região sul do estado do Paraná

Tratamento	%								
	Nº Árv (árv ha ⁻¹)	Altura (m)	DAP (cm)	Área transversal (m ² ha ⁻¹)	Área basal (m ² ha ⁻¹)	VMI (m ³ árv ⁻¹)	Vol. Total (m ³ ha ⁻¹)	Vol. Com (m ³ ha ⁻¹)	IMA (m ³ ha ⁻¹ ano ⁻¹)
1	4,07	15,17	26,41	60,75	55,64	57,91	65,82	72,04	65,82
2	4,07	9,36	19,43	42,06	41,36	39,79	46,22	47,52	46,22
3	5,56	17,66	26,86	60,75	54,15	53,30	62,14	63,31	62,14
4	6,30	16,62	30,96	71,03	69,26	70,45	80,99	84,69	80,99
5	3,33	6,91	8,38	16,82	14,85	11,94	15,49	15,35	15,49
6	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

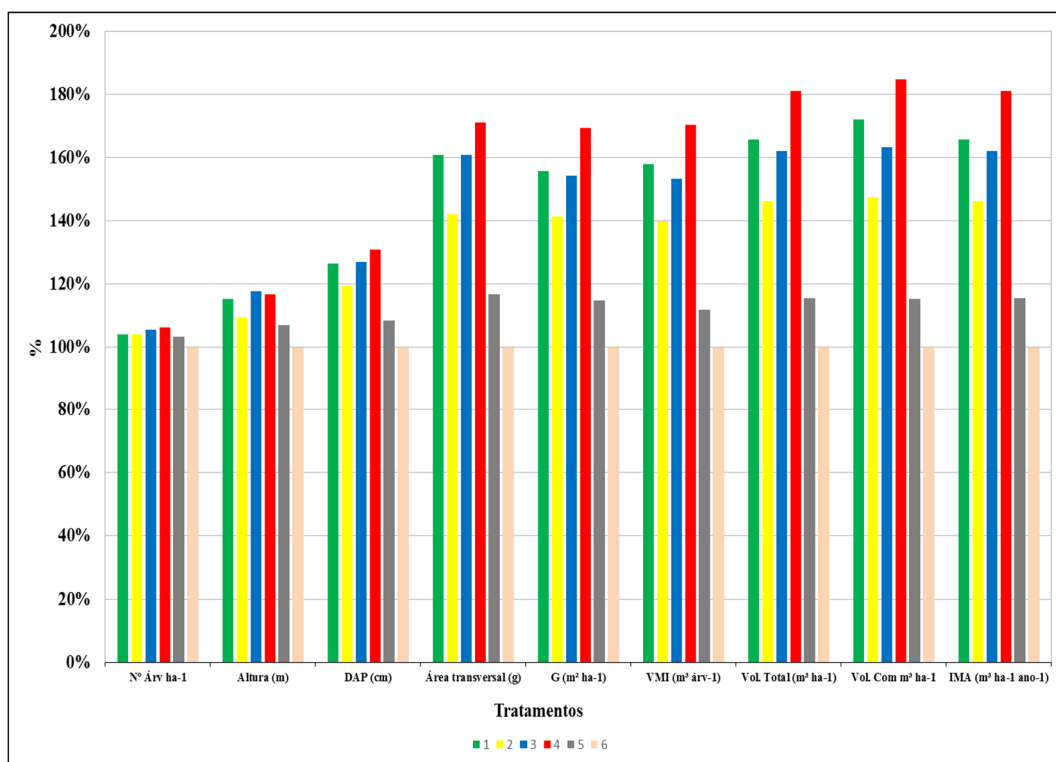


Figura 26. Comparativo percentual entre as variáveis para *E. benthamii*, conduzido sob diferentes tratamentos, com seis anos de idade, na região sul do estado do Paraná

A menor variação corresponde ao número de árvores por hectare, seguido pela altura total e diâmetro. A variação da área basal é reflexo do número de árvores e diâmetro das árvores. As variáveis VMI, volume total, volume comercial e IMA são impactadas diretamente pelo número de árvores, diâmetro e altura total, onde verifica-se que o percentual para estas variáveis quando comparado o T4 (86,4 kg ha⁻¹ de N, 124,8 Kg ha⁻¹ de P₂O₅, 158,4 Kg ha⁻¹ de K₂O, 30,4 Kg ha⁻¹ de Ca, 17,6 Kg ha⁻¹ de S, 1,1 Kg ha⁻¹ de B e 0,6 Kg ha⁻¹ de Zn) ao T6 (testemunha) é superior a 70%.

6. CONCLUSÕES

A equação hipsométrica de Trorey (1932) apresenta as melhores estatísticas de ajuste e precisão para estimar a altura total nos diversos tratamentos testados, assim como o a equação de afilamento de Hradetzky (1976) para estimar o diâmetro ao longo do fuste e o volume total.

O diâmetro (DAP) e conseqüentemente a área transversal e a área basal tem crescimento superior nos tratamentos que recebem as maiores adubações de NPK.

A altura total é pouco influenciada pela quantidade de NPK aplicada, no entanto a testemunha apresenta grande diferença nesta variável.

O volume médio individual é maior nos tratamentos que recebem maiores doses de NPK.

A adubação não apresenta relação direta com a sobrevivência nos plantios de *E. benthamii*.

O volume comercial e volume de madeira na classe acima de 18 cm de diâmetro são maiores nos tratamentos que recebem maiores doses de NPK.

Os tratamentos que recebem maiores investimento de capital em adubação proporcionaram maiores volumes e apresentaram maiores receitas brutas.

O máximo IMA volumétrico foi obtido no tratamento que recebeu maior quantidade de NPK.

A espécie apresentou resistência à 15 geadas anuais com temperatura mínima absoluta de -6,4°C.

7. RECOMENDAÇÕES

Com objetivo de atingir IMA em plantios comerciais de *E. benthamii* de 54,4 m³ ha⁻¹ ano⁻¹ deve-se utilizar a adubação de base (28,8 Kg ha⁻¹ de P₂O₅, 30,4 Kg ha⁻¹ de Ca e 17,6 Kg ha⁻¹ de S) e adubações de cobertura aos 30 dias (14,4 kg ha⁻¹ de N, 72 Kg ha⁻¹ de P₂O₅, 14,4 Kg ha⁻¹ de K₂O, 0,12 Kg ha⁻¹ de B e 0,48 Kg ha⁻¹ de Zn) e aos 60 e 90 dias (2 aplicações de 36 kg ha⁻¹ de N, 12 Kg ha⁻¹ de P₂O₅, 72 Kg ha⁻¹ de K₂O, 0,48 Kg ha⁻¹ de B e 0,05 Kg ha⁻¹ de Zn).

Realizar a calagem com 5,6 toneladas por hectare de calcário calcítico com PRNT (≥ 75%), visando a melhoria da disponibilidade dos nutrientes fornecidos pela adubação.

Ampliar o experimento com mais doses aplicadas ao longo dos anos, buscando chegar ao limite de adubação.

Fazer estudo de viabilidade econômica para a implantação de povoamentos de *E. benthamii* na região, pois a mesma atualmente não apresenta parque industrial para o processamento de toras com diâmetro acima de 18 cm.

8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALVES, I. C. N.; GOMIDE, J. L.; COLODETTE, J. L.; SILVA, H. D. da. **Caracterização tecnológica da madeira de *Eucalyptus benthamii* para produção de celulose Kraft.** Ciência Florestal, Santa Maria, v. 21, n. 1, p. 167-174, 2011.

ANDRADE, E. N. **O Eucalipto.** São Paulo: Cia. Paulista de Estradas de Ferro. 2ª Edição, 1961, 680p.

ANDRADE, G. C.; SILVA, H. D.; BELLOTE, A. F. J.; FERREIRA, C. A. **Efeitos da adubação fosfatada e da aplicação de resíduos de celulose no crescimento de *Eucalyptus dunnii*.** Boletim de Pesquisa Florestal, Colombo, n. 47, p. 43-54, 2003.

ARAUJO, C. E. S. de.; MASSIGNAM, A. M.; BORGES, R. C.; MINUZZI, R. B. **Previsão de geadas em Santa Catarina.** Florianópolis - SC: Epagri, 2009. 11p. Disponível em: <http://www.ciram.com.br/finep14/recursos/Rel_Finep14_Geada.pdf>. Acesso em: 23 nov 2014.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE CELULOSE E PAPEL - BRACELPA. **Florestas plantadas 2014.** Disponível em: <<http://bracelpa.org.br/bra2/?q=node/134>>. Acesso em: 23 nov. 2014.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE PRODUTORES DE FLORESTAS PLANTADAS - ABRAF. **Anuário estatístico ABRAF 2013 ano base 2012 / ABRAF.** Brasília: 2013. 148 p.

BARBOSA, A. V. O.; CANEVA, R. A.; COLLI JÚNIOR, G.; MORO, L.; MACEDO, L. A. **Implementos para o preparo de solo em “reforma” de povoamentos de eucalipto, desenvolvidos pela Champion Papel e Celulose Ltda.** Circular Técnica IPEF, n.158, p. 1-6, mai. 1988.

BENIN, C. C.; WIONZEK, F. B.; WATZLAWICK, L. F. **Initial assessments on the plantation of *Eucalyptus benthamii* Maiden et Cambage deployed in different spacing.** Applied Research & Agrotechnology, Guarapuava-PR, v.7, n.1, p.55-61, 2014.

BENSON, D. H. **Aspects of the ecology of a rare tree species, *Eucalyptus benthamii*, at Bents Basin, Wallacia.** Cunninghamia, v. 1, n. 3, p. 371-383, 1985.

BENSON, D.; McDOUGALL, L. **Ecology of Sydney plant species: part 6 dicotyledon family Myrtaceae.** Cunninghamia, Sydney, v. 5, n. 4, p. 809-987, 1998.

BERNARDI, C. A. **Avaliação de diferentes sistemas de preparo do solo no desenvolvimento inicial de *Eucalyptus benthamii* Maiden et Cambage na região de Guarapuava, PR.** Irati, 46p. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) -, Universidade Estadual do Centro-Oeste, 2010.

BOCAGE, I.; ULERY, A. **Caracterización anatómica de *Eucalyptus benthamii* Maiden et Cambage cultivado en Uruguay.** In: JORNADA FORESTAL: VISITA A ENSAYOS DE SILVICULTURA Y MEJORAMIENTO DE PINUS Y EUCALIPTOS. 2., 2005, Colónvade. ACTAS... Colónvade: INIA Tacuarembó - Estación Experimental del Norte, Programa Nacional Forestal, Facultad de Agronomía - UDELAR. 2005. p. 19- 21. Disponível em: <http://www.inia.org.uy/publicaciones/documentos/tb/ad/2005/ad_416.pdf>. Acesso em: 23/08/2013.

BRONDANI, G. E.; WENDLING, I.; DUTRA, L. F.; GROSSI, F. **Propagação Vegetativa de *E. benthamii* x *E. dunnii* por Miniestaquia.** Colombo: Embrapa Florestas, 2009. 42p. (Embrapa Florestas. Documentos, 183).

Celulose Nipo-Brasileira S.A. - CENIBRA. **Cartilha de recomendações técnicas: Fomento Florestal Cenibra.** Disponível em: <http://www.cenibra.com.br/cenibra/processoflorestal/formacaodeflorestas/pdf/cartilha_Recomendacoes_fomento_florestal.pdf>. Acesso em: 22 nov. 2014.

CONCEIÇÃO, M. B. **Comparação de métodos de estimativa de volume em diferentes idades em plantações de *Eucalyptus grandis* Hill Ex - Maiden.** Curitiba, 150p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) - Universidade Federal do Paraná, 2004.

DARROW, W. K. **Selection of eucalypt species for cold and dry areas in South Africa.** In: CRCTHF-IUFRO CONFERENCE, 1995, Hobart. Eucalypt plantations: improving fibre yield and quality. Hobart: CRC, 1995. p. 336-338. Disponível em: <<http://www.forestry.crc.org.au/iufro95.htm#theme2>>. Acesso em: 14 jun. 2005.

DELL, B., MALAJCZUK, N., GROVE, T.S. **Nutrient Disorders in Plantation Eucalypts.** Canberra, ACIAR Australia, 88 p. 2001.

DIAS, L. P. R.; GATIBONI, L. C.; ERNANI, P. R.; MIQUELLUTI, D, J.; CHAVES, D. M.; BRUNETTO, G. **Substituição parcial de fosfato solúvel por natural na implantação de *Eucalyptus benthamii* e *Eucalyptus dunnii* no Planalto Sul Catarinense.** Ciência do Solo, Viçosa, v.38, n.2, p.516-523, 2014.

Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária - EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Florestas, Curitiba, PR. **Zoneamento ecológico para plantios florestais no estado de Santa Catarina,** por Antonio Aparecido Carpanezi e outros. Curitiba, EMBRAPA CNPF, 1988. 113 p. (EMBRAPA-CNPF. Documentos, 21).

Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária - EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de solos, Rio de Janeiro, RJ. **Propostas de Revisão e Atualização do Sistema Brasileiro de Classificação de Solos,** por Humberto Gonçalves dos Santos...[*et al.*]. Rio de Janeiro, EMBRAPA Solos, 2003, 56p. (EMBRAPA Solos. Documento, 53).

FISCHER, F.; SCOLFORO, J. R.; ACERBI JUNIOR, F. W.; MELLO, J. M.; MAESTRI, R. **Exatidão dos modelos polinomiais não-segmentados e das razões entre volumes para representar o perfil do tronco de *Pinus taeda*.** Ciência Florestal, Santa Maria, v.11, n.1, p.167-188, 2001.

FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS - FAO. **El eucalipto en la repoblación forestal**. Roma, 1981. 723 p.

FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS - FAO. **Global Forest Resources Assessment 2010**: Progress towards sustainable forest management. FAO Forestry Paper n° 163. Rome, Italy. Disponível em: <<http://www.fao.org/docrep/013/i1757e/i1757e.pdf>>. Acesso em: 07 jun. 2014.

GATTO, A.; BARROS, N. F.; NOVAIS, R. F.; COSTA, L. M.; NEVES, J. C. L. **Efeito do método de preparo do solo, em área de reforma, nas suas características, na composição mineral e na produtividade de plantações de *Eucalyptus grandis***. *Árvore*, Viçosa, v.27, n.5, p.635-646, 2003.

GONÇALVES, J. L. M. **Recomendações de adubação para *Eucalyptus*, *Pinus* e espécies típicas da Mata Atlântica**. Piracicaba, Escola Superior de Agronomia Luiz de Queiroz, 1995. 23p. (Documentos Florestais, 15).

GRAÇA, M. E. C.; SHIMIZU, J. Y.; TAVARES, F. R. **Capacidade de rebrota e de enraizamento de *Eucalyptus benthamii***. *Boletim de Pesquisa Florestal*, Colombo, n. 39, p. 135-138, 1999.

HANSEL, F.A.; DUTRA, L. F.; WENDLING, I. **Ápices caulinares como alternativa para o resgate de matrizes adultas de *Eucalyptus benthamii* diretamente do campo: resultados preliminares**. Colombo: Embrapa Florestas. 2005. 4p. (Embrapa Florestas. Comunicado Técnico, 153).

HIGA, A. R.; CARVALHO, P. E. R. **Sobrevivência e crescimento de doze espécies de eucalipto em Dois Vizinhos, Paraná**. *Silvicultura*, São Paulo, v. 2, n. 42, p. 459-461, 1990.

HIGA, R. C. V.; HIGA, A. R.; TREVISAN, R.; SOUZA M, V. R. de. **Resistência e resiliência a geadas em *Eucalyptus dunnii* Maiden plantados em Campo do Tenente, PR**. *Boletim de Pesquisa Florestal*, Colombo, n. 40, jan./jun. 2000b p.67-76.

HIGA, R. C. V.; MORA, A. L.; HIGA, A. R. **Plantio de eucalipto na pequena propriedade rural**. Colombo: Embrapa Florestas, 2000a. 31p. (Embrapa Florestas. Documentos, 54).

HIGA, R. C. V.; PEREIRA, J. C. D. **Usos Potenciais do *Eucalyptus benthamii* Maiden et Cambage**. Colombo: Embrapa Florestas, 2003. 4p. (Embrapa Florestas. Comunicado Técnico, 100).

HIGASHI, E. N.; SILVEIRA, R. L. V. de A.; GONÇALVES, A. N. **Propagação vegetativa de *Eucalyptus*: princípios básicos e a sua evolução no Brasil**. Instituto de Pesquisas e Estudos Florestais - IPEF, 2000. 11 p. (Circular Técnica IPEF, 192).

Instituto Agronômico do Paraná. Secretaria da Agricultura e do Abastecimento - IAPAR, Londrina, PR. **Monitoramento Agroclimático do Paraná**. Cartas Climáticas do Paraná. Disponível em:<

http://200.201.27.14/Site/Sma/Cartas_Climaticas/Classificacao_Climatica.htm>. Acesso em: 19 mar 2008a.

Instituto Agronômico do Paraná. Secretaria da Agricultura e do Abastecimento - IAPAR, Londrina, PR. **Monitoramento Agroclimático do Paraná**. Médias Históricas das Estações do IAPAR. Disponível em:

<http://200.201.27.14/Site/Sma/Estacoes_IAPAR/Guarapuava.htm>. Acesso em: 19 mar 2008b.

JAMMAL FILHO, F. A. **Determinação da densidade da madeira de clones de *Eucalyptus* spp. a idades passadas com uso da técnica de atenuação de radiação gama**. 81 p. Dissertação (Mestrado em Agronomia) Universidade Estadual Paulista “Julio de Mesquita Filho, Botucatu, 2011.

JOVANOVIC, T.; BOOTH, T. H. **Improved species climatic profiles**. Australia: Union Offset Printing: Joint Venture Agroforestry Program, Rural Industries Research and Development Corporation, 2002. 68 p.

LIMA, E. A. de; SILVA, H. D da; LAVORANTI, O. J. **Caracterização dendroenergética de árvores de *Eucalyptus benthamii***. Pesq. flor. bras., Colombo, v. 31, n. 65, p. 09-17, 2011.

LIMA, E. A. de; SILVA, H. D da; TUSSOLINI, E. L. **Potencial do *Eucalyptus benthamii* para produção de carvão em fornos convencionais**. Colombo: Embrapa Florestas, 2012. 4p. (Embrapa Florestas. Comunicado Técnico, 305).

MALAVOLTA, E. **Elementos de nutrição mineral de plantas**. Piracicaba: Agronômica Ceres, 1980. 251p.

MELLO, H. A.; MASCARENHAS SOBRINHO, J.; SIMÕES, J. W.; COUTO, H. T. Z. **Resultados da aplicação de fertilizantes minerais na produção de madeira de *Eucalyptus saligna* SM. em solos de cerrado do estado de São Paulo**. Circular Técnica IPEF n.1, p.7-26, 1970.

MENDOZA, L. **Notes on *Eucalyptus benthamii* in Argentina**. In: COLLOQUES INTERNATIONAL SUR LES EUCALYPTUS RESISTANTS AU FROID, 1983, Bordeaux. Annales... Bordeaux: IUFRO, 1983. p.480.

MIGUEL, E. P. **Avaliação biométrica e prognose da produção de *Eucalyptus urophylla* (S.T. Blake) na região norte do estado de Goiás**. Curitiba: UFPR. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal do Paraná, p. 161, 2009.

MIGUEL, E. P.; MACHADO, S. A.; FIGUEIREDO FILHO, A.; ARCE, J. E. **Modelos polinomiais para representar o perfil e o volume do fuste de *Eucalyptus urophylla* na região norte do estado de Goiás**. Floresta, Curitiba, v. 41, n. 2, p. 355 - 368, 2011.

MORA, A. L.; GARCIA, C. H. **A cultura do eucalipto no Brasil**. São Paulo: SBS, 2000.

MORI da CUNHA, A. C. M. C.; WENDLING, I.; SOUZA JÚNIOR, L. **Produtividade e sobrevivência de minicepas de *Eucalyptus benthamii* Maiden et Cambage em sistema de hidroponia e em tubete**. Ciência Florestal, Santa Maria, v. 15, n. 3, p. 307-310, 2005.

MOURA, V. P. G.; GUIMARAES, D. P. **Produção de mudas de Eucalyptus para o estabelecimento de plantios florestais**. Brasília: Embrapa, 2003. 9 p. (Embrapa, Comunicado Técnico, 85).

MÜLLER, B.V. **Efeito de sistemas de desdobro na qualidade e rendimento de madeira serrada de *Eucalyptus benthamii* Maiden et Cambage**. Curitiba, 119p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) - Universidade Federal do Paraná, 2013.

NISGOSKI, S.; MUÑIZ, G. I. B. de.; KLOCK, U. **Caracterização anatômica da madeira de *Eucalyptus benthamii* Maiden et Cambage**. Ciência Florestal, Santa Maria, v. 8, n. 1, p. 67-76, 1998.

OLIVEIRA, S. A.; MORAES, M. L. T.; BUZETTI, S. **Efeito da aplicação de NPK e micronutrientes no desenvolvimento de *Eucalyptus citriodora* Hook**. Floresta, Curitiba, v. 29, n. 12, p. 27-36, 1999.

PALUDZYSZYN FILHO, E.; SANTOS, P. E. T. **Considerações sobre o plantio de *Eucalyptus dunnii* no estado do Paraná**. Colombo: Embrapa Florestas, 2005. 7p. (Embrapa Florestas. Comunicado Técnico, 141).

PALUDZYSZYN FILHO, E.; SANTOS, P. E. T. dos; FERREIRA, C. A. **Eucaliptos indicados para plantio no estado do Paraná**. Colombo: Embrapa Florestas - CNPF, 2006. 45 p. (Documentos, 129).

PEREIRA, J. C. D.; SCHAÍTZA, E. G.; SHIMIZU, J. **Características físicas, químicas e rendimentos da destilação seca da madeira de *Eucalyptus benthamii* Maiden et Cambage**. Colombo: Embrapa Florestas, 2001. 4p. (Embrapa Florestas. Circular Técnica, 50).

PEREIRA, J. C. D.; STURION, J. A.; HIGA, A. R.; HIGA, R. C. V.; SHIMIZU, J. **Características da madeira de algumas Espécies de eucalipto plantadas no Brasil**. Colombo: Embrapa Florestas, 2000. 113p. (Embrapa Florestas. Documentos, 38).

PRYOR, L. D. **Australian endangered species: *Eucalyptus***. Canberra: Commonwealth of Australia. 1981. 139 p.

PRYOR, L. D.; JOHNSON, L. A. S. A classification of the eucalypts. Canberra: Australian National University, 1971.

ROCHA, T. B., CABACINHA, C. D., ALMEIDA, R. C; PAULA, A.; SANTOS, R. C. **Avaliação de métodos de estimativa de volume para um povoamento de *Eucalyptus urophylla* S. T. Blake no Planalto da Conquista - BA**. Enciclopédia Biosfera, Centro Científico Conhecer - Goiânia, v. 6, n.10, 2010.

RUFINO. R. F.; MIGUEL, E. P.; SANTOS, G. A.; SANTOS, T. E. B.; SOUZA. F. **Ajuste de modelos hipsométricos para um povoamento de eucaliptos conduzido sobre o sistema de rebrota**. Enciclopédia Biosfera, Goiânia, v. 6, n. 10. 2010.

SANTOS, A. F.; AUER, C. G.; GRIGOLETTI JÚNIOR, A. **Doenças do Eucalipto no sul do Brasil: identificação e controle**. Colombo: Embrapa Florestas, 2001. 20p. (Embrapa Florestas. Circular Técnica, 45).

SANTOS, M. S.; ALONÇO, A. S.; BAUMHARDT, U. B. **Principais fatores que influenciam o desempenho de escarificadores e subsoladores. Uma revisão de literatura**. Tecnologia. & Ciência Agropecuária, João Pessoa, v. 5, n. 1, p. 13-19, 2011.

Secretaria da Agricultura e Abastecimento - SEAB. Preços: **Preços Florestais**. Disponível em: <<http://www.agricultura.pr.gov.br/modules/conteudo/conteudo.php?conteudo=129>>. Acesso em: 23 nov 2014.

SERVIÇO FLORESTAL BRASILEIRO - SFB. **Brasil com florestas: Oportunidades para o desenvolvimento de uma economia florestal e a reestruturação necessária do setor**. Brasília: MMA, 2012.

SILVEIRA, R. L. V. A.; HIGASHI, E. N.; SGARBI, F.; MUNIZ, M. R. A. **Seja doutor do seu eucalipto**. POTAFOS. Arquivo Agrônomo - Nº 12. Informações agronômicas, Piracicaba, n.93, p.1-31, 2001.

SOARES, C. P. B.; NETO, F. P.; SOUZA, A. L. **Dendrometria e inventário florestal**. Viçosa, MG: Universidade Federal de Viçosa, 2006. 276 p.

SOCIEDADE BRASILEIRA DE CIÊNCIA DO SOLO - SBCS. **Manual de adubação e calagem para os estados do Rio Grande do Sul e Santa Catarina**. 10ª ed. Porto Alegre, 2004. 400 p.

SOCIEDADE BRASILEIRA DE SILVICULTURA - SBS. **Fatos e números do Brasil florestal 2008**. Disponível em: <<http://www.sbs.org.br/FatoseNumerosdoBrasilFlorestal.pdf>>. Acesso em: 13 nov. 2011.

SOUSA, G. T. O.; AZEVEDO, G. B.; BARRETO, P. A.; B.; JÚNIOR; V. C. **Relações hipsométricas para *Eucalyptus urophylla* conduzidos sob regime de alto fuste e talhadia no Sudoeste da Bahia**. SCIENTIA PLENA, São Cristovão, v. 9, n. 4, p.1-7, 2013.

STAPE, J. L.; ANDRADE, S.; GOMES, A. N.; KREJCI, L. C.; RIBEIRO, J. A. **Definição de métodos de preparo do solo para silvicultura em solos coesos do litoral norte da Bahia**. In: GONÇALVES, J. L. M.; STAPE, J. L.; Conservação e cultivo de solos para plantações florestais. Piracicaba: IPEF, 2002. 498p.

STERMER, R. P.; SILVA, H. D.; DEDECEK, R. A. **Influência da compactação no crescimento e na nutrição de *Eucalyptus badjensis***. Colombo: Embrapa Florestas - CNPF, 2007. 5 p. (Comunicado Técnico, 196).

SUITER FILHO, W.; REZENDE, G. C.; MENDES, C. J.; CASTRO, P. F. **Efeitos de diversos métodos de preparo de solo sobre o desenvolvimento de *Eucalyptus grandis* HILL (EX. MAIDEN) plantado em solos com camadas de impedimento**. Circular Técnica IPEF, n.90, p. 1-9, fev. 1980.

ANEXOS

ANEXO 1. Temperatura média mínima, média, média máxima, precipitação e número de dias com chuva no período de novembro de 2007 a novembro de 2013

Mês Ano	Temperatura Mínima						Temperatura Média						Temperatura Máxima						Precipitação (mm)						Nº de Dias com Chuva									
	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2007	2008	2009	2010	2011	2012
Jan	16,0	14,9	17,6	16,9	14,8	16,1		18,9	19,4	20,9	20,9	19,5	19,6		25,2	25,6	26,1	27,3	26,4	24,7		134	149	214	227	256	194		7	15	15	22	18	7
Fev	15,4	16,8	17,8	17,9	16,2	16,8		20,1	20,8	21,5	20,8	21,0	20,4		27,3	27,3	27,4	25,8	28,1	25,8		86	187	106	187	148	193		8	14	11	18	13	16
Mar	15,8	14,9	15,0	15,3	12,5	14,6		19,5	19,7	19,5	18,6	18,4	18,1		24,8	26,8	26,0	23,4	26,4	23,2		48	43	222	100	21	171		8	9	13	10	5	13
Abr	10,1	11,6	12,2	12,4	11,6	10,2		15,0	17,0	16,6	16,8	16,1	15,8		22,1	25,5	23,3	22,7	22,2	23,1		175	78	249	89	230	72		8	5	8	7	9	5
Mai	7,0	8,3	9,1	8,6	11,5	8,9		12,8	13,4	13,2	12,9	14,5	13,9		21,1	21,4	19,2	19,3	18,2	20,0		67	132	183	21	62	148		8	9	8	5	6	13
Jun	6,4	4,4	7,8	5,4	8,8	8,3		11,3	9,9	12,3	10,5	12,5	12,7		17,5	17,1	19,1	16,9	18,4	18,4		153	58	103	232	194	448		11	7	5	13	6	11
Jul	7,1	6,6	8,5	7,2	7,0	6,5		12,7	11,4	13,0	12,2	10,8	11,7		20,5	17,5	19,0	18,8	16,0	19,0		22	141	107	231	195	179		4	12	10	6	10	6
Ago	8,7	8,0	7,5	7,9	9,2	7,1		13,6	13,9	13,4	12,5	13,0	12,7		20,2	22,4	22,1	18,9	18,3	20,0		68	118	54	178	3	203		12	7	3	8	2	10
Set	8,0	11,3	11,1	7,8	8,9	9,6		13,3	15,7	16,0	13,6	15,6	14,6		20,2	21,1	22,2	20,6	24,2	21,1		149	345	33	145	53	266		9	16	5	7	3	9
Out	13,2	12,7	10,4	11,7	13,6	11,3		17,1	17,3	15,9	16,6	17,9	16,8		22,1	23,8	22,7	23,0	24,6	23,6		251	192	147	176	291	126		14	10	12	9	12	10
Nov	12,7	14,0	16,5	13,2	12,5	14,8	18,1	18,1	21,2	18,1	17,2	19,5		26,2	24,4	28,1	30,8	23,5	26,2		150	136	176	101	85	38	6	11	15	11	8	6		
Dez	15,4	14,6	16,3	15,7	12,9	17,8	20,2	19,9	20,2	19,4	18,6	21,0		27,6	27,8	25,8	24,9	25,8	26,4		199	58	211	199	47	205	16	9	13	20	7	16		

ANEXO 2. Distribuição das geadas no período de maio de 2008 a setembro de 2013

Ano	Mês	Dia																														
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31
2008	Mai																														-1,0	-3,8
	Jun										-0,6	-2,6				-0,1	-4,6	-4,5	-2,1													
	Jul																										-0,5					
	Ago						0,0																									
	Set								-1,4																							
2009	Mai															-1,6			0,0	0,0												
	Jun			-2,3	-3,3	-1,3	-2,2	-2,0																						0,0		
	Jul	-2,1																								-1,9	-3,3					
	Ago																															
	Set																															
2010	Mai																															
	Jun								0,0																							
	Jul													-0,9	-4,3	-2,3																
	Ago																-0,2															
	Set							0,0																								
2011	Mai																															
	Jun					-2,4							-0,7	-0,2														-1,6	-6,4			
	Jul			-1,3	-1,5	-1,0	-3,3	-3,2	-1,2																							
	Ago			-1,4	-3,7																											
	Set	-2,3																														
2012	Mai	-1,0																														
	Jun								-0,7																							
	Jul													-0,1	-2,1	-0,9																
	Ago																															
	Set																															
2013	Mai							-2,1	-0,8																							
	Jun																															
	Jul																															
	Ago														-0,2	-0,4																
	Set																															