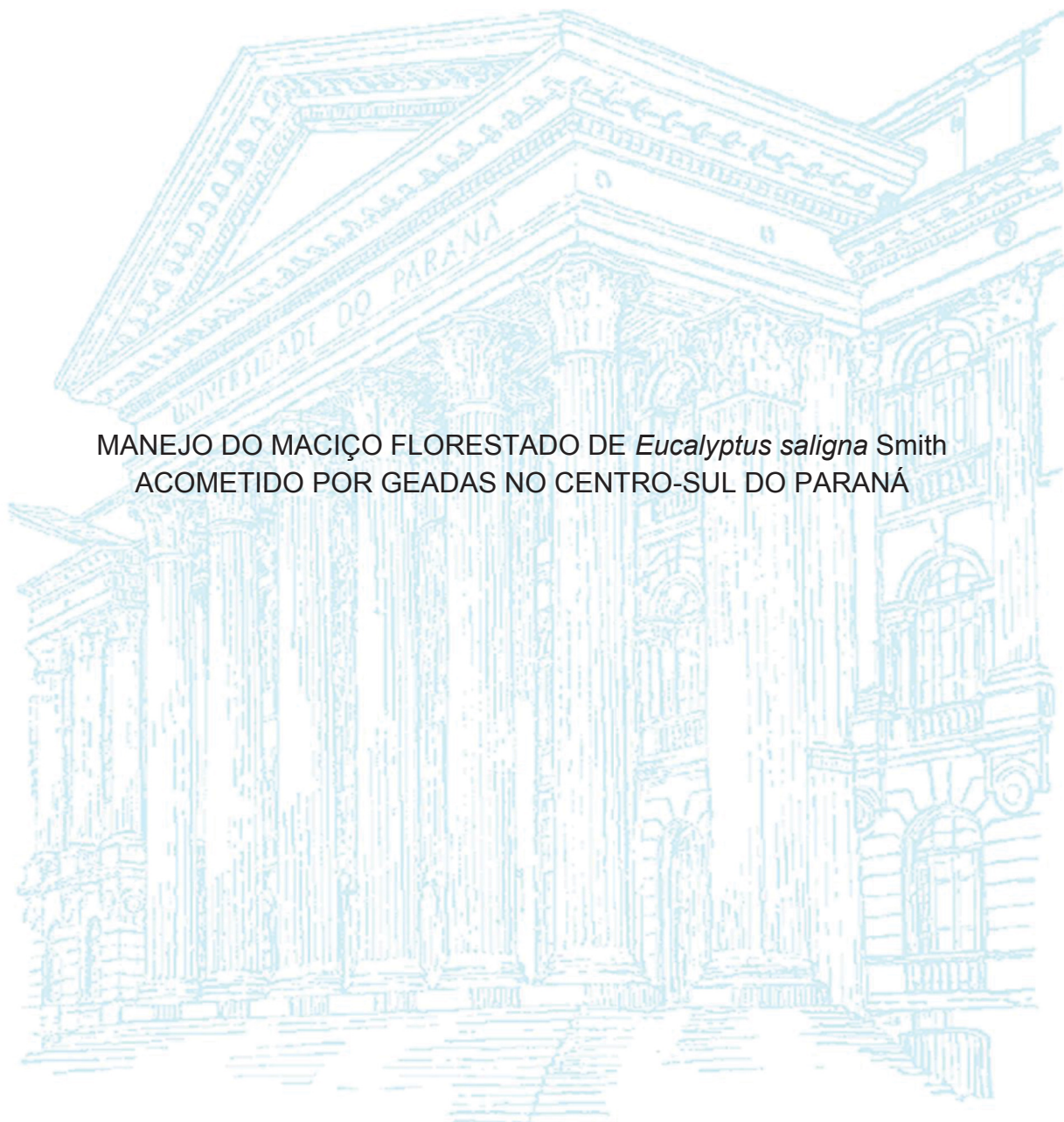


UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ

CARLOS ALBERTO CAVICHILO FRANCO



MANEJO DO MACIÇO FLORESTADO DE *Eucalyptus saligna* Smith  
ACOMETIDO POR GEADAS NO CENTRO-SUL DO PARANÁ

CURITIBA

2020

CARLOS ALBERTO CAVICHIOLO FRANCO

MANEJO DO MACIÇO FLORESTADO DE *Eucalyptus saligna* Smith  
ACOMETIDO POR GEADAS NO CENTRO-SUL DO PARANÁ

Dissertação apresentada ao Curso de Pós-Graduação em Produção Vegetal, Setor de Ciências Agrárias, da Universidade Federal do Paraná, como requisito parcial à obtenção do título de Mestrado em Agronomia.

Orientador: Prof. Dr. Anibal de Moraes  
Coorientador: Dr. Jonathan William Trautenmüller

CURITIBA

2020

Franco, Carlos Alberto Cavichiolo

Manejo do maciço florestado de *Eucalyptus saligna* Smith acometido por geadas no centro-sul do Paraná. / Carlos Alberto Cavichiolo Franco. - Curitiba, 2020.

Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal do Paraná. Setor de Ciências Agrárias, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agronômica.

Orientador: Anibal de Moraes.

Coorientador: Jonathan William Trautenmüller.

1. *Eucalyptus saligna*. 2. Florestas subtropicais - Brasil. 3. Árvores - Efeito da geada - Paraná. 4. Eucalipto - Manejo. I. Moraes, Anibal de. II. Trautenmüller, Jonathan William. III. Título. IV. Universidade Federal do Paraná.



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO  
SETOR DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS  
UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ  
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO AGRONOMIA  
(PRODUÇÃO VEGETAL) - 40001016031P6

## TERMO DE APROVAÇÃO

Os membros da Banca Examinadora designada pelo Colegiado do Programa de Pós-Graduação em AGRONOMIA (PRODUÇÃO VEGETAL) da Universidade Federal do Paraná foram convocados para realizar a arguição da Dissertação de Mestrado de **CARLOS ALBERTO CAVICHILO FRANCO** intitulada: **MANEJO DO MACIÇO FLORESTADO DE *Eucalyptus saligna* Smith ACOMETIDO POR GEADAS NO CENTRO-SUL DO PARANÁ**, sob orientação do Prof. Dr. ANIBAL DE MORAES, que após terem inquirido o aluno e realizada a avaliação do trabalho, são de parecer pela sua APROVAÇÃO no rito de defesa.

A outorga do título de mestre está sujeita à homologação pelo colegiado, ao atendimento de todas as indicações e correções solicitadas pela banca e ao pleno atendimento das demandas regimentais do Programa de Pós-Graduação.

CURITIBA, 26 de Maio de 2020.

Assinatura Eletrônica  
26/05/2020 12:26:18.0  
ANIBAL DE MORAES  
Presidente da Banca Examinadora

Assinatura Eletrônica  
26/05/2020 12:27:49.0  
JONATHAN WILLIAM TRAUTENMÜLLER  
Avaliador Interno Pós-Doc (UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ)

Assinatura Eletrônica  
26/05/2020 12:31:59.0  
CLAUDETE REISDÖRFER LANG  
Avaliador Externo (UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ)

Assinatura Eletrônica  
26/05/2020 13:48:10.0  
ALEXANDRE BEHLING  
Avaliador Externo (UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ - UFPR)

Rua dos Funcionários, 1540 - CURITIBA - Paraná - Brasil  
CEP 80035-050 - Tel: (41) 3350-5601 - E-mail: [pgapv@ufpr.br](mailto:pgapv@ufpr.br)

Documento assinado eletronicamente de acordo com o disposto na legislação federal Decreto 8539 de 08 de outubro de 2015.

## AGRADECIMENTOS

Ao longo da vida construímos valores, inicialmente por meio de ensinamentos advindos dos pais, familiares e pessoas próximas. Com o passar do tempo, novas atribuições são exigidas, expandimos nossos horizontes, que não mais se limitam aos conhecimentos adquiridos em nossos lares. Anos se passaram e muitos foram os professores, mestres e doutores, que orientaram nossos caminhos na busca do aprendizado, e aos poucos, construímos anseios, aprimoramos habilidades, direcionando a vida através dos valores concretizados. Temos essas lembranças muito claras, dos momentos que marcaram nossas vidas, na qual tivemos que superar por meio de esforços, dedicação, no sentido do dever cumprido. Devemos ter em mente que nada nesta vida é em vão. Aprendemos que cada passo se torna uma conquista, e este é o sentido maior à vida, desejos que se realizam e nos inspiram para novos desafios.

No presente concretizo um grande sonho cujos esforços se deram desde as lembranças do passado. Em outrora, ainda na graduação, tive a grata oportunidade da amizade e aprendizado através do professor Doutor Anibal de Moraes, atual orientador, despertando e estimulando meus interesses para novos estudos na qual vivencio grandes amizades, compartilhando conhecimentos, trabalho e lazer.

Deixo em especial meus agradecimentos ao programa de Pós-Graduação em Agronomia - Produção Vegetal, bem como ao Jonathan William Trautenmüller, Silvano Kruchelski, pelas contribuições aos estudos realizados, e ao SIMEPAR – Sistema Meteorológico do Paraná, no fornecimento da base de dados das temperaturas registradas na região de Pinhais no município de Curitiba.

Dedico este título à minha família, pai (*in memoriam*), mãe, que muito contribuíram ao longo da vida para esta conquista; esposa e filho, através do apoio e estímulo ao período dedicado aos estudos, bem como aos professores, servidores, profissionais, alunos e amigos que diretamente ou indiretamente estiveram presentes ao longo desse período.

## BIOGRAFIA

Carlos Alberto Cavichiolo Franco, filho de José Juvenal de Salles Franco (*in memoriam*) e Nilza Cavichiolo Franco, nasceu em 28 de novembro de 1967 na cidade de Curitiba, Paraná.

### Dados Curriculares:

1988/1993 Técnico em Eletrotécnica - Centro Federal de Educação Tecnológica do Paraná – CEFET, Curitiba - PR.

1990/1994 Trabalhou como projetista elétrico em empresa familiar – Sanerio Construções e Empreendimentos Ltda.

1995/1999 Graduação em Bacharelado em Informática - Universidade Positivo, Curitiba - PR.

1995/1996 Trabalhou como consultores técnico em telecomunicações e redes de dados na empresa Sofhar Telecomunicações Ltda.

1997 Ingressou como Servidor Federal na área técnica em Microinformática – UFPR.

1999/2000 Especialização em Teleinformática e Redes de Dados - Centro Federal de Educação Tecnológica do Paraná – CEFET, Curitiba - PR.

2000/2002 Atuou como Especialista em Teleinformática e redes de dados na empresa Ericsson do Brasil S.A.

2003/2005 Reingressou como Servidor Federal com cargo de chefia no Centro de Computação Eletrônica na Divisão de Suporte em Sistema – UFPR.

2005/2011 Graduação em Engenharia Agrônoma - Universidade Federal do Paraná, Curitiba - PR.

2011/2020 Servidor Federal na área técnica em microinformática no Centro de Computação Eletrônica – Lotação Reitoria - UFPR

2018/2020 Pós-Graduação com título de Mestrado na Engenharia Agrônoma no setor de Fitotecnia, com ênfase na Produção Vegetal em Sistemas Integrados, Universidade Federal do Paraná, Curitiba - PR.

## RESUMO

Cada vez mais a humanidade enfrenta desafios para produzir alimentos, energia, fibras, produtos madeireiros, em equilíbrio aos recursos naturais, principalmente, devido aos extremos climáticos advindos do aquecimento global. Com isso, um dos grandes desafios da silvicultura é suprir a demanda de energia e produtos renováveis de origem florestal. A introdução de espécies florestais de rápido crescimento se torna um dos meios para aumentar a oferta de produtos madeireiros. Um dos maiores desafios no subtropical do Brasil está relacionada a frequente ocorrência de geadas, que, por muitas vezes pode acabar por inviabilizar o plantio de espécies florestais do gênero *Eucalyptus*. Assim, o presente trabalho teve por objetivo avaliar o desenvolvimento da espécie *Eucalyptus saligna*, sob diferentes manejos, decorrente de danos causados por sucessivas geadas ocorridas após 6 meses do plantio. O trabalho foi desenvolvido na Fazenda Experimental Canguiri - UFPR, no Núcleo de Inovação Tecnológica Agropecuária - NITA, área destinada à pesquisa a campo em Sistemas Integrados de Produção Agropecuária localizada em área de proteção ambiental. As avaliações buscaram responder as seguintes questões: 1) Áreas sujeitas a geadas em propriedades florestais podem cultivar a espécie *E. saligna*, sem comprometer rendimento? 2) A decepta e condução de rebrote do *E. saligna* permite a recuperação do crescimento, volume de produção e qualidade do fuste? A área experimental consistiu em maciço florestal com 96 árvores avaliadas, arranjo espacial de 3 metros entre linhas e 2 metros entre plantas, sendo o delineamento experimental de blocos casualizados com 6 blocos, 4 tratamentos e 4 árvores avaliadas por tratamento, disposto em esquema fatorial (4x5), 4 tratamentos e 5 períodos de avaliação. Os tratamentos impostos para avaliar as hipóteses foram: 1) com decepta caulinar e um broto; 2) com decepta caulinar e 2 brotos; 3) sem decepta e 1 broto vigoroso e; 4) com árvores que mantiveram seu estado natural, sem decepta caulinar, todas sofreram a ação de sucessivas geadas durante o período de formação. As variáveis avaliadas foram: diâmetro a 1,3 m do solo (DAP), altura da árvore, volume de madeira, índices de danos por geadas e tortuosidade no caule. Análises estatísticas: variância (ANOVA), comparação entre médias Tukey, homogeneidade da variância Bartlett, teste inferencial Qui-quadrado, correlações de Pearson e Spearman, normalidade Shapiro-wilk. Foram registradas em 2013 temperaturas mínimas inferiores a 5°C entre os meses de maio a setembro, e precipitações abaixo do esperado nos meses de julho e agosto com acúmulo inferior a 50 mm.mês<sup>-1</sup>. Os resultados evidenciaram nas idades nos meses avaliados: 24, 28, 32, 44, 67, médias superiores em diâmetro a altura do peito (DAP), altura de árvore e volume de madeira, para o tratamento 4, árvores que mantiveram o estado de origem, sem sofrer ação da decepta caulinar. Índice de danos por geada apresentou significância entre diâmetro a altura do peito (DAP) e altura da árvore, porém não apresentou significância quanto à tortuosidade caulinar. Conclui-se que árvores de *Eucalypto saligna* Smith acometidas por geadas no período de formação, não decorrendo em morte fisiológica, podem permanecer no seu estado de origem, sem intervenção na estrutura física por meio da decepta caulinar e condução de novas brotações.

Palavras-chave: *E. saligna*, subtropical, geada, manejo.

## ABSTRACT

More and more humanity faces challenges to produce food, energy, fibers, timber products, in balance with natural resources, mainly due to climatic extremes arising from global warming. With this, one of the great challenges of silviculture is to supply the demand for renewable energy and products of forest origin. The introduction of fast-growing forest species becomes one of the means to increase the supply of wood products. One of the biggest challenges in the subtropic of Brazil is related to the frequent occurrence of frosts, which, many times, may end up making the planting of forest species of the genus *Eucalyptus* unfeasible. Thus, the present study aimed to evaluate the development of the species *Eucalyptus saligna*, under different managements, due to damage caused by successive frosts that occurred after 6 months of planting. The work was developed at Fazenda Experimental Canguiri - UFPR, at the Center for Agricultural Technological Innovation - NITA, an area for field research in Integrated Agricultural Production Systems located in an area of environmental protection. The evaluations sought to answer the following questions: 1) Areas subject to frost on forest properties can cultivate the species *E. saligna*, without compromising yield? 2) Does the decapping and regrowth of *E. saligna* allow for recovery of growth, production volume and stem quality? The experimental area consisted of a forest mass with 96 evaluated trees, a spatial arrangement of 3 meters between lines and 2 meters between plants, with the experimental design of randomized blocks with 6 blocks, 4 treatments and 4 trees evaluated per treatment, factorial scheme (4x5), 4 treatments and 5 evaluation periods. The imposed treatments to evaluate the hypotheses were: 1) with stem cut and a sprout; 2) with stem cut and 2 sprouts; 3) without chopping and 1 vigorous bud and; 4) with trees that maintained their natural state, without stem cut, all suffered the action of successive frosts during the formation period. The variables evaluated were: diameter at 1.3 m from the ground (DAP), height of the tree, volume of wood, index of damage by frost and tortuosity in the stem. Statistical analysis: variance (ANOVA), comparison between Tukey means, homogeneity of Bartlett variance, Chi-square inferential test, Pearson and Spearman correlations, Shapiro-wilk normality. In 2013, minimum temperatures below 5°C were recorded between May and September, and below-expected rainfall in the months of July and August with an accumulation of less than 50 mm.month<sup>-1</sup>. The results showed in the ages in the evaluated months: 24, 28, 32, 44, 67, upper averages in diameter at breast height (DAP), tree height and wood volume, for treatment 4, trees that maintained the state of without suffering the action of stem cut. Frost damage index showed significance between diameter at breast height (DAP) and height of the tree, however it did not show significance regarding stem tortuosity. It is concluded that *Eucalyptus saligna* Smith trees affected by frosts during the formation period, not resulting in physiological death, can remain in their original state, without intervention in the physical structure through stem cutting and conduction of new shoots.

Key-words: *E. saligna*, subtropic, frost, management.

## LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1 - DESENHO EXPERIMENTAL COM DISPOSIÇÃO DOS TRATAMENTOS, BLOCOS E PLANTAS DE AVALIAÇÃO EM EXPERIMENTO DESENVOLVIDO COM <i>E. saligna</i> . ....	24
FIGURA 2 - IMAGEM REPRESENTATIVA PARA A ESTIMATIVA DA ALTURA DE ÁRVORE. ....	26
FIGURA 3 - BOX-PLOT DAS VARIÁVEIS DIÂMETRO À 1,3 M DO SOLO (DAP), ALTURA DE ÁRVORE E VOLUME DE MADEIRA DE ÁRVORES PADRONIZADAS NOS DIFERENTES TRATAMENTOS (T1, T2, T3 E T4) EM POVOAMENTO DE <i>E. saligna</i> . ....	31
FIGURA 4 - DISTRIBUIÇÕES DE FREQUÊNCIAS DAS VARIÁVEIS DIÂMETRO À 1,3 M DO SOLO (DAP), ALTURA DE ÁRVORE E VOLUME DE MADEIRA DE ÁRVORES EM POVOAMENTO DE <i>E. saligna</i> COM 67 MESES DE IDADE. ....	32
FIGURA 5 - CURVAS DE TENDÊNCIA DAS VARIÁVEIS DIÂMETRO À 1,3 M DO SOLO (DAP), ALTURA DE ÁRVORE E VOLUME DE MADEIRA DE ÁRVORES MÉDIAS AMOSTRADAS NOS DIFERENTES TRATAMENTOS (T1, T2, T3 E T4) EM POVOAMENTO DE <i>E. saligna</i> . ....	35
FIGURA 6 - PRECIPITAÇÃO E TEMPERATURAS (MÁXIMA, MÉDIA E MÍNIMA) MENSAIS ENTRE OS MESES DE MAIO A OUTUBRO DOS ANOS DE 2013 E 2014 REGISTRADOS NA ESTAÇÃO METEOROLÓGICA DO SIMEPAR EM PINHAIS-PR. ....	38
FIGURA 7 - PRECIPITAÇÃO E TEMPERATURAS (MÁXIMA, MÉDIA E MÍNIMA) SEMANAIS ENTRE OS MESES DE MAIO A OUTUBRO DOS ANOS DE 2013 E 2014 REGISTRADOS NA ESTAÇÃO METEOROLÓGICA DO SIMEPAR EM PINHAIS-PR. ....	39
FIGURA 8 - PRECIPITAÇÃO E TEMPERATURAS (MÁXIMA, MÉDIA E MÍNIMA) DIÁRIAS ENTRE 1 DE MAIO E 30 DE OUTUBRO DOS ANOS DE 2013 E 2014 REGISTRADOS NA ESTAÇÃO METEOROLÓGICA DO SIMEPAR EM PINHAIS-PR. ....	40

FIGURA 9 - FREQUÊNCIA DOS DANOS ACARRETADOS NAS ÁRVORES DE <i>E. saligna</i> SMITH POR OCORRÊNCIA DE GEADAS SEVERAS NO PRIMEIRO ANO DE FORMAÇÃO DO POVOAMENTO. ....	42
FIGURA 10 - FREQUÊNCIA DOS DANOS ACARRETADOS NAS ÁRVORES DE <i>E. saligna</i> SMITH POR OCORRÊNCIA DE GEADAS SEVERAS NO PRIMEIRO ANO DE FORMAÇÃO DO POVOAMENTO. ....	43
FIGURA 11 - ESCORE DE DANOS POR GEADA, DAP, ALTURA DE ÁRVORE E TRATAMENTO. ....	47
FIGURA 12 - FREQUÊNCIA POR ÍNDICE DE TORTUOSIDADE POR TRATAMENTO. ....	48
FIGURA 13 - ESCORE DE DANOS POR GEADA, TORTUOSIDADE CAULINAR E TRATAMENTO. ....	50
FIGURA 14 - MÉDIAS DE DAP E ALTURA DE ÁRVORE ENTRE BLOCOS. ....	60
FIGURA 15 - DECLIVIDADE DO TERRENO NO EXPERIMENTO <i>E. saligna</i> SMITH – NITA. ....	61
FIGURA 16 - HOMOGENEIDADE ENTRE DAP E ALTURA DA ÁRVORE. ....	61

## LISTA DE TABELAS

TABELA 1 - TRATAMENTOS ESTABELECIDOS NO EXPERIMENTO COM <i>E. saligna</i> APÓS OCORRÊNCIA DE GEADAS NA FORMAÇÃO DO POVOAMENTO. ....	24
TABELA 2 - CRITÉRIOS PARA ANÁLISE DE DANOS POR GEADA EM EXPERIMENTO COM A ESPÉCIE DE <i>E. saligna</i> COM A OCORRÊNCIA DE GEADAS NO PERÍODO DE FORMAÇÃO DO POVOAMENTO. ....	25
TABELA 3 - CRITÉRIOS PARA ANÁLISES DO DIÂMETRO À 1,3 METROS DO SOLO (DAP) E ALTURA DAS ÁRVORES DE <i>E. saligna</i> COM A OCORRÊNCIA DE GEADAS NO PERÍODO DE FORMAÇÃO DO POVOAMENTO. ....	25
TABELA 4 - CRITÉRIOS PARA ANÁLISE DE TORTUOSIDADE DO CAULE DE ÁRVORES DE <i>E. saligna</i> ACOMETIDAS POR GEADAS NO PERÍODO DE FORMAÇÃO DO POVOAMENTO. ....	27
TABELA 5 - CRITÉRIOS PARA ANÁLISES DE DANOS POR GEADA E TORTUOSIDADE DAS ÁRVORES DE <i>E. saligna</i> ACOMETIDAS POR GEADAS NO PERÍODO DE FORMAÇÃO DO POVOAMENTO. ....	27
TABELA 6 - OPERAÇÕES E MANEJOS REALIZADOS NO EXPERIMENTO. ....	28
TABELA 7 - ANÁLISE DE VARIÂNCIA COM PARCELAS SUBDIVIDIDAS NO TEMPO PARA AS VARIÁVEIS DIÂMETRO À 1,3 M DO SOLO (DAP), ALTURA E VOLUME DE ÁRVORE SOB DIFERENTES FORMAS DE CONDUÇÃO DA REBROTA EM POVOAMENTO DE <i>E. saligna</i> ACOMETIDOS POR GEADAS NO PRIMEIRO ANO DE FORMAÇÃO. ....	32
TABELA 8 - TESTE DE TUKEY PARA COMPARAR AS MÉDIAS DO DIÂMETRO A 1,3 M DO SOLO (DAP), ALTURA DE ÁRVORE E VOLUME DE MADEIRA EM PLANTIO DE <i>E. saligna</i> ACOMETIDO POR GEADA NO PRIMEIRO ANO DE FORMAÇÃO. ....	33
TABELA 9 - TESTE F PARA IDENTIFICAR O GRAU DA EQUAÇÃO PARA DESCREVER AS TENDÊNCIAS DAS VARIÁVEIS DIÂMETRO A 1,3 M DO SOLO (DAP), ALTURA DE ÁRVORE E VOLUME DE MADEIRA EM PLANTIO DE <i>E. saligna</i> ACOMETIDO POR GEADA NO PRIMEIRO ANO DE FORMAÇÃO. ....	34

## SUMÁRIO

<b>1. INTRODUÇÃO</b> .....	<b>14</b>
<b>2. REVISÃO DA LITERATURA</b> .....	<b>17</b>
2.1 A Espécie <i>Eucalypto saligna</i> Smith .....	17
2.2 Ambiente e Comportamento da Espécie .....	18
2.3 Vigor das cepas .....	19
2.4 Manejo e Condução .....	19
<b>3. MATERIAL E MÉTODOS</b> .....	<b>23</b>
3.1 Descrições da área .....	23
3.2 Variações de temperatura .....	23
3.3 Delineamento experimental .....	23
3.4 Critérios de Controle .....	24
3.4.1 Tratamentos .....	24
3.4.2 Análise de danos por geada .....	24
3.4.3 Avaliação do diâmetro à 1,3 m do solo (DAP) e altura total da árvore .....	25
3.4.4 Medições da altura da árvore .....	25
3.4.5 Volume da madeira (m <sup>3</sup> ) .....	26
3.4.6 Critérios para Tortuosidade .....	26
3.4.7 Danos por geada e tortuosidade .....	27
3.5 Operações e manejo .....	27
3.6 Estatísticas .....	29
<b>4. RESULTADOS E DISCUSSÕES</b> .....	<b>30</b>
4.1 Variáveis dendrométricas .....	30
4.2 Variáveis meteorológicas .....	37
4.3 Danos de geada .....	41
4.4 Correlação de variáveis dendrométricas com danos de geada .....	44
4.5 Avaliações de tortuosidade caulinar .....	48
<b>5. CONCLUSÃO</b> .....	<b>51</b>
<b>6. RECOMENDAÇÕES</b> .....	<b>52</b>
<b>7. REFERÊNCIAS</b> .....	<b>53</b>
<b>8. ANEXOS</b> .....	<b>60</b>
8.1 Homogeneidades entre DAP, altura e arranjo espacial .....	60
8.2 Análises Estatísticas .....	63

8.3 Fotos ilustrativas das avaliações no campo.....	68
8.4 Fotos ilustrativas campo experimental.....	69
8.5 Fotos ilustrativas das árvores avaliadas .....	70

## 1. INTRODUÇÃO

Cada vez mais a humanidade enfrenta desafios para produzir alimentos, energia, fibras, produtos madeireiros, em equilíbrio aos recursos naturais. Nesse sentido são diversos os incentivos mundiais na difusão da pesquisa para o desenvolvimento de projetos, protocolos e técnicas, que viabilizem recursos sustentáveis, conservando a biodiversidade, gerando energias renováveis e mitigando impactos ambientais pela emissão de gases poluentes (MMA, 2005).

Com alta competitividade em seus produtos, tanto no mercado interno quanto externo, o Gênero *Eucalyptus* tem sido um grande atrativo e preferencialmente utilizado devido ao seu rápido crescimento quando comparado a outras espécies, apresentando ciclos médios de corte, diversidade no uso da madeira, produtividade, capacidade de adaptação às diferentes regiões e apresentando potencial econômico com menores custos e maiores taxas de retorno ao investidor (SOARES, 2010).

Atualmente o Brasil detém aproximadamente 12% das florestas mundiais com média de 493,5 milhões de hectares, das quais, a maior parte ainda consiste de florestas nativas. Com área estimada em 7,8 milhões de hectares, entre florestas homogêneas, se destacam as espécies *Pinus* e *Eucalyptus*, compondo 72,3% para eucaliptocultura e 20,2% pinocultura, cuja representatividade territorial por região à espécie *Eucalyptus*, compreende: região Sudeste (54,2%), Nordeste (16,4%), Centro-Oeste (12,2%), Sul (11,8%) e Norte (5,5%), o que representa 1% do uso da terra no território nacional (CEPEA, 2017; ABRAF, 2014).

No Paraná, áreas destinadas à silvicultura, possui aproximadamente 1 milhão de hectares, representando 5,4% do uso da terra, com maior cultivo em propriedades com área inferior a 5 hectares, o que representa, 72,7% dos produtores do Estado. Entretanto a região Centro-sul que compreende os núcleos regionais de Curitiba, Guarapuava, Irati, Laranjeiras do Sul, Pato Branco, Ponta Grossa, União da Vitória, possui a maior representatividade florestal com 83,6%, havendo uma inversão do predomínio entre as espécies homogêneas cultivadas quando comparado ao território Nacional, com 61,3% para o *Pinus* com aproximadamente 653 mil hectares e 31,9% para o *Eucalipto* com cerca de 340 mil hectares (IFPR, 2015; IBÁ, 2015).

O Brasil detém as melhores tecnologias na silvicultura e liderança no *ranking* em produtividade florestal, com a média de  $39 \text{ m}^3.\text{ha}^{-1}.\text{ano}^{-1}$  para *Eucalyptus*, e  $31 \text{ m}^3.\text{ha}^{-1}.\text{ano}^{-1}$  para *Pinus*. Desde 2016 é o segundo maior produtor mundial de celulose, destinando ao mercado externo 2/3 da produção, sendo 34% para empresas do segmento de celulose e papel e 26,8% para pequenos e médios produtores, os quais investem como fonte de renda a partir da comercialização da madeira *in natura* (IBÁ, 2017).

Como matéria prima industrial, o setor que inclui pisos, painéis de madeira, papel, celulose, madeira serrada e carvão vegetal, cresceu 13,1% em relação a 2017, alcançando uma receita total de R\$ 86,6 bilhões, o que representa 1,3% do PIB e 6,9% do PIB industrial (IBÁ, 2019). Entretanto, sua importância vai além dos aspectos econômicos, considerando-se que as florestas são altamente benéficas para o meio ambiente.

O crescimento de áreas florestais se dá pela inclusão de novos conceitos e conhecimentos que visam a sustentabilidade e equilíbrio ao meio através da diversidade, integrando sistemas de produção. De acordo com a Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária, o eucalipto consegue adsorver o carbono da atmosfera, além de ser uma das fontes mais eficientes e sustentáveis para a produção da biomassa lenhosa. O Paraná utiliza o conceito que a integração do cultivo florestal na agricultura convencionais, proporcionando desenvolvimento, inclusão social no meio rural, preservando o ambiente e melhorando a economia (IFPR, 2016).

As hipóteses propostas foram: as áreas sujeitas a geadas em propriedades florestais podem cultivar a espécie *E. saligna*, sem comprometer rendimento? A decepta e condução de rebrote do *E. saligna* permite a recuperação do crescimento, volume de produção e qualidade do Fuste?

O objetivo deste trabalho tem como premissa avaliar a resposta do *E. saligna* cuja representatividade da atividade silvícola predomina entre pequenos produtores do Estado do Paraná, em área que sofreu ação por sucessivas geadas no período de formação pós-plantio e reavaliado ao longo de seis anos em tratamentos submetidos a decepta caulinar com diferenciação na condução de brotos e testemunho.

Os objetivos específicos foram: (i) avaliar as diferentes formas de manejo na condução da brotação das árvores afetadas pelas geadas (com e sem decepta caulinar); (ii) avaliar entre os diferentes tratamentos a resposta da planta com relação ao seu desenvolvimento, tais como: DAP, altura da árvore, volume de madeira, homogeneidade e qualidade do fuste através de escore e frequência pelos índices de danos por geada e tortuosidade caulinar.

## 2. REVISÃO DA LITERATURA

### 2.1 A Espécie *Eucalypto saligna* Smith

Em função da qualidade da madeira, o *E. saligna* Smith é a segunda espécie mais utilizada no Brasil, cerca de 17% na produção, seguido pela espécie *E. grandis* que apresenta 55% (EMBRAPA FLORESTA, 2017). A espécie *E. saligna* está presente na região litorânea e nos vales das cadeias montanhosas próximas ao litoral de New South Wales, e ao sul de Queensland. A distribuição natural da espécie situa-se entre as latitudes de 28 a 35°S, em altitudes que variam desde o nível do mar até 1000 m. Precipitação pluviométrica entre 800 a 1200 mm, com chuvas uniformes e distribuídas ao longo do ano, temperaturas nos períodos mais quentes entre 28 a 30°C e nas estações frias entre 3 a 4°C, com geadas médias anuais entre 5 a 10 ocorrências (IPEF, 1979).

Com características de maior robustez, quando comparado a outras espécies de eucalipto, o *E. saligna* possui altura média entre 30 a 55 m, podendo atingir mais de 2 metros de diâmetro à 1,3 m do solo (DAP), apresentando excelente forma do fuste, raízes profundas, podendo chegar entre 20 a 30 metros, e copa distribuída da metade ao terço final da altura da árvore (IPEF, 2014). Tal característica de enraizamento e deposição anual média de 15 toneladas de folhas secas por hectare permite a espécie transcolar elementos químicos de grandes profundidades para a superfície, proporcionando ciclagem de nutrientes e cobertura permanente do solo (ANDRADE, 1961).

Para o uso de madeira de melhor qualidade, no Brasil a colheita final se dá entre 16 a 20 anos, apresentando produção média de 500 m<sup>3</sup> com madeiras livres de nós, e dimensão das toras entre 6 a 9 metros de altura, com a presença de 250 a 350 árvores finais, numa população média inicial de 1100 a 1600 árvores por hectare, quando em maciço florestal. Desbastes iniciais somados ao remanescente da colheita final, destinados para fins menos exigentes, proporcionam colheita entre 300 a 350 m<sup>3</sup> de madeira para uso menos nobres e 500 m<sup>3</sup> de madeira para uso nobre, equivalente a 800 m<sup>3</sup> de madeira por hectare em 20 anos, cerca de 40 m<sup>3</sup> hectare/ano (REVISTA DA MADEIRA, 2010).

Indicada para múltiplos usos, a espécie *E. saligna* apresenta características de madeira clara com média densidade (ALZATE, 2004; MORA e GARCIA, 2000). Apresentando bom potencial para peças serradas, livre de defeitos, utilizada na indústria moveleira, uso aparente e esquadrias em geral (AMPARADO et al., 2008). Segundo Hawrley e Smith (1972), distorções na orientação das fibras e nós, são mais prejudiciais que qualquer outro fator, principalmente quando há maior espaçamento entre as árvores.

Quando nos baseamos no uso da terra através dos recursos disponíveis por meio de pequenos produtores, agricultura familiar, práticas silviculturais e manejos, muitas vezes tornam-se impeditivo devido ao custo e mão de obra exigida. Dessa forma, a adoção de novos conhecimentos, por meio da pesquisa, contribui às necessidades do mercado através de medidas de controle e técnicas, e ao mesmo tempo, garantindo os resultados esperados (MEDRADO et al., 2011).

O gênero *Eucalyptus*, originário da Oceania, apresentam cerca de 730 espécies botanicamente reconhecidas, porém para fins comerciais, não mais de 20 espécies são atualmente utilizadas em todo mundo. No Brasil, os plantios com florestas começaram há mais de um século. Em 1903, o pioneiro Navarro de Andrade trouxe mudas de Eucalipto (*Eucalyptus* spp.) para plantios que produziriam dormentes às estradas de ferro. A década de 70 foi marcada pela política de incentivos fiscais para o reflorestamento (EMBRAPA, 2019).

## 2.2 Ambiente e Comportamento da Espécie

Temperaturas baixas, podendo causar dano ao tecido vegetal, preconiza a ação das geadas, na qual variam através da intensidade, duração, estágio de desenvolvimento e resistência da cultura (PEREIRA et al., 2001). Geadas com maior intensidade são comuns no inverno, porém, as geadas que ocorrem no outono e na primavera são as que causam maiores danos às espécies vegetais (DA ROS et al., 2018).

Quanto às intempéries ao clima, *E. saligna* é tolerante a geadas leves, sendo a resistência à geada influenciada também pela idade da planta (SILVA, et al., 2005). Plantas muito jovem além de apresentar as estruturas mais próximas ao solo, onde as temperaturas são mais baixas, tecidos responsáveis por conferir maior resistência

e sustentação, encontram-se na forma jovial, com poucas estruturas de proteção, lignificação na parede secundária do esclerênquima encontrada em raízes, caule, folhas e sementes. À medida que a planta cresce os tecidos cambiais ficam mais protegidos por uma camada mais densa do súber, com isso, o eucalipto com idade acima de dois anos tende a resistir mais ao frio. O súber oferece proteção de isolamento térmico à árvore, onde a casca externa evita o dano ao câmbio e ao floema. (APEZZATO e CARMELLO, 2003).

Documento registrado pela Embrapa, intitulado “Eucaliptos indicados para plantio no Estado do Paraná” sob orientação de Paludzszyn et al. (2006), informam que *E. dunnii* é indicado para plantios em regiões com temperaturas mínimas absolutas de até -5°C sob condições de aclimatação, suportando até 22 geadas anuais contra 8 geadas anuais de *E. saligna* (FAO, 1981). A espécie *E. saligna* apresenta alta capacidade de rebrote, decorrente da presença de protuberâncias que contém elementos de reserva e gemas dormentes, denominadas lignotuber, presente na região do colo de algumas espécies (IPEF,2008). Segundo Balloni & Silva (1978), ausência do lignotuber não impossibilita vigor na brotação, porém em condições adversas de clima e solo, estas protuberâncias passam a ter importância à manutenção da sobrevivência da touça.

### 2.3 Vigor das cepas

Baseado nos autores Graça e Toth (1990), a altura e o número de brotações, define o vigor das cepas. A robustez por meio do vigor da brotação é influenciada pelo diâmetro da cepa, bem como o sistema radicular na fase inicial de crescimento da planta através de reservas, sendo o broto mais vigoroso definido com maior diâmetro e altura, havendo três fatores condicionantes ao desenvolvimento das cepas: genéticos, operacionais e ambientais, das quais determinam as fases de brotação: emissão, estabelecimento e crescimento (STAPE, 1997).

### 2.4 Manejo e Condução

Para a obtenção de madeira com maior valor agregado, é necessário manejo florestal adequado através de práticas tais como: desrama artificial (poda) ou natural, desbaste sistêmico e ou seletivo. Denominada desrama ou poda, tem por objetivo

reduzir a incidência de nós e tortuosidade no caule para obtenção de fuste com melhor qualidade. Essa prática visa produção de madeiras mais nobres, eliminando ramos laterais e concentrando os nós mais próximos da medula ou cerne nodoso (FOELKEL, 2010). Em média, a primeira desrama é realizada entre os 15 e 18 meses após o plantio, retirando-se os ramos do terço inferior da copa, entre 2,5 a 3 metros, com ramos vivos não mais que 15 mm de diâmetro, padrões alcançados através de bons genótipos, mudas e manejo. Por outro lado, a antecipação do período da poda, ou poda precoce, acaba promovendo perda em produtividade na floresta, onde os ramos encontram-se ainda efetivos à realização da fotossíntese. Desramas subsequente deve obter fuste livre entre 4 a 8 metros, sendo realizada em árvores com potencial para madeira serrada e ou laminação (OLIVEIRA NETO e PAIVA, 2010; IPEF, 2008).

A poda dos ramos melhora a qualidade da madeira, admitindo-se alguma perda no crescimento em diâmetro, porém pouco interferindo no crescimento em altura, com redução na conicidade do caule, permanecendo mais cilíndrica, sendo uma prática muito importante na silvicultura (FOELKEL, 2010). Porém afeta a fisiologia da árvore com a diminuição da capacidade fotossintética através da remoção parcial de ramos ativos, reduzindo o índice de área foliar (IAF), sendo este a razão entre o acúmulo de biomassa, cobertura foliar, com a unidade de superfície projetada no solo ( $m^2/m^2$ ). Para a espécie *Eucalyptus* este valor varia entre 2 a 5  $m^2$  folhas por 1  $m^2$  de solo. Sendo o índice de área foliar um dos principais parâmetros fisiológicos relacionados com estimativa de produção agrícola e florestal (LANDSBERG e SANDS, 2011).

A poda se faz normalmente ao final do inverno e início da primavera, evitando períodos com geadas, proliferação de insetos, fungos e demais pragas. Muitos produtores optam em podar no período de inverno, por possuir maior disponibilidade de mão de obra, porém com maiores riscos. Não é aconselhável podar no verão devido a casca das árvores estarem mais soltas, facilitando injúrias que pode resultar em feridas com difícil cicatrização.

Não há consenso quanto à proporção da copa a ser removida pela desrama artificial. Normalmente se faz através da altura das árvores, com desrama entre 30 a 70% da altura total, sendo que a média mais utilizada é de 50%, o que corresponde entre 35 a 45% do índice de área foliar presente. Podas acima de 60% possui relação

direta com volume superior a 50% de folhas ativas produtivas, podendo afetar a produtividade da floresta em especial o crescimento em DAP (REVISTA DA MADEIRA, 2010). Por outro lado, a desrama pode proporcionar ameaça por árvores vizinhas não podadas, decorrente da penetração da luz no interior do dossel, o que favorece a conversão fotossintética de ramos mais baixos não podados. Devido a este fator, muitos técnicos optam por podar todas as árvores da floresta. Medida mais onerosa, porém, mais produtiva, podendo-se deixar de podar árvores muito dominadas com baixo índice de sucesso (FOELKEL, 2010).

A desrama natural ocorre devido o descarte de ramos improdutivos. Em florestas cultivadas esse processo é acelerado devido à competição entre árvores, ocorrendo a morte de ramos laterais mais baixos. Com o crescimento em diâmetro do caule os tecidos de xilema circundam a base dos ramos, formando os nós da madeira, ao qual constitui defeitos da madeira podendo servir para penetração de patógenos, apodrecimento, alterando a cor e resistência da madeira (REVISTA DA MADEIRA, 2010).

O desbaste pode ser sistêmico ou seletivo. O desbaste seletivo consiste na retirada de árvores que apresentam fatores desfavoráveis quando para uso mais nobres, tais como: menor desenvolvimento em diâmetro e altura, irregularidades no fuste através da tortuosidade, bifurcação, maior presença de nó, atacadas por praga e ou doenças, de forma a manter na área as árvores com maior qualidade, permitindo a planta expressar seu potencial em crescimento e rendimento da madeira. O desbaste sistêmico consiste em retirar árvores de forma ordenada ou de acordo com um espaçamento preestabelecido, devendo ser reduzido ao longo do tempo, com menor número de árvores e mais vezes durante o ciclo florestal. Sugere-se entre dois a três desbastes em ciclo de doze anos. Na fase jovem o eucalipto apresenta melhor resposta ao crescimento e é neste período que os desbastes são mais acentuados, aumentando-se a área útil por árvore. Os desbastes precoces devem ser evitados por prejudicarem a forma regular da copa, estimular brotações laterais, e aumenta a possibilidade de quebra das árvores mais delgadas (REVISTA DA MADEIRA, 2003).

No Brasil, muitas áreas de eucalipto destinadas à produção de carvão vegetal, bem como para celulose e papel, são manejadas com condução de pelo menos uma decepa caulinar permitindo conduzir mais de um broto por cepa. O uso de decepa

apresenta taxa de crescimento inicial de brotações superior à de alto fuste, com menor custo na produção, dispensando preparo do solo e aquisição de mudas, com ciclo de corte mais curto, antecipando o retorno financeiro, porém com madeira de menor dimensão (TEWARI et al., 2004).

À adoção do sistema de decepta é recomendada para espécies com boa capacidade de rebrote, sendo em maior número às subdivisões Angiospermas, folhosas. São vários os fatores que influenciam a produtividade das cepas, sendo principalmente devido ao material genético, altura de corte das cepas, tipo do solo, face de exposição do terreno, sombreamento das cepas, ação de formigas cortadeiras e cupins, época de corte, mato-competição, danos às cepas e condições climáticas. (COUTO et al., 1973).

### 3. MATERIAL E MÉTODOS

#### 3.1 Descrições da área

O experimento foi conduzido com a espécie *E. saligna* Smith, na Fazenda Experimental Canguiri, pertencente a Universidade Federal do Paraná, localizada no município de Pinhais no estado do Paraná. Clima da região, conforme a classificação de Köppen, cfb, temperado com precipitação de origem oceânica, sem estação seca, com verões frescos e inverno moderado, em altitude de aproximadamente de 934,6 m do nível do mar, precipitação média anual de 1400 a 1600 mm (ALVARES et al., 2013). Cartograficamente localizada a 25°25'40" de latitude Sul e 49°16'23" de longitude Leste, com total de 3.668 m<sup>2</sup>.

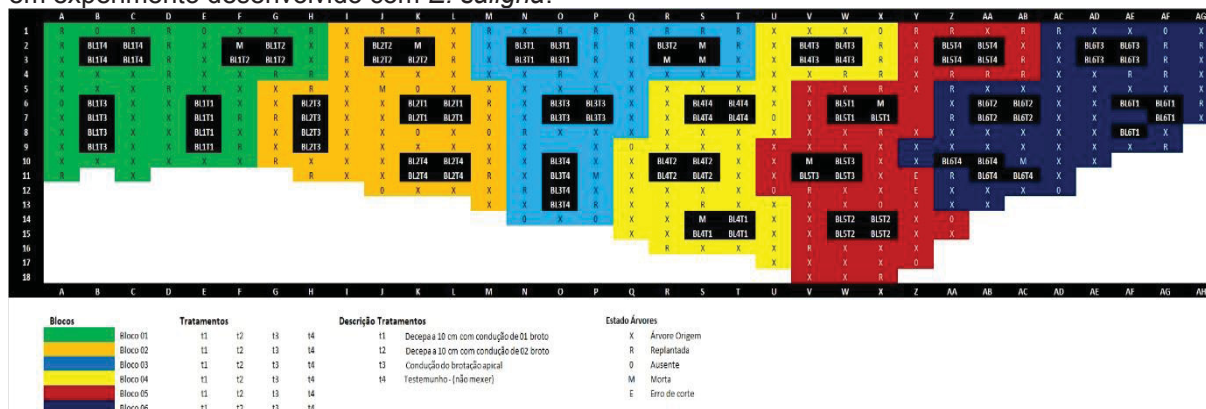
#### 3.2 Variações de temperatura

Foram avaliadas as temperaturas mínimas ao longo dos dois primeiros anos de implantação do experimento.

#### 3.3 Delineamento experimental

O arranjo espacial 3 x 2 m, 3 metros entre linhas e 2 metros entre plantas, com 428 árvores na área experimental. O delineamento experimental em blocos ao acaso com 4 tratamentos e 6 repetições, cada um contendo 4 árvores avaliadas, totalizando 96 árvores (FIGURA 1). O plantio foi realizado na primeira quinzena de novembro de 2012.

FIGURA 1 – Desenho experimental com disposição dos tratamentos, blocos e plantas de avaliação em experimento desenvolvido com *E. saligna*.



### 3.4 Critérios de Controle

#### 3.4.1 Tratamentos

Na TABELA 1 estão apresentados os diferentes tratamentos.

TABELA 1 - Tratamentos estabelecidos no experimento com *E. saligna* após ocorrência de geadas na formação do povoamento.

Tratamentos	Descrição
Tratamento 01	Decepa a 10 cm do solo e condução de um broto mais vigoroso.
Tratamento 02	Decepa a 10 cm do solo e condução de dois brotos mais vigorosos.
Tratamento 03	Plantas sem decepa com condução do broto mais vigoroso e desrama dos ramos inferiores.
Tratamento 04	Plantas sem decepa e sem condução de brotação, para servir de testemunho.

FONTE: Adaptado de (CACAU et al, 2008)

#### 3.4.2 Análise de danos por geada

Na TABELA 2 estão apresentadas as descrições e seu respectivos índices de danos acometidos pelas geadas.

TABELA 2 - Critérios para análise de danos por geada em experimento com a espécie de *E. saligna* com a ocorrência de geadas no período de formação do povoamento.

Índices	Descrição
3	Dano severo - Plantas sem folhas e queima caulinar.
2	Dano moderado - Plantas com pelo menos 50% das folhas caídas.
1	Dano baixo - Plantas com danos no meristema apical e manutenção de mais de 50% das folhas.
0	Ausência de danos pela ação das Geadas.

FONTE: Adaptado de (HIGA, R.C.V., 1998)

### 3.4.3 Avaliação do diâmetro à 1,3 m do solo (DAP) e altura total da árvore

Com auxílio de fita métrica foi estabelecida a medição em centímetros da circunferência do caule à 1,30 metros do solo (CAP) para cada árvore avaliada. Por meio dessa medida foi obtido o valor do diâmetro à 1,3 m do solo (DAP), aplicando-se a conversão:  $DAP = (CAP / \pi)$ , valor  $\pi = 3,1416$ .

Os valores atribuídos em nível de classe tanto para DAP quanto para altura da árvore, (TABELA 3), aplicou-se o método de Sturges, número de classes,  $NC = (1 + (3,333 \times \log(n)))$ ,  $n$  é igual ao número de indivíduos avaliados por tratamento. A amplitude se dá através da diferença entre o maior e menor valor atribuído ao tratamento. Na amplitude de classe aplica-se  $AC = ((\text{amplitude} + 0,1) / NC)$ .

TABELA 3 – Critérios para análises do diâmetro à 1,3 metros do solo (DAP) e altura das árvores de *E. saligna* com a ocorrência de geadas no período de formação do povoamento.

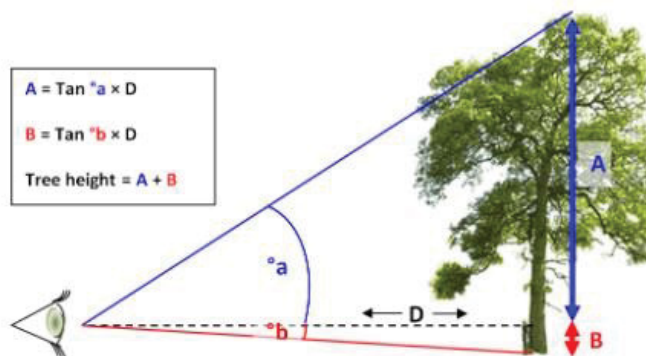
DAP				
Classe 01	Classe 02	Classe 03	Classe 04	Classe 05
8,40 – 10,90 cm	10,90 -13,40 cm	13,40 – 15,90 cm	15,90 – 18,40 cm	18,40 – 20,90 cm
Altura da árvore				
Classe 01	Classe 02	Classe 03	Classe 04	Classe 05
11,40 – 14,44 m	14,44 – 17,48 m	17,48 – 20,52 m	20,52 – 23,56 m	23,56 – 26,60 m

FONTE: Adaptado de (<http://www.mensuracaoflorestal.com.br/modelo-de-distribuicao-diametrica>)

### 3.4.4 Medições da altura da árvore

Foi usado o Clinômetro, instrumento para medir altura de árvores. Para obter a altura é necessário utilizar a relação trigonométrica definida no triângulo retângulo chamado de tangente (tan), como mostra a (FIGURA 2).

FIGURA 2 - Imagem representativa para a estimativa da altura de árvore.



Fonte: cmq.esalq.usp.br

O Clinômetro fornece as tangentes dos ângulos de visada do topo ( $\tan a$ ) e da base ( $\tan b$ ). Com o conhecimento da distância do observador ( $D$ ) à árvore, é possível determinar a altura da árvore. Para esse trabalho foi utilizado 14 metros de distância do observador a base da árvore.

#### 3.4.5 Volume da madeira ( $m^3$ )

Cálculos para estimativa de produção em volume de madeira ( $m^3$ ) baseados no sistema *SisEucalipto saligna* desenvolvido pela Embrapa Floresta (EMBRAPA, 2014) está apresentado a seguir:

$$V (m^3) = 7,854E-5 \times DAP^2 \times 0,39 \times H$$

Onde: DAP é o diâmetro à 1,3 m do solo (cm) e H é altura da árvore (m).

#### 3.4.6 Critérios para Tortuosidade

Na TABELA 4 está apresentado os índices e suas descrições para a análise da tortuosidade caulinar das árvores avaliadas no presente trabalho.

TABELA 4 - Critérios para análise de tortuosidade do caule de árvores de *E. saligna* acometidas por geadas no período de formação do povoamento.

Índices	Descrição
3	Muito tortuosa – Condição cuja árvore apresente tortuosidade expressiva ao longo do Fuste desde sua base.
2	Média tortuosidade – Condição cuja árvore apresente tortuosidade moderada ao longo do Fuste.
1	Pouca tortuosidade – Condição em que a árvore apresenta pouca tortuosidade ao longo do caule até a copa.
0	Ausência de tortuosidade – Condição na qual não se observa tortuosidade no fuste até a copa da árvore.

FONTE: Adaptado de (<http://www.florestal.gov.br/metodologia>)

### 3.4.7 Danos por geada e tortuosidade

Os valores atribuídos quanto a presença de danos por geada e tortuosidade caulinar, (TABELA 5), foram obtidos por escore do índice e frequência nos 4 tratamentos entre os 6 blocos. Escore de danos por geada e tortuosidade, cada tratamento foi avaliado por meio dos índices: (3) Muito, (2) Médio, (1) Pouco, (0) Ausência, multiplicando-se cada índice pela frequência que varia na proporção 100% = 4; 75% = 3; 50% = 2 e 25% = 1, totalizando o número máximo de 4 árvores por tratamento.

TABELA 5 - Critérios para análises de danos por geada e tortuosidade das árvores de *E. saligna* acometidas por geadas no período de formação do povoamento.

Índice – Danos por geada				Níveis de Frequência			
Muito	Médio	Pouco	Ausente	100%	75%	50%	25%
<b>3</b>	<b>2</b>	<b>1</b>	<b>0</b>	<b>4</b>	<b>3</b>	<b>2</b>	<b>1</b>
Escore = (índice x Frequência)							
$\Sigma = ((\text{Muito Dano} \times \text{Freq}) + (\text{Médio Dano} \times \text{Freq}) + (\text{Pouco Dano} \times \text{Freq}))$							
Índice – Tortuosidade				Níveis de Frequência			
Muito	Médio	Pouco	Ausente	100%	75%	50%	25%
<b>3</b>	<b>2</b>	<b>1</b>	<b>0</b>	<b>4</b>	<b>3</b>	<b>2</b>	<b>1</b>
Escore = (índice x Frequência)							
$\Sigma = ((\text{Muito Tort} \times \text{Freq}) + (\text{Médio Tort} \times \text{Freq}) + (\text{Pouco Tort} \times \text{Freq}))$							

Fonte: Adaptado de (CARON et al., 2011)

### 3.5 Operações e manejo

Na TABELA 6 estão apresentadas as operações de plantio e manejo sequente da área experimental.

TABELA 6 - Operações e manejos realizados no experimento.

(continua)

Períodos e critérios aplicados ao experimento	
Data	Descrição
11/2012	Plantio da espécie <i>E. saligna</i> Smith.
02/11/2013	Decepa das plantas nos tratamentos 1 e 2.
02/11/2013	Avaliação das plantas com medição da altura total e diâmetro a 10 cm do solo.
16 a 20/12/2013	Coroamento de todas as plantas e tratamentos. Roçada do espaço entre plantas e linhas, bem como adubação em covetas laterais a 25 cm do caule, (NPK 8-20-20 - 150g por planta).
02/03/2014	Condução da brotação, desbrote para os tratamentos 1, 2 e 3, antecedida de roçada das plantas daninhas. Também foi avaliada a quantidade de plantas mortas desde a decepa.
05/2014	Todo experimento recebeu adubação a lanço: ureia (90 kg/ha <sup>-1</sup> de N), fosfato reativo de rocha (com 56 kg/ha <sup>-1</sup> de P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> ) e cloreto de potássio – KCl (com 120 kg/ha <sup>-1</sup> de K <sub>2</sub> O).
15/11/2014	Avaliados a altura de plantas e o perímetro de plantas a 1,30 m do solo, que permitiu calcular o DAP, volume de madeira (m <sup>3</sup> ).
12/2014	Ocorreu a homogeneização do experimento, sendo mantido somente um caule por árvore em todos os tratamentos, como também todas as árvores foram desramadas até a altura máxima de 3 metros, com o cuidado de desramar somente até 50% da altura da planta.
17/12/2014	Foram feitas adubações a lanço em toda a área experimental: ureia com 45% de Nitrogênio (400 kg/ha <sup>-1</sup> ), fosfato simples com 18% de fósforo (200 kg/ha <sup>-1</sup> ) e cloreto de potássio (200 kg/ha <sup>-1</sup> ).
18/03/2015	Avaliados a altura de plantas e o perímetro de plantas a 1,30 m do solo, que permitiu calcular o DAP, volume de madeira (m <sup>3</sup> ).
24/07/2015	Avaliados a altura de plantas e o perímetro de plantas a 1,30 m do solo, que permitiu calcular o DAP, volume de madeira (m <sup>3</sup> ).
10/2015	Adubação a lanço: ureia (200 kg/ha <sup>-1</sup> 45-0-0 N-P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> -K <sub>2</sub> O)
28/07/2016	Avaliados a altura de plantas e o perímetro de plantas a 1,30 m do solo, que permitiu calcular o DAP, volume de madeira (m <sup>3</sup> ).
09/2016	Foi feita roçada com uma roçadeira costal (entre plantas), e roçadeira tracionada por trator (entre linhas), no sentido de diminuir a intensidade de mato competição.
09/2016	Adubação a lanço: ureia (400 kg/ha <sup>-1</sup> 45-0-0 N-P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> -K <sub>2</sub> O)
09/2017	Foi feita roçada com uma roçadeira costal (entre plantas), e roçadeira tracionada por trator (entre linhas), no sentido de diminuir a intensidade de mato competição.
09/2017	Adubação a lanço: ureia (300 kg/ha <sup>-1</sup> 45-0-0 N-P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> -K <sub>2</sub> O)
03/2018	Avaliação das árvores amostrais e demarcação com identificação para novas coletas de dados a campo.
04/2018	Previamente à coleta de dados a campo foram feitas novamente roçadas com roçadeira costal (entre plantas), e roçadeira tracionada por trator (entre linhas), no sentido de diminuir a intensidade de competição com as plantas daninhas e facilitar as leituras de dados a campo.
04/2018	Foram feitas novas análises do maciço florestal através da altura de árvores e o perímetro do caule a 1,30 m do solo, que permitiu calcular DAP, área seccional à altura do peito e estimativa do volume de madeira (m <sup>3</sup> ).

TABELA 6 - Operações e manejos realizados no experimento.

(conclusão)

05/2018	Continuação das coletas a campo através da altura de árvores e o perímetro do caule a 1,30 m do solo, que permitiu calcular DAP, volume de madeira (m <sup>3</sup> ).
02/2019	Foram feitas novamente roçadas com uma roçadeira costal (entre plantas), e roçadeira tracionada por trator (entre linhas), no sentido de diminuir a intensidade de competição com as plantas daninhas entre linhas e na linha, e facilitando as leituras de dados a campo.
02/2019	Coleta de imagens individualizadas por árvores avaliadas, incluindo identificação do bloco e tratamento, constituindo duas fotos por árvore em alta resolução do fuste na posição da base ao DAP e DAP até a copa.
03/2019	Coletas de dados a campo para análises de qualidade do fuste, por meio de escore e frequência de tortuosidade, nó e bifurcação entre as árvores experimentais através de três avaliadores.

NOTA: Operações e manejos realizados na área experimental

### 3.6 Estatísticas

O experimento foi instalado utilizando o delineamento em blocos ao acaso contendo quatro tratamentos e seis repetições, disposto em esquema fatorial 4x5, ou seja, quatro tratamentos e cinco períodos de avaliação (24, 28, 32, 44 e 67 meses de idade), no esquema de parcelas subdivididas, onde a parcela foi representada pelos tratamentos e as subparcelas foram as idades de avaliação. Foi efetuado o teste de homogeneidade de variância por meio do teste de Bartlett, análise de variância (ANOVA), as médias foram comparadas pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade de erro. Teste inferencial de dados categóricos por meio do Qui-quadrado. Foi aplicado correlação de Pearson para análise entre variáveis paramétricas quantitativas. Correlação de Sperman para análise entre variáveis não paramétricas qualitativas. Foi aplicada a equação *SisSaligna* para estimativa de volume de produção de madeira em m<sup>3</sup> desenvolvida pela Embrapa Floresta. Utilizou-se para análise estatística dos resultados o programa R – Versão 4.0.2 e RStudio – Versão 1.2.1335.

## 4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

### 4.1 Variáveis dendrométricas

Na (FIGURA 3) ficou evidenciado a presença de *outliers* para as variáveis DAP (idades 44 e 67 meses), Altura (idades 28, 32, 44 e 67 meses) e volume (idades 24, 28, 44 e 67 meses). Foi verificado a maior amplitude dos dados para o tratamento 3 e no tratamento 4 o maior número de *outliers*, quando comparado aos demais tratamentos. Mas todas as análises estatísticas foram efetuadas sem a exclusão dos valores discrepantes (*outliers*). Na (FIGURA 4) pode-se observar a falta de tendência de distribuição normal para a variável volume de madeira, o teste de Bartlett rejeitou  $H_0$ , ou seja, não apresentou variâncias homogêneas ( $\chi^2=23,36^{**}$ ). A transformação dos dados por raiz quadrada resultou em variâncias homogêneas para o volume de madeira como demonstrado na (TABELA 7). Para as variáveis DAP e altura o valor de Qui-Quadrado, referente ao teste de Bartlett, foram não significativos, indicando que as variâncias foram homogêneas, não requerendo a transformação dos dados.

FIGURA 3 – Box-Plot das variáveis diâmetro à 1,3 m do solo (DAP), altura de árvore e volume de madeira de árvores padronizadas nos diferentes tratamentos (T1, T2, T3 e T4) em povoamento de *E. saligna*.

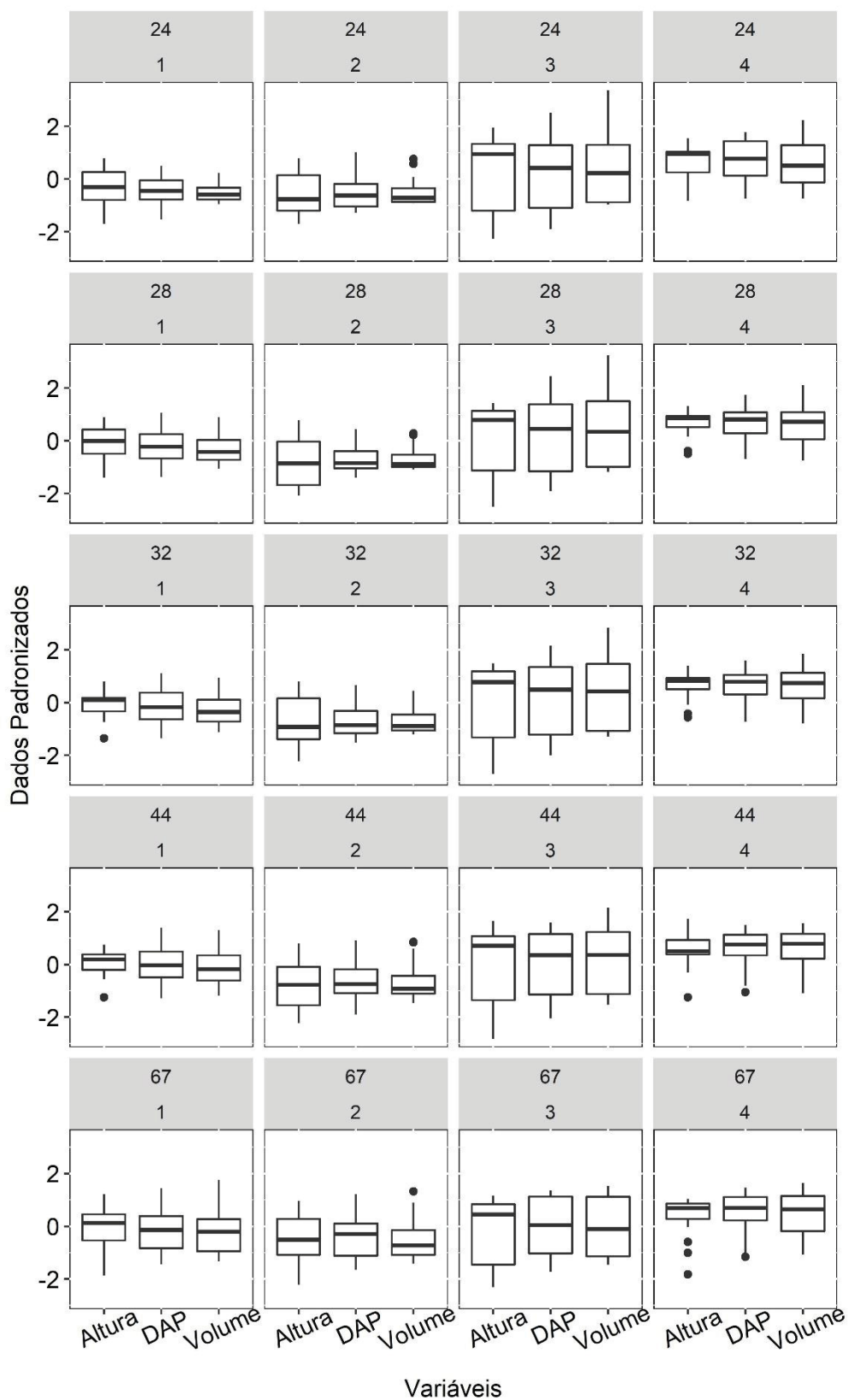


FIGURA 4 – Distribuições de frequências das variáveis diâmetro à 1,3 m do solo (DAP), altura de árvore e volume de madeira de árvores em povoamento de *E. saligna* com 67 meses de idade.

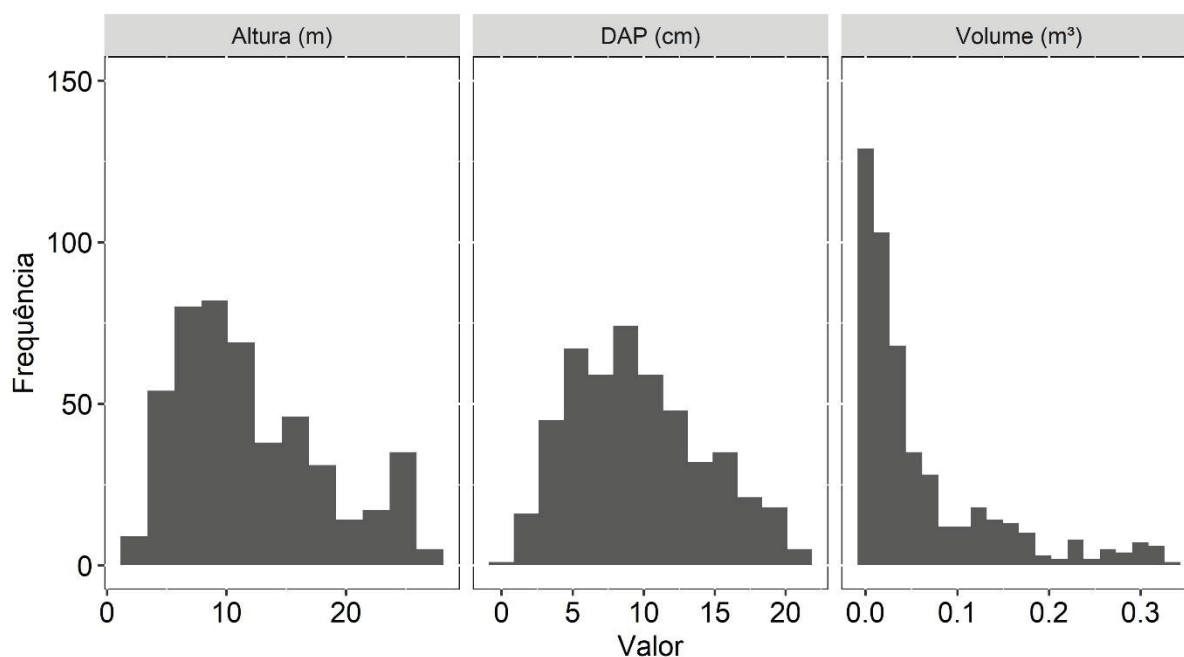


TABELA 7 - Análise de variância com parcelas subdivididas no tempo para as variáveis diâmetro à 1,3 m do solo (DAP), altura e volume de árvore sob diferentes formas de condução da rebrota em povoamento de *E. saligna* acometidos por geadas no primeiro ano de formação.

Fonte de variação	Grau de liberdade	Quadrado médio			
		DAP	Altura	Volume	
Efeito Principal					
Tratamento	3	285,156**	173,863**	0,1707**	
Idade	4	1499,319**	3713,191**	1,5751**	
Tratamento*Idade	12	3,227*	3,078*	0,0044*	
$\chi^2$		6,43 <sup>ns</sup>	0,49 <sup>ns</sup>	5,16 <sup>ns</sup>	
Coeficiente de determinação (%)		87,95	93,63	88,09	
Coeficiente de variação (%)		17,44	13,40	25,10	
Efeito Simples					
Tratamentos	1	4	440,579**	1000,375**	0,4317**
	2	4	342,245**	858,641**	0,3203**
	3	4	322,374**	842,147**	0,3508**
	4	4	403,801**	1021,262**	0,4854**
Idades (meses)	24	3	41,411**	19,656**	0,0133**
	28	3	57,023**	32,545**	0,0250**
	32	3	71,082**	37,429**	0,0377**
	44	3	72,364**	41,235**	0,0543**
	67	3	55,790**	55,312**	0,0580**

NOTA: \*\* = significativo a 1% de probabilidade; \* = significativo a 5% de probabilidade; ns = não significativo a 1% de probabilidade;  $\chi^2$  valor de Qui-Quadrado referente ao teste de Bartlett.

A análise de variância revelou que há interação entre os tratamentos e as idades de avaliação e os efeitos principais e simples foram todos significativos ( $p < 0,01$ ) (TABELA 7). As médias das variáveis DAP, altura e volume em função dos tratamentos e das idades de avaliação estão apresentadas na (TABELA 8). Todos os tratamentos apresentaram médias crescentes em relação as idades de mensuração para as três variáveis. Diferenças significativas foram encontradas desde as idades iniciais (24 e 28 meses de idade), atingindo as maiores médias aos 67 meses de idade para as três variáveis estudadas. A partir da idade de 28 meses as maiores médias foram encontradas para o tratamento quatro para as variáveis DAP, altura de árvore e volume de madeira. Os tratamentos T1 e T3 apresentam diferenças na idade de 24 meses, sendo as maiores médias do T3, aos 67 meses apresentam médias estatisticamente iguais, porém, os maiores valores são encontrados em T1, para as três variáveis, esse comportamento determina a interação significativa entre tratamento e idade de mensuração.

TABELA 8 - Teste de Tukey para comparar as médias do diâmetro a 1,3 m do solo (DAP), altura de árvore e volume de madeira em plantio de *E. saligna* acometido por geada no primeiro ano de formação.

Tratamento	Idade (meses)				
	24	28	32	44	67
DAP					
T1	4,09cE	6,71cD	8,35bC	12,20bB	14,80bA
T2	3,79cE	5,35dD	6,65cC	10,08cB	13,13cA
T3	5,50bE	7,77bD	9,29bC	12,31bB	14,76bA
T4	6,64aE	8,97aD	10,75aC	14,33aB	16,86aA
Altura					
T1	5,25bE	7,88bD	10,11bC	15,42bB	21,43bA
T2	4,78bE	6,53cD	8,61cC	13,40cB	19,60cA
T3	6,13aE	8,34bD	10,44bC	15,27bB	20,92bA
T4	6,81aE	9,33aD	11,64aC	16,57aB	23,26aA
Volume (Médias transformadas)					
T1	0,0529bE	0,1054cdD	0,1481bC	0,2665bB	0,3860bA
T2	0,0478bE	0,0772dD	0,1104cC	0,2076cB	0,3313cA
T3	0,0816aE	0,1300bcD	0,1734bC	0,2736bB	0,3838bA
T4	0,0972aE	0,1523aD	0,2040aC	0,3237aB	0,4514aA

NOTA: T representa tratamento com condução. T1 – 1 broto por cepa; T2 – 2 brotos por cepa; T3 – broto mais vigoroso; T4 – Testemunho. T1 e T2 com decepta caulinar, T3 e T4 sem decepta caulinar. Médias seguidas pela mesma letra minúscula na vertical e maiúscula na horizontal, não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Com base nesses resultados, para encontrar valores médios de DAP, altura e volume devem-se considerar os tratamentos e as idades de mensuração, os quais podem ser estimados por curvas de tendência ajustadas. A relação entre as idades

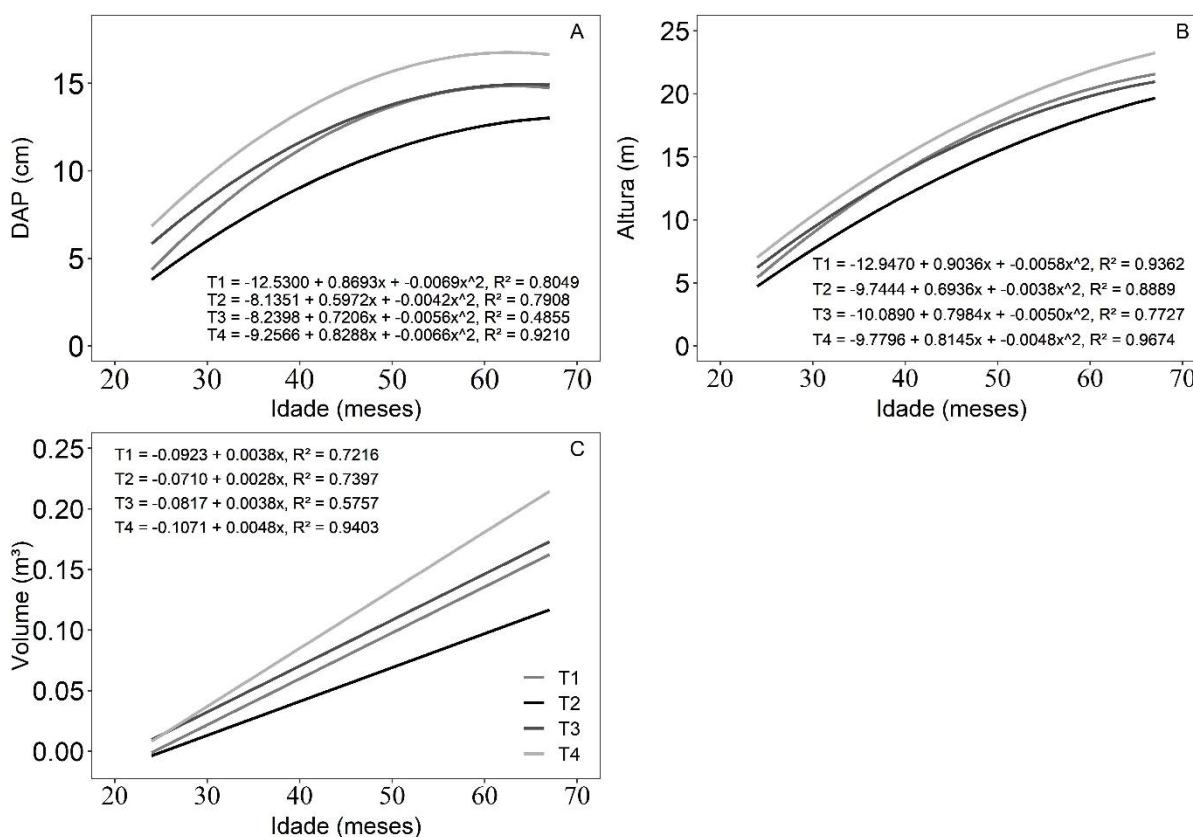
do povoamento e variáveis DAP e altura foi representado por equações de segundo grau (TABELA 9), as quais explicam entre 48,55% e 96,74% da variação dessas variáveis (FIGURA 5). A relação entre o volume da madeira e as idades de avaliação foi representada por equações de primeiro grau, que explicam de 57,57% a 94,06% da variação do volume (FIGURA 5C).

TABELA 9 - Teste F para identificar o grau da equação para descrever as tendências das variáveis diâmetro a 1,3 m do solo (DAP), altura de árvore e volume de madeira em plantio de *E. saligna* acometido por geada no primeiro ano de formação.

Tratamento	Grau da equação	Grau de liberdade	Quadrado médio
DAP			
T1	Primeiro	1	1738,9**
T1	Segundo	1	8,1 *
T1	Terceiro	1	0,2 <sup>ns</sup>
T2	Primeiro	1	1315,6**
T2	Segundo	1	45,2**
T2	Terceiro	1	0,1 <sup>ns</sup>
T3	Primeiro	1	1276,9**
T3	Segundo	1	6,1 <sup>ns</sup>
T3	Terceiro	1	0,1 <sup>ns</sup>
T4	Primeiro	1	1597,2**
T4	Segundo	1	8,2 *
T4	Terceiro	1	0,6 <sup>ns</sup>
Altura			
T1	Primeiro	1	3820,5**
T1	Segundo	1	166,2**
T1	Terceiro	1	3,0 <sup>ns</sup>
T2	Primeiro	1	3196,0**
T2	Segundo	1	231,0**
T2	Terceiro	1	2,8 <sup>ns</sup>
T3	Primeiro	1	3200,5**
T3	Segundo	1	158,3**
T3	Terceiro	1	2,1 <sup>ns</sup>
T4	Primeiro	1	3864,8**
T4	Segundo	1	206,0**
T4	Terceiro	1	9,5 <sup>ns</sup>
Volume			
T1	Primeiro	1	1,642**
T1	Segundo	1	0,075**
T1	Terceiro	1	0,001 <sup>ns</sup>
T2	Primeiro	1	1,167**
T2	Segundo	1	0,109**
T2	Terceiro	1	0,001 <sup>ns</sup>
T3	Primeiro	1	1,343**
T3	Segundo	1	0,056**
T3	Terceiro	1	0,001 <sup>ns</sup>
T4	Primeiro	1	1,857**
T4	Segundo	1	0,078**
T4	Terceiro	1	0,002 <sup>ns</sup>

NOTA: T representa tratamento com condução. T1 – 1 broto por cepa; T2 – 2 brotos por cepa; T3 – broto mais vigoroso; T4 – Testemunho. T1 e T2 com decepta caulinar, T3 e T4 sem decepta caulinar. \*\* = significativo a 1% de probabilidade; ns = não significativo a 1% de probabilidade.

FIGURA 5 - Curvas de tendência das variáveis diâmetro à 1,3 m do solo (DAP), altura de árvore e volume de madeira de árvores médias amostradas nos diferentes tratamentos (T1, T2, T3 e T4) em povoamento de *E. saligna*.



NOTA: T representa tratamento com condução. T1 – 1 broto por cepa; T2 – 2 brotos por cepa; T3 – broto mais vigoroso; T4 – Testemunho. T1 e T2 com decepta caulinar, T3 e T4 sem decepta caulinar.

Londero et al. (2015) descrevem por meio de experimento conduzido com *E. saligna*, idade de 60 meses, obtiveram resultado de DAP médio 18,4 cm, próximos aos encontrados nesse trabalho, com DAP médio de 16,86 cm (TABELA 8) para o tratamento 4 com 67 meses de idade, cujas plantas não sofreram interferência por decepta caulinar. Segundo Oliveira (2017), avaliando o crescimento em DAP e altura de árvore em 6 clones de eucalipto, com arranjo espacial 3 x 3 m, e parcelas aos 22, 28, 34, 40, 46 e 51 meses após o plantio, com e sem o efeito de estresse hídrico, obtiveram DAP variando de 6,75 a 13,80 cm, valores próximos aos do presente estudo. Matrangolo et al. (2010), em experimento conduzido no município de Viçosa, MG, com a espécie *E. grandis*, sob espaçamento 3 x 2 m, com 60 repetições para cada tratamento, através de processo de desfolha escalonada, com coletas no campo aos 21, 23, 24, 26, 48, 48, 62 e 96 meses, registraram valor de DAP igual a 16 cm, equivalente ao DAP médio de 16,87 cm para o tratamento 4 do presente estudo.

Oliveira et al. (2009), ao mensurarem a altura e o DAP de um plantio de *E. urophylla* para sistema de integração lavoura-pecuária-floresta aos 51 meses, encontraram DAP médio de 13,58 cm. Ferreira et al. (2014), em reflorestamento com *E. urophylla* x *E. grandis* aos 52 meses, observaram DAP médio de 13 cm. Nieri et al. (2018), com estudo desenvolvido no sul de Minas Gerais, com o híbrido *Eucalyptus urophylla* x *Eucalyptus grandis* (GG100), aos 52 meses obtiveram valor de DAP igual a 16,70 cm.

Soares et al. (2011) descrevem que o DAP é o elemento mais importante medido em uma árvore, pois fornece a base para outros cálculos, servindo para obtenção da área seccional à altura do peito. O agrupamento dos diâmetros das árvores em classes (*classes de DAP*) define a distribuição diamétrica, a qual é essencial para a definição do estoque de crescimento e para análise de decisões econômicas e silviculturais.

A altura além de prover características de dominância entre árvores, esta variável é geralmente utilizada nos métodos clássicos de classificação da capacidade produtiva de sítios florestais, necessária para o ajuste de muitos modelos de crescimento e produção (SIF, 2003). Londero et al. (2015), encontraram em *E. saligna*, com idade de 60 meses, altura média de 24,0 m, resultados próximos aos encontrados no presente trabalho com altura média de 23,26 m para o tratamento 4 (TABELA 8), na qual não sofreu ação por decepa caulinar. Oliveira (2017) avaliou o crescimento em altura de árvore em 6 clones de *Eucalyptus*, arranjo espacial 3 x 3 m, mensuração aos 22, 28, 34, 40, 46 e 51 meses após o plantio e a maior altura média aos 51 meses foi de 19,06 m.

Matrangolo et al. (2010) em experimento conduzido no município de Viçosa, MG, plantio com a espécie *E. grandis*, sob espaçamento 3 x 2 m, por meio de processo de desfolha escalonada, com períodos de coletas a campo aos 21, 23, 24, 26, 48, 48, 62 e 96 meses, na qual foram registradas as médias em altura da árvore de 23,0 m. Nieri et al. (2018) com estudo desenvolvido em sistemas silvipastoril no sul de Minas Gerais, arranjo espacial (3(3x3)+7x2), com diversas espécies florestais e para o híbrido *Eucalyptus urophylla* x *Eucalyptus grandis* (GG100), aos 52 meses obtiveram 21,56 m em altura total de árvore.

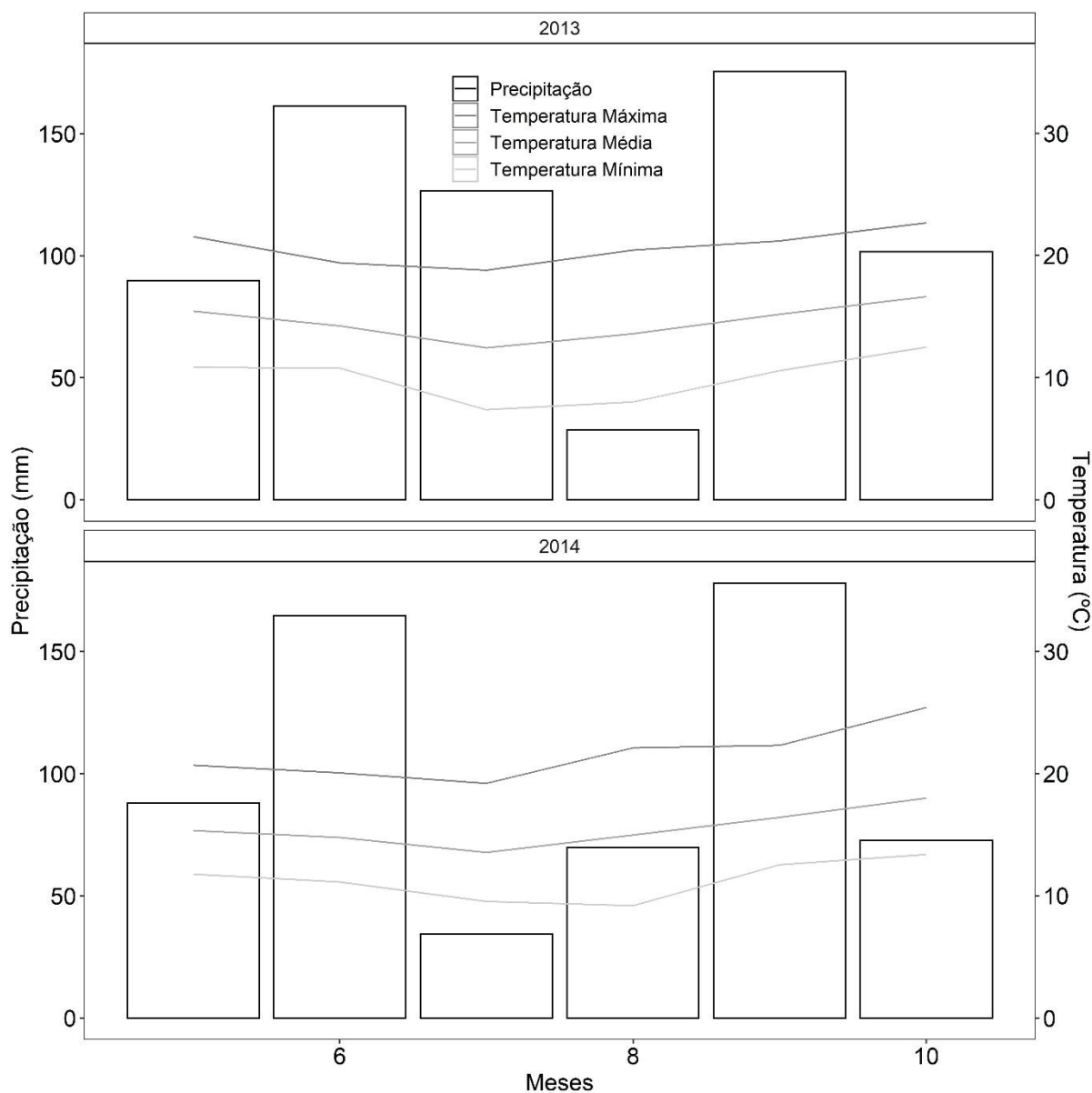
O volume consiste em uma das informações mais importantes para determinar o potencial de povoamento florestal, fornecendo subsídios para avaliar estoque de madeira e potencial produtivo da floresta (THOMAS et al., 2006). Modelos de crescimento e produção são técnicas usadas para conjeturar o progresso dos povoamentos (BURKART, 1984). O adensamento pode resultar em maior produção volumétrica por hectare em comparação aos menos adensados, mesmo com um volume individual menor em função dos menores diâmetros (GARCIA, 2010).

Oliveira et al. (2009), avaliaram também o volume de árvore de *E. urophylla* em sistema com integração lavoura-pecuária-floresta aos 51 meses, encontraram  $0,1218 \text{ m}^3.\text{planta}^{-1}$ , no presente estudo o tratamento 4 apresentou em média  $0,2312 \text{ m}^3.\text{planta}^{-1}$  aos 67 meses. Nieri et al. (2018), com estudo desenvolvido em sistemas silvipastoril no sul de Minas Gerais, arranjo espacial  $(3(3 \times 3) + 7 \times 2)$ , com diversas espécies florestais e para o híbrido *Eucalyptus urophylla* x *Eucalyptus grandis* (GG100), aos 52 meses obtiveram  $0,3172 \text{ m}^3.\text{planta}^{-1}$ .

#### 4.2 Variáveis meteorológicas

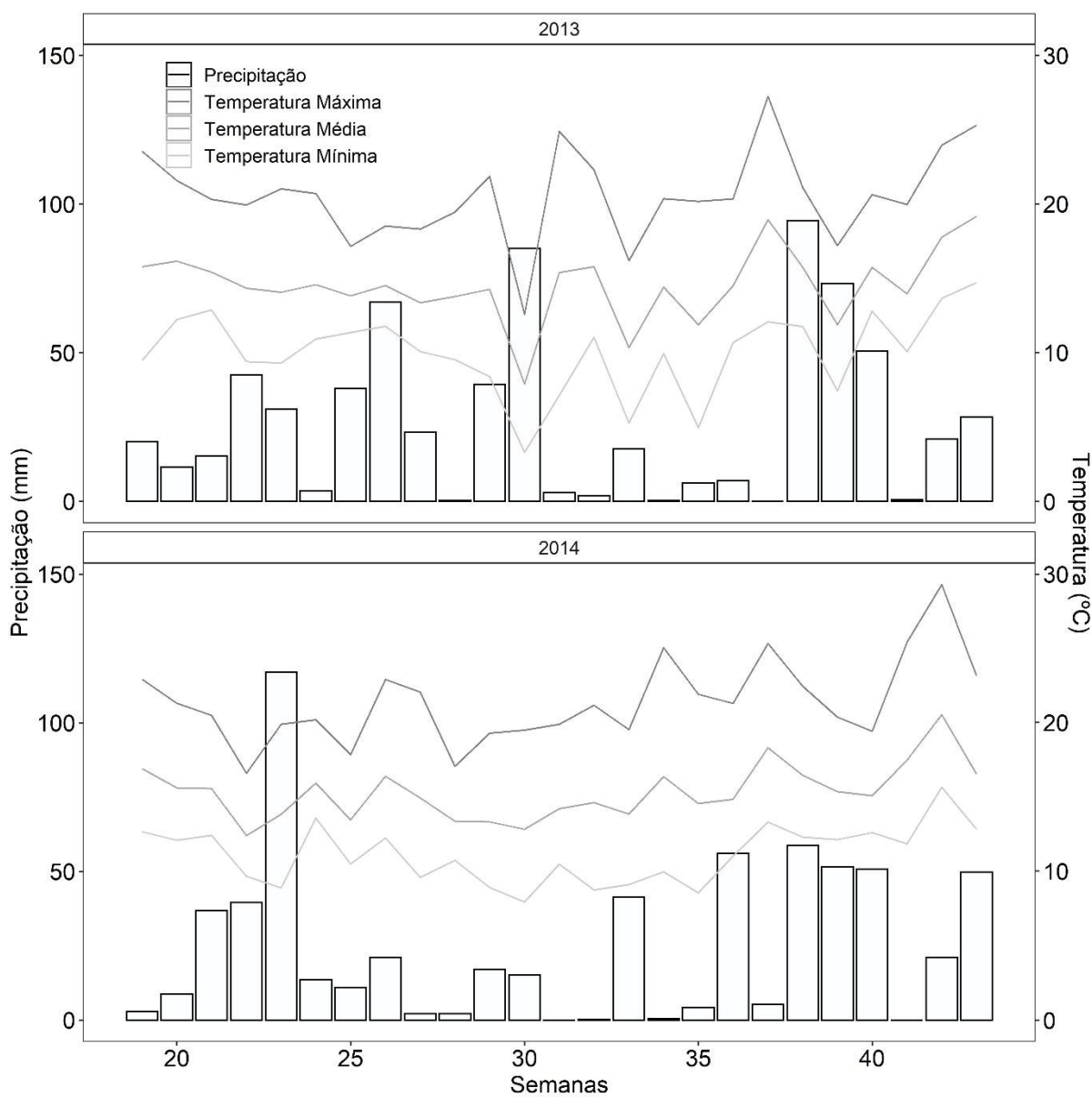
Na (FIGURA 6) está apresentado os acumulados de chuva e as temperaturas máximas, médias e mínimas mensais entre os meses de maio e outubro dos anos de 2013 e 2014. Em 2013 as menores temperaturas (máxima, média e mínima) foram registradas em julho, no ano de 2014 foi verificado que o mês de julho apresentou as menores médias de temperatura média e máxima, já a média da temperatura mínima em agosto. As menores precipitações de médias históricas são entre os meses de abril a agosto com médias entre  $70$  e  $100 \text{ mm.mês}^{-1}$ , por outro lado, as maiores médias históricas de precipitação são entre os meses de dezembro a março com médias entre  $150$  e  $200 \text{ mm.mês}^{-1}$  (ALVARES et al., 2013). Nos meses de julho e agosto para os anos de 2014 e 2013, respectivamente, pode ser observado acumulados de chuva abaixo do  $50 \text{ mm.mês}^{-1}$ , evidenciando precipitações abaixo do esperado. Nos meses de junho e setembro em ambos os anos foi observado precipitações acima das médias ( $>150 \text{ mm.mês}^{-1}$ ) históricas.

FIGURA 6 – Precipitação e temperaturas (máxima, média e mínima) mensais entre os meses de maio a outubro dos anos de 2013 e 2014 registrados na estação meteorológica do SIMEPAR em Pinhais-PR.



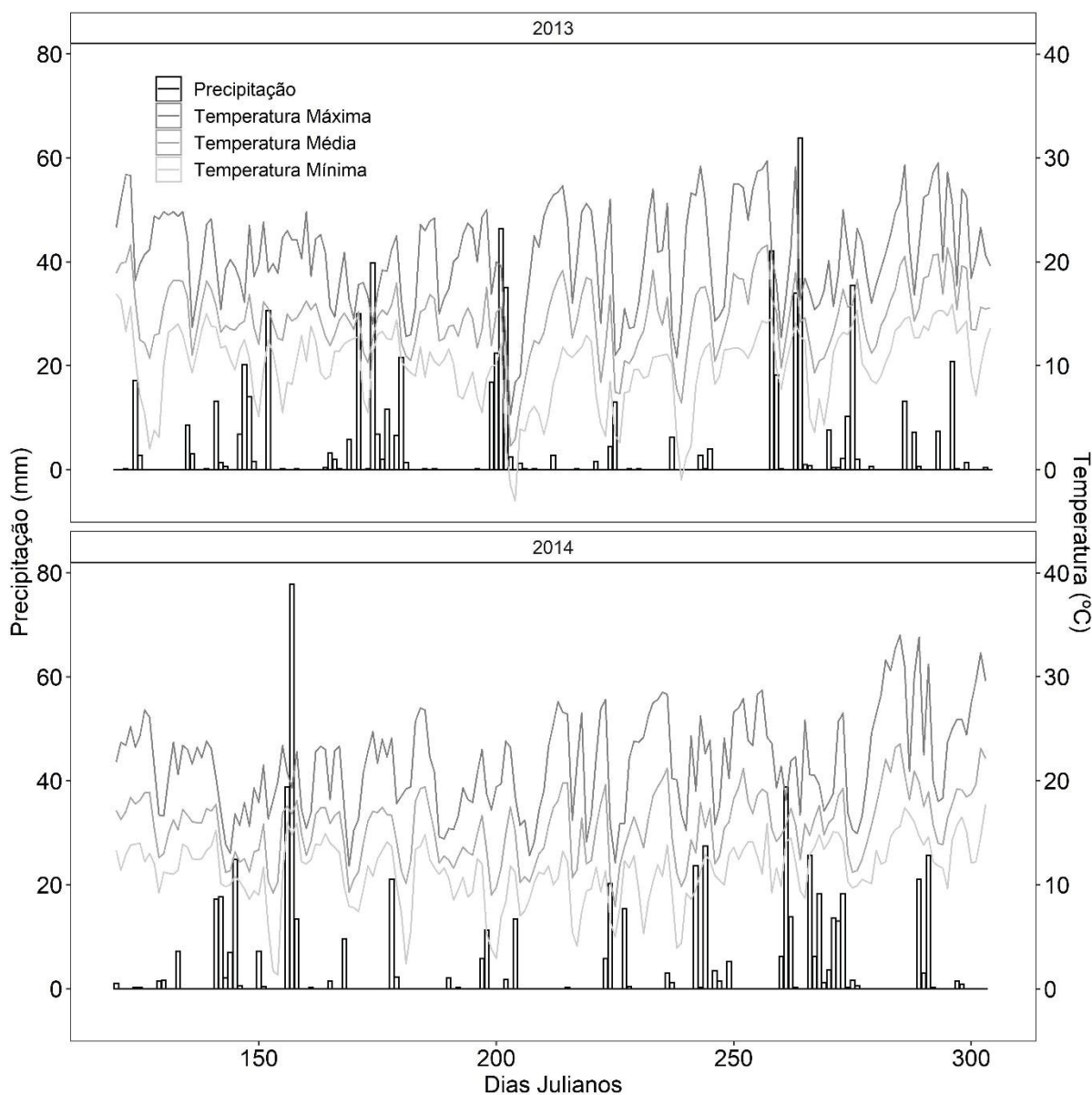
Com o desmembramento das temperaturas e dos acumulados de precipitação semanalmente, ficou demonstrado que as menores temperaturas em 2013 foram em 30 semanas, com temperatura mínima inferior a 5 °C, apresentando cinco semanas com médias menores que 10 °C (FIGURA 7). Em 2014 as oscilações das temperaturas médias semanais foram mais homogêneas, com as médias de temperatura mínima variando de 7,9 a 15,7 °C.

FIGURA 7 – Precipitação e temperaturas (máxima, média e mínima) semanais entre os meses de maio a outubro dos anos de 2013 e 2014 registrados na estação meteorológica do SIMEPAR em Pinhais-PR.



A (FIGURA 8) apresenta as temperaturas máximas, médias e mínimas registradas na estação meteorológica de Pinhais-PR, Fazenda Canguiri, no período entre 1 de maio e 30 de outubro de 2013 e no mesmo período em 2014.

FIGURA 8 – Precipitação e temperaturas (máxima, média e mínima) diárias entre 1 de maio e 30 de outubro dos anos de 2013 e 2014 registrados na estação meteorológica do SIMEPAR em Pinhais-PR.



NOTA: Leitura da estação Meteorológico do Paraná em Pinhais (SIMEPAR).

No ano de 2013 foi observado temperaturas mínimas negativas, fato esse que acarretou em grandes danos ao *E. saligna* Smith no período de estabelecimento da cultura devido a ocorrência de geada. A geada é toda temperatura baixa suficiente e capaz de causar dano aos tecidos vegetais, dependente da intensidade e duração às baixas temperaturas. Geadas com maior intensidade são comuns no inverno, porém, as geadas que ocorrem no outono e na primavera são as que causam maiores danos às espécies vegetais (PEREIRA et al., 2001). As temperaturas mais baixas ocorrem

ao nível do solo e afetam com maior intensidade as plantas mais baixas (HIGA et al., 1997; DOBNER JUNIOR, 2008).

A área sofreu sucessivas geadas durante o inverno de 2013, proporcionando grau de severidade variável às plantas jovens na qual foram classificadas. De acordo com os dados do Sistema Meteorológico do Paraná (SIMEPAR), a região passou por cinco períodos com temperaturas abaixo dos 5°C entre maio e setembro de 2013 (FIGURA 8). No mesmo período, porém no ano de 2014 foram observados também cinco períodos com ocorrências de temperaturas abaixo de 5°C (FIGURA 8), porém mais curtos e sem a presença de temperaturas negativas, com ocorrência de 5 dias com geadas, mais leves do que 2013.

As temperaturas registradas abaixo de 5 °C em 2013 pelo SIMEPAR foram nas datas: 08/05 = 2,0 °C, 09/05 = 3,8 °C, 10/05 = 3,10 °C, 22/07 = 2,40 °C, 23/07 = -1,50 °C, 24/07 = -3,00 °C, 25/07 = 3,90 °C, 26/07 = 3,70 °C, 30/07 = 3,40 °C, 11/08 = 4,40 °C, 12/08 = 3,20 °C, 14/08 = 3,30 °C, 15/08 = 2,60 °C, 27/08 = 2,90 °C, 28/08 = -1,0 °C, 29/08 = 1,20 °C, 30/08 = 2,30 °C, 25/09 = 3,60 °C, 27/09 = 4,30 °C.

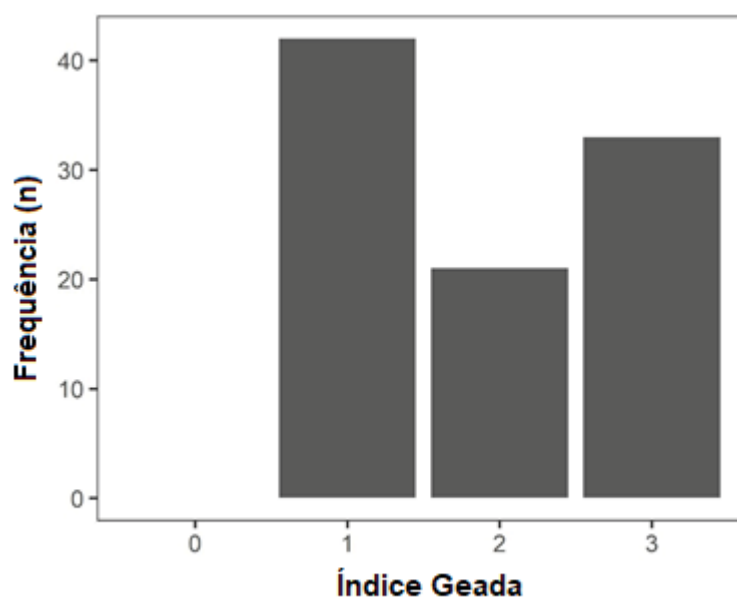
As temperaturas registradas abaixo de 5 °C em 2014 pelo SIMEPAR foram nas datas: 03/06 = 1,7 °C, 04/06 = 1,3 °C, 01/07 = 2,4 °C, 19/07 = 3,8 °C, 20/07 = 2,9 °C, 06/08 = 4,1 °C, 27/08 = 3,9 °C, 28/08 = 4,4 °C.

As temperaturas negativas registradas em 2013 ocorreram nas datas: 23/07 = -1,5 °C, 24/07 = -3,0 °C, 28/08 = -1,0 °C. Não foram observadas temperaturas negativas em 2014.

#### 4.3 Danos de geada

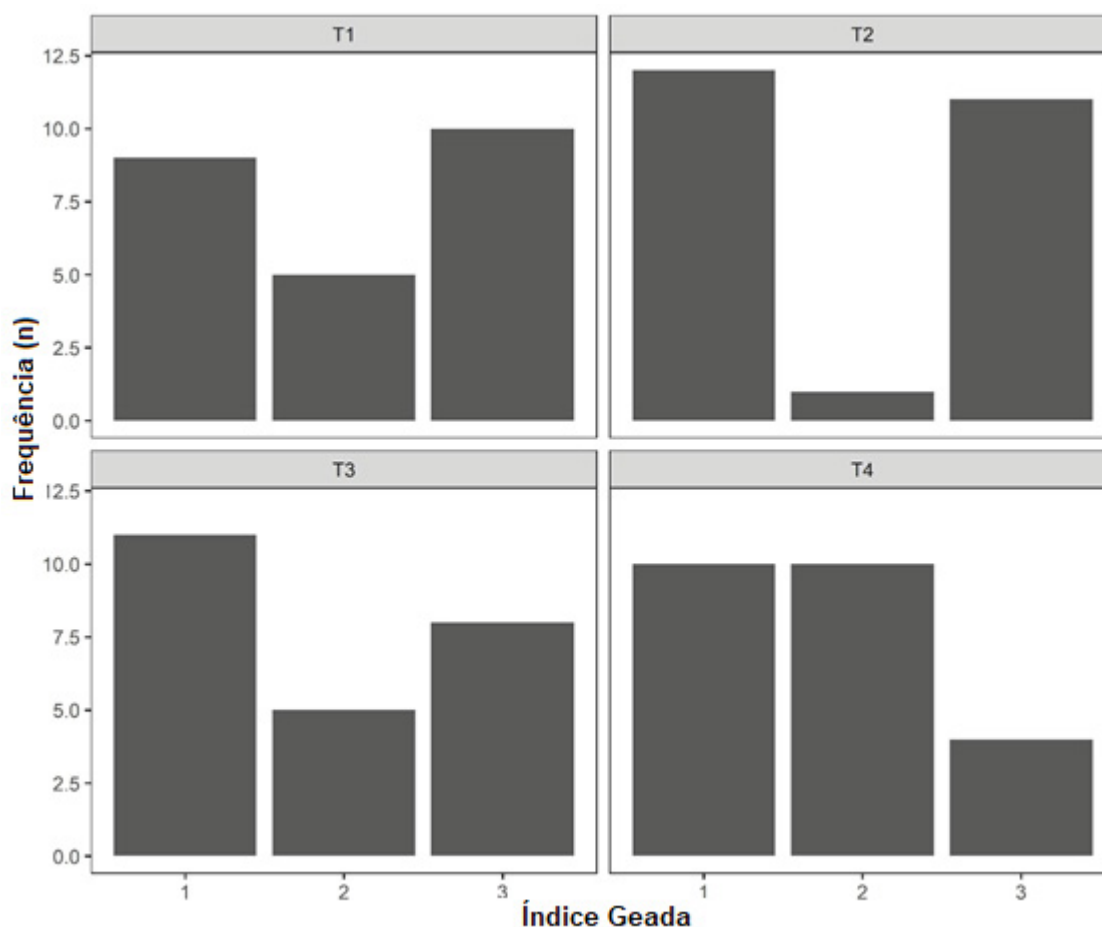
A frequência por índice de danos por geada (FIGURA 9) demonstrou que todas as árvores avaliadas apresentaram danos por geada, porém 43,8% das árvores amostradas apresentaram plantas que mantiveram ao menos 50% das folhas. Do total de plantas avaliadas 34,4% receberam o índice 3, ou seja, sofreram maiores danos com perda de 100% da área foliar e apresentaram queimaduras do ápice caulinar (TABELA 2). A ocorrência dos índices de danos acometidos por geada foi desmembrado por tratamento (FIGURA 10), evidenciando que os tratamentos T2 e T3 obtiveram maiores números de plantas avaliadas com índice um, já o T1 apresentou maior ocorrência do índice três e, o T4 apresentou a maiores frequências nos índices um e dois.

FIGURA 9 – Frequência dos danos acarretados nas árvores de *E. saligna* Smith por ocorrência de geadas severas no primeiro ano de formação do povoamento.



NOTA: Avaliação da frequência por índice de danos por geada de *E. saligna* Smith. Representado pelos índices de danos: índice 3 – danos severos, índice 2 – danos moderados, índice 1 – danos baixos, índice 0 – ausência de danos.

FIGURA 10 – Frequência dos danos acarretados nas árvores de *E. saligna* Smith por ocorrência de geadas severas no primeiro ano de formação do povoamento.



NOTA: Avaliação da frequência por índice de danos por geada de *E. saligna* Smith. Representado pelos índices de danos: índice 3 – danos severos, índice 2 – danos moderados, índice 1 – danos baixos, índice 0 – ausência de danos. Tratamento 1 - 1 broto por cepa; Tratamento 2 – 2 brotos por cepa; Tratamento 3 – broto mais vigoroso; Tratamento 4 – Testemunho. Tratamento 1 e Tratamento 2 com decape caulinar, Tratamento 3 e Tratamento 4 sem decape caulinar.

Higa et al. (2000), atribuiu notas, entre 0 a 10, para danos causados por geada, para análise de DAP, altura da árvore e volume cilíndrico individual. Também, Da Ros et al. (2018), avaliou por meio de notas, nível de danos por geada, frequência e grau de resistência em folhas e caule. Caron, et al. (2011), avaliou a resistência em espécies arbóreas, atribuindo notas de 0 a 10 à área foliar e caulinar, decorrente de geada em diferentes espaçamentos.

Para esse trabalho avaliamos o escore através do índice e frequência de geada, na qual obtivemos por meio do teste Qui-Quadrado ( $p\text{-value} = 0,7505$ ),

resultado não significativo, mostrando a independência do fator geada entre tratamentos.

A estatística inferencial, por meio de dados categóricos através do teste Qui-quadrado, avalia quantitativamente a relação entre o resultado de um experimento e a distribuição esperada para o fenômeno. Para esse trabalho avaliou-se quão provável a diferença observada aconteceu por acaso.

#### 4.4 Correlação de variáveis dendrométricas com danos de geada

As médias por tratamento (FIGURA 11A) apresentaram danos moderados quando levamos em consideração a interação score pelo índice e frequência através da (TABELA 5).

Quando observamos os níveis de danos ocasionados às plantas pela ação das geadas, (FIGURA 11B), e comparamos com DAP e altura da árvore ao longo dos 4 tratamentos, distribuídos nos 6 blocos, há uma relação inversa quanto ao índice de severidade por danos através das geadas com DAP e altura de planta. Em grau de severidade máximo, score igual a 12, obtemos as maiores perdas em DAP e altura, porém quando esses índices de danos são mais baixos, essa relação não é estabelecida, observado em tratamentos com score baixo o crescimento variável em DAP e altura. Por meio do teste de Spearman's, na qual se faz a correlação de dados não paramétricos, qualitativos, danos, com dados paramétricos, quantitativos, DAP e altura, obteve-se na correlação entre Danos-DAP, -0.4648, (p-value 5,044e-6). Para o teste de correlação entre Danos-altura, -0,5612, (p-value 1,281e-08). Dessa forma adotamos o pressuposto que o índice de severidade de danos influencia no restabelecimento da planta quanto ao seu crescimento em DAP e altura, porém não é o único fator restritivo ao desenvolvimento da mesma.

Ferraz e Coutinho (1984) analisaram os efeitos da geada de 1975 em Salto de Pirapora – SP sobre a espécie *E. saligna* com 2 anos de idade, estes concluíram que plantas acima de 9 cm de DAP não sofreram alterações que prejudicassem comercialmente a madeira, resultados que corroboram aos encontrados no presente trabalho.

Resultados descritos por Da Ros et al. (2018), sete dias da ocorrência da geada, obtiveram índices de 8,3% no *Eucalyptus* e 78,8% no cedro-australiano. Concluíram que a menor altura de plantas do *cedro-australiano* pode tê-lo deixado mais suscetível aos danos, pois ficaram mais expostas ao frio

Leite et al. (1973), descreveram o efeito das geadas a partir do terço superior das copas, chegando a casos extremos em que toda a copa fica completamente queimada, onde predominam tecidos vegetativos de crescimento recente. Também é observado o efeito direto decorrente as baixas temperaturas sobre a qualidade da madeira, sobretudo na concentração de celulose e no conteúdo de lignina (MOURA et al., 2010; SOBCZAK, 2013). Segundo Gonçalves et al. (2013), os riscos de danos causados pela geada são agravados pelo aumento da amplitude térmica diária (IBÁ, 2015; BRACELPA, 2012).

A exigência climática para o plantio de *E. saligna*, segundo Jovanovic e Booth, (2002), Paludzyszyn, (2006), aponta para temperaturas médias mínimas nos meses mais frios entre  $-1^{\circ}\text{C}$  a  $17^{\circ}\text{C}$ . Nossos resultados em 2013 registraram temperaturas inferiores pelo SIMEPAR, com mínimas de  $-3^{\circ}\text{C}$ , abaixo da exigência descrita para a espécie. Entretanto, Da Ros, (2018), relata que as temperaturas de relva são em média  $3,6^{\circ}\text{C}$  menores do que a temperatura medida na estação. Silva e Sentelhas, (2001), encontraram diferenças de  $3,3^{\circ}\text{C}$  menores na relva do que as medidas na estação meteorológica convencional. A ocorrência de geada no experimento foi observada no final da estação de outono nos dias 16 e 17 de junho de 2008, momento em que os valores mínimos absolutos atingiram  $-2,1$  e  $0,5^{\circ}\text{C}$ . A diferença entre a temperatura medida no abrigo meteorológico (1,5m) e a medida na relva varia de  $3,3^{\circ}\text{C}$ . Considerando tal diferença entre as temperaturas, é provável que a temperatura mínima absoluta possa ter atingido valores inferiores aos observados.

Assim as condições meteorológicas no período inicial do estabelecimento das árvores do presente estudo foram inferiores as exigências para espécie (FIGURA 8), no entanto, foi encontrado índice de sobrevivência de 91,66% para as plantas avaliadas, onde o tratamento 4 apresentou sobrevivência de 100%. Caron et.al. (2011), avaliaram para a espécie *E. grandis*, ocorrência de 7 geadas com temperaturas entre  $4,8$  e  $-0,6^{\circ}\text{C}$ , entre os meses de junho e julho de 2009, após 11 meses do plantio. Mostrando-se tolerante à geada com os danos concentrados nas

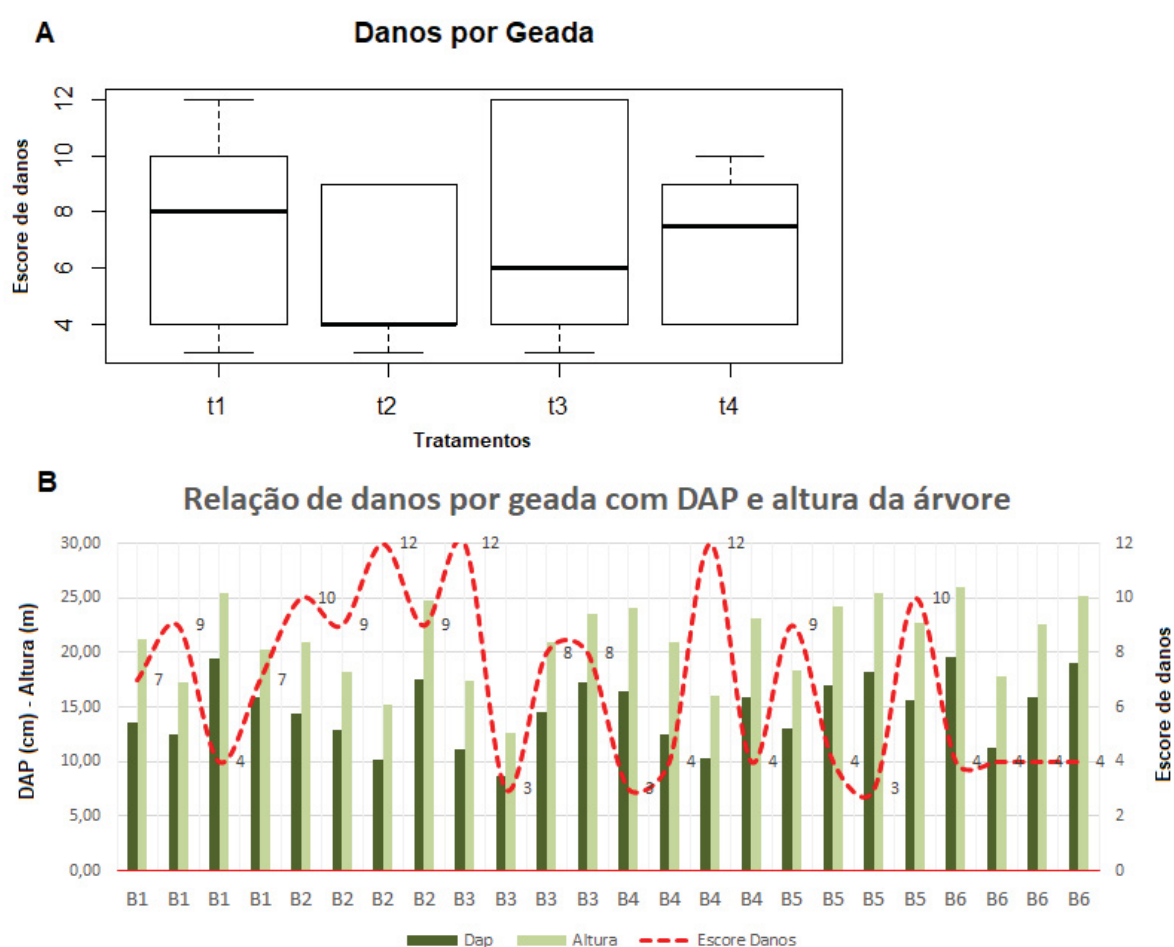
folhas. Mais de 93% das plantas avaliadas apresentaram menos de 25% da área foliar danificada, 5,6% das plantas apresentaram de 25 a 49% da área foliar danificada, com 100% de sobrevivência. Higa, (1998), mencionou que o grau de danos por geada além de prejudicar o desenvolvimento posterior, acarreta perdas no crescimento em altura. Visto que, o crescimento ocorre abaixo da altura do dano, com a formação de mais de uma gema epicórmica, podendo ser prejudicial à qualidade da madeira. Resultados do nosso trabalho apresentaram no índice mais severo por geada, escore 12, redução no crescimento em altura e DAP. FLOSS et al. (1997) através da espécie *Eucalyptus viminalis*, com 10 meses de idade em Chapecó - SC, observaram que 36% das plantas danificadas por geadas, aos 60 meses de idade, apresentaram taxa de mortalidade de 20%. HIGA et al. (1997), avaliando vinte espécies de *Eucalyptus* em Campo do Tenente - PR, observaram sobrevivência superior a 70% no *Eucalyptus dunnii* Maiden e *Eucalyptus camaldulensis* Dehnh, porém 27% das árvores remanescentes apresentaram bifurcações. Temperaturas negativas ou próximas de zero °C resultam na perda da área foliar até morte das plantas de eucaliptos, (PALUDZYSZYN FILHO & SANTOS, 2005). Para este trabalho observamos danos foliar e caulinar, porém sem resultar na morte de plantas testemunho, na qual sofreram ação das geadas, mantendo o estado de origem. Segundo Silva, et al., (2005) a espécie *E. saligna* suporta regiões sujeitas a geadas leves. Porém dados da FAO (1981), descreve que o *E. saligna* resistir temperaturas negativas de até -7°C com ocorrências de até 8 geadas anuais. A capacidade de tolerância à geada pode estar associada às diferenças fisiológicas, genéticas e morfológicas existentes entre espécies e na mesma espécie (VIEIRA et al., 2003).

Segundo Pereira et al. (2001) geadas que ocorrem no outono e na primavera são as que causam maiores danos às espécies vegetais. Higa et al. (1994) retrata que danos por geada podem ser diretos, podendo levar a morte da planta, e indiretos, que restringem o potencial de crescimento das plantas. Estes danos podem inviabilizar o cultivo florestal do gênero *Eucalyptus*. Para este trabalho não observamos morte decorrente de geada nas plantas testemunho, porém evidenciamos em grau de severidade máximo, escore igual a 12, decréscimo no rendimento em DAP e altura.

Gonçalves et al. (2013), dizem que novas espécies de eucalipto adaptados à condição de geada, tais como *E. dunnii*, *E. globulus* e *E. viminalis*, tem sido uma alternativa para a região Sul. Vieira, Feistauer e Silva, (2003), destacaram que a

diferença da capacidade de tolerância das plantas à geada pode estar associada às diferenças fisiológicas, morfológicas e genéticas existentes entre as espécies e até dentro de uma mesma espécie. Buscar genótipos adaptados a regiões mais frias é também interesse de outros países para expansão de áreas de produção para o gênero *Eucalyptus*, tais como Chile (Mora e Serra, 2014), Estados Unidos (Wear et al., 2015) e China (Arnold et al., 2015).

FIGURA 11 –Escore de danos por geada, DAP, altura de árvore e tratamento.



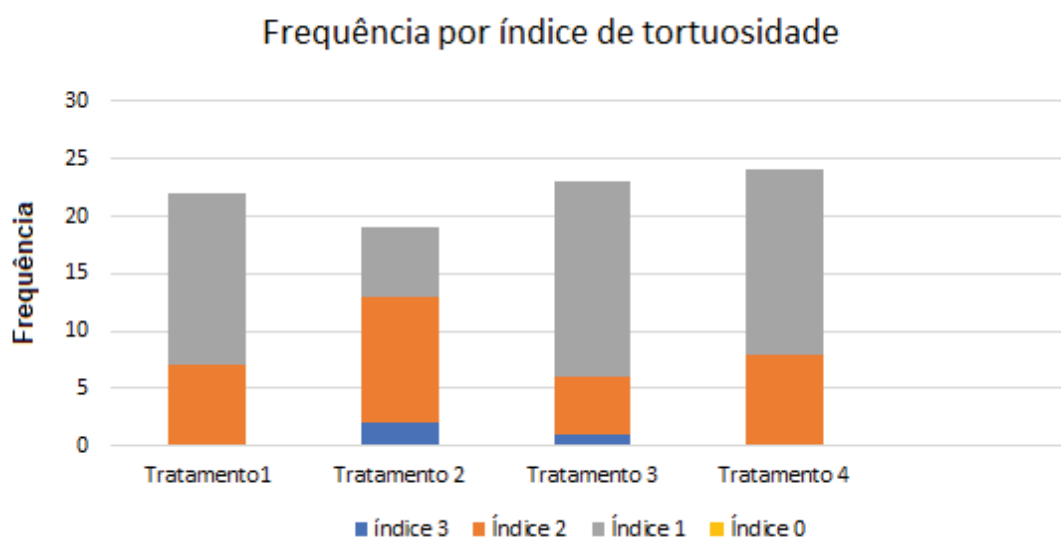
NOTA: Avaliação dos dados amostrais por índice de danos decorrentes de geada de *E. saligna* Smith. A FIGURA 11 (A) representa o escore de danos por geada dos tratamentos entre os 6 blocos. A FIGURA 11 (B) representa o escore de danos por geada em relação às médias de DAP e altura de árvore dos tratamentos entre os 6 blocos. T representa tratamento com condução. T1 – 1 broto por cepa; T2 – 2 brotos por cepa; T3 – broto mais vigoroso; T4 – Testemunho. T1 e T2 com decepta caulinar, T3 e T4 sem decepta caulinar.

#### 4.5 Avaliações de tortuosidade caulinar

Descreve-se que distorções na orientação das fibras e nós são mais prejudiciais que qualquer outro fator, principalmente quando há maior espaçamento entre as árvores (HAWRLEY e SMITH, 1972). Agentes externos como pragas, doenças e geadas, podem comprometer a gema apical promovendo tortuosidade e ou bifurcação na árvore decorrendo em perda de valor comercial (MIRANDA, 2000). Para uso mais nobre, a árvore ideal deveria ter o tronco com seção transversal circular e cilíndrica. Entretanto, isso não ocorre na natureza, apresentando características como conicidade, galhosidade, nó e tortuosidade que, para a maior parte dos processos de transformação, são classificados como defeitos (GATTO, 2006).

A frequência por índice de tortuosidade (FIGURA 12), não apresentou significância estatística através do teste Qui-Quadrado ( $p$ -value = 0,05933). Levamos em consideração a interação escore pelo índice e frequência através da (TABELA 5).

FIGURA 12 – Frequência por índice de tortuosidade por tratamento



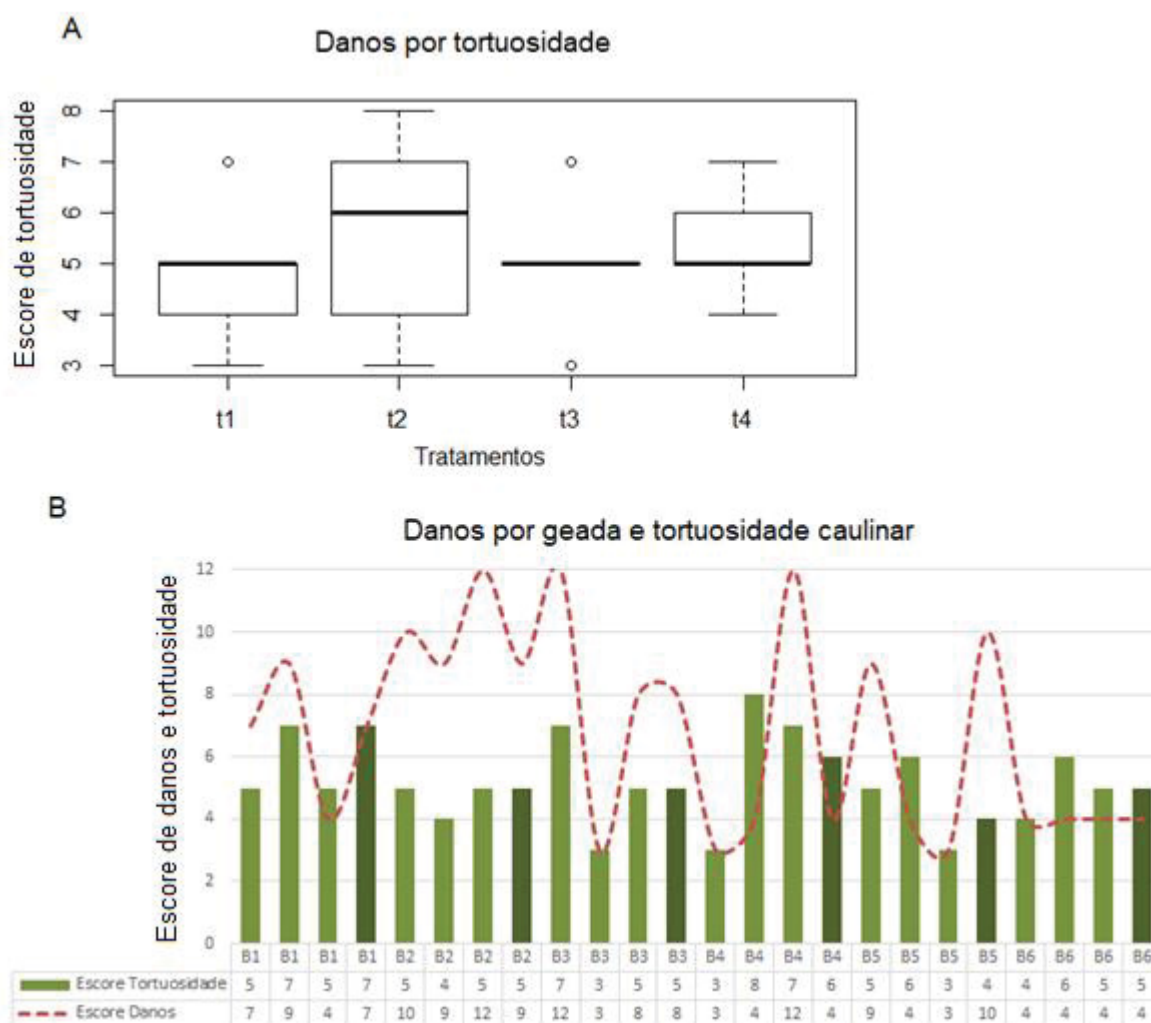
NOTA: Avaliação da frequência por índice de danos por tortuosidade de *E. saligna* Smith. Representado pelos índices de danos: índice 3 – muita tortuosidade, índice 2 – média tortuosidade, índice 1 – baixa tortuosidade, índice 0 – ausência de tortuosidade. Tratamento 1 - 1 broto por cepa; Tratamento 2 – 2 brotos por cepa; Tratamento 3 – broto mais vigoroso; Tratamento 4 – Testemunho. Tratamento 1 e Tratamento 2 com decepa caulinar, Tratamento 3 e Tratamento 4 sem decepa caulinar.

A tortuosidade do presente trabalho demonstrou que, no caule (FIGURA 13A), não apresentou diferenças estatísticas, ANOVA ( $Pr(>F)=0,5750$ ), normalidade dos resíduos através do teste Shapiro-Wilk ( $p\text{-value}=0,3581$ ), homogeneidade da variância através do teste de Bartlett, ( $p\text{-value}=0,5468$ ), índices não significativos, com as médias entre tratamentos, classificada como tortuosidade moderada para baixo.

Quando observamos os níveis de danos ocasionados nas plantas (FIGURA 13B) pela ação das geadas e comparamos com o nível de tortuosidade no caule, observamos em escore igual a 12, grau de severidade máximo, aumento no nível de tortuosidade, mas que não se aplica para todos os tratamentos. Através do teste de Sperman's, na qual se faz a correlação entre dados não paramétricos, qualitativos, danos e tortuosidade, obteve-se, ( $p\text{-value} = 0,2088$ ). Desta forma adotamos o pressuposto que o grau de severidade por danos não influencia diretamente na tortuosidade caulinar, e sim no restabelecimento da planta quanto ao crescimento em altura e DAP, podendo promover a tortuosidade, não sendo o único fator restritivo para o desenvolvimento da mesma.

A tortuosidade do caule, segundo Ferreira et al. (2012) implica em árvores menos desejáveis para a finalidade de serraria, um dos usos esperados para *E. saligna*. Amparado et al. (2008), menciona que o *E. saligna* apresenta bom potencial para peças serradas, uso aparente, esquadrias em geral, livre de defeitos, utilizada na indústria moveleira no mercado internacional. Segundo Jardim (1985), o parâmetro qualidade do fuste pode ser introduzido na análise da estrutura das florestas como forma de incorporar um aspecto econômico na avaliação do seu valor produtivo. Perin (2018), realizou experimento na cidade de Dois Vizinhos no Estado do Paraná, com 16 espécies florestais nativas, em parcelas com 36 plantas por espécie, 6 colunas e 6 linhas, com espaçamento 3 x 2 m. As avaliações realizadas foram aos 2, 7, 12, 24, 43 e 72 meses de idade através de índices qualitativos, tortuosidade e vigor da planta, na qual observaram que diferentes níveis em vigor e tortuosidade apresenta ação significativa sobre o crescimento, e as espécies com características de tortuosidade natural no fuste, arranjo espacial mais adensados podem resultar em melhores condições para fuste comercial.

FIGURA 13 – Escore de danos por geada, tortuosidade caulinar e tratamento.



NOTA: Avaliação dos dados amostrais por índice de tortuosidade caulinar de *E. saligna* Smith. A FIGURA 13 (A) representa o escore de tortuosidade dos tratamentos entre os 6 blocos. A FIGURA 13 (B) representa o escore de danos por tortuosidade em relação às médias de DAP e altura de árvore dos tratamentos entre os 6 blocos. T representa tratamento com condução. T1 – 1 broto por cepa; T2 – 2 brotos por cepa; T3 – broto mais vigoroso; T4 – Testemunho. T1 e T2 com decepta caulinar, T3 e T4 sem decepta caulinar.

## 5. CONCLUSÃO

As árvores da espécie *Eucalypto saligna* Smith, quando acometidas por geadas no período de formação, sem a morte fisiológica, podem permanecer no estado de origem sem a intervenção na estrutura física. Os resultados dessa pesquisa divergem as práticas adotadas pelos pequenos produtores que realizam a decepa caulinar com a condução de novas brotações por cepa, com destino para carvão ou celulose.

Resultados do trabalho demonstram que as baixas temperaturas no período de formação à espécie *E. saligna*, não influenciaram diretamente na tortuosidade caulinar, apresentando pouca tortuosidade, característica inerente da espécie. Hawrley e Smith (1972), informam que distorções na orientação das fibras e nós, são mais prejudiciais que qualquer outro fator, e segundo Ferreira et. Al, (2012), a tortuosidade caulinar implica em árvores menos desejáveis para uso mais nobres.

Com base nas inferências científicas, a espécie *E. saligna* suporta geadas, dependendo do grau de intensidade e estágio de desenvolvimento da cultura, porém são necessários estudos complementares à espécie na região Centro-sul do Paraná, buscando-se avaliar também a qualidade da madeira quando acometidas por geada no período de formação.

## 6. RECOMENDAÇÕES

Baseado em estudos e resultados obtidos ao longo dos anos desse trabalho, buscou-se avaliar o efeito das baixas temperaturas no período inicial de formação à espécie *E. saligna*, no primeiro ano pós plantio, juntamente com técnicas de manejo, decepta caulinar com a condução de diferentes brotações por cepa, na qual são bastante utilizadas por produtores florestais afim de mitigar efeitos externos.

Pode-se observar que a espécie *E. saligna*, aos 6 meses após o plantio, foi submetida a geadas severas entre os meses de maio a setembro, comprometendo a estrutura foliar e caulinar, porém os estudos evidenciaram alta taxa de sobrevivência com 91,66% das plantas, na qual não observou morte entre as árvores testemunha. As árvores que mantiveram o estado de origem, sem sofrer manejo por decepta caulinar na condução de diferentes brotações por cepa, apresentaram valores superiores em diâmetro a altura do peito (DAP), altura da árvore, volume de madeira produzida, bem como maior homogeneidade, menor variação entre as médias obtidas, quando comparado ao efeito da decepta caulinar.

Decorrente a esses resultados, sugerimos aos produtores florestais, quando na ocorrência de geadas na formação da espécie *E. saligna*, não transcorrendo em morte fisiológica, deve-se preservar a planta no seu estado de origem, sem intervenção mecânica através da decepta caulinar, mostrando-se apta a restabelecer seu desenvolvimento, com rendimentos superiores, proporcionando menores custos por manejo a campo, tempo de execução e retardo ao rebrote da planta.

Quando para uso mais nobre, serraria, laminação, uso aparente, deve-se estabelecer estudos complementares à espécie *E. saligna* quando acometidas por geadas, buscando-se avaliar, se a ação direta das baixas temperaturas no período de formação, exerce efeitos adversos quanto a qualidade da madeira.

## 7. REFERÊNCIAS

ALVARES, C. A.; STAPE, J. L.; SENTELHAS, P. C.; GONÇALVES, J. L. M.; SPAROVEK, G. Köppen's climate classification map for Brazil. **Meteorologische Zeitschrift**, v.22, n.6, p.711-728, 2013.

ALZATE, S. B. A. **Caracterização da madeira de árvores de clones de *Eucalyptus grandis*, *E. saligna* e *E. grandis x urophylla***. 2004.133 f. Tese (Doutorado em Tecnologia de Produtos Florestais) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo, Piracicaba.

ANDRADE, E. N. - 1961 - Eucalipto. 2 ed., Jundiaí, Companhia Paulista de Estradas de ferro. 667p. Disponível em: <http://www.ipef.br/publicacoes/navarro/>. Acesso em: 03.11.2019.

APEZZATO e CARMELLO, 2003. **Anatomia Vegetal**. Ed. UFV – Universidade Federal de Viçosa.

ARNOLD, R; Li, B; Luo, J; Bai, F; Baker, T. 2015. Selection of cold-tolerant Eucalyptus species and provenances for inland frost-susceptible, humid subtropical regions of Southern China. **Australian Forestry** 78, 180-193.

ASSIS et al. Produção de biomassa de *E. urophylla* sob diferentes espaçamentos na região de cerrado de Minas Gerais. **Revista Árvore**, Viçosa, v.23, n.2, p.151-156, Abr./Jun.1999.

BARBOSA E RODOLFO. Crescimento de clone de eucalipto em espaçamentos amplos com variação na distância entre plantas na linha de plantio, 2015.

BRACELPA. Associação Brasileira de Celulose e Papel – BRACELPA. **Relatório Estatístico 2012/2013**. Disponível em [www.bracelpa.org.br](http://www.bracelpa.org.br). Acessado em 28/09/2019.

Brasil MAM, Ferreira M. Variação da densidade básica da madeira de *Eucalyptus alba* Reinw, *E. saligna* Smith e *E. grandis* Hill *Ex-maiden* aos 5 anos de idade, em função do local e do espaçamento. **Instituto de Pesquisas e Estudos Florestais** 1971; (2-3): 129-149.

BRASIL. **Projeções do agronegócio 2014/15 a 2024/25** - Projeções de Longo prazo. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Brasília. 6 ed. 2015. <[http://www.agricultura.gov.br/arq\\_editor/projecoes\\_do\\_agronegocio\\_2025\\_web.pdf](http://www.agricultura.gov.br/arq_editor/projecoes_do_agronegocio_2025_web.pdf)>. Acesso em: 14.01.2020.

BURKHART, H. E.; SPRINZ, P. T. Compatible cubic volume and basal area projection equations for thinned old-field loblolly pine plantations. **Forest Science**, v. 30, n. 1, p. 86-93, 1984

CACAU, F. V. et al. Decepa de plantas jovens de Eucalipto e manejo de brotações, em um Sistema Agroflorestal. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 43, n. 11, p. 1457-1465, nov. 2008.

CAMPOS, J. C. C.; LEITE, H. G. **Mensuração florestal: perguntas e respostas**. 2.ed. Viçosa, MG: Universidade Federal de Viçosa, 2006. 470p

CARON, et al., 2011. Resistência inicial de quatro espécies arbóreas em diferentes espaçamentos após ocorrência de geada. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.41, n5, p.817-822, 2011.

CARDOSO, D. J.; LACERDA, A. E. B; ROSOT, M. A. D.; GARRASTAZÚ, M. C.; LIMA, R. T. Influence of spacing regimes on the development of loblolly pine (*Pinus taeda* L.) in Southern Brazil. **Forest Ecology and Management**, n. 310, p.761-769, 2013.

CAVICHIOLO, S.R.; DEDECEK, R.A.; GAVA, J.L. Preparo do solo e o estado nutricional da rebrota de *Eucalyptus saligna*. **Scientia Forestalis**, v.66, p.120-127, 2004.

COUTO, H.T.Z. et al. Condução da brotação de *Eucalyptus saligna* Smith. **IPEF** n.7, p.115-123, 1973.

DA ROS, et al. Resistência à geada e crescimento inicial de *Toona ciliata* em cultivos consorciados com *Eucalyptus grandis* em diferentes adubações. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 28, n. 2, p. 796-808, abr.- jun., 2018

DOSSA, D.; Cultivo do eucalipto – **Importância socioeconômica e ambiental**. Embrapa Florestas. Sistemas de produção, 4, 2003. Disponível em: <[http://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/FontesHTML/Eucalipto/CultivodoEucalipto/01\\_01\\_historico.htm](http://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/FontesHTML/Eucalipto/CultivodoEucalipto/01_01_historico.htm)>. Acesso em: 05/12/2019.

ELOY, et al. Ocorrência de geada nas espécies florestais *Acacia mearnsii* e *Eucalyptus grandis* na região norte do Rio Grande do Sul. **Enciclopédia Biosfera**, v.9, N.16; 2013

EMBRAPA, 2006. **Eucaliptos Indicados para Plantio no Estado do Paraná**. Estefano Paludzyszyn Filho Paulo Eduardo Telles dos Santos Carlos Alberto Ferreira, <<https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/bitstream/doc/304430/1/doc129.pdf>> Documentos 129 - ISSN 1679-2599. Acesso em: 08/09/2019.

EMBRAPA FLORESTA, 2011. SisSaligna. **Softwares para manejo de precisão e análise econômica de florestas plantadas**. Disponível em: <<https://www.embrapa.br/florestas/transferencia-de-tecnologia/software-florestais>>. Acesso em 25.5.2019.

EMBRAPA FLORESTA, 2004 **Condução de Plantios de Eucalyptus em Sistema de Talhadia**, Documentos, 104 – ISSN 1679-2599

EMBRAPA FLORESTA, 2000 **Plantio de Eucalipto na Pequena Propriedade Rural**, Documentos, 54 – ISSN 1517-536X

FERRAZ, E.S.B.; COUTINHO, A.R. Efeitos da geada na madeira de *Eucalyptus saligna*. **IPEF** n.28, p.57-62, dez.1984.

FERRARI M.P.; FERREIRA, C.A.; SILVA, H.D. **Condução de plantio de *Eucalyptus* em sistema de talhadia**. Colombo. Embrapa florestas. 2005.

FERREIRA, D.H.A.A.; DOS SANTOS LELES, P.S.; MACHADO, E.C.; DE ABREU, A.H.M.; ABILIO, F.M. Crescimento de clone de *Eucalyptus urophylla* x *E. grandis* em diferentes espaçamentos. **Floresta**, v.44, n.3, p.431-440, 2014.

FERREIRA, M. **Melhoramento e a silvicultura intensiva clonal**. IPEF, v.45, p.22-30, 1992.

FLORES, D.M.M. Amostragem de árvores para estudos tecnológicos da madeira para produção de celulose: tamanho da amostra, número mínimo de repetições e variabilidade das propriedades para clone de *Eucalyptus saligna* Smith. **O Papel**, v. 61, n. 3, p. 44 – 55, 2000.

GARCIA, E. A. **Caracterização física e química do solo e avaliação do desenvolvimento de plantas de eucalipto em função do espaçamento e da adubação, visando a colheita precoce para utilização em bioenergia**. Dissertação (Mestrado em Agronomia). Universidade Estadual Paulista “Julio de Mesquita Filho”. 2010.

GARCIA, S.L.R. e LEITE, H.G. **Curso de estatística experimental**. Viçosa, MG, 2006. 401 p.

GONÇALVES, JLDM; ALVARES, CA; HIGA, AR; SILVA, LD; ALFENAS, AC; STAHL, J; FERRAZ, SFDB; LIMA, WDP; BRANCALION, PHS; HUBNER, A; BOUILLET, J-PD; LACLAU, J-P; NOUVELLON, Y; EPRON, D. 2013. Integrating genetic and silvicultural strategies to minimize abiotic and biotic constraints in brazilian eucalypt plantations. **Forest Ecology and Management** 301, 6- 27.

GONÇALVES, JDM; STAPE, J; LACLAU, J; BOUILLET, J; RANGER, J. 2008. Assessing the effects of early silvicultural management on long-term site productivity of fast-growing eucalypt plantations: the brazilian experience. **Southern Forests: Journal of Forest Science** 70, 105-118.

GRAÇA, M.E.C.; TOTH, V.B.R. Rebrotas de *Eucalyptus dunnii*: A influência da altura, diâmetro e procedência no vigor das brotações. **Boletim de Pesquisa Florestal**, Colombo, n. 20, p.49-57, maio 2020.

HIGA, R.C.V. et al. **Resistência e resiliência a geadas em *Eucalyptus dunnii***. Boletim de Pesquisa Florestal. Colombo, n. 40, jan./jun. 2000 p.67-76. Disponível em: <<http://www.alice.cnptia.embrapa.br/handle/doc/280582>>. Acesso em 09.01.2020.

IEF, 2013. **Áreas de proteção ambiental**. Instituto estadual de florestas. Minas Gerais. 2013. Disponível em: <<http://www.ief.mg.gov.br/component/content/article/117>>. Acesso em: 04.01.2020.

IBÁ. **Relatório IBÁ 2019**. Indústria Brasileira de Árvores. Disponível em: <<https://iba.org/datafiles/publicacoes/relatorios/iba-relatorioanual2019.pdf>>. Acesso em: 20.09.2019

IBÁ. **Relatório IBÁ 2015**. Indústria Brasileira de Árvores. Disponível em: <[http://www.iba.org/images/shared/iba\\_2015.pdf](http://www.iba.org/images/shared/iba_2015.pdf)>. Acesso em: 10.07.2019

IBÁ. **Relatório IBÁ 2014**. Indústria Brasileira de Árvores. Disponível em: <<http://www.iba.org/pt/biblioteca-iba/publicacoes>>. Acesso em: 02.08.2019

IFPR, 2016. **Manual de Implantação de Cultivos Florestais**. Instituto de florestas do Paraná, 2016

IPEF, 2014. **Identificação de espécies florestais**. Instituto de pesquisas e estudos florestais. Disponível em: <<http://www.ipef.br/identificacao/cief/especies/saligna.asp>>. Acesso em 20.02.2020>

JARDIM, S. F. C.; HOSOKAWA, R. T. Estrutura da floresta equatorial úmida da estação experimental de silvicultura tropical do INPA. **Acta Amazonica**, 16/17, p0-97, 1985.

LEITE et al. Efeito de geadas sobre diversas espécies/procedências de *eucalyptus spp* introduzidas na região de lages - santa catarina. **IPEF** n.7, p.101-114, 1973

LELES, P.S.S. et al. Relação hídrica e crescimento de árvores de *E. camaldulensis* e *E. pellita*. **Árvore**. Viçosa, MG, v.22, n.1, p.41-50, 1998

LONDERO, E. K. et al. Clibração do modelo 3-pg para *Eucalyptus saligna* Smith na região de Guaíba – RS. **Ciência florestal**, Santa Maria, v.25, n.2,p.293-305, abr.-jun.,2015.

MACHADO, V. T. **Pastagens de capim-braquiária em sistema silvipastoril com eucalipto**. 59 f. Dissertação (Mestrado em Zootecnia), Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2012.

MAGALHÃES, W. M; MACEDO, R. L. G.; VENTURIN. N; HIGASHIKAWA, E. M.; JUNIOR, M. Y. Desempenho silvicultural de clones e espécies/procedências de *Eucalyptus* na região noroeste de Minas Gerais. **Cerne**, v. 13, n. 4, p. 368-375, 2007.

MEDRADO, M. J. S.; SILVA, V. P.; MEDRADO, R. D.; DERETI, R. M. **Potencial Florestal na Conservação dos Recursos Naturais**. Dados Eletrônicos – Colombo: Embrapa Florestas, 2011. 55 p. Documentos 212. Disponível em: Acesso em: 22.10.2019.

MENDONÇA, A.R. de; SILVA, G.F. de; OLIVEIRA, J.T.S.; NOGUEIRA, G.S.; ASSIS, A.L. de; Avaliação de funções de afilamento visando a otimização de fustes de *Eucalyptus* sp. para multiprodutos. **Cerne**, v.13, n.1, p.71-82, 2007.

MATRANGOLO et al. Crescimento de eucalipto sob efeito de desfolhamento artificial. **Pesq. agropec. bras.** vol.45 no.9 Brasília Sept. 2010

MORA, F; SERRA, N. Bayesian estimation of genetic parameters for growth, stem straightness, and survival in *Eucalyptus globulus* on an Andean Foothill site. **Tree Genetics & Genomes** 10, 711-719. 2014.

MOURA, JCMS; BONINE, C; VIANA, JOF; DORNELAS, M; MAZZAFERA, P. Abiotic and biotic stresses and changes in the lignin content and composition in plants. **Journal of Integrative Plant Biology** 52, 360-376. 2010.

NEVES, C. S. et al. 2002. Recuperação de plantas de genótipos de aceroleira afetadas por geada no norte do Paraná. **Ciências Agrárias**, Londrina, v. 23, n. 2, p. 173-178, jul./dez. 2002

NIERI et al., 2018. Comportamento silvicultural de espécies florestais em arranjo para integração pecuária floresta. **Floresta**, Curitiba, PR, v. 48, n. 2, p. 195-202, 2018.

OLIVEIRA, C. H. R. **Produção de eucalipto em auto fuste e talhadia e de braquiária em sistemas silvipastoris em diferentes arranjos espaciais**. 118 f. Tese (Doutorado em Ciência Florestal) Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2014.

OLIVEIRA, J. R. **Crescimento, produção e eficiência nutricional de genótipos de eucalipto em diferentes condições edafoclimáticas de Minas Gerais**. 150 f. Tese (Doutorado em Ciência Florestal) Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2017.

OLIVEIRA NETO, S. N.; REIS, G. G.; REIS, M. G. F.; LEITE, H. G. Arranjos estruturais do componente arbóreo em Sistema Agrossilvipastoril e seu manejo por desrama e desbaste. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v.31, n.257, p.47-58, 2010

OLIVEIRA, T. K. et al. Desempenho silvicultural e produtivo de eucalipto sob diferentes arranjos espaciais em sistema agrossilvipastoril. **Pesquisa Florestal Brasileira**, n.60, p.01-09, dez., 2009.

OLIVEIRA, T. K. de et al. Radiação solar no sub bosque de sistema agrossilvipastoril com eucalipto em diferentes arranjos estruturais. **Cerne**, v.13, p.4050, 2007.

PAULA, R. R. **Avaliação silvicultural de eucalipto em monocultivo e em sistema agroflorestal com diferentes arranjos espaciais**. 71 f. Dissertação (Mestrado em Ciência Florestal), Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2011.

PAULINO, E. P. **Influência do espaçamento e da idade na produção de biomassa e na rotação econômica em plantios de eucalipto**. 2012. 59 f. Dissertação (Mestrado em Ciência Florestal) – Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri, Diamantina, MG.

PALUDZYSZYN FILHO, E.; SANTOS, P. E. T.; FERREIRA, C.A. Eucaliptos indicados para plantio no Estado do Paraná. Colombo: **Embrapa Florestas**, 2006.

PEREIRA, A. R. et al. **Agrometeorologia fundamentos e aplicações**. Guaíba: Agropecuária, 2001. 480 p.

PERIN, L. D. **Potencial de crescimento inicial de espécies florestais nativas em plantio puro**. 99 f. Dissertação (Mestrado em Agroecossistemas), Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Câmpus Dois Vizinhos, 2018.

PILAU, F.G. et al. Radiation balance of an orange tree in orchard and its relation with global solar radiation and grass net radiation. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, V.15, n.3, p.257-266, 2007.

SIF, 2003. Importância das variáveis altura dominante e altura total em equações hipsométricas e volumétricas. **Revista Árvore**, Viçosa-MG, v.27, n.3, p.301-310, 2003.

SILVA, J.G.; SENTELHAS, P.C. Diferença entre temperatura mínima do ar medida no abrigo e na relva e probabilidade de sua ocorrência em eventos de geadas no Estado de Santa Catarina. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, Santa Maria, v.9, n.1, p.9-15, 2001.

SOARES, C.P. et al. **Dendrometria e Inventário Florestal**. Editora UFV, 2ª edição, 2011.

SOBCZAK, J.C.M.S. 2013. **Lignificação em eucaliptos submetidos aos estresses de frio e seca: aspectos bioquímicos e moleculares**. Campinas: Universidade Estadual de Campinas, Tese de doutorado, 149p.

SOUZA, F.; QUEIRÓZ, M. Avaliação de caracteres morfológicos úteis na identificação de plantas poliplóides de melancia. **Hortic. Bras.** v.22 n.3 Brasília jul./set. 2004

SOUZA, J. T. **Influência de diferentes espaçamentos no valor total do estoque madeireiro de um povoamento de teca (*Tectona grandis* L.f.) aos 11 anos de idade, na região de Cárceres-MT**. 76 f. Dissertação (Mestrado em Ciência Florestal), Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica, 2010.

STAPE, J. L. Planejamento global e normalização de procedimentos operacionais da talhadia simples em *Eucalyptus*. **Série Técnica – IPFEF**, Piracicaba, SP, v.11.

THOMAS et al. Metodologias de determinação do volume de madeira em pé para aplicação em inventários florestais. **Colloquium Agrariae**, vol. 10, n. Especial, p. 107-114, 2014.

UNESP. **Guia Prático de Manejo de Plantações de Eucalipto, Fundação de Estudos e Pesquisas Agrícolas e Florestais**. 2008

VIEIRA, A. R. R.; FEISTAUER, D.; SILVA, V. P. Adaptação de espécies arbóreas nativas em um sistema agrossilvipastoril, submetidas a extremos climáticos de geada na região de Florianópolis. **Revista Árvore**, Viçosa, MG, v. 27, n. 5, p. 627-634, 2003.

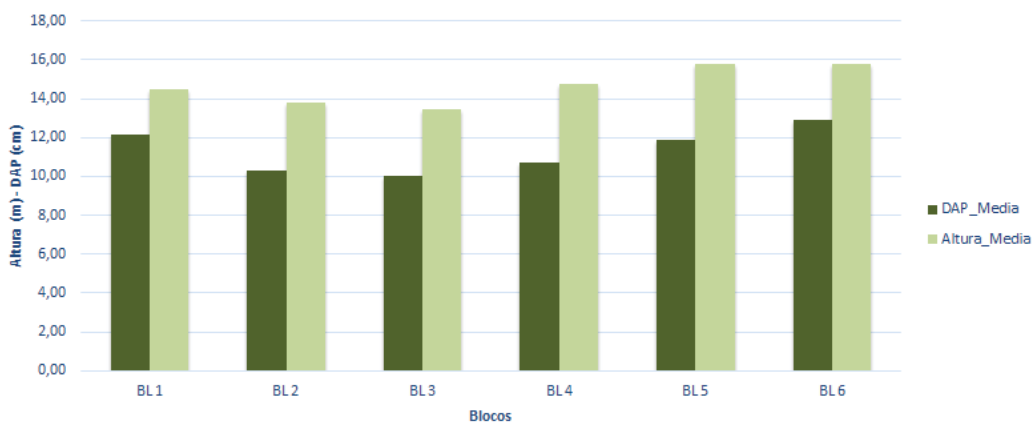
WEAR, DN; Dixon, E; Abt, RC; Singh, N. 2015. Projecting potential adoption of genetically engineered freeze-tolerant Eucalyptus in the United States. **Forest Science** 61, 466-480.

## 8. ANEXOS

### 8.1 Homogeneidades entre DAP, altura e arranjo espacial

Não foi observada diferença estatística nas médias de DAP e altura de árvore, (FIGURA 14), entre blocos. Buscou-se avaliar isoladamente os blocos, devido a distribuição aleatória dos tratamentos, cujo grau de severidade dos danos por geada estiveram mais presentes nas áreas declivosas, conforme apresentado na (FIGURA 15).

FIGURA 14: Médias de DAP e altura de árvore entre blocos



NOTA: Avaliação dos dados amostrais entre médias de DAP (cm) e altura de árvore (m) por bloco de *E. saligna* Smith.

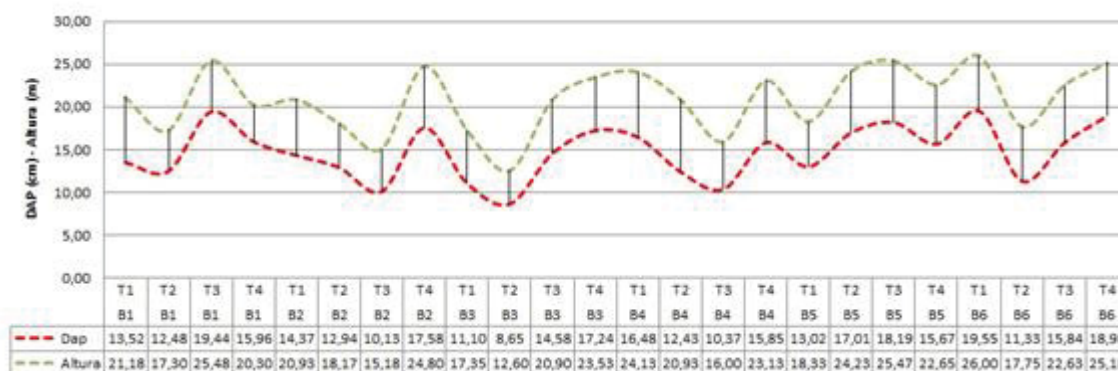
Dados do relevo no experimento, (FIGURA 15), obtido através do programa Google Earth, apresenta inclinação máxima 3,9%, com variação de 1 metro nas áreas mais altas, 911 metros a nível do mar, e nas áreas mais baixas 910 metros do nível do mar. A depressão do relevo ocorre em maior proporção ao fundo do talhão avaliado.

FIGURA 15: Declividade do terreno no experimento *E. saligna* Smith – NITA

NOTA: Imagem obtida através do programa Google Earth.

Quando observamos as tendências entre os 4 tratamentos distribuídos ao longo dos 6 blocos, (FIGURA 16), através da proporcionalidade entre DAP e altura da árvore, com baixo coeficiente de variação, há uma relação direta entre o crescimento verticalizado do caule com o acréscimo em diâmetro do mesmo, apresentado pelo teste de Pearson com coeficiente 0,917, (p-value 2,2E-16). Esta relação de equilíbrio mostra a homogeneidade na distribuição do plantio, na qual os espaçamentos entre linhas e plantas obedecem a uma padronização, para este projeto, conduzido no arranjo espacial 3x2 metros.

FIGURA 16: Homogeneidade entre DAP e Altura da árvore



NOTA: Proporcionalidade entre DAP (cm) e altura da árvore (m).

A condução em áreas florestais, por meio de arranjo espacial, mais ou menos adensados entre árvores, pouco interfere no crescimento verticalizado da planta,

porém há um desequilíbrio quanto ao crescimento em DAP em condições de maior adensamento, podendo haver maior competição entre plantas vizinhas por luz, água e nutrientes. Quando a planta perde em rendimento através do IAF – Índice de área foliar na conversão fotossintética ativa, há um declínio no crescimento em DAP (REVISTA ÁRVORE, 1998). Estudo realizado com *E. camaldulensis* e *E. pellita*, espaçamentos (9 x 9m, 6 x 4 m, 3 x 3 m, 3 x 2 m e 3 x 1 m) avaliadas entre janeiro de 1993 a fevereiro de 1994 na região do cerrado em Minas Gerais concluíram que o espaçamento não influenciou a altura das árvores, mas o DAP foi afetado negativamente pelo maior adensamento das plantas (LELES, P.S.S. et al, 1998).

Barbosa e Rodolfo, 2015, através de experimento com eucalipto em sistemas agroflorestais, delineamento inteiramente casualizado, com 8 repetições e 20 plantas por repetição, arranjo espacial (9,5 x 1,5 m; 9,5 x 2 m; 9,5 x 3 m; 9,5 x 4 m), não observou diferença significativa ( $p > 0.05$ ) no crescimento em altura entre arranjos espaciais. Para o crescimento em diâmetro houve significância ( $p < 0,05$ ) entre arranjos espaciais. O maior arranjo (9,5 x 4 m), apresentou maior assintótico (21,30 cm).

Não há consenso o efeito do arranjo espacial sobre o crescimento em altura das árvores. O aumento no DAP através do aumento no espaçamento entre plantas foi observado por diversos autores (OLIVEIRA, 2014; MACHADO, 2014; PAULA et al., 2013; SOUZA, 2010). Tem sido relatado que o aumento na distância entre plantas na linha de plantio favorece também o crescimento em DAP (CARDOSO et al., 2013, OLIVEIRA et al., 2009, MAGALHÃES et al., 2007).

## 8.2 Análises Estatísticas

Programa R – Versão 3.6.1 – (Base de instalação Windows)

Programa RStudio – Versão 1.2.1335 (Base de instalação Windows)

### #Anova

```
summary(anovadap<-aov(base$dap~base$trat+base$bloco))
```

```
summary(anovaalt<-aov(base$alt~base$trat+base$bloco))
```

```
summary(anovavol<-aov(base$vol~base$trat+base$bloco))
```

#### **summary(anovadap<-aov(base\$dap~base\$trat+base\$bloco))**

```
      Df Sum Sq Mean Sq F value Pr(>F)
base$trat  3  162.0   53.99   4.545 0.00544 **
base$bloco  5   132.5   26.50   2.231 0.05928 .
Residuals  79  938.6   11.88
```

---

Signif. codes: 0 '\*\*\*' 0.001 '\*\*' 0.01 '\*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

#### **summary(anovaalt<-aov(base\$alt~base\$trat+base\$bloco))**

```
      Df Sum Sq Mean Sq F value Pr(>F)
base$trat  3  160.8   53.59   3.313 0.0242 *
base$bloco  5  148.4   29.68   1.835 0.1155
Residuals  79 1277.7   16.17
```

---

Signif. codes: 0 '\*\*\*' 0.001 '\*\*' 0.01 '\*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

#### **summary(anovavol<-aov(base\$vol~base\$trat+base\$bloco))**

```
      Df Sum Sq Mean Sq F value Pr(>F)
base$trat  3  0.1848 0.06160   7.318 0.000197 ***
base$bloco  5  0.1083 0.02167   2.574 0.032076 *
Residuals  87  0.7324 0.00842
```

---

Signif. codes: 0 '\*\*\*' 0.001 '\*\*' 0.01 '\*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

#### **summary(anovadap<-aov(base\$escorgeada~base\$trat+base\$bloco))**

```
      Df Sum Sq Mean Sq F value Pr(>F)
base$trat  3  14.13   4.708   0.523 0.673
base$bloco  5  80.71  16.142   1.792 0.175
Residuals  15 135.12   9.008
```

#### **summary(anovadap<-aov(base\$escortort~base\$trat+base\$bloco))**

```
      Df Sum Sq Mean Sq F value Pr(>F)
base$trat  3  2.458   0.8194   0.393 0.760
base$bloco  5  8.208   1.6417   0.787 0.575
Residuals  15 31.292   2.0861
```

**#Homogeneidade das variâncias**

```
bartlett.test(base$dap,base$trat)
bartlett.test(base$alt,base$trat)
bartlett.test(base$vol,base$trat)
bartlett.test(base$tort,base$trat)
bartlett.test(base$geada,base$trat)
```

**bartlett.test(base\$dap,base\$trat)**

Bartlett test of homogeneity of variances  
 data: base\$dap and base\$trat  
 Bartlett's K-squared = 3.35, df = 3, p-value = 0.3408

**bartlett.test(base\$alt,base\$trat)**

Bartlett test of homogeneity of variances  
 data: base\$alt and base\$trat  
 Bartlett's K-squared = 7.8562, df = 3, p-value = 0.04908

**bartlett.test(base\$vol,base\$trat)**

Bartlett test of homogeneity of variances  
 data: base\$vol and base\$trat  
 Bartlett's K-squared = 3.0814, df = 3, p-value = 0.3792

**bartlett.test(base\$tort,base\$trat)**

Bartlett test of homogeneity of variances  
 data: base\$tort and base\$trat  
 Bartlett's K-squared = 2.1255, df = 3, p-value = 0.5468

**bartlett.test(base\$geada,base\$trat)**

Bartlett test of homogeneity of variances  
 data: base\$geada and base\$trat  
 Bartlett's K-squared = 1.9023, df = 3, p-value = 0.5929

**#Teste Tukey (diferenciação)**

```
TukeyHSD(anovadap)
TukeyHSD(anovaalt)
TukeyHSD(anovavol)
```

**TukeyHSD(anovadap)**

Tukey multiple comparisons of means  
 95% family-wise confidence level  
 Fit: aov(formula = base\$dap ~ base\$trat + base\$bloco)  
 \$`base\$trat`

	diff	lwr	upr	p adj
t2-t1	-1.61296651	-4.4462237	1.220291	0.4458455
t3-t1	-0.05628458	-2.7541061	2.641537	0.9999405
t4-t1	2.21337121	-0.4568311	4.883574	0.1390442
t3-t2	1.55668192	-1.2478871	4.361251	0.4683336
t4-t2	3.82633772	1.0483264	6.604349	0.0029072
t4-t3	2.26965580	-0.3700869	4.909399	0.1172344

```
$`base$bloco`
```

	diff	lwr	upr	p adj
B2-B1	-1.73466667	-5.4108823	1.941549	0.7397967
B3-B1	-1.95757892	-5.7725682	1.857410	0.6660495
B4-B1	-1.83180223	-5.5080179	1.844413	0.6931813
B5-B1	0.57681325	-3.1644732	4.318100	0.9975872
B6-B1	0.99651644	-2.6218024	4.614835	0.9659100
B3-B2	-0.22291225	-4.0379015	3.592077	0.9999791
B4-B2	-0.09713557	-3.7733512	3.579080	0.9999996
B5-B2	2.31147991	-1.4298065	6.052766	0.4688022
B6-B2	2.73118310	-0.8871357	6.349502	0.2473168
B4-B3	0.12577669	-3.6892126	3.940766	0.9999988
B5-B3	2.53439217	-1.3433399	6.412124	0.4044637
B6-B3	2.95409535	-0.8051350	6.713326	0.2083234
B5-B4	2.40861548	-1.3326710	6.149902	0.4217204
B6-B4	2.82831867	-0.7900002	6.446638	0.2132901
B6-B5	0.41970319	-3.2647091	4.104116	0.9994394

### TukeyHSD(anovaalt)

Tukey multiple comparisons of means

95% family-wise confidence level

Fit: aov(formula = base\$alt ~ base\$trat + base\$bloco)

```
$`base$trat`
```

	diff	lwr	upr	p adj
t2-t1	-1.8220096	-5.1277191	1.483700	0.4745240
t3-t1	-0.5837945	-3.7314841	2.563895	0.9618261
t4-t1	1.9352273	-1.1802376	5.050692	0.3677535
t3-t2	1.2382151	-2.0340225	4.510453	0.7537489
t4-t2	3.7572368	0.5159855	6.998488	0.0164808
t4-t3	2.5190217	-0.5609044	5.598948	0.1475497

```
$`base$bloco`
```

	diff	lwr	upr	p adj
B2-B1	-1.4400000	-5.729233	2.849233	0.9228004
B3-B1	-1.6161010	-6.067249	2.835047	0.8953811
B4-B1	-0.3518660	-4.641099	3.937367	0.9998880
B5-B1	1.5539692	-2.811186	5.919124	0.9029648
B6-B1	1.6877910	-2.533891	5.909473	0.8507175
B3-B2	-0.1761010	-4.627249	4.275047	0.9999970
B4-B2	1.0881340	-3.201099	5.377367	0.9761172
B5-B2	2.9939692	-1.371186	7.359124	0.3497757
B6-B2	3.1277910	-1.093891	7.349473	0.2663088
B4-B3	1.2642350	-3.186913	5.715383	0.9611327
B5-B3	3.1700701	-1.354283	7.694423	0.3260621
B6-B3	3.3038920	-1.082199	7.689983	0.2493919
B5-B4	1.9058352	-2.459320	6.270990	0.7975046
B6-B4	2.0396571	-2.182025	6.261339	0.7202028
B6-B5	0.1338219	-4.164975	4.432619	0.9999991

**TukeyHSD(anovavol)**

Tukey multiple comparisons of means

95% family-wise confidence level

Fit: aov(formula = base\$vol ~ base\$trat + base\$bloco)

\$`base\$trat`

	diff	lwr	upr	p adj
t2-t1	-0.05170828	-0.121085620	0.01766906	0.2142477
t3-t1	0.01360702	-0.055770320	0.08298436	0.9556045
t4-t1	0.07156308	0.002185735	0.14094041	0.0405661
t3-t2	0.06531530	-0.004062040	0.13469264	0.0725560
t4-t2	0.12327136	0.053894016	0.19264870	0.0000675
t4-t3	0.05795606	-0.011421285	0.12733340	0.1346378

\$`base\$bloco`

	diff	lwr	upr	p adj
B2-B1	-0.039954858	-0.134487980	0.05457826	0.8201250
B3-B1	-0.051361848	-0.145894970	0.04317127	0.6116154
B4-B1	-0.037897234	-0.132430356	0.05663589	0.8506064
B5-B1	0.004831530	-0.089701592	0.09936465	0.9999894
B6-B1	0.045874753	-0.048658369	0.14040787	0.7183804
B3-B2	-0.011406990	-0.105940112	0.08312613	0.9992692
B4-B2	0.002057623	-0.092475499	0.09659075	0.9999999
B5-B2	0.044786388	-0.049746734	0.13931951	0.7384107
B6-B2	0.085829611	-0.008703511	0.18036273	0.0972839
B4-B3	0.013464613	-0.081068509	0.10799774	0.9983720
B5-B3	0.056193378	-0.038339744	0.15072650	0.5145766
B6-B3	0.097236601	0.002703479	0.19176972	0.0400890
B5-B4	0.042728765	-0.051804357	0.13726189	0.7747791
B6-B4	0.083771987	-0.010761134	0.17830511	0.1126533
B6-B5	0.041043223	-0.053489899	0.13557634	0.8028829

**#Teste Correlação de Pearson (dados paramétricos)****# Ambas as variáveis tem que ser paramétricas (quantitativas, dap, altura)****cor.test(base\$dap,base\$alt)**

Pearson's product-moment correlation

data: base\$dap and base\$alt

t = 21.421, df = 86, **p-value < 2.2e-16**

alternative hypothesis: true correlation is not equal to 0

95 percent confidence interval: 0.8767731 0.9454236

sample estimates: cor 0.9176958

**Resp:** Valor **p-value < 2.2e-16** (menor que 5%), estatisticamente significativo

há correlação entre DAP e altura.

**#Teste estatístico correlação de Spearman's (dados não paramétricos)****# Pelo menos uma variável tem que ser não paramétrica (qualitativa, neste caso gead)**

cor.test(dados\$coefdano,dados\$coefdap,method = "spearman")

cor.test(dados\$coefdano,dados\$coefalt,method = "spearman")

cor.test(dados\$coefdano,dados\$coefvol,method = "spearman")

cor.test(dados\$coefdano,dados\$coeftor,method = "spearman")

**cor.test(base\$geada,base\$dap,method = "spearman")**

Spearman's rank correlation rho

data: base\$geada and base\$dap

S = 166357, **p-value = 5.044e-06**

alternative hypothesis: true rho is not equal to 0

sample estimates: rho -0.4648707

**Resp:** Valor **p-value = 5.004e-06** (menor que 5%), estatisticamente significativo há correlação entre danos por geada e DAP.

**cor.test(base\$geada,base\$alt,method = "spearman")**

Spearman's rank correlation rho

data: base\$geada and base\$alt

S = 177306, **p-value = 1.281e-08**

alternative hypothesis: true rho is not equal to 0

sample estimates: rho -0.5612875

**Resp:** Valor **p-value = 1.281e-08** (menor que 5%), estatisticamente significativo há correlação entre danos por geada e altura da árvore.

**cor.test(base\$geada,base\$vol,method = "spearman")**

Spearman's rank correlation rho

data: base\$geada and base\$vol

S = 169909, **p-value = 8.843e-07**

alternative hypothesis: true rho is not equal to 0

sample estimates:rho -0.496154

**Resp:** Valor **p-value = 8.843e-07** (menor que 5%), estatisticamente significativo há correlação entre danos por geada e volume de árvore.

**cor.test(base\$geada,base\$tort,method = "spearman")**

Spearman's rank correlation rho

data: base\$geada and base\$tort

S = 98198, **p-value = 0.2088**

alternative hypothesis: true rho is not equal to 0

sample estimates: rho 0.1353095

**Resp:** Valor **p-value 0.2088** (maior que 5%), estatisticamente não significativo Não há correlação entre danos por geada e tortuosidade da árvore.

### #Demonstração Gráfica Boxplot

```
boxplot(base$coefdap~base$trat,main="DAP entre Tratamentos", ylab="DAP (cm)",xlab="Tratamentos")
```

```
boxplot(base$coefalt~base$trat,main="Altura entre Tratamentos", ylab="Altura (m)",xlab="Tratamentos")
```

```
boxplot(base$coefvol~base$trat, main="Volume entre Tratamentos", ylab="Volume (m³)",xlab="Tratamentos")
```

```
boxplot(dados$coefdanos~dados$trat,main="Danos por Geada", ylab="Índice de danos",xlab="Tratamentos")
```

```
boxplot(dados$coeftor~dados$trat,main="Danos por Tortuosidade", ylab="Índice de danos",xlab="Tratamentos")
```

### 8.3 Fotos ilustrativas das avaliações no campo



Imagem: Análise experimental



Imagem: Fuste (Base DAP)



Imagem: Fuste (DAP COPA)



Imagem: Avaliação CAP



Imagem: Avaliação Altura



Imagem: Avaliação Fuste

#### 8.4 Fotos ilustrativas campo experimental



Imagem – Experimento *E. Saligna* Smith



Imagem – Experimento *E. Saligna* Smith



Imagem – Experimento *E. Saligna* Smith



Imagem – Experimento *E. Saligna* Smith

## 8.5 Fotos ilustrativas das árvores avaliadas





Árvore B6: Base - DAP

Árvore B6: DAP - Copa



Árvore B7: Base - DAP

Árvore B7: DAP - Copa



Árvore B8: Base - DAP

Árvore B8: DAP - Copa



Árvore B9: Base - DAP

Árvore B9: DAP - Copa

**Bloco 01 – Tratamento 03**



Árvore B2: Base - DAP

Árvore B2: DAP - Copa



Árvore B3: Base - DAP

Árvore B3: DAP - Copa



Árvore C2: Base - DAP

Árvore C2: DAP - Copa



Árvore C3: Base - DAP

Árvore C3: DAP - Copa

**Bloco 01 – Tratamento 04**





Árvore H6: Base - DAP

Árvore H6: DAP - Copa

Árvore H7: Base - DAP

Árvore H7: DAP - Copa



Árvore H8: Base - DAP

Árvore H8: DAP - Copa

Árvore H9: Base - DAP

Árvore H9: DAP - Copa

### Bloco 02 – Tratamento 03



Árvore K10: Base - DAP

Árvore K10: DAP - Copa

Árvore K11: Base - DAP

Árvore K11: DAP - Copa



Árvore L10: Base - DAP

Árvore L10: DAP - Copa

Árvore L11: Base - DAP

Árvore L11: DAP - Copa

### Bloco 02 – Tratamento 04

**Morta****Morta**



# Morta



Árvore S14

Árvore S15: DAP - Copa

Árvore S15: Base - DAP



Árvore T14: Base - DAP

Árvore T14: DAP - Copa

Árvore T15: Base - DAP

Árvore T15: DAP - Copa

## Bloco 04 – Tratamento 01



Árvore R10: Base - DAP

Árvore R10: DAP - Copa

Árvore R11: Base - DAP

Árvore R11: DAP - Copa



Árvore S10: Base - DAP

Árvore S10: DAP - Copa

Árvore S11: Base - DAP

Árvore S11: DAP - Copa

## Bloco 04 – Tratamento 02



Árvore V2: Base - DAP

Árvore V2: DAP - Copa

Árvore V3: Base - DAP

Árvore V3: DAP - Copa



Árvore W2: Base - DAP

Árvore W2: DAP - Copa

Árvore W3: Base - DAP

Árvore W3: DAP - Copa

### Bloco 04 – Tratamento 03



Árvore S6: Base - DAP

Árvore S6: DAP - Copa

Árvore S7: Base - DAP

Árvore S7: DAP - Copa



Árvore T6: Base - DAP

Árvore T6: DAP - Copa

Árvore T7: Base - DAP

Árvore T7: DAP - Copa

### Bloco 04 – Tratamento 04



Árvore W6: Base - DAP

Árvore W6: DAP - Copa

Árvore W7: Base - DAP

Árvore W7: DAP - Copa

## Morta



Árvore X6

Árvore X7: Base - DAP

Árvore X7: DAP - Copa

### Bloco 05 – Tratamento 01



Árvore W14: Base - DAP

Árvore W14: DAP - Copa

Árvore W15: Base - DAP

Árvore W15: DAP - Copa



Árvore X14: Base - DAP

Árvore X14: DAP - Copa

Árvore X15: Base - DAP

Árvore X15: DAP - Copa

### Bloco 05 – Tratamento 02

# Morta



Árvore V10

Árvore V11: Base - DAP

Árvore V11: DAP - Copa



Árvore W10: Base - DAP

Árvore W10: DAP - Copa

Árvore W11: Base - DAP

Árvore W11: DAP - Copa

## Bloco 05 – Tratamento 03



Árvore Z2: Base - DAP

Árvore Z2: DAP - Copa

Árvore Z3: Base - DAP

Árvore Z3: DAP - Copa



Árvore AA2: Base - DAP

Árvore AA2: DAP - Copa

Árvore AA3: Base - DAP

Árvore AA3: DAP - Copa

## Bloco 05 – Tratamento 04



Árvore AE6: Base - DAP

Árvore AE6: DAP - Copa

Árvore AE8: Base - DAP

Árvore AE8: DAP - Copa



Árvore AF6: Base - DAP

Árvore AF6: DAP - Copa

Árvore AF7: Base - DAP

Árvore AF7: DAP - Copa

### Bloco 06 – Tratamento 01



Árvore AA6: Base - DAP

Árvore AA6: DAP - Copa

Árvore AA7: Base - DAP

Árvore AA7: DAP - Copa



Árvore AB6: Base - DAP

Árvore AB6: DAP - Copa

Árvore AB7: Base - DAP

Árvore AB7: DAP - Copa

### Bloco 06 – Tratamento 02



Árvore AD2: Base - DAP



Árvore AD2: DAP - Copa



Árvore AD3: Base - DAP



Árvore AD3: DAP - Copa



Árvore AE2: Base - DAP



Árvore AE2: DAP - Copa



Árvore AE3: Base - DAP



Árvore AE3: DAP - Copa

### Bloco 06 – Tratamento 03



Árvore AB6: Base - DAP



Árvore AB6: DAP - Copa



Árvore AB7: Base - DAP



Árvore AB7: DAP - Copa



Árvore AB6: Base - DAP



Árvore AB6: DAP - Copa



Árvore AB7: Base - DAP



Árvore AB7: DAP - Copa

### Bloco 06 – Tratamento 04