



**UNIVERSIDADE FEDERAL DE ITAJUBÁ
INSTITUTO DE RECURSOS NATURAIS
PROGRAMA DE GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS ATMOSFÉRICAS**

**ELEMENTOS METEOROLÓGICOS NO
DESENVOLVIMENTO FOLIAR DE DUAS ESPÉCIES
FLORESTAIS DURANTE A FASE DE MUDA**

MONOGRAFIA DE GRADUAÇÃO

Cleverson Henrique de Freitas

Itajubá, MG, Brasil

2015

**ELEMENTOS METEOROLÓGICOS NO
DESENVOLVIMENTO FOLIAR DE DUAS ESPÉCIES
FLORESTAIS DURANTE A FASE DE MUDA**

por

Cleverson Henrique de Freitas

Monografia apresentada à comissão examinadora Programa de Graduação em Ciências Atmosféricas da Universidade Federal Itajubá (UNIFEI, MG), como requisito parcial para obtenção do grau de **Bacharel em Ciências Atmosféricas.**

Orientadora: Fabrina Bolzan Martins

**Itajubá, MG, Brasil
2015**

**Universidade Federal de Itajubá
Instituto de Recursos Naturais
Programa de Graduação em Ciências Atmosféricas**

A Comissão Examinadora, abaixo assinada, aprova a Monografia

**ELEMENTOS METEOROLÓGICOS NO
DESENVOLVIMENTO FOLIAR DE DUAS ESPÉCIES
FLORESTAIS DURANTE A FASE DE MUDA**

elaborada por

Cleverson Henrique de Freitas

Como requisito parcial para a obtenção do grau de
Bacharel em Ciências Atmosféricas


Comissão Examinadora:



Fabrina Bolzan Martins, Dr^a (UNIFEI)
(Presidente/Orientador)



Hisaias de Souza Almeida, Dr. (UNIFEI)



Marcel Carvalho Abreu, Msc. (UFV)

Itajubá, 20 de novembro de 2015.

A DEUS, PELO CONFORTO NOS MOMENTOS DE TRISTEZA E DESÂNIMO,

AGRADEÇO

AOS MEUS IRMÃOS CRISTINA, CLEIDE E CLEBER,
E MINHA AVÓ DE CORAÇÃO
LASARA FERNANDES (*IN MEMORIAM*)
POR ACREDITAREM SEMPRE NO MEU POTENCIAL,

DEDICO

AOS MEUS PAIS BERNADETE E NELSON
POR SE ESFORÇAREM TANTO PARA QUE EU CHEGASSE ATÉ AQUI,
E A MINHA IRMÃ CRISTIANE,
PELO APOIO INCONDICIONAL
EM TODOS OS MOMENTOS

OFEREÇO

AGRADECIMENTOS

Sou eternamente grato a professora Fabrina Bolzan Martins que além de uma excelente orientadora foi uma grande amiga, ensinando-me e incentivando-me a buscar sempre ser um bom profissional, estando sempre disposta a me ajudar (com seu jeito gaúcho), o que me fez crescer tanto pessoalmente quanto academicamente. Agradeço também por fazer com que a agrometeorologia não tornasse só uma área que quero especializar, mas algo que quero para toda a minha vida.

Aos amigos Marcel, Rodolfo, João, Mábele e Haroldo pela imensa ajuda desde a preparação do experimento, transposição do mesmo até as contagens do número de folhas nos dias muito quentes e naqueles com muita chuva, muito obrigado.

Ao corpo docente do curso de Ciências Atmosféricas por todo incentivo, ensinamentos e sempre disposição em me ajudar sempre que precisei. Sem vocês nenhum graduando em Ciências Atmosféricas teria aprendido e se preparado tanto para tudo o que virá nos próximos passos de vida acadêmica.

À professora Vanessa pela paciência, amizade, dicas de viagens e por sempre me ajudar, principalmente nos momentos de desânimo, dúvidas e desespero.

À minha segunda família CAT2011 (Amanda (Amandinha), Bruno (Brunete), Carolina (Pretinha), Débora (Debs), Diego (Diegão), Heloisa (Helo), Igor (Stivis), Josielli (Jojo), Rebeca (Beca), Rodolfo (Valexca) e a agregada Thais (Let)) que sem eles não teria tido forças para completar todo esse ciclo com tanto suor, noites sem dormir, festas que só CAT2011 consegue fazer e se superar a cada uma e principalmente pela amizade compartilhada em todos os momentos.

Aos meus pais Bernadete e Nelson, meus irmãos Cleber, Cristina, Cristiane e Cleide, meus sobrinhos e meus cunhados Hélber e Nívea por darem todo apoio e incentivo que vem desde criança e aumenta a cada dia.

Aos meus amigos do Ciência sem Fronteiras – Itália (CsF-Itália 2013/2014) Steffany (Teka), Marinna, Vinícius (Vinixius), Fernanda (Nandinha), Cauê, Rodolfo, Karol Gobato, Alessandra (Juju carente), Poliane (Poly), Pedrão (Portuga), Francesca Grandi (la migliore insegnante d'italiano), Daniele Fasanella, Naiana, Márcia e Elaine pelo melhor período da minha vida nesse um ano de intercâmbio, pelas companhias nas viagens e pelos momentos incríveis e grandes aprendizados para toda a vida.

Aos colegas que se tornaram grandes amigos do CRA-CMA, Roma, em especial a Eleonora Gerardi, Flora De Natale, Maria Segnalini, Mariangela Aliazzo, Roberta Alilla e

Edmondo Di Giuseppe por toda a experiência, conhecimentos de agrometeorologia e culturais compartilhados.

Ao terceiro 3ºM10, em especial as minhas amigas Jéssica e Larissa por toda a amizade, companheirismo e confiança em todos os momentos, principalmente nos de desespero no último ano de ensino médio.

A todos os funcionários da Escola Estadual Silvério Sanches e aos professores do cursinho comunitário Pre-Vest.com pelo incentivo e apoio nos momentos de aflição pré-ENEM e por acreditarem sempre no meu potencial.

Meus sinceros agradecimentos a todos que aqui não foram citados, mas que de alguma forma estiveram presentes nos momentos mais importantes e decisivos de minha vida.

“DIETRO OGNI PROBLEMA C’È UN’ OPPORTUNITÀ.”
(GALILEO GALILEI)

“AS NUVENS MUDAM SEMPRE DE POSIÇÃO,
MAS SÃO SEMPRE NUVENS NO CÉU.
ASSIM DEVEMOS SER TODO DIA, MUTANTES,
PORÉM LEAIS COM O QUE PENSAMOS E SONHAMOS;
LEMBRE-SE, TUDO SE DESMANCHA NO AR,
MENOS OS PENSAMENTOS”.
(PAULO BALEKI)

RESUMO

Monografia de Graduação
Programa de Graduação em Ciências Atmosféricas
Universidade Federal de Itajubá, MG, Brasil

ELEMENTOS METEOROLÓGICOS NO DESENVOLVIMENTO FOLIAR DE DUAS ESPÉCIES FLORESTAIS DURANTE A FASE DE MUDA

AUTOR: CLEVERSON HENRIQUE DE FREITAS
ORIENTADORA: FABRINA BOLZAN MARTINS
Local e Data da Defesa: Itajubá, 20 de novembro de 2015.

A temperatura do ar, seguido do fotoperíodo, são as variáveis agrometeorológicas que mais afetam o desenvolvimento das culturas, atuando principalmente na taxa de emissão de folhas e conseqüentemente na produtividade. Este trabalho final de graduação foi dividido em dois capítulos, sendo o primeiro com o objetivo de estimar as temperaturas cardinais (T_b , T_{ot} e T_B) para o desenvolvimento foliar de duas espécies florestais durante a fase de muda, e o segundo com o objetivo de avaliar o efeito dos métodos do cálculo de soma térmica e identificar a resposta do filocrono e do fotoperíodo em duas espécies florestais *Corymbia citriodora* ((ex Hook). Hill & Johnson) e *Eucalyptus urophylla* (S. T. Blake). Para isso, foi instalado um experimento a campo sob delineamento inteiramente casualizado, organizado em esquema fatorial 2 X 11, sendo duas espécies florestais e onze épocas de semeadura, com cinco repetições por tratamento na área experimental da Universidade Federal de Itajubá – UNIFEI, Itajubá, Minas Gerais. No capítulo I, os valores de temperaturas cardinais para o desenvolvimento na fase de muda para *Corymbia citriodora* foram de 8,7°C, 17,1°C e 41,3°C e para *Eucalyptus urophylla*, 11,5°C, 17,1°C e 40,5°C, mostrando que a *Corymbia citriodora* é mais tolerante a temperaturas extremas e o filocrono médio para a *Corymbia citriodora* foi de 62,95 °C dia folha⁻¹ e para o *Eucalyptus urophylla* foi de 46,03 °C dia folha⁻¹, indicando que a espécie *Eucalyptus urophylla* necessita de menos energia que a *Corymbia citriodora* para emitir uma folha na haste principal. No capítulo II verificou-se que o filocrono das duas espécies é influenciado pelos métodos de cálculo de soma térmica, sendo o método que considera a temperatura basal inferior e ótima e as compara com os extremos diários de temperatura o melhor. Além disso, foi verificada a influência do fotoperíodo e da temperatura do ar, nos valores de filocrono com menor valor na época 1 (E1), instalada em abril de 2014 (20,34 °C dia folha⁻¹) e maior da época 10 (E10), instalada em janeiro de 2015 (46,39 °C dia folha⁻¹), para as duas espécies florestais.

Palavras-chave: Eucaliptos. Temperaturas Cardinais. Filocrono. Fotoperíodo.

LISTA DE FIGURAS

CAPÍTULO I

- FIGURA 1 – Quadrado Médio do Erro (QME) da regressão entre o número de folhas acumuladas na haste principal e a soma térmica acumulada utilizando-se vários valores de temperaturas base para a *Corymbia citriodora* (A) e *Eucalyptus urophylla* (B), nas quatro épocas de semeadura. Itajubá, MG, 2014..... 11
- FIGURA 2 – Relação entre o número de folhas acumuladas na haste principal (NF) e a soma térmica acumulada a partir da emergência (STa) utilizada para a estimativa do filocrono em mudas de *Corymbia citriodora*: épocas E1 (A), E2 (B), E3 (C), E4 (D), E5 (E), E6 (F), E7 (G), E8 (H), E9 (I), E10 (J) e E11 (K). Os dados são de repetições representativas de cada época de semeadura. Itajubá, MG, 2014/2015. 14
- FIGURA 3 – Relação entre o número de folhas acumuladas na haste principal (NF) e a soma térmica acumulada a partir da emergência (STa) utilizada para a estimativa do filocrono em mudas de *Eucalyptus urophylla*: épocas E1 (A), E2 (B), E3 (C), E4 (D), E5 (E), E6 (F), E7 (G), E8 (H), E9 (I) e E11 (J). Os dados são de repetições representativas de cada época de semeadura. Itajubá, MG, 2014/2015. 15

CAPÍTULO II

- FIGURA 1 – Representação gráfica dos três métodos de cálculo da soma térmica diária (Método 1, Método 3, Método 5) usados no estudo para a espécie *Corymbia citriodora*. Itajubá-MG, 2014-2015. 30
- FIGURA 2 – Relação entre o número de folhas (NF) e a soma térmica acumulada (STa), pelo método 4, utilizada para a estimativa do filocrono para *Corymbia citriodora* (A) e *Eucalyptus urophylla* (B), em quatro épocas de semeadura (E1 (1); E4 (2); E8 (3) e E11 (4)). Os dados de cada painel correspondem a uma unidade experimental. R^2 é o coeficiente de determinação e S_{yx} é o erro padrão da estimativa. Itajubá, MG, 2014/2015. 35
- FIGURA 3 - Relação entre o número de folhas acumuladas na haste principal (NF) e fotoperíodo acumulado a partir da emergência (FA) em mudas de *Corymbia citriodora*: épocas E1(A), E2(B), E3(C), E4(D), E5(E), E6(F), E7(G), E8(H), E9(I), E10(J) e E11(K). Itajubá, MG, 2014/2015. 40

FIGURA 4 - Relação entre o número de folhas acumuladas na haste principal (NF) e fotoperíodo acumulado a partir da emergência (FA) em mudas de *Eucalyptus urophylla*: épocas E1(A), E2(B), E3(C), E4(D), E5(E), E6(F), E7(G), E8(H), E9(I) e E11(J). Itajubá, MG, 2014/2015..... 41

LISTA DE TABELAS

CAPÍTULO I

TABELA 1 – Datas de semeadura e emergência do experimento para as espécies <i>Corymbia citriodora</i> e <i>Eucalyptus urophylla</i> . Itajubá, MG, 2014/2015.....	6
TABELA 2 – Caracterização da temperatura do ar durante as onze épocas do experimento a campo para <i>Corymbia citriodora</i> e <i>Eucalyptus urophylla</i> , e duração de cada época correspondente a fase de muda. Itajubá, MG, 2014/2015.	9
TABELA 3 – Regressões lineares entre NF e STa (°C dia), respectivas estatísticas e Filocrono (°C dia folha ⁻¹) para as duas espécies florestais nas onze épocas de semeadura. Itajubá, MG. 2014/2015.....	16
TABELA 4 – Médias do filocrono (°C dia folha ⁻¹) para a <i>Corymbia citriodora</i> e <i>Eucalyptus urophylla</i> nas 11 épocas de semeadura. Itajubá, MG, 2014/2015.	17

CAPÍTULO II

TABELA 1 – Caracterização da temperatura do ar durante as onze épocas do experimento a campo para <i>Corymbia citriodora</i> e <i>Eucalyptus urophylla</i> , e duração de cada época correspondente a fase de muda. Itajubá, MG, 2014/2015.	32
TABELA 2 – Média ± desvio padrão do filocrono (°C dia folha ⁻¹) para a <i>Corymbia citriodora</i> e <i>Eucalyptus urophylla</i> nas onze épocas de semeadura nos seis métodos de soma térmica. Itajubá, MG, 2014/2015.	33
TABELA 3 – Médias do filocrono (°C dia folha ⁻¹), calculado pelo método 4 de soma térmica, para a <i>Corymbia citriodora</i> e <i>Eucalyptus urophylla</i> nas onze épocas de semeadura. Itajubá, MG, 2014/2015.....	36
TABELA 4 – Regressões lineares entre número de folhas (NF) e fotoperíodo acumulado (FA, horas) e suas respectivas estatísticas para as duas espécies florestais nas onze épocas de semeadura. Itajubá, MG. 2014/2015.	39

LISTA DE ABREVIATURAS, SIGLAS E SÍMBOLOS

- ABRAF – Associação Brasileira de Florestas Plantadas
- ANOVA – Análise de Variância
- DP – Desvio-Padrão
- U.E. – Unidades experimentais
- E1 – Época 1 de semeadura
- E2 – Época 2 de semeadura
- E3 – Época 3 de semeadura
- E4 – Época 4 de semeadura
- E5 – Época 5 de semeadura
- E6 – Época 6 de semeadura
- E7 – Época 7 de semeadura
- E8 – Época 8 de semeadura
- E9 – Época 9 de semeadura
- E10 – Época 10 de semeadura
- E11 – Época 11 de semeadura
- EMBRAPA – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
- FA – Fotoperíodo Acumulado
- N - Fotoperíodo
- N_1/N_2 – Número de dias com temperaturas elevadas
- NF – Número de folhas
- QME – Quadrado Médio do Erro
- R^2_{adj} - Coeficiente de determinação ajustado
- STa – Soma Térmica Acumulada
- STd – Soma Térmica Diária
- Syx – Erro Padrão de Estimativa
- Tb – Temperatura Basal Inferior
- TB – Temperatura Basal Superior
- Tot – Temperatura Ótima de aparecimento de folha
- T_{max} – Temperatura máxima média do ar
- T_{med} – Temperatura média diária do ar
- T_{min} – Temperatura mínima média do ar
- TM_1/TM_2 – Temperaturas máximas das épocas
- Tm_1/Tm_2 – Temperaturas mínimas das épocas

SUMÁRIO

LISTA DE FIGURAS	VII
LISTA DE TABELAS.....	IX
LISTA DE ABREVIATURAS, SIGLAS E SÍMBOLOS.....	X
INTRODUÇÃO GERAL.....	1
CAPÍTULO I – ESTIMATIVA DAS TEMPERATURAS CARDINAIS PARA O DESENVOLVIMENTO FOLIAR DE DUAS ESPÉCIES FLORESTAIS.....	3
1. INTRODUÇÃO.....	3
2. MATERIAL E MÉTODOS.....	5
2.1. DESCRIÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO E PROTOCOLO EXPERIMENTAL	5
2.2. ESTIMATIVA DA TEMPERATURA BASAL INFERIOR (T _B).....	6
2.3. ESTIMATIVA DA TEMPERATURA BASAL SUPERIOR (T _B).....	7
2.4. ESTIMATIVA DA TEMPERATURA ÓTIMA (T _{OT})	8
3. RESULTADOS E DISCUSSÃO	9
3.1. CONDIÇÕES METEOROLÓGICAS DO ESTUDO	9
3.2. TEMPERATURA BASAL INFERIOR (T _B).....	10
3.3. TEMPERATURA BASAL SUPERIOR (T _B).....	12
3.4. TEMPERATURA ÓTIMA DE DESENVOLVIMENTO (T _{OT})	13
4. CONCLUSÃO	19
5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	20
CAPÍTULO II – MÉTODOS DE SOMA TÉRMICA E INFLUÊNCIA DO FOTOPERÍODO NO DESENVOLVIMENTO FOLIAR DE DUAS ESPÉCIES FLORESTAIS.....	25
1. INTRODUÇÃO.....	25
2. MATERIAL E MÉTODOS.....	28
2.1. DESCRIÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO E PROTOCOLO EXPERIMENTAL	28
2.2. MÉTODOS DE SOMA TÉRMICA E ESTIMATIVA DO FILOCRONO.....	28
2.3. INFLUÊNCIA DO FOTOPERÍODO	31
3. RESULTADOS E DISCUSSÃO	32
3.1. CONDIÇÕES METEOROLÓGICAS DO ESTUDO	32
3.2. ESCOLHA DO MELHOR MÉTODO DE SOMA TÉRMICA	33
3.3. INFLUÊNCIA DO FOTOPERÍODO	38
4. CONCLUSÃO	43
5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	44
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS GERAIS.....	50

INTRODUÇÃO GERAL

O gênero *Eucalyptus* pertence à divisão Angiospermae, classe Dicotyledonea, ordem Myrtales, família Myrtaceae e subfamília Leptospermoideae (PRYOR, 1976 citado por Lima, 1984). Sua distribuição geográfica se estende entre as latitudes de 7° norte a 43° sul (GUTIÉRREZ, 1976 *apud* MARTINS et al, 2007).

No Brasil é o gênero florestal mais plantado, com aproximadamente 5,10 milhões de hectares e manejado intensivamente principalmente para a obtenção dos produtos como polpa celulósica, papel, madeira para serraria e geração de energia (ABRAF, 2013). Nesse sentido, Minas Gerais merece destaque por ser o estado com maior área plantada com espécies do gênero *Eucalyptus* e com área plantada de 1.438.971 hectares, correspondendo a 28,2% da área brasileira. (ABRAF, 2013)

Dentre as características que contribuem para que o eucalipto se destaque entre os gêneros florestais no Brasil estão: o rápido crescimento, a alta produtividade, sua razoável adaptação a diferentes condições climáticas, além de possuir características silviculturais desejáveis como tronco retilíneo, bom rendimento, facilidade para trabalho em programas de melhoramento genético, entre outras (MORA e GARCIA, 2000; SILVA, 2011; REZENDE et al., 2013).

O plantio comercial de eucalipto é restrito a algumas espécies, apesar de existirem mais de 720 espécies catalogadas, sendo principalmente cultivados a *Corymbia citriodora*, *Eucalyptus grandis*, *Eucalyptus saligna*, *Eucalyptus urophylla*, *Eucalyptus camaldulensis*, além do uso de clones e híbridos (MORA e GARCIA, 2000; SILVA, 2011).

Em Minas Gerais, a espécie *Corymbia citriodora* ((exHook). Hill & Johnson), conhecida popularmente por cheiroso, citriodora ou mesmo eucalipto citriodora, era descrita como uma espécie pertencente ao gênero *Eucalyptus*. Entretanto, devido a sua filogenia e a todas as análises (morfológica, DNA nuclear e DNA plasmidial), recentemente está sendo considerada como uma das 113 espécies do gênero *Corymbia* K.D. Hill & L.A.S. Johnson (PARRA-O et al., 2006). Esta espécie tem sido cultivada em larga escala para a produção do óleo essencial, para fins industriais, madeira para serraria e carvão vegetal, sendo considerada uma das espécies florestais de maior importância comercial (MORA e GARCIA, 2000; VITTI e BRITO, 2003).

Já o *Eucalyptus urophylla* (S. T. Blake), além de ser uma das mais plantadas, é a espécie com maior potencial de crescimento e boa produtividade (JUNIOR e GARCIA, 2003), sendo utilizado no melhoramento genético e muito resistente ao cancro, doença que

ocorre em todas as regiões tropicais e subtropicais, o que é desejável na formação de híbridos resistentes (ALFENAS et al., 2009). A sua hibridização com a espécie *Eucalyptus grandis* tem ganhado bastante atenção e os plantios desse híbrido são cada vez mais comuns.

Com o aumento da demanda por produtos oriundos do eucalipto (VALE et al., 2002), é necessário elevar a produtividade da cultura e o primeiro passo nesse processo é produzir mudas de boa qualidade, o que tem impacto direto no sucesso da implantação e estabelecimento da cultura (GOMES et al., 2002). Para isso, é importante conhecer a relação entre o desenvolvimento da planta na fase de muda e os fatores bióticos e abióticos. (GOMES et al., 2002; MANTOVANI et al., 2003; MARTINS et al., 2007). A temperatura do ar e o fotoperíodo são sem dúvida, os fatores que mais afetam o desenvolvimento da maioria das culturas, incluindo o eucalipto (SCURFIELD, 1961; MARTINS et al., 2007). No entanto, estudos dessa natureza são recorrentes em culturas anuais (SINCLAIR et al., 2004; LAGO et al., 2009; ROSA et al., 2009) e escassos em culturas perenes (MARTINS et al., 2014; SOUZA e MARTINS, 2014), principalmente para as culturas de interesse econômico como o eucalipto, revelando a importância de estudos relacionando temperatura do ar e fotoperíodo no desenvolvimento vegetativo, representado pela fase de muda.

Este trabalho final de graduação está dividido em dois capítulos. O capítulo I teve como objetivo estimar as temperaturas cardinais (T_b , T_{ot} e T_B) para o desenvolvimento foliar em duas espécies florestais *Corymbia citriodora* ((ex Hook). Hill & Johnson) e *Eucalyptus urophylla* (S. T. Blake) durante a fase de muda. O capítulo II teve como objetivo avaliar o efeito dos métodos do cálculo da soma térmica e identificar a resposta do filocrono e do fotoperíodo em duas espécies florestais durante a fase de muda. Para isso, foi instalado um experimento a campo na área experimental da Universidade Federal de Itajubá – UNIFEI, Itajubá, Minas Gerais.

Capítulo I – Estimativa das temperaturas cardinais para o desenvolvimento foliar de duas espécies florestais

1. INTRODUÇÃO

As plantas superiores têm seus processos metabólicos dependentes da temperatura do ar, a qual exerce influência direta nos processos fisiológicos, atuando como moderadora nas reações bioquímicas da fotossíntese e fotorrespiração, alteração das atividades enzimáticas, na velocidade de transporte e translocação de solutos, no balanço entre a transpiração e consumo de água do solo. Esses processos influenciam diretamente a taxa de desenvolvimento dessas plantas (TAIZ e ZEIGER, 2009; CALLEJAS et al., 2014), com destaque na taxa de emissão de folhas (KARLSSON et al., 1988; LIETH e CARPENTER, 1990; STRECK et al., 2008; DALMAGO et al., 2009; ERPEN et al., 2013) e na produtividade. Dessa forma, a temperatura do ar é o elemento meteorológico que mais influencia o desenvolvimento das plantas, incluindo espécies anuais e perenes (MARTINS et al., 2007; ROSA et al., 2009; LISBOA et al., 2012).

O efeito da temperatura do ar representa o acúmulo diário de energia disponível, dentro de certos limites, às plantas para o seu desenvolvimento. Matematicamente, essa energia pode ser contabilizada através de funções lineares ou não-lineares de temperatura, as quais são amplamente utilizadas em modelos de desenvolvimento de culturas anuais e perenes (CUTFORTH e SHAYKEWICH, 1990; FLEISHER et al., 2006; MARTINS e STRECK, 2007; STRECK et al. 2011; CALLEJAS et al., 2014; MARTINS et al., 2014). Independentemente do tipo de função da temperatura é necessária a inclusão das temperaturas cardinais, denominadas temperatura basal inferior (T_b), ótima (T_{ot}) e basal superior (T_B), dentro das quais as plantas se desenvolvem adequadamente (MÜLLER et al., 2009; ROSA et al., 2009; RENATO et al., 2013). Ambas temperaturas basais (T_b e T_B) representam, respectivamente as temperaturas abaixo e acima da qual o desenvolvimento é nulo ou desprezível para fins de cálculo, enquanto a T_{ot} representa a temperatura onde ocorre o máximo desenvolvimento (MCMASTER e WILHELM, 1997; LISBOA et al., 2012; SOLTANI e SINCLAIR, 2012; SOUZA e MARTINS, 2014), sendo variável entre espécies, genótipos de mesma espécie e ainda pode variar em função do subperíodo de desenvolvimento (STRECK et al., 2003; STRECK et al., 2007).

Na maioria dos casos, a T_b , T_{ot} e T_B são determinadas por métodos estatísticos com base em dados de observações fenológicas e de temperatura média do ar (ANDRADE, 2004; LAGO et al., 2009; SOUZA e MARTINS, 2014). No caso da T_b , existe uma variedade de

métodos utilizados para a sua estimativa, sendo os mais utilizados: desvio padrão em dias e graus-dia, coeficiente de variação em dias e graus-dia, o coeficiente de regressão, o X-intercepto e o menor quadrado médio do erro (ARNOLD, 1959; YANG et al., 1995; LOZADA e ANGELOCCI, 1999; SINCLAIR et al., 2004; LAGO et al., 2009; SOUZA e MARTINS, 2014). Independentemente do método, as plantas devem ser submetidas a crescerem em condições de temperatura amenas, as quais ocorrem principalmente no inverno (MÜLLER et al., 2009). Para estimar a Tot, deve-se submeter as plantas nas melhores condições de desenvolvimento e geralmente deve ser feito em condições experimentais utilizando câmaras de crescimento (SOLTANI e SINCLAIR, 2012), as quais são onerosas e por este motivo utilizam-se métodos estatísticos para a sua estimativa. Com relação a TB, o número de metodologias é reduzido, além disso, geralmente seu valor é elevado, os quais dificilmente são atingidos durante o ciclo de desenvolvimento no campo (LIMA e SILVA, 2008; SOUZA e MARTINS, 2014).

O conhecimento dos valores de Tb, Tot e TB são importantes na avaliação das necessidades térmicas e vitais para otimizar estratégias de manejo, melhorar a produção e qualidade de mudas, auxiliar nos programas de seleção e melhoramento e escolher as espécies mais adaptadas às condições climáticas do local de cultivo (MÜLLER et al., 2009; MARTINS et al., 2012). Estudos dessa natureza são amplamente realizados para culturas agrícolas (SINCLAIR et al., 2004; LAGO et al., 2009; LUCAS et al., 2012), culturas utilizadas para fins ornamentais e medicinais (FAGUNDES et al., 2010; LUZ et al., 2012) e pouco realizados para culturas perenes (LIMA e SILVA, 2008; CALLEJAS et al., 2014; MATOS et al., 2014), inclusive em espécies florestais de grande interesse econômico como o eucalipto (MARTINS et al., 2007).

Devido à escassez de estudos dessa natureza, aliado ao aumento da demanda por produtos oriundos do eucalipto (VALE et al., 2002; OLIVEIRA et al., 2012), conseqüente necessidade de produzir mudas de boa qualidade e garantia do sucesso da implantação e estabelecimento das mudas no campo (GOMES et al., 2002), objetivou-se neste capítulo estimar as temperaturas cardinais (Tb, Tot e TB) e o filocrono médio para o desenvolvimento foliar em duas espécies florestais, *Corymbia citriodora* ((exHook). Hill & Johnson) e *Eucalyptus urophylla* (S. T. Blake), durante a fase de muda.

2. MATERIAL E MÉTODOS

2.1. Descrição da área de estudo e protocolo experimental

Foi conduzido um experimento a campo na área experimental da Universidade Federal de Itajubá, Itajubá, MG (UNIFEI -22° 30' Sul e 45° 27' Oeste e altitude de 850 metros). Segundo a classificação de Köppen, o clima do local é Cwa, tropical de altitude com invernos secos e verões quentes e chuvosos (ABREU et al., 2015).

O delineamento experimental utilizado foi o inteiramente casualizado em esquema fatorial 2 X 11, sendo duas espécies florestais (*Corymbia citriodora* ((ex Hook). Hill & Johnson) e *Eucalyptus urophylla* S.T. Blake), onze épocas de semeadura, com cinco repetições por tratamento, totalizando cento e dez unidades experimentais (U.E). As duas espécies foram escolhidas por sua importância econômica devido ao uso múltiplo, boa produtividade e resistência a doenças.

Cada U.E. foi constituída de duas plantas cultivadas em vasos de 8 L preenchidos com solo horizonte A moderado de um Latossolo Vermelho distrófico típico (EMBRAPA, 2013). Foi feita a análise química e física do solo, no qual constatou-se pH igual a 5,0 e a quantidade de macro e micronutrientes foi considerada baixa ou muito baixa, de acordo com a 5ª aproximação (CFSEMG, 1999). O solo contém 24,5 g kg⁻¹ de matéria orgânica (Walkley-Black), 0,5 mg dm⁻³ de P e 4,0 mg dm⁻³ de K, os quais foram obtidos com os extratores de Mehlich 1. A correção da acidez e da fertilidade foi feita de acordo com a 5ª Aproximação (CFSEMG, 1999) a partir dos resultados analíticos da análise de solo, onde foi aplicado para cada vaso 10,18 g de fosfato supersimples (18%), 0,31 g de cloreto de potássio (60%), 0,20 g de sulfato de amônio (20%) e calagem com 12,32 g de carbonato de cálcio. Os vasos foram revestidos de papel jornal para evitar o aquecimento do substrato pela absorção da radiação solar das paredes dos baldes, que poderia constituir uma fonte de erro experimental (MARTINS et al., 2007; LISBOA et al., 2012). Foram realizadas irrigações regulares, de modo a minimizar o estresse hídrico das plantas.

As épocas de semeadura foram instaladas em intervalos de aproximadamente 30 dias, para que as plantas ficassem expostas a diferentes condições meteorológicas durante o seu desenvolvimento (MÜLLER et al., 2009; ROSA et al., 2009) (Tabela 1), sendo que as onze épocas foram utilizadas na estimativa da Tot, as quatro primeiras na estimativa da Tb e as duas épocas com maiores valores de temperatura foram utilizadas na estimativa da TB. As quatro primeiras épocas foram escolhidas em virtude de compreenderem as menores

temperaturas do ar, enquanto que as outras épocas compreenderam as maiores temperaturas do ar, sendo possível estimar a T_b e a T_B com maior precisão (SINCLAIR et al., 2004).

TABELA 1 – Datas de semeadura e emergência do experimento para as espécies *Corymbia citriodora* e *Eucalyptus urophylla*. Itajubá, MG, 2014/2015.

Épocas	<i>Corymbia citriodora</i>		<i>Eucalyptus urophylla</i>	
	Semeadura	Emergência*	Semeadura	Emergência*
E1	04/04/2014	22/04/2014	04/04/2014	22/04/2014
E2	05/05/2014	15/05/2014	05/05/2014	15/05/2014
E3	02/06/2014	26/06/2014	02/06/2014	26/06/2014
E4	02/07/2014	30/07/2014	02/07/2014	30/07/2014
E5	19/08/2014	07/09/2014	19/08/2014	07/09/2014
E6	16/09/2014	30/09/2014	16/09/2014	02/10/2014
E7	15/10/2014	29/10/2014	15/10/2014	29/10/2014
E8	18/11/2014	03/12/2014	18/11/2014	30/11/2014
E9	18/12/2014	28/12/2014	18/12/2014	28/12/2014
E10	21/01/2015	05/02/2015	--	--
E11	20/02/2015	27/02/2015	20/02/2015	27/02/2015

*Emergência considerada o dia em que 50% das sementes estavam visíveis acima do solo. – Época em que houve perda de todas as U.E.

O desenvolvimento foliar foi quantificado pela variável número de folhas acumuladas na haste principal (NF) durante a fase de muda, que iniciou quando as plantas alcançaram 50% da emergência e terminou quando cada U.E. atingiu, em média, 20 folhas acumuladas (MARTINS et al., 2007; ABREU et al., 2015). As brotações axilares foram removidas à medida que foram aparecendo nas plantas, mantendo apenas a haste principal em crescimento. A contagem do NF foi realizada uma vez por semana, quando cada folha tinha, no mínimo, 1,0 cm de comprimento (MARTINS et al., 2012).

Os dados diários de temperatura média do ar foram coletados a partir da estação meteorológica automática da Universidade Federal de Itajubá localizada a 500 metros da área experimental.

2.2. Estimativa da Temperatura basal inferior (T_b)

Para a estimativa da T_b , é necessário calcular primeiramente a soma térmica diária (STd) (MCMASTER e WILHELM, 1997), pela expressão:

$$STd = T_{med} - T_b. \text{ Se } T_{med} < T_b, STd = 0 \quad (1)$$

em que: STd é a soma térmica diária ($^{\circ}\text{C}.\text{dia}$), T_{med} é a temperatura média diária do ar, obtida pela média aritmética das temperaturas horárias do ar da estação meteorológica automática

(°C) e a T_b é a temperatura basal inferior (°C). Para o cálculo da STd foi utilizada uma série de T_b 's variando de 0°C a 20°C, em intervalos de 0,5°C (LUCAS et al., 2012).

A soma térmica acumulada (STa , °C dia) foi obtida pelo acúmulo diário da STd , para cada época de semeadura, a partir da data de emergência (i) até o término da fase de muda (n), conforme:

$$STa = \sum_{i=1}^n STd \quad (2)$$

Para a estimativa da T_b para as duas espécies florestais foi utilizada a metodologia do menor valor do quadrado médio do erro (QME), proposta por Sinclair et al. (2004) e utilizada por Martins et al., (2007); De Paula e Streck (2008); Martins et al., (2012) e Lucas et al., (2012). A escolha desta metodologia ocorreu em função da precisão e simplicidade da mesma em estimar a T_b .

Pela metodologia do QME foram ajustadas para cada espécie e época de semeadura (E1 à E4) regressões lineares simples entre o NF médio, obtido pela média aritmética do NF das cinco U.E. e a STa . O valor da T_b para cada época (E1 à E4) foi aquele que apresentou o menor valor de QME das regressões lineares (MARTINS et al., 2012), enquanto que o valor da T_b para cada espécie foi obtido pela média aritmética dos valores de T_b encontrados para as épocas.

2.3. Estimativa da Temperatura basal superior (TB)

Para a estimativa da TB foi utilizada a metodologia proposta por Ometto (1981) e modificada por Lima e Silva (2008), dado pelas expressões:

Caso 1: $TB > T_{med} > T_b$

$$A = N_2 \cdot TM_1 \cdot TM_2 - N_2 \cdot TM_2 \cdot Tm_1 \quad (3)$$

$$B = -N_1 \cdot TM_1 \cdot TM_2 + N_1 \cdot TM_1 \cdot Tm_2 \quad (4)$$

$$C = (-TM_1 + Tm_1) \cdot (-TM_2 + Tm_2) \quad (5)$$

$$D = N_1 \cdot Tm_2^2 \cdot N_2 - 2 \cdot Tm_2 \cdot N_1 \cdot N_2 \cdot T_b - Tm_2 \cdot Tm_1 \cdot N_1^2 \quad (6)$$

$$E = -Tm_2 \cdot TM_1 \cdot N_1^2 + N_2^2 \cdot TM_1 \cdot Tm_2 - Tm_1 \cdot N_2^2 \cdot Tm_2 + 2 \cdot Tm_2 \cdot N_2^2 \cdot T_b \quad (7)$$

$$F = Tm_1 \cdot N_1^2 \cdot TM_2 - 2 \cdot N_2^2 \cdot TM_1 \cdot T_b - 2 \cdot N_1^2 \cdot TM_2 \cdot T_b \quad (8)$$

$$G = TM_1 \cdot N_1^2 \cdot TM_2 + Tm_1^2 \cdot N_2 \cdot N_1 - 2 \cdot Tm_1 \cdot N_2 \cdot N_1 \cdot T_b \quad (9)$$

$$H = 2 \cdot Tm_1 \cdot N_2^2 \cdot T_b + 2 \cdot N_1 \cdot TM_2 \cdot N_2 \cdot T_b + 2 \cdot N_2 \cdot TM_1 \cdot N_1 \cdot T_b \quad (10)$$

$$I = -2 \cdot N_2 \cdot TM_1 \cdot N_1 \cdot TM_2 + N_2^2 \cdot TM_1 \cdot TM_2 - Tm_1 \cdot N_2^2 \cdot TM_2 \quad (11)$$

$$J = -N_1 \cdot TM_2 + N_1 \cdot Tm_2 + N_2 \cdot TM_1 - N_2 \cdot Tm_1 \quad (12)$$

$$TB = \frac{A + B \pm \sqrt{C \cdot (D + E + F + G + H + I)}}{J} \quad (13)$$

Para efeito de cálculo, considera-se o maior valor de TB.

Caso 2: TB > Tb > Tmed

$$A = -N_1 \cdot Tb \cdot TM_2 + N_1 \cdot Tb \cdot Tm_2 + N_2 \cdot TM_1 \cdot Tb \quad (14)$$

$$B = -N_2 \cdot Tm_1 \cdot Tb - 2 \cdot N_2 \cdot TM_1 \cdot TM_2 + 2 \cdot N_2 \cdot TM_2 \cdot Tm_1 \quad (15)$$

$$C = 2 \cdot N_1 \cdot TM_1 \cdot TM_2 - 2 \cdot N_1 \cdot TM_1 \cdot Tm_2 \quad (16)$$

$$D = N_1 \cdot TM_2 - N_1 \cdot Tm_2 - N_2 \cdot TM_1 + N_2 \cdot Tm_1 \quad (17)$$

$$TB = \frac{(A + B + C)}{D} \quad (18)$$

em que N_1 e N_2 é o número de dias de duração de cada época de semeadura, que considera o período que se estende desde 50% de emergência até a fase final de muda, para as duas épocas de semeadura com maiores valores de temperatura média do ar, TM_1 e TM_2 são as temperaturas máximas das duas épocas de semeadura e Tm_1 e Tm_2 , as temperaturas mínimas das mesmas épocas.

2.4. Estimativa da Temperatura ótima (Tot)

Para a estimativa da Tot foi seguida a metodologia proposta por Lisboa et al., (2012) em que foi necessário determinar o valor do filocrono para cada espécie, época de semeadura e U.E. O filocrono foi determinado pelo inverso do coeficiente angular (a) da regressão linear entre NF e a STa (Eq. 19) a partir da data emergência (XUE et al.,2004; De PAULA e STRECK, 2008). Para a STa foi considerado o valor de Tb estimado pela metodologia do menor valor do QME.

$$NF = a \cdot STa + b \quad (19)$$

Para verificar a normalidade dos dados, foi realizado o teste de Shapiro-Wilk ($\alpha=0,05$) e os dados que não seguiram a normalidade foram transformados por $\ln(x)$. Os valores de filocrono foram submetidos a análise de variância (ANOVA) para avaliar o efeito das fontes de variação (espécies e épocas de semeadura), seguida da comparação de médias pelo teste Scott-Knott ($\alpha =0,05$). A Tot foi obtida pela média aritmética das temperaturas médias do ar para a época em que se obteve o menor valor de filocrono, a qual indica onde houve o máximo desenvolvimento (MARTINS et al., 2007; ROSA et al., 2009; LISBOA et al., 2012). Todos os testes foram realizados no software SISVAR 5.3 (FERREIRA,2011).

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1. Condições meteorológicas do estudo

As plantas foram submetidas a grandes variações de temperaturas durante as onze épocas de semeadura do experimento (Tabela 2). Os valores de temperatura do ar oscilaram entre 3,8°C, valor mínimo absoluto de temperatura mínima, observado nas épocas E2, E3 e E4 a 35,7°C, valor máximo absoluto de temperatura máxima, observado durante as épocas E3 até a E9. Essas diferentes condições meteorológicas afetaram a velocidade de emissão de folhas na haste principal e conseqüentemente o desenvolvimento foliar, os quais são importantes em estudos de desenvolvimento e crescimento vegetal (ROSA et al., 2009). Além disso, são importantes na estimativa das temperaturas cardinais (LIMA e SILVA, 2008; SOUZA e MARTINS, 2014).

TABELA 2 – Caracterização da temperatura do ar durante as onze épocas do experimento a campo para *Corymbia citriodora* e *Eucalyptus urophylla*, e duração de cada época correspondente a fase de muda. Itajubá, MG, 2014/2015.

Épocas	<i>Corymbia citriodora</i>				<i>Eucalyptus urophylla</i>			
	Temperaturas (°C) *			Duração média da fase de muda (dias)**	Temperaturas (°C) *			Duração média da fase de muda (dias)**
	Média	Máxima	Mínima		Média	Máxima	Mínima	
E1	17,1	20,2	13,9	97	17,1	20,2	13,9	97
E2	18,5	26,5	13,9	166	18,4	26,5	13,9	159
E3	18,8	26,5	14,0	117	18,8	26,5	14,0	117
E4	20,2	26,5	14,0	97	20,4	26,5	14,0	104
E5	22,3	26,5	15,6	122	22,2	26,5	15,6	124
E6	22,7	26,5	15,6	99	22,7	26,5	15,6	99
E7	23,4	27,3	19,1	105	23,4	27,3	19,4	114
E8	23,6	27,3	19,1	79	23,6	27,3	19,1	79
E9	23,2	27,3	19,1	89	23,2	27,3	19,1	89
E10	20,9	26,1	15,2	116	--	--	--	--
E11	20,0	24,7	15,3	105	20,3	24,7	15,3	94

* Valores obtidos pelas médias aritméticas da temperatura média, máxima e mínima do ar. ** período que se estende desde a emergência, considerada o dia em que 50% das sementes estavam visíveis acima do solo, e término da fase de muda, considerada o dia em que cada época atingiu, em média, 20 folhas acumuladas na haste principal. -- Época em que houve perda de todas as U.E.

A diferença entre as condições meteorológicas durante as onze épocas de semeadura também influenciou a duração da fase de desenvolvimento da muda, apresentando tendência de diminuição (aumento) da duração durante as épocas com temperaturas mais altas (amenas). A presença de uma relação inversa entre a temperatura do ar e a duração da fase de muda, indica que quanto menor a temperatura do ar, maior será a duração dessa fase para as duas

espécies florestais. Isso justifica a escolha das quatro primeiras épocas (abril, maio, junho e julho) para a estimativa da Tb. Mesma tendência foi observada por Pedro Jr. et al., (2004) para triticale, Luz et al. (2012) para canola e Souza e Martins (2014) para as cultivares de oliveira Grappolo e MGS Mariense. Por outro lado, a época E7 apresentou maior duração mesmo em condições de temperatura do ar elevadas, o que justificativa a escolha desta época para a estimativa da TB, enquanto que a época E8 foi escolhida devido ao seu maior valor de temperatura média em relação as outras épocas. Tendência de aumento da duração da fase em função do aumento da temperatura do ar também foi observada por Schons et al., (2007) para a mandioca e Lisboa et al., (2012) para a cultivar de oliveira MGS ASC 315.

3.2. Temperatura basal inferior (Tb)

Com relação a estimativa da Tb, todas as equações de regressão entre NF médio e STa para ambas espécies tiveram valores de coeficiente de determinação ajustado (R^2_{adj}) elevados (maiores que 0,897 e 0,845, para *Corymbia citriodora* e *Eucalyptus urophylla*, respectivamente), os QME foram baixos (menores que 1,426 e 1,961, para *Corymbia citriodora* e *Eucalyptus urophylla*, respectivamente) e coeficientes angulares e lineares foram significativos ($P \leq 0,05$). Essas características são desejáveis para a estimativa da Tb pelo método do menor valor do QME (SINCLAIR et al., 2004; MARTINS et al., 2007).

Observaram-se variações entre os valores de Tb para as duas espécies e para as quatro épocas de semeadura (Figura 1), mesma tendência observada por Lucas et al., (2012). Para a espécie *Corymbia citriodora* (Figura 1A) na E1, o menor valor de QME (0,2487) foi para Tb de 6°C; na a E2 o menor valor de QME (0,6073) foi para a Tb de 0°C; na E3 o menor valor de QME (0,1535) foi para Tb de 11,5°C, enquanto que na E4 o menor valor de QME (0,3482) foi para a Tb de 0°C. O valor de Tb = 0°C não é considerado realístico do ponto de vista biológico e por esse motivo não foi considerado na obtenção da Tb média para a espécie (LAGO et al., 2009; MARTINS et al., 2012). Com isso, o valor de Tb assumido para a *Corymbia citriodora* foi de 8,7°C, sendo obtido pela média aritmética dos valores de Tb de E1 e E3.

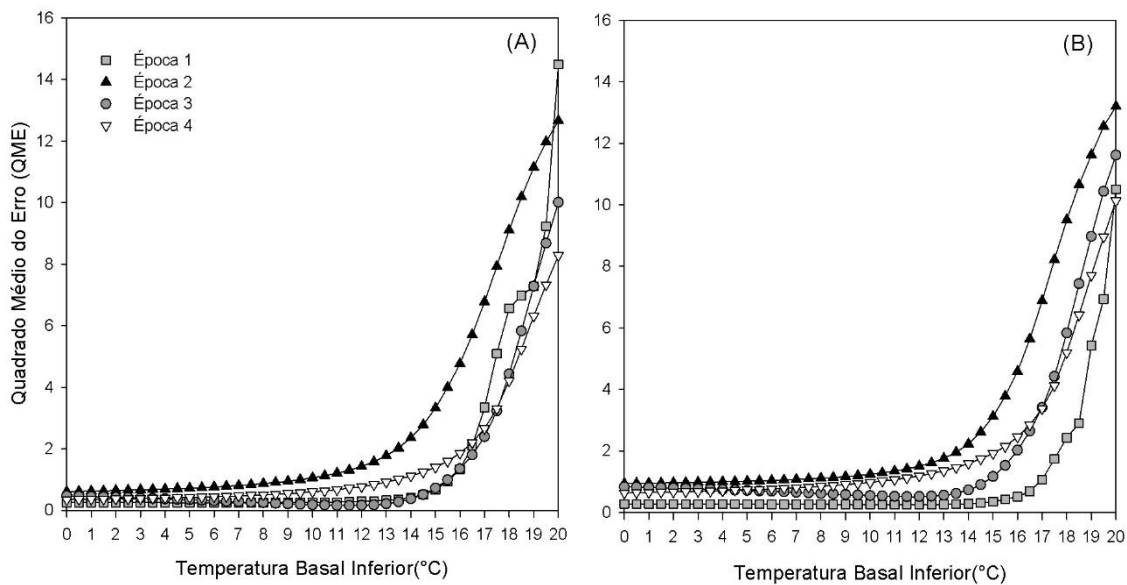


FIGURA 1 - Quadrado Médio do Erro (QME) da regressão entre o número de folhas acumuladas na haste principal e a soma térmica acumulada utilizando-se vários valores de temperaturas base para a *Corymbia citriodora* (A) e *Eucalyptus urophylla* (B), nas quatro épocas de semeadura. Itajubá, MG, 2014.

Assim como para a *Corymbia citriodora*, as E2 e E4 não foram utilizadas para a estimativa da T_b para *Eucalyptus urophylla* (Figura 1B), uma vez que apresentaram os menores valores de QME (E2: 0,9400 e E4: 0,6327) para a T_b de 0°C. As épocas E1 e E3 apresentaram os menores valores de QME (0,2541 e 0,5108, respectivamente) para T_b de 11,5°C, sendo este valor considerado como a temperatura basal inferior para o desenvolvimento foliar para a espécie *Eucalyptus urophylla*. Estes resultados podem indicar vantagens da *Corymbia citriodora* em relação ao *Eucalyptus urophylla*, principalmente em plantios realizados no inverno, onde as temperaturas são mais amenas.

A T_b dos vegetais apresenta diferença entre espécies, entre genótipos de mesma espécie, e pode variar em função do estágio de desenvolvimento da cultura (YANG et al., 1995; LAGO et al., 2009), inclusive pelo processo metabólico que a planta realiza (SOLTANI e SINCLAIR, 2012). Neste estudo, estimou-se a T_b para o desenvolvimento foliar, representado pela fase de muda, e os valores de T_b estimados para *Corymbia citriodora* (8,7°C) foram próximos aos valores encontrados para o desenvolvimento foliar de outras culturas perenes, como o *Eucalyptus saligna* (8,0°C) (MARTINS et al., 2007), *Acer pensylvanicum* (*Acer listrado*), *Acer rubrum* (*Acer vermelho*), *Betula popifolia* (*bétula cinzenta*) e *Fraxinus americana* (*freixo branco*) (7,5°C) (CHIANG e BROWN, 2007) cultivar de oliveira Grappolo (9,6°C) (SOUZA e MARTINS, 2014), para o crescimento (8,5°C) (ALMEIDA e SANDS, 2015), índice de área foliar (7,8°C) (BATTAGLIA e SANDS, 1998) e

para o processo de fotossíntese (7,5°C) (SANDS e LANDSBERG, 2002) todos referentes ao *Eucalyptus globulus*, para a quebra de dormência de cultivares de oliveira (8,5°C e 8,8°C) (MELO-ABREU et al., 2004); e para o desenvolvimento vegetativo de culturas anuais como o triticale (8,0°C) (PEDRO Jr et al., 2004), azevém (7,0°C a 8,0°C) (MÜLLER et al., 2009), genótipos de arroz irrigado (8°C a 10,9°C) (LAGO et al., 2009) e para variedade de milho BRS missões (8,0°C) (STRECK et al., 2009).

Já para *Eucalyptus urophylla* (11,5°C) os valores de Tb foram próximos aos encontrados para o desenvolvimento foliar de *Eucalyptus grandis* (10,0°C) (MARTINS et al., 2007), assim como para outras culturas perenes como: *Betula papyrifera* (Vidoeiro de papel), *Quercus alba* (Carvalho-branco) e *Populus tremuloides* (Álamo branco) (10,0°C) (CHIANG e BROWN, 2007), para as cultivares de oliveira Arbequina (10,5°C) e MGSASC315 (11,0°C) (MARTINS et al., 2012); manga (10,6°C) (CALLEJAS et al. 2014), cultivares de café arábica Rubi MG-1192 e Acaiá Cerrado MG-1474 (12,9°C) (LIMA e SILVA, 2008) e também próximos aos valores de Tb estimados para híbridos de canola (9,9°C e 10,0°C) (LUZ et al., 2012) e biótipos de arroz vermelho (9,9°C e Tb= 10,5°C) (LAGO et al., 2009), os quais utilizaram o menor valor de QME assim como outros métodos de estimativa de Tb.

3.3. Temperatura basal superior (TB)

Uma vez conhecidos os valores de Tb para ambas as espécies, foram obtidos os valores de TB. Neste estudo, o valor estimado de TB foi obtido pelo caso 1, onde a $TB > T_{med} > T_b$. Para a *Corymbia citriodora*, o valor de TB encontrado foi de 41,3°C, enquanto que para o *Eucalyptus urophylla* foi de 40,5°C, mostrando que a *Corymbia citriodora* é ligeiramente mais tolerante a temperaturas mais altas durante a fase de muda, assim como temperaturas mais baixas, devido ao seu menor valor de Tb (8,7°C) quando comparado com o *Eucalyptus urophylla* (11,5°C). Valores elevados de TB são esperados, em função de ser o limite máximo de temperatura no qual a planta tem seus processos metabólicos prejudicados, inclusive em espécies de eucalipto (PATON, 1980; WHITEHEAD e BEADLE, 2004). O efeito da temperatura do ar acima da TB pode induzir anomalias significativas no desenvolvimento e crescimento do eucalipto, dentre elas estão o abortamento floral, redução na emissão de folhas, excesso de ramificações laterais, perda da dominância apical e redução na taxa de sobrevivência (PATON, 1980). Os valores de TB encontrados neste estudo são realísticos sob o ponto de vista biológico, pois se assemelham aos valores encontrados para *Eucalyptus globulus*, *Pinus ponderosa* e o híbrido *Eucalyptus grandis* x *urophylla* (40,0°C) (SANDS e LANDSBERG, 2002; LANDSBERG et al., 2003; STAPE et al., 2004) e para

outras culturas perenes como a oliveira (37,8°C) (DENNEY et al., 1985; MARTINS et al., 2014) e superiores aos encontrados para *Eucalyptus grandis* (36,0°C) (ALMEIDA et al., 2004; DYE et al., 2004) e para *Eucalyptus saligna* (35,0°C) (NIETO e RODRIGUEZ, 2003). Valores semelhantes também foram encontrados para o desenvolvimento vegetativo da mandioca (39,8°C), milho (40,0°C) (XUE et al., 2004) e genótipos de arroz irrigado (40,0°C) (STRECK et al., 2011). No entanto, valores inferiores de TB ocorrem em culturas perenes e anuais, como o trigo e biótipos de arroz vermelho (35,0°C) (ROSA et al., 2009; STRECK et al., 2011) tomate (34,0°C) (PIVETTA et al., 2007), café (32,4°C) (LIMA e SILVA, 2008), feijão (30,9°C e 31,6°C) (ANDRADE et al., 2006) e caju (30,7°C) (MATOS et al., 2014). Pela grande variação entre os valores de TB, principalmente para culturas anuais, é possível perceber que as culturas perenes são mais tolerantes, e conseqüentemente mais adaptadas a temperaturas do ar mais elevadas que as culturas anuais.

3.4. Temperatura ótima de desenvolvimento (Tot)

Todas as regressões apresentaram valores de R²adj elevados (acima de 0,864), QME baixos (menores que 3,847) e coeficientes significativos (P<0,05), demonstrando linearidade entre o desenvolvimento foliar, representado pelo NF, e a temperatura do ar, representada pela STa (Figuras 2 e 3). Este resultado demonstra que a temperatura do ar influencia fortemente a emissão de folhas nas duas espécies florestais e a estimativa da Tot pode ser realizada através da metodologia proposta por Lisboa et al., (2012).

A ANOVA para a variável filocrono mostrou efeito significativo para as fontes de variação espécie e épocas de semeadura (P<0,05). No entanto, não houve interação significativa entre as fontes de variação (espécies e épocas de semeadura) (P=0,0940). As regressões lineares entre as épocas de semeadura são apresentadas na Tabela 3. Os valores médios de filocrono encontrados para as duas espécies florestais, foram de 62,95 (±15,15) °C dia folha⁻¹ e 46,03 (±10,89) °C dia folha⁻¹ para a *Corymbia citriodora* e *Eucalyptus urophylla*, respectivamente, mostrando que é necessário maior acúmulo energético para a emissão de uma folha na haste principal da *Corymbia citriodora* em relação a espécie *Eucalyptus urophylla*. Isso deve ter ocorrido em virtude do menor valor de Tb para a *Corymbia citriodora* (8,7°C), ocorrendo maior acúmulo térmico para esta espécie, considerando uma mesma temperatura do ar.

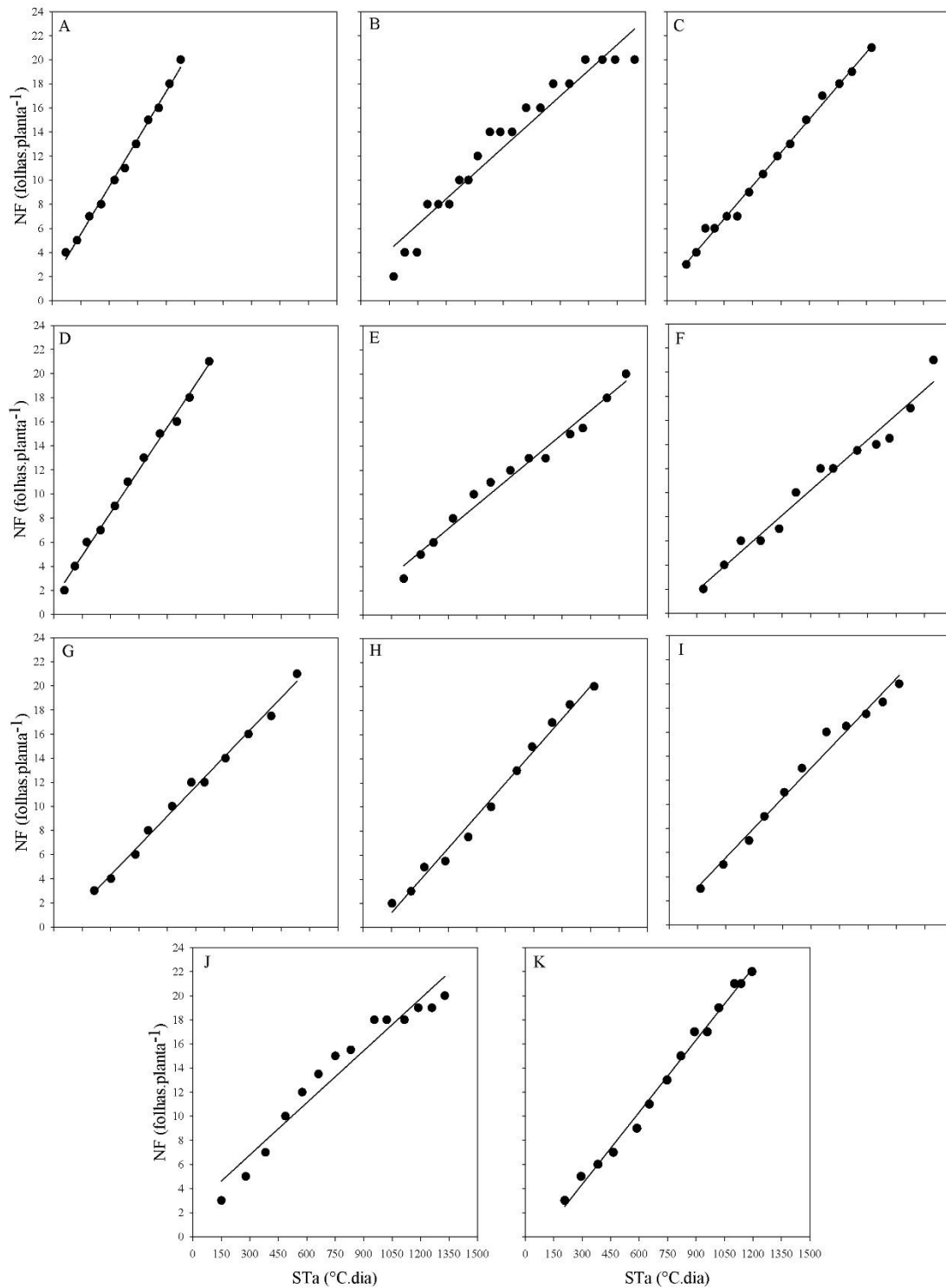


FIGURA 2 - Relação entre o número de folhas acumuladas na haste principal (NF) e a soma térmica acumulada a partir da emergência (STa) utilizada para a estimativa do filocrono em mudas de *Corymbia citriodora*: épocas E1 (A), E2 (B), E3 (C), E4 (D), E5 (E), E6 (F), E7 (G), E8 (H), E9 (I), E10 (J) e E11 (K). Os dados são de repetições representativas de cada época de semeadura. Itajubá, MG, 2014/2015.

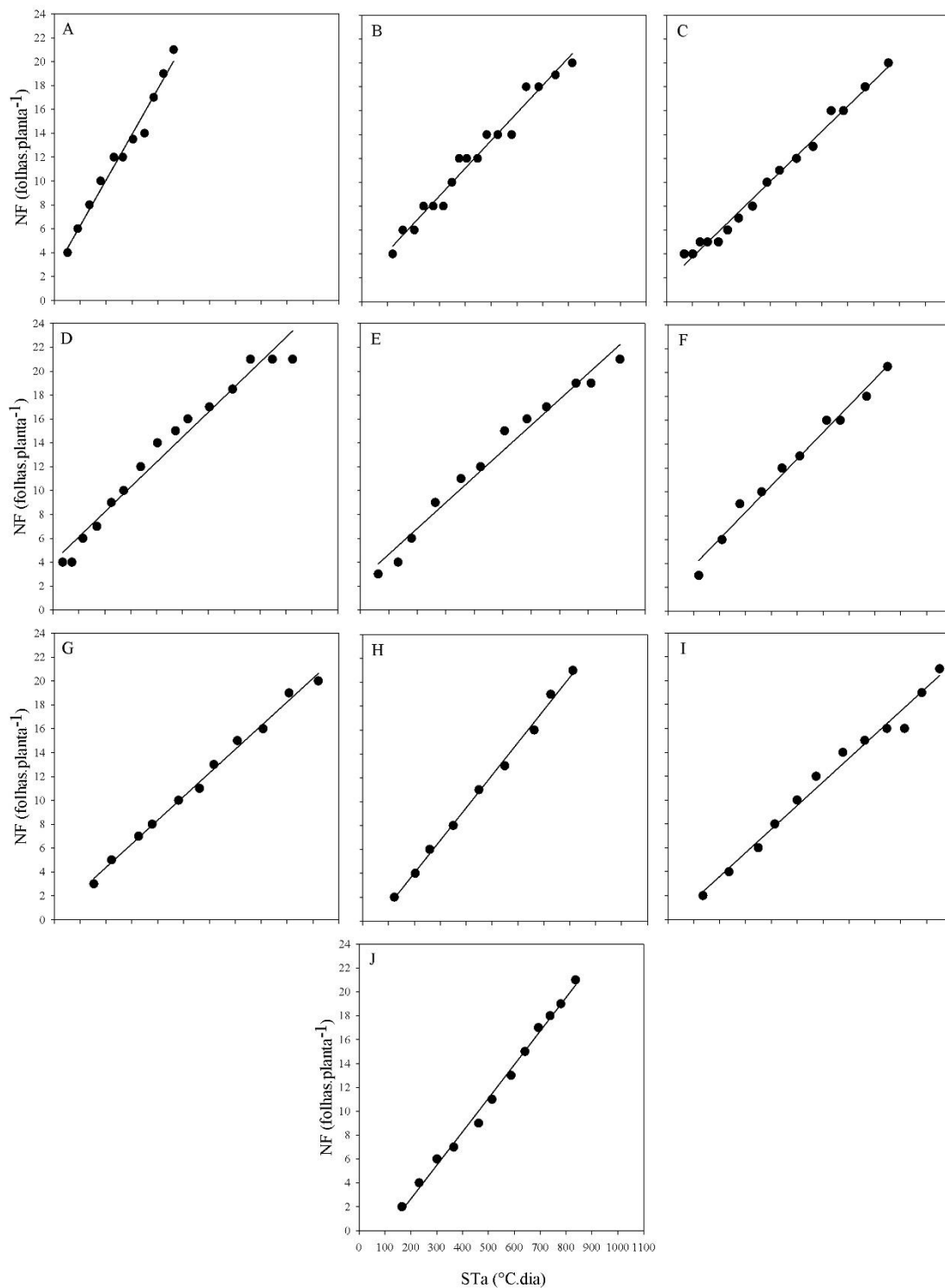


FIGURA 3 - Relação entre o número de folhas acumuladas na haste principal (NF) e a soma térmica acumulada a partir da emergência (STa) utilizada para a estimativa do filocrono em mudas de *Eucalyptus urophylla*: épocas E1 (A), E2 (B), E3 (C), E4 (D), E5 (E), E6 (F), E7 (G), E8 (H), E9 (I) e E11 (J). Os dados são de repetições representativas de cada época de semeadura. Itajubá, MG, 2014/2015.

No campo, observou-se que a espécie *Eucalyptus urophylla* possuiu desenvolvimento foliar maior que a espécie *Corymbia citriodora*, emitindo folhas mais rapidamente, além de ter maior velocidade de emergência e melhor uniformidade inicial das mudas. Padrões diferentes aos valores de filocrono determinados neste estudo foram observados em outras espécies de eucalipto como o *Eucalyptus grandis* (32,0 °C dia folha⁻¹), *Eucalyptus saligna* (30,7 °C dia folha⁻¹) (MARTINS et al., 2007), cultivares de oliveira Arbequina (21,7 °C dia folha⁻¹) e MSG ASC315 (41,6 °C dia folha⁻¹) (MARTINS et al., 2012), assim como em culturas anuais como a batata (19,2 a 22,9 °C dia folha⁻¹) (DELLAI et al., 2005), variedades de tomate (14,2, 15,8 e 16,9°C dia folha⁻¹) (PIVETTA et al., 2007) e berinjela (24,7 °C dia folha⁻¹) (MALDANER et al., 2009).

TABELA 3 – Regressões lineares entre NF e STa (°C dia), respectivas estatísticas e Filocrono (°C dia folha⁻¹) para as duas espécies florestais nas onze épocas de semeadura. Itajubá, MG. 20014/2015.

<i>UE</i>		<i>Equação</i>	<i>R²adj</i>	<i>Syx</i>	<i>Filocrono</i>
<i>Corymbia citriodora</i>	E1	NF=0,026•Sta+1,589	0,9945	0,415	38,15
	E2	NF=0,014•Sta+2,067	0,9537	1,420	82,41
	E3	NF=0,018•Sta+1,257	0,9938	0,474	54,32
	E4	NF=0,024•Sta+1,311	0,9947	0,465	56,67
	E5	NF=0,013•Sta+1,283	0,9796	0,754	91,82
	E6	NF=0,014•Sta-0,217	0,9703	0,988	67,14
	E7	NF=0,016•Sta-0,615	0,9930	0,504	65,18
	E8	NF=0,018•Sta-1,469	0,9905	0,661	55,60
	E9	NF=0,017•Sta+0,629	0,9839	0,775	55,34
	E10	NF=0,014•Sta+2,467	0,9426	1,397	75,61
	E11	NF=0,020•Sta-1,622	0,9923	0,594	55,10
<i>UE</i>		<i>Equação</i>	<i>R²adj</i>	<i>Syx</i>	<i>Filocrono</i>
<i>Eucalyptus urophylla</i>	E1	NF=0,038•Sta+2,429	0,9775	0,836	23,80
	E2	NF=0,023•Sta+1,894	0,9727	0,837	56,59
	E3	NF=0,021•Sta+1,644	0,9860	0,587	39,51
	E4	NF=0,021•Sta+4,034	0,9683	1,131	46,40
	E5	NF=0,022•Sta+0,346	0,9758	1,003	54,14
	E6	NF=0,022•Sta+1,594	0,9823	0,772	55,76
	E7	NF=0,020•Sta+0,414	0,9938	0,464	56,08
	E8	NF=0,027•Sta-1,435	0,9961	0,443	43,48
	E9	NF=0,020•Sta-0,354	0,9838	0,800	47,18
	E10	--	--	--	--
	E11	NF=0,028•Sta-2,972	0,9938	0,519	33,77

Em que: R²adj é o coeficiente de determinação ajustado e Syx é o erro padrão de estimativa. -- refere-se a época em que houve perda de todas as U.E.

Além disso, pela comparação de médias para as épocas de semeadura (Tabela 4) verificou-se que o filocrono foi menor e, conseqüentemente, a taxa de desenvolvimento foi maior na E1 e maior nas E2, E5 e E10, sendo um indicativo que as plantas se desenvolvem melhor nas condições meteorológicas de temperatura observadas durante a E1. Nesse sentido, a Tot, dada pela média aritmética das temperaturas médias da época que obteve maior desenvolvimento (LISBOA et al., 2012) foi de 17,1°C para ambas espécies. Esses valores são realísticos do ponto de vista biológico, pois se assemelham aos encontrados para o processo de fotossíntese (10,0°C – 15,0°C) e para o crescimento (16,0°C) de *Eucalyptus globulus* (BATAGLIA et al., 1996; ALMEIDA e SANDS, 2015), assim como para *Pinus ponderosa* (20,0°C) (LANDSBERG et al., 2003) e para cultivares de oliveira Arbequina (16,1°C) (LISBOA et al, 2012) e MSG ASC315 (14,7°C).

TABELA 4 – Médias do filocrono (°C dia folha⁻¹) para a *Corymbia citriodora* e *Eucalyptus urophylla* nas 11 épocas de semeadura. Itajubá, MG, 2014/2015.

Épocas	Filocrono (°C dia.folha ⁻¹)*
E1	32,77a
E2	69,50d
E3	47,74b
E4	52,10b
E5	72,98d
E6	62,08c
E7	60,63c
E8	51,06b
E9	51,26b
E10	71,57d
E11	43,46b
Média	55,92

* Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade.

Os resultados deste estudo permitem concluir que a espécie *Corymbia citriodora* se desenvolve satisfatoriamente em condições meteorológicas mais amplas, em virtude das suas temperaturas cardinais de Tb = 8,7°C à TB = 41,3°C, em comparação ao *Eucalyptus urophylla*, o qual se desenvolve entre Tb = 11,5°C à TB = 40,5°C. Isso corrobora com o maior valor de filocrono da *Corymbia citriodora*, pois ocorre maior acúmulo térmico e conseqüente maior valor de STa para esta espécie, considerando uma mesma temperatura do ar.

Informações acerca da estimativa das três temperaturas cardinais são escassas para espécies florestais e são muito úteis para conhecer as espécies mais adaptadas às condições climáticas de cultivo, as necessidades das espécies em condições meteorológicas distintas (MARTINS et al., 2012; SOUZA e MARTINS, 2014), assim como para o planejamento,

manejo e tratos culturais em condições de campo. Além disso, esses valores são constantemente utilizados em funções de temperatura do ar que compõem os modelos de desenvolvimento e produção (SOLTANI e SINCLAIR, 2012; MARTINS et al., 2014; ALMEIDA e SANDS, 2015).

4. CONCLUSÃO

Os valores de temperaturas cardinais para o desenvolvimento na fase de muda para *Corymbia citriodora* foram de 8,7°C, 17,1°C e 41,3°C e para *Eucalyptus urophylla*, 11,5°C, 17,1°C e 40,5°C, mostrando que a *Corymbia citriodora* é mais tolerante a temperaturas extremas.

O filocrono médio para a *Corymbia citriodora* foi de 62,95 °C dia folha⁻¹ e para o *Eucalyptus urophylla* foi de 46,03 °C dia folha⁻¹. Isto indica que a espécie *Eucalyptus urophylla* necessita de menos energia que a *Corymbia citriodora* para emitir uma folha na haste principal.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABREU, M. C.; MARTINS, F. B.; FREITAS, C. H.; PEREIRA, R. A. A.; MELLONI, E. G. P. Valores limítrofes para transpiração, desenvolvimento e crescimento de *Corymbia citriodora* em resposta à deficiência hídrica no solo. **Revista Árvore**, Viçosa, v.39, n.5, set/out 2015.
- ALMEIDA, A. C.; LANDSBERG, J. J.; SANDS, P. J. Parameterization of 3-PG model for fast-growing *Eucalyptus grandis* plantations. **Forest Ecology and Management**, Amsterdam, v.193, p.179-195, 2004.
- ALMEIDA, A. C.; SANDS, P. J. Improving the ability of 3-PG to model the water balance of forests plantations in contrasting environments. **Ecohydrology**, 2015. (online first).
- ANDRADE, R. G. **Estimativa da temperatura base inferior e avaliação dos modelos beta, RCM e GDD em diferentes subperíodos das culturas de milho, arroz e feijão**. 2004. 67f. Dissertação (Mestrado em Meteorologia Agrícola) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa.
- ANDRADE, R.G.; SEDIYAMA, G. C.; ZOLNIER, S.; COSTA, L. C. Avaliação dos modelos beta, rcm e GDD para diferentes subperíodos de desenvolvimento das culturas de milho e feijão. **Revista Ceres**, Viçosa, v. 53, n. 305, p.121-128, 2006.
- ARNOLD, C. Y. The development and significance of the base temperature in a linear heat unit system. **Proceedings of the American Society for Horticultural Science**, Geneva, v.74, p.430-445, 1959.
- ABRAF – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE PRODUTORES DE FLORESTAS PLANTADAS. **Anuário Estatístico da ABRAF 2013: ano base 2012**. Brasília, 2013. Disponível em: <http://www.abraflor.org.br/estatisticas/ABRAF13/ABRAF13_BR.pdf>. Acesso em: 03 de janeiro de 2015.
- BATTAGLIA, M.; SANDS, P. Application of sensitivity analysis to a model of *eucalyptus globulus* plantation productivity. **Ecological Modelling**, Amsterdam, v.11, p.237-259, 1998.
- BATTAGLIA, M.; BEADLE, C.; LOUGHHEAD, S. Photosynthetic temperature responses on *Eucalyptus globulus* and *Eucalyptus nitens*. **Tree Physiology**, Oxford, v.16, p.81-89, 1996.
- CALLEJAS, I. J. A.; NEVES, G. A. R.; TAVARES, A. S.; MOURA, I. B.; LIMA, E. A. Determinação das temperaturas cardinais da manga cultivar Roxa através de simulação computacional utilizando um modelo não linear. **Ambiência – Revista do Setor de Ciências Agrárias e Ambientais**, Guarapuava, v.10, n.1, p.97-110, 2014.
- CHIANG, J.M; BROWN, K.J. Improving the budburst phenology subroutine in the forest carbon model PnET. **Ecological Modelling**, Amsterdam, v.205, p.515-526, 2007.
- COMISSÃO DE FERTILIDADE DO SOLO DO ESTADO DE MINAS GERAIS. **Recomendações para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais: 5º aproximação**. Viçosa, MG: Comissão de Fertilidade do Solo do Estado de Minas Gerais, p.289-302, 1999.
- CUTFORTH, H. W.; SHAYKWICH, C. F. A temperature response function for corn development. **Agricultural Land Forest Meteorology**, Amsterdam, v.50, p.159-171, 1990.
- DALMAGO, G.A.; CUNHA, G.R. da; TOMM, G.O.; SANTI, A.; PIRES, J.L.F. Canola. In: MONTEIRO, J.E.B.A. (Org.). **Agrometeorologia dos cultivos: o fator meteorológico na produção agrícola**. Brasília: INMET, 2009. 131-150p.

- DELLAI, J.; TRENTIN, G.; BISOGNIN, D. A.; STRECK, N. A. Filocrono em diferentes densidades de plantas de batata. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.35, n.6, p.1269-1274, 2005.
- DENNEY, J.O. McEACHERN, G.R.; GRIFFITHS, J.F. Modeling the thermal adaptability of the olive (*Olea europaea*L.) in Texas. **Agricultural and Forest Meteorology**, Amsterdam, v.35, n.1-4, p.309-327, 1985.
- DE PAULA, G.M.; STRECK, N.A. Temperatura base para emissão de folhas e nós, filocrono e plastocrono das plantas daninhas papuã e corriola. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.38, n.9, p.2457-2463, 2008.
- DYE, P. J.; JACOBS, S.; DREW, D. Verification of 3-PG growth and water-use predictions in twelve Eucalyptus plantation stands in Zululand, South Africa. **Forest Ecology and Management**, Amsterdam, v.193, p.197-218, 2004.
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. Brasília: Centro Nacional de Pesquisa de Solos, Embrapa Solos, 2013.
- ERPEN, L.; STRECK, N. A.; UHLMANN, L. O.; LANGNER, J. A.; WINCK, J. E. M.; GABRIEL, L. F. Estimativa das temperaturas cardinais e modelagem do desenvolvimento vegetativo em batata-doce. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 17, n.11, p.1230-1238, 2013.
- FAGUNDES, J.D.; STRECK, N.A.; STORCK, L.; REINIGER, L.R. Temperatura base e soma térmica de subperíodos de desenvolvimento de *Aspiliamontevicensis*. **Bragantia**, Campinas, v. 69, n. 9, p.499-507, 2010.
- FERREIRA, D.F. Sisvar: a computer statistical analysis system. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v.35, n.6, p.1039-1042, 2011.
- FLEISHER, D. H.; SHILLITO, R. M.; TIMLIN, D. J.; KIM, S. H.; REDDY, V. R. Approches to modeling potato leaf appearance rate. **Agronomy Journal**, Madison, v.98, p.522-528, 2006.
- GOMES, J. M.; COUTO, L.; LEITE, H. G.; XAVIER, A.; GARCIA, S. L. R. Parâmetros morfofisiológicos na avaliação da qualidade de mudas de *Eucalyptus grandis*. **Revista Árvore**, Viçosa, v.26, n.6, p.655-664, 2002.
- KARLSSON, M.G.; HEINS, R.D.; ERWIN, J.E. Quantifying temperature-controlled leaf unfolding rates in “Nellie White” Easter lily. **Journal of the American Society of Horticultural Science**, Boston, v.113, n.1, p.70-74, 1988.
- LAGO, I.; STRECK, N. A.; CARVALHO, M. P.; FAGUNDES, L. K.; DE PAULA, G. M.; LOPES, S. J. Estimativa da temperatura base do subperíodo emergência-diferenciação da panícula em arroz cultivado e arroz vermelho. **Revista Ceres**, Viçosa, v.56, n.3, p.288-295, 2009.
- LANDSBERG, J. J.; WARING, R. H.; COOPS, N. C. Performance of the forest productivity model 3-PG applied to a wide range of forests types. **Forest Ecology and Management**, Amsterdam, v. 172, n.2-3, p. 199-214, 2003.
- LIETH, J. H.; CARPENTER, P. Modeling stem elongation and leaf unfolding of Easter lily during greenhouse forcing. **Scientia Horticulturae**, Amsterdam, v.44, p.149-162, 1990.
- LIMA, E. P; SILVA, E. L. Temperatura base, coeficientes de cultura e graus-dia para cafeeiro arábica em fase de implantação. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v.12, n.3, p.266-273, 2008.

- LISBOA, P. M. M.; MARTINS, F. B.; ALVARENGA, M. I. N.; NETO, J. V.; REIS, D. F. Desenvolvimento vegetativo de duas cultivares de oliveira na fase de muda. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.42, n.9, p.1556-1562, 2012.
- LOZADA, B.I.; ANGELOCCI, L.R. Determinação da temperatura-base e de graus-dia para estimativa da duração do subperíodo da sementeira à floração de um híbrido de milho. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, Santa Maria, v.7, n. 1, p.31-36, 1999.
- LUCAS, D.D.P.; STRECK, N.A.; BORTOLUZZI, M.P.; TRENTIN, R.; MALDANER, I. Temperatura base para emissão de nós e plastocrono de plantas de melancia. **Revista Ciência Agrônômica**, Fortaleza, v.42, p.288-292, 2012.
- LUZ, G. L. da; MEDEIROS, S. L. P.; TOMM, G. O.; BIALOZOR, A.; AMARAL, A. D. do; PIVOTO, D. Temperatura base inferior e ciclo de híbridos de canola. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.42, n.9, 2012.
- MALDANER, I. C; GUSE, F. I; STRECK, N. A; HELDWEIN, A. B; LUCAS, D. D. P; LOOSE, H. Filocrono, área foliar e produtividade de frutos de berinjela conduzidas com uma e duas hastes por planta em estufa plástica. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.39, n.3, p.671-677, 2009.
- MARTINS, F. B.; SILVA, J. C.; STRECK, N. A. Estimativa da temperatura-base para emissão de folhas e do filocrono em duas espécies de eucalipto na fase de muda. **Revista Árvore**, Viçosa, v.31, n.3, p.373-381, 2007.
- MARTINS, F.B.; STRECK, N.A. Aparecimento de folhas em mudas de eucalipto estimado por dois modelos. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 42, n. 8, p. 1091-1100, 2007.
- MARTINS, F. B.; REIS, D. F.; PINHEIRO, M. V. M. Temperatura base e filocrono em duas cultivares de oliveira. **Ciências Rural**, Santa Maria, v.43, n.11, p.1975-1981, 2012.
- MARTINS, F. B.; PEREIRA, R. A. A.; PINHEIRO, M. V. M.; ABREU, M. C. Desenvolvimento foliar em duas cultivares de oliveira estimado por duas categorias de modelos. **Revista Brasileira de Meteorologia**, São Paulo, v.29, n.4, p.505-514, 2014.
- MATOS, V. A. T.; PIVETTA, F.; SOBRINHO, S. P.; TISSIANI, A. S. O.; PEREIRA, A. P. M. S.; RAMOS, F. T.; JÚNIOR, J. H. C. Temperaturas basais e exigência térmica para a maturação de caju. **Bioscience Journal**, Uberlândia, v. 30, n.4, p.969-977, 2014.
- McMASTER, G. S.; WILHELM, W. W. Growing degree-days: one equation, two interpretations. **Agricultural and Forest Meteorology**, Amsterdam, v.87, n.4, p.291-300, 1997.
- MELO-ABREU, J.P., BARRANCO D., CORDEIRO A.M., TOUS J., ROGADO B.M., VILLALOBOS F.J. Modelling olive flowering date using chilling for dormancy release and thermal time. **Agricultural and Forest Meteorology**, Amsterdam, v.125, p.117-127, 2004.
- MÜLLER, L.; MANFRON, P.A.; MEDEIROS, S.L.P.; STRECK, N.A.; MITTELMAN, A.; NETO, D.D.; BANDEIRA, A.H.; MORAIS, K.P. Temperatura base inferior e estacionalidade de produção de genótipos diploides tetraploides de azevém. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 39, n. 5, p.1343-1348, 2009.
- NIETO, V.M.; RODRIGUEZ, J. *Eucalyptus saligna* Sm. In: VOZZO, J.A. (Ed.). **Tropical Tree Seed Manual**, Washington DC: USDA Forest Service, p.468-469, 2003.
- OLIVEIRA, A. S.; NETO, A. J. S.; RIBEIRO, A.; RASCON, N. Jr. L.; RODY, Y. P.; ALMEIDA, A. Q. Determinação do tempo térmico para o desenvolvimento de mudas de

eucalipto na fase de enraizamento. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental** Campina Grande, v.16, n.11, p.1223-1228, 2012.

OMETTO, J. C. **Bioclimatologia vegetal**. São Paulo: Agronômica Ceres 1981. 440p.

PATON, D.M. *Eucalyptus* Physiology. II Temperature responses. **Australian Journal of Botany**, Melbourne, v.28, p.555-566, 1980.

PEDRO Jr., M.J.; CAMARGO, M. B. P. de; MORAES, A. V. C. de.; FELÍCIO, J. C.; CASTRO, J. L.de. Temperatura-base, graus-dia e duração do ciclo para culturas de triticale. **Bragantia**, Campinas, v. 63, n. 3, p. 447-453, 2004.

PIVETTA, C.R.; TAZZO, I. F.; MAASS, G. F; STRECK, N. A.; HELDWEIN, A. B. Emissão e expansão foliar em três genótipos de tomateiro (*Lycopersicon esculentum* Mill). **Ciência Rural**, Santa Maria, v.37, n.5, 2007.

RENATO, N. S.; SILVA, J. B. L.; SEDIYAMA, G. C.; PEREIRA, E. G. Influência dos métodos para cálculo de graus-dia em condições de aumento de temperatura para as culturas de milho e feijão. **Revista Brasileira de Meteorologia**, São Paulo, v.28, n.4, p.382-388, 2013.

ROSA, H.T.; WALTER, L. C.; STRECK, N. A.; ALBERTO, C. M. Métodos de soma térmica e datas de semeadura na determinação de filocrono de cultivares de trigo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.44, n.11, p.1374-1382, 2009.

SANDS. P. J.; LANDSBERG, J. J. Parameterization of 3-PG for plantation grown *Eucalyptus globules*. **Forest Ecology and Management**, Amsterdam, v.163, p.273-292, 2002.

SCHONS, A.; STRECK, N. A.; KRAULICH, B.; PINHEIRO, D. G.; ZANON, A. J. Emissão de folhas e início de acumulação de amido em raízes de uma variedade de mandioca em função da época de plantio. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.37, n.6, p.1586-1592, 2007.

SINCLAIR, T.R.; GILBERT, R. A.; PERDOMO, R. E.; SHINE Jr., J. M.; POWELL, G.; MONTES, G. Sugarcane leaf area development under field conditions in Florida, USA. **Field Crops Research**, Amsterdam, v.88, n.1, p.171-178, 2004.

SOLTANI, A.; SINCLAIR, T.R. **Modeling Physiology of crop development, growth and yield**. Oxfordshire: CAB Internacional, p.322, 2012.

SOUZA, P. M. B.; MARTINS, F. B. Estimativa da temperatura basal inferior para as cultivares de oliveira grappolo e maria da fé. **Revista Brasileira de Meteorologia**, São Paulo, v.29, n.2, p.307-313, 2014.

STAPE, J. L.; RYAN, M. G.; BINKLEY, D. Testing the utility of the 3-PG model for growth of *Eucalyptus grandis* x *urophylla* with natural and manipulated supplies of water and nutrients. **Forest Ecology and Management**, Amsterdam, v.193, p.219-234, 2004.

STRECK, N.A.; WEISS, A.; XUE, Q.; BAENZIGER, P.S. Incorporating a chronology response function into the prediction of leaf appearance rate in winter wheat. **Annals of Botany**, Oxford, v.92, p.181-190, 2003.

STRECK, N. A.; PAULA F. L. M.; BISOGNIN D. A.; HELDWEIN A. B.; DELLAI J. Simulating the development of field grown potato (*Solanum tuberosum* L.). **Agricultural and Forest Meteorology**, Amsterdam, v.142, n.1, p.1-11, 2007.

STRECK, N.A.; DE PAULA, G. M.; CAMERA, C.; MENEZES, N. L.; LAGO, I. Estimativa do plastocrono em cultivares de soja. **Bragantia**, Campinas v.67, p.67-73, 2008.

STRECK, N.A.; LAGO, I.; SAMBORANHA, F. K.; GABRIEL, L. F.; SCHWANTES, A. P.; SCHONS, A. Temperatura base para aparecimento de folhas e filocrono da variedade de milho BRS Missões. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.39, n.1, p.224-227, 2009.

STRECK, N. A.; LAGO, I.; OLIVEIRA, F. B.; HELDWEIN, A. B.; DE AVILA, L. A.; BOSCO, L. C. Modeling the Development of Cultivated Rice and Weedy Red Rice. **American Society of Agricultural and Biological Engineers**, St. Joseph, Michigan, v. 54, n.1, p.371-384, 2011.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal**. 4.ed. Porto Alegre: Artmed, 2009. 848p.

VALE, R. S.; MACEDO, R. L. G.; VENTURIN, N.; MORI, F. A.; MORAIS, A. R. Efeito da desrama artificial na qualidade da madeira de clones de eucalipto em sistema agrossilvipastoril. **Revista Árvore**, Viçosa, v.26, n.3, p.285-297, 2002.

WHITEHEAD, D.; BEADLE, C. L, Physiological regulation of productivity and water use in Eucalyptus: a review. **Forest Ecology and Management**, Amsterdam, v.193 p.113–140, 2004.

XUE, Q.; WEISS, A.; BAENZIGER, P. S. Predicting leaf appearance in field-grown winter wheat: evaluating linear and non-linear models. **Ecological Modelling**, Amsterdam, v.175, p.261-270, 2004.

YANG S.; LOGAN J.; COFFEY D. L. Mathematical formulae for calculating the base temperature for growing degree days. **Agricultural and Forest Meteorology**, Amsterdam, v.74, p.61-74, 1995.

Capítulo II – Métodos de soma térmica e influência do fotoperíodo no desenvolvimento foliar de duas espécies florestais

1. INTRODUÇÃO

Estudos referentes a quantificação e modelagem do desenvolvimento foliar são importantes por razões científicas e práticas, uma vez que serve como base para a seleção de espécies, cultivares ou variedades mais adaptadas as condições climáticas de um local, manejo e aplicação de tratos culturais e avaliação da resposta das plantas em cenários de mudanças climáticas (STRECK et al., 2011). O número de folhas (NF) e a taxa de aparecimento de folhas (TAF) são variáveis importantes no estudo do desenvolvimento foliar, pois as folhas constituem o aparato fotossintético e são responsáveis pela formação de carboidratos que são alocados para os órgãos vegetativos e reprodutivos da planta, os quais são responsáveis pelo acúmulo de biomassa, por estarem associadas a interceptação da radiação solar (BASTOS et al., 2002; XUE et al., 2004; STRECK et al., 2005a; STRECK et al., 2005b; DELLAI et al., 2005; ROSA et al., 2009).

A temperatura do ar é o elemento meteorológico que mais influencia o desenvolvimento foliar das plantas (MARTINS et al., 2007; PAULA e STRECK, 2008; ROSA et al., 2009; LISBOA et al., 2012), seguido pelo fotoperíodo (JAME et al., 1998; SOLTANI e SINCLAIR, 2012). A importância da temperatura do ar ocorre devido a sua influência nos processos fisiológicos e metabólicos como: moderadora da taxa fotossintética e respiratória, velocidade de transporte e translocação de solutos, balanço entre a perda de água na forma de vapor para a atmosfera e assimilação de CO₂, os quais influenciam o desenvolvimento, (TAIZ e ZEIGER, 2009; CALLEJAS et al., 2014) com destaque no NF e TAF (KARLSSON et al., 1988; LIETH e CARPENTER, 1990). Já o fotoperíodo exerce influência na taxa de emissão de folhas, a qual influencia diretamente a interceptação da radiação solar e conseqüentemente a fotossíntese, a produção de fitomassa e a produtividade (SOLTANI e SINCLAIR, 2012).

Os primeiros estudos relacionando desenvolvimento vegetal e temperatura do ar foram realizados por Réaumur, na França, por volta de 1730 (MARTINS et al., 2007), que observou que o somatório da temperatura do ar era praticamente constante para completar o ciclo de desenvolvimento de várias espécies em diferentes anos (STRECK, 2002). Esse somatório térmico foi assumido como uma constante e expressa a quantidade de energia necessária para que uma dada espécie vegetal atinja certo grau de desenvolvimento (STRECK, 2002) e

denominado de soma térmica, com unidade °C dia. Matematicamente, a soma térmica se baseia no acúmulo diário de temperatura do ar e sua relação com os limites de temperatura nos quais a planta se desenvolve, definidos como temperaturas cardinais (SOLTANI e SINCLAIR, 2012).

Existem vários métodos de cálculo da soma térmica. A forma mais simples, acumula diariamente a temperatura do ar acima da temperatura basal inferior (T_b), abaixo da qual não ocorre desenvolvimento ou o desenvolvimento é tão lento que é desprezado (BARBANO et al., 2001; ROSA et al., 2009). Nos outros métodos considera-se a temperatura ótima (T_{ot}) e temperatura basal superior (T_B), através do acúmulo térmico diário máximo na T_{ot} , ou através do acúmulo térmico diário máximo na T_{ot} com um decréscimo linear até zero na T_B (STRECK et al., 2007c; ROSA et al., 2009). Os diferentes métodos podem resultar em valores distintos de soma térmica, principalmente em épocas do ano em que há ocorrência de temperaturas abaixo ou acima das temperaturas cardinais de desenvolvimento da cultura (McMASTER e WILHELM, 1997) e com isso influenciar a quantificação do desenvolvimento foliar da cultura.

Uma maneira de relacionar a soma térmica com o desenvolvimento foliar é por meio do filocrono, definido como o intervalo de tempo necessário para a emissão de folhas consecutivas (FRANK e BAUER, 1995; XUE et al., 2004; STRECK et al., 2005b), tendo como unidade °C dia folha⁻¹. O filocrono tem sido amplamente usado para definir e entender o desenvolvimento foliar das plantas e varia, principalmente, em função da espécie, do método de cálculo da soma térmica, épocas de semeadura e fotoperíodo (ROSA et al., 2009). Por esse motivo, além de considerar diferentes métodos de soma térmica, deve-se também levar em consideração as diferentes épocas de semeadura e o fotoperíodo, uma vez que resulta em insegurança na análise da variação do filocrono entre as espécies, entre as datas de semeadura e entre os anos (STRECK et al., 2007b).

O efeito do fotoperíodo deve ser contabilizado por meio do número de horas de luz disponível às plantas. Uma das maneiras de identificar a influência do fotoperíodo é através de experimentos a campo com várias épocas de semeadura ao longo do ano (KAWAKATA e YAJIMA, 1995; YIN e KROPFF, 1996; ROSA et al., 2009; STRECK et al., 2006). Garner e Allard (1920) realizaram os primeiros estudos demonstrando o efeito do fotoperíodo, o qual exerce influência no ciclo de desenvolvimento vegetal de várias culturas (VERGARA et al., 1969; BAKER et al., 1990; HORIE, 1994; FUKAI, 1999), desempenhando um papel importante no controle de processos associados ao acúmulo de matéria seca, desenvolvimento do caule, altura e área foliar (ALVARENGA et al., 2003) e também na reprodução, como

indução floral e desenvolvimento das flores (RONCANCIO et al., 1996). Alguns estudos relatam o efeito do fotoperíodo no florescimento de espécies lenhosas (GRENWOOD, 1978; JACKSON e SWEET, 1972; POLLARD e PORTLOCK, 1984) e na germinação (NETO et al., 2003). No entanto, não há confirmação da influência do fotoperíodo no desenvolvimento foliar de espécies florestais, como o eucalipto (PATON, 1980).

Vários estudos utilizando o filocrono e os fatores que influenciam no filocrono foram realizados em culturas agrícolas anuais como: trigo (XUE et al, 2004; ROSA et al., 2009), cártamo (STRECK et al., 2005a), tomate (PIVETTA et al.,2007), berinjela (MALDANER et al., 2009), milho (STRECK et al., 2009); e culturas perenes, como: laranja (VOLPE, et al., 2002), eucalipto (MARTINS et al., 2007), araucária (NETO, 2008) e oliveira (MARTINS et al., 2012); e culturas utilizadas para fins ornamentais e medicinais como o lírio (STRECK et al., 2004) e calêndula (KOEFEENDER et al., 2008). No entanto, em uma revisão bibliográfica não foi encontrado registro de qual é o melhor método de cálculo para a soma térmica e também qual a influência do fotoperíodo no desenvolvimento foliar, através do filocrono, nas espécies de *Corymbia citriodora* e *Eucalyptus urophylla*, que constituiu o esforço para a realização deste capítulo de TFG. Informações dessa natureza podem auxiliar no manejo para melhorar a qualidade da muda, e assim aumentar a probabilidade de sucesso na implantação da floresta (MARTINS et al., 2007).

O objetivo deste capítulo foi avaliar o efeito dos métodos do cálculo da soma térmica, e identificar a resposta do filocrono e fotoperíodo em duas espécies florestais, *Corymbia citriodora* e *Eucalyptus urophylla*, durante a fase de muda.

2. MATERIAL E MÉTODOS

2.1. Descrição da área de estudo e protocolo experimental

Foi realizado um experimento a campo na área experimental da Universidade Federal de Itajubá – UNIFEI (22° 30' Sul e 45° 27' Oeste e altitude de 850 metros), seguindo o mesmo protocolo experimental descrito no capítulo I.

2.2. Métodos de Soma Térmica e estimativa do Filocrono

Dos vários métodos de cálculo de soma térmica diária (STd) existentes, os considerados foram (GILMORE e ROGERS, 1958; ROSA et al., 2009):

Método 1:

$$STd = T_{med} - T_b \cdot 1 \text{ dia}$$

$$T_{med} = \frac{T_{max} + T_{min}}{2};$$

$$\text{Quando } T_{med} < T_b, \text{ considera } T_{med} = T_b \quad (1)$$

Método 2:

Considerado uma variação do método 1, com penalização na temperatura mínima do ar:

$$STd = T_{med} - T_b \cdot 1 \text{ dia}$$

$$\text{Quando } T_{min} \leq T_b, \text{ considera-se } T_{min} = T_b. \quad (2)$$

Método 3:

$$STd = T_{med} - T_b \cdot 1 \text{ dia}$$

$$\text{Quando } T_{med} < T_b, \text{ considera } T_{med} = T_b$$

$$\text{Quando } T_{med} > T_{tot}, \text{ considera } T_{med} = T_{tot} \quad (3)$$

Método 4:

Considerado uma variação do método 3, com penalização na temperatura mínima e máxima do ar:

$$STd = T_{med} - T_b \cdot 1 \text{ dia}$$

$$\text{Quando } T_{min} < T_b, \text{ considera } T_{min} = T_b$$

$$\text{Quando } T_{max} > T_{tot}, \text{ considera } T_{max} = T_{tot} \quad (4)$$

Método 5:

Se $T_b < T_{med} \leq Tot$: $STd = T_{med} - T_b \cdot 1 \text{ dia}$

Se $Tot < T_{med} \leq TB$: $STd = (Tot - T_b) \cdot \frac{(TB - T_{med})}{(TB - Tot)}$

Quando $T_{med} < T_b$, considera $T_{med} = T_b$; quando $T_{med} > TB$ considera $T_{med} = TB$ (5)

Método 6:

Considerado uma variação do método 5, com penalização na temperatura mínima e máxima do ar:

Se $T_b < T_{med} \leq Tot$: $STd = T_{med} - T_b \cdot 1 \text{ dia}$

Se $Tot < T_{med} \leq TB$: $STd = (Tot - T_b) \cdot \frac{(TB - T_{med})}{(TB - Tot)}$

Quando $T_{min} < T_b$, considera $T_{min} = T_b$, e quando $T_{max} > TB$, considera $T_{max} = TB$ (6)

em que: STd é a soma térmica diária ($^{\circ}\text{C} \cdot \text{dia}$), T_{med} é a temperatura média diária do ar, obtida pela média aritmética das temperaturas máximas (T_{max}) e mínimas (T_{min}) do ar da estação meteorológica automática ($^{\circ}\text{C}$), T_b é a temperatura basal inferior ($^{\circ}\text{C}$), Tot é a temperatura ótima ($^{\circ}\text{C}$) e TB é a temperatura basal superior ($^{\circ}\text{C}$) de desenvolvimento foliar. Os valores de T_b e TB para as duas espécies florestais foram obtidos no capítulo I, cujos valores foram de $T_b = 8,7^{\circ}\text{C}$ e $TB = 41,3^{\circ}\text{C}$ para a *Corymbia citriodora* e $T_b = 11,5^{\circ}\text{C}$ e $TB = 40,5^{\circ}\text{C}$ para o *Eucalyptus urophylla*. A Tot foi de $17,1^{\circ}\text{C}$ para as duas espécies.

A Figura 1 mostra a comportamento dos três métodos de cálculo da STd (Métodos 1, 3 e 5), sem considerar as suas variações, com as respectivas temperaturas cardinais para a *Corymbia citriodora*.

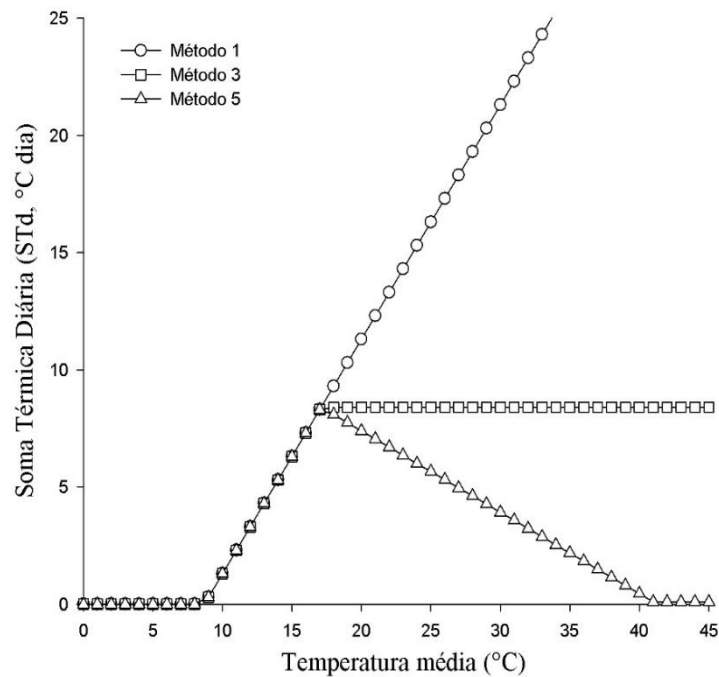


FIGURA 1 – Representação gráfica dos três métodos de cálculo da soma térmica diária (Método 1, Método 3, Método 5) usados no estudo para a espécie *Corymbia citriodora*. Itajubá-MG, 2014-2015.

A STd foi acumulada a partir da data de emergência (i) até o término da fase de muda (n) e resultou na soma térmica acumulada (STa, °C dia), obtida por:

$$STa = \sum_{i=1}^n STd \quad (7)$$

Para cada método de STd (método 1 a 6) e para cada uma das U.E., foi estimado o filocrono pelo inverso do coeficiente angular (a) da regressão linear entre NF e STa (XUE et al., 2004; MARTINS et al., 2007):

$$NF = a \cdot STa + b \quad (8)$$

Para cada método de cálculo da STd foi obtido desvio padrão (DP) da variável filocrono, entre as 11 épocas de semeadura, para cada espécie. O DP foi usado para selecionar o melhor método de cálculo de soma térmica, pois segundo Rosa et al. (2009), o DP é uma estatística descritiva e mede a dispersão de uma variável. Após a escolha do melhor método de soma térmica, as médias de filocrono foram submetidas ao teste de Shapiro-Wilk ($\alpha=0,05$), para avaliar a normalidade dos dados e para aqueles que não seguiram a normalidade, foram transformados usando a transformação $\ln(x)$. Posteriormente, os valores de filocrono foram submetidos a análise de variância (ANOVA) para avaliar o efeito das fontes de variação (espécies e épocas de semeadura), seguida da comparação de médias pelo teste Scott-Knott ($\alpha=0,05$), através do software SISVAR (FERREIRA, 2011).

2.3. Influência do Fotoperíodo

Para verificar a influência do fotoperíodo no desenvolvimento foliar das duas espécies florestais, seguiu a metodologia proposta por Streck et al., (2006) e Rosa et al., (2009), em que foram ajustadas, para cada espécie e época de semeadura, regressões lineares entre o NF médio (média aritmética das 5 U.E.) e o fotoperíodo acumulado (FA). Para o cálculo do FA foi realizado o somatório do fotoperíodo diário (F), desde a emergência (*i*) até o término da fase de muda (*n*), pelo método de Kiesling (1982), dado por:

$$F = \frac{2}{15} \cdot \arccos[\cos\alpha \cdot \sec\phi \cdot \sec\delta - \tan\phi \cdot \tan\delta]$$

$$\alpha = 90 + B$$

$$\delta = \arcsen(0,39779) \cdot \sen\lambda$$

$$\lambda = M + 1,916 - \sen M + 0,020 * \sen 2M + 282,565 \quad (9)$$

$$M = 0,985600 \cdot NDA - 3,251$$

em que F = Fotoperíodo diário (horas), α = ângulo zenital (graus), Φ = latitude (graus), δ = declinação solar (graus e décimos), 0,39779 = seno de 23,45° (23°27'); M = anomalia média solar (graus), NDA = Número do dia do ano (dia juliano), B = é o ângulo abaixo do plano do horizonte (6°).

Utilizou-se o FA, pois segundo Horie (1994), é mais realístico do que o fotoperíodo médio, devido a sua variação diária quando as plantas são cultivadas em campo, sendo que a planta responde a um efeito acumulado do fotoperíodo. Valores positivos e significativos ($\alpha=0,05$) do coeficiente angular da regressão linear indicam resposta fotoperiódica típica de plantas de dia curto, valores negativos e significativos ($\alpha=0,05$) indicam resposta fotoperiódica típica de plantas de dia longo (KAWAKATA e YAJIMA, 1995; YIN e KROPFF, 1996).

Define-se como plantas de dias longos aquelas que somente florescem ou florescem mais rapidamente ou com maior intensidade quando recebem luz por certo número de horas maior do que um determinado período (fotoperíodo crítico) em cada ciclo de 24 h. Já as plantas de dias curtos, aceleram o seu ciclo adiantando a floração quando estão submetidas a horas de luz menores que seu fotoperíodo crítico.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1. Condições meteorológicas do estudo

Durante o período de estudo, as plantas foram submetidas a grandes variações de temperaturas. A média das temperaturas máximas, mínimas e médias do ar são mostradas na Tabela 1. Os valores de temperatura oscilaram entre 3,8°C (valor mínimo absoluto de temperatura mínima) observado nas épocas 2, 3 e 4 de semeadura a 35,7°C (valor máximo absoluto de temperatura máxima) registrado nas épocas 3 até 9 de semeadura. Essas diferentes condições atmosféricas afetaram a velocidade de emissão de folhas na haste principal e conseqüentemente a taxa de desenvolvimento foliar e são importantes em estudos de desenvolvimento e crescimento vegetal (SCURFIELD, 1961; MARTINS, 2007).

TABELA 1 – Caracterização da temperatura do ar durante as onze épocas do experimento a campo para *Corymbia citriodora* e *Eucalyptus urophylla*, e duração de cada época correspondente a fase de muda. Itajubá, MG, 2014/2015.

Épocas	<i>Corymbia citriodora</i>				<i>Eucalyptus urophylla</i>			
	Temperaturas (°C) *			Duração média da fase de muda (dias)**	Temperaturas (°C) *			Duração média da fase de muda (dias)**
	Média	Máxima	Mínima		Média	Máxima	Mínima	
E1	17,1	20,2	13,9	97	17,1	20,2	13,9	97
E2	18,5	26,5	13,9	166	18,4	26,5	13,9	159
E3	18,8	26,5	14,0	117	18,8	26,5	14,0	117
E4	20,2	26,5	14,0	97	20,4	26,5	14,0	104
E5	22,3	26,5	15,6	122	22,2	26,5	15,6	124
E6	22,7	26,5	15,6	99	22,7	26,5	15,6	99
E7	23,4	27,3	19,1	105	23,4	27,3	19,4	114
E8	23,6	27,3	19,1	79	23,6	27,3	19,1	79
E9	23,2	27,3	19,1	89	23,2	27,3	19,1	89
E10	20,9	26,1	15,2	116	--	--	--	--
E11	20,0	24,7	15,3	105	20,3	24,7	15,3	94

* Valores obtidos pelas médias aritméticas da temperatura média, máxima e mínima do ar. ** período que se estende desde a emergência, considerada o dia em que 50% das sementes estavam visíveis acima do solo, e término da fase de muda, considerada o dia em que cada época atingiu, em média, 20 folhas acumuladas na haste principal. -- Época em que houve perda de todas as U.E.

Além disso, a diferença entre as condições meteorológicas vigentes durante as 11 épocas de semeadura também influenciou na duração, em dias, da fase de muda. Exceto para a E1 e E7, houve tendência de diminuição da duração com o aumento da temperatura média do ar. A presença de uma relação inversa entre a temperatura do ar e a duração da fase de muda, indica que quanto menor a temperatura do ar, maior será a duração dessa fase de muda, para as duas espécies estudadas. Mesma tendência observada para outras culturas como

triticales (PEDRO Jr. et al., 2004), canola (LUZ et al., 2012) para cultivares de oliveira MGS ASC 315 (LISBOA et al., 2012). Em nenhuma época de semeadura foi registrada temperaturas iguais ou superiores as TBs das duas espécies, enquanto que valores diários de temperatura próximo a Tot e Tb foram registrados, principalmente nas épocas 1 e 6, as quais tiveram duração ligeiramente menor que as demais épocas de semeadura, o que demonstra que a temperatura do ar é a principal variável que governa o desenvolvimento foliar (ROSA et al., 2009; MARTINS et al., 2014). No entanto, verificou-se que não houve grande variação da duração da fase de muda entre as duas espécies, com diferença máxima de 87 dias para a *Corymbia citriodora* e 80 dias para o *Eucalyptus urophylla*, ambas entre as épocas E2 e E8.

3.2. Escolha do melhor método de Soma Térmica

As duas espécies florestais, nos seis métodos de soma térmica (1 a 6) e nas onze épocas de semeadura (E1 a E11), apresentaram regressões lineares entre NF e STa com elevados valores de coeficientes de determinação (R^2) superiores a 0,95, indicando que a estimativa do filocrono através dessas regressões lineares é apropriada, podendo assim ser aplicada para as duas espécies florestais. Mesma situação foi observada em culturas anuais, como o tomate (PIVETTA et al., 2007), trigo (ROSA et al., 2009) e berinjela (MALDANER et al., 2009), e culturas perenes como oliveira (LISBOA et al., 2012; MARTINS et al., 2012) e outras espécies de eucalipto (MARTINS et al., 2007).

Houve variação nos valores de filocrono em relação aos seis métodos de soma térmica considerados neste estudo, com valores entre 35,70 e 67,16 °C dia folha⁻¹ para *Corymbia citriodora* e entre 21,44 e 48,65 °C dia folha⁻¹ para a *Eucalyptus urophylla* (Tabela 2), ambos para os métodos 5 e 2, respectivamente. Os valores de filocrono foram maiores nos métodos 1 e 2, intermediários nos métodos 3 e 4 e menores nos métodos 5 e 6, idêntico ao padrão observado para o arroz (STRECK et al., 2007a) e trigo (ROSA et al., 2009).

TABELA 2 – Média \pm desvio padrão do filocrono (°C dia folha⁻¹) para a *Corymbia citriodora* e *Eucalyptus urophylla* nas onze épocas de semeadura nos seis métodos de soma térmica. Itajubá, MG, 2014/2015.

Espécies	Métodos de Soma Térmica					
	Método 1	Método 2	Método 3	Método 4	Método 5	Método 6
<i>C. citriodora</i>	66,69 \pm 15,76	67,16 \pm 15,88	43,67 \pm 12,28	38,73 \pm 9,01	35,70 \pm 12,64	35,85 \pm 12,86
<i>E. urophylla</i>	47,38 \pm 11,15	48,65 \pm 11,33	25,22 \pm 7,49	23,39 \pm 5,47	21,44 \pm 7,93	23,08 \pm 10,45
Média	57,04 \pm 13,46	57,91 \pm 13,61	34,45 \pm 9,89	31,06 \pm 7,24	28,57 \pm 10,29	29,47 \pm 11,66

Essa diminuição dos valores de filocrono dos métodos 1 e 2 aos métodos 5 e 6 ocorreu devido a diminuição dos valores de STd pela consideração das temperaturas Tot (métodos 3 e 4) e Tot e TB (métodos 5 e 6) nos cálculos da STd, principalmente nos períodos mais quentes do ano, quando as temperaturas mínimas, máximas e médias diárias do ar ficaram iguais ou acima das temperaturas cardinais, principalmente da Tot (17,1°C para ambas espécies). Os métodos 1 e 2 apresentaram valores de filocrono similares entre si, devido a consideração no cálculo da STd onde há somente a penalização da Tb, aumentando linearmente acima deste valor. Além disso, para grande parte dos dias, a T_{med} não foi inferior a Tb das duas espécies e a T_{min} foi inferior a Tb em 24 dias para a *Corymbia citriodora* e 111 dias em *Eucalyptus urophylla*, sendo estes dias ocasionados entre abril a outubro de 2014.

O valor de filocrono obtido pelo método 1 (66,69 e 47,38 °C dia folha⁻¹ para *Corymbia citriodora* e *Eucalyptus urophylla*, respectivamente) foi maior ao encontrado no capítulo I para a *Corymbia citriodora* e menor para o *Eucalyptus urophylla*, com valores de filocrono de 62,95 °C dia folha⁻¹ e 46,03 °C dia folha⁻¹, respectivamente. Esta variação se deve às diferentes maneiras do cálculo da temperatura média utilizados em ambos os casos, sendo que no capítulo I foi feita a média diária de todos os valores de temperatura registrados na estação meteorológica automática, enquanto que no segundo foi utilizada a média entre as temperaturas mínimas e máximas diárias (média dos valores extremos), demonstrando que o filocrono varia, também, devido a forma de cálculo da temperatura média do ar (McMASTER e WILHELM, 1997)

O desvio padrão (DP) do filocrono variou entre os métodos de soma térmica, de 5,47 °C dia folha⁻¹ para o método 4 a 15,88 °C dia folha⁻¹ para o método 2. Diferente de Rosa et al. (2009) que encontrou menores valores de DP para os métodos 5 e 6, os menores valores de DP encontrados neste estudo foram para os métodos 3 e 4, que consideram a Tb e Tot. Acredita-se que esta diferença ocorreu pois, durante todo o experimento, não houve registros de temperaturas do ar iguais ou maiores que a TB das duas espécies florestais, não havendo assim a penalização das condições da TB nos métodos 5 e 6.

Assim, considerou-se o método 4 como o melhor método a ser utilizado na estimativa do filocrono, devido ao seu menor valor de DP, sendo uma variação do método 3, que considera a penalização dos extremos de temperatura que ocorrem durante o dia (temperaturas máximas e mínimas do ar) e também as temperaturas basais inferiores e ótima. Estes resultados são diferentes aos encontrados por Rosa et al. (2009) e Streck et al. (2009), os quais consideraram o método 6 como melhor para a estimativa do filocrono para o trigo e soja, respectivamente. Outra informação importante é que os métodos que comparam as

temperaturas cardinais com as T_{\min} e T_{\max} terem apresentado melhores desempenhos do que os métodos que levam em consideração somente a T_{med} indicam que as emissões de folhas, tanto para *Corymbia citriodora* quanto para *Eucalyptus urophylla*, devem ser descritas nos modelos matemáticos em resposta às temperaturas extremas do dia e não pela temperatura média (ROSA et al., 2009).

De posse do melhor método de soma térmica, procedeu-se a estimativa do filocrono para as duas espécies nas onze épocas de semeadura (E1 a E11) e suas repetições. A representação do ajuste do método 4 para as E1, E4, E8 e E11 podem ser observados na Figura 2.

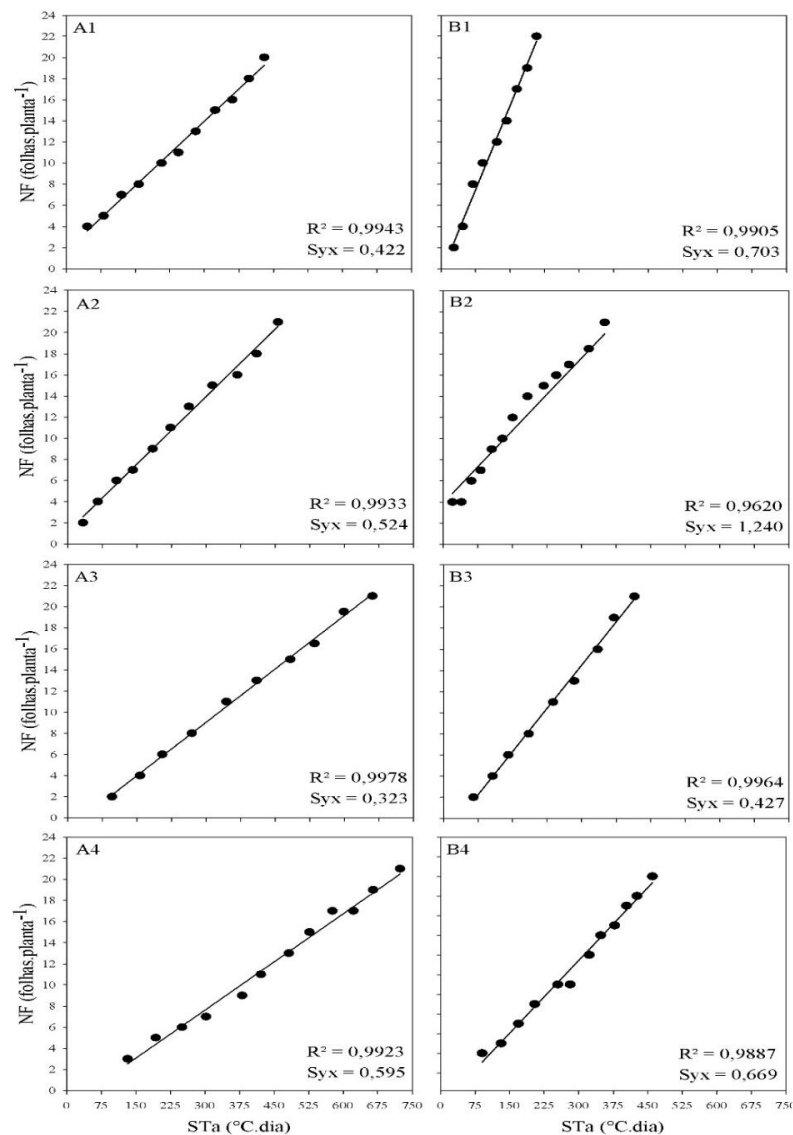


FIGURA 2 – Relação entre o número de folhas (NF) e a soma térmica acumulada (STa), pelo método 4, utilizada para a estimativa do filocrono para *Corymbia citriodora* (A) e *Eucalyptus urophylla* (B), em quatro épocas de semeadura (E1 (1); E4 (2); E8 (3) e E11 (4)). Os dados de cada painel correspondem a uma unidade experimental. R^2 é o coeficiente de determinação e Syx é o erro padrão da estimativa. Itajubá, MG, 2014/2015.

Os valores de filocrono não seguiram o pressuposto da normalidade, pelo teste de Shapiro-Wilk ($\alpha=0,05$), e foram transformados pelo logaritmo neperiano ($\ln X$). A análise de variância para a variável filocrono foi significativa ($P \leq 0,05$) para as fontes de variação espécie e época de semeadura, mas não houve interação significativa entre as fontes de variação ($P=0,3482$). Além disso, o coeficiente de variação (CV) do experimento (4,71%) indicou que os valores tiveram baixa dispersão. Dessa forma, realizou-se a comparação de médias, através do teste Scott-Knott (1974), separadamente para as espécies e épocas de semeadura (Tabela 3).

TABELA 3 – Médias do filocrono ($^{\circ}\text{C dia folha}^{-1}$), calculado pelo método 4 de soma térmica, para a *Corymbia citriodora* e *Eucalyptus urophylla* nas onze épocas de semeadura. Itajubá, MG, 2014/2015.

Épocas	Filocrono ($^{\circ}\text{C dia.folha}^{-1}$)*
E1	20,34a
E2	37,71c
E3	29,31b
E4	27,01b
E5	41,21c
E6	35,90c
E7	34,41c
E8	29,04b
E9	29,74b
E10	46,39d
E11	26,34b
Média geral	32,49

* Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade.

Em relação as espécies, como encontrado no capítulo I, o *Eucalyptus urophylla* apresentou menor valor de filocrono ($24,16 \text{ }^{\circ}\text{C dia.folha}^{-1}$) quando comparado a *Corymbia citriodora* ($38,17 \text{ }^{\circ}\text{C dia.folha}^{-1}$), indicando que o *Eucalyptus urophylla* necessita de menor acúmulo de energia para emitir folhas na haste principal e conseqüentemente se desenvolve mais rápido que a *Corymbia citriodora*. Esse resultado foi realístico, pois se observou no campo que as folhas do *Eucalyptus urophylla* apareceram antes que as folhas da *Corymbia citriodora*. Essa diferença entre o desenvolvimento das duas espécies não é notada quando se considera o número de dias para completar a fase de muda (Tabela 1), demonstrando que o filocrono representa melhor o desenvolvimento que os dias do calendário civil.

Valores semelhantes ao filocrono de *Eucalyptus urophylla* ($24,16 \pm 6,33 \text{ }^{\circ}\text{C dia folha}^{-1}$) foram encontrados para plantas perenes como: a cultivar de oliveira Arbequina' ($21,7 \text{ }^{\circ}\text{C dia folha}^{-1}$) (MARTINS et al., 2012), *Eucalyptus saligna* ($30,7 \text{ }^{\circ}\text{C dia folha}^{-1}$), *Eucalyptus*

grandis (32,0 °C dia folha⁻¹) (MARTINS et al., 2007) e plantas anuais de melancia (23,4 °C dia folha⁻¹) (LUCAS et al., 2012), calêndula (15,9 °C dia folha⁻¹ a 24,5 °C dia folha⁻¹) (KOEENDER et al., 2008) e genótipos de berinjela (23,4 °C dia folha⁻¹) (MALDANER et al., 2009). Já a *Corymbia citriodora* apresentou valor de filocrono (38,17 ±10,09 °C dia.folha⁻¹) maior que as culturas citadas e semelhante a cultivar MGS ASC315 (41,6 °C dia folha⁻¹) (MARTINS et al., 2012).

Uma maneira de interpretar os resultados práticos do filocrono para as duas espécies é de que, considerando-se que o ponto de transplante das mudas de eucalipto é de 20 a 30 cm de altura (CARNEIRO, 1995) e que nessa altura as plantas têm aproximadamente 20 folhas (MARTINS et al., 2007), a *Corymbia citriodora* atinge o ponto de transplante aos 763,4 °C dia após a emergência, enquanto que o *Eucalyptus urophylla* atinge este mesmo ponto aos 483,2 °C dia, ou seja, 280,2 °C dia antes. Estes valores são menores quando comparados aos encontrados por Martins et al. (2007), em Santa Maria (RS), para o *Eucalyptus grandis* (640 °C dia) e para o *Eucalyptus saligna* (614 °C dia), sendo essa diferença ocasionada pelo método utilizado para o cálculo da soma térmica diária, além da diferença de desenvolvimento entre as espécies.

O filocrono diferiu entre as épocas de semeadura (Tabela 3), sendo que a E1 apresentou o menor valor de filocrono (20,34 °C dia.folha⁻¹), diferindo das demais épocas de semeadura na seguinte ordem: E1<E11=E4=E8=E3=E9<E7=E6=E2=E5<E10. Na E1 as plantas necessitaram acumular menor quantidade de energia para emitir uma folha na haste principal, enquanto na E10 (46,39 °C dia folha⁻¹) houve maior necessidade de acúmulo de energia. Vale ressaltar que na E10 houve perda de todas as UE de *Eucalyptus urophylla* contribuindo para um maior valor de filocrono devido a contabilização apenas da *Corymbia citriodora*, espécie que apresentou, para todas as épocas, valores superiores de filocrono em relação ao *Eucalyptus urophylla*, além de ter sido uma época extremamente seca, com chuvas bem abaixo da média climatológica. Este resultado mostra que as duas espécies florestais apresentaram menor valor de filocrono durante a época com temperaturas mais amenas (E1), padrão diferente ao encontrado por Rosa et al. (2009) para a cultura do trigo, mas semelhante ao observado por Schons et al., (2007) para mandioca, Koefender et al., (2008) para calêndula e Lisboa et al., (2012) para cultivar de oliveira MSG ASC315. Normalmente, espera-se o oposto ao observado neste estudo, de menor valor de filocrono para as épocas mais quentes e maior valor para épocas mais amenas. Talvez o fotoperíodo possa ter um papel importante nessa resposta, afetando a velocidade de emissão de folhas (DE PAULA e STRECK, 2008; LISBOA et al., 2012).

3.3. Influência do Fotoperíodo

As duas espécies apresentaram duração, em dias, assim como os valores de filocrono diferentes ao longo das épocas de semeadura ($P < 0,05$), que indica influência do fotoperíodo (STRECK et al., 2006). Na Tabela 4 e nas Figuras 3 e 4 está demonstrado o ajuste da relação entre NF e fotoperíodo acumulado (FA) e o comportamento deste ajuste.

Os valores de R^2_{aj} para as regressões lineares entre NF e FA nas duas espécies foram altos, variando de 0,9700 (E10) a 0,9957 (E8) para a *Corymbia citriodora* e de 0,9397 (E5) a 0,9947 (E11) para o *Eucalyptus urophylla* (Tabela 4). Isto indica que, além da temperatura do ar, existe de fato influência do fotoperíodo no filocrono das duas espécies florestais estudadas.

Além disso, a análise do NF em função do FA apresentou um comportamento linear, com todos os valores do coeficiente angular (a) das regressões lineares significativos ($P < 0,05$) (Tabela 4) e positivos, indicando que as duas espécies florestais apresentam resposta fotoperiódica típica de plantas de dia curto. O que explica melhor o menor valor de filocrono encontrado para a época com temperatura mais amena (E1), uma vez que nesta época, há também, menor comprimento do dia.

O efeito do fotoperíodo no desenvolvimento de plantas perenes (GARNER e ALLARD, 1920), especialmente as do gênero eucalipto, são controversos e inconclusivos (SCURFIELD, 1961; PATON, 1980), sendo que a maioria dos autores consideram que os efeitos do fotoperíodo em *Eucalyptus* não são aparentes devido à insensibilidade às mudanças no comprimento do dia.

Autores como Sanchez-Olate et al. (2003), avaliando os efeitos do fotoperíodo na condutividade eletrolítica relativa (CER) o qual é utilizado para avaliar a sobrevivência do tecido vegetal, e o potencial de crescimento radicular em *Eucalyptus globulus* (Labill), não encontraram alterações fisiológicas em função do fotoperíodo. No entanto, a resposta do CER deve ser explicada associando temperatura do ar e fotoperíodo (ARONSSON et al., 1976) visto que ambas constituem uma causa de alteração real na estabilidade das membranas protoplasmáticas.

TABELA 4 – Regressões lineares entre número de folhas (NF) e fotoperíodo acumulado (FA, horas) e suas respectivas estatísticas para as duas espécies florestais nas onze épocas de semeadura. Itajubá, MG. 20014/2015.

<i>UE</i>		<i>Equação</i>	<i>R²adj</i>	<i>Syx</i>
<i>Corymbia citriodora</i>	E1	NF=0,018•FA+1,396	0,9843	0,778
	E2	NF=0,009•FA+2,178	0,9804	0,710
	E3	NF=0,014•FA-0,340	0,9772	0,886
	E4	NF=0,016•FA+1,204	0,9928	0,524
	E5	NF=0,011•FA+1,773	0,9745	0,820
	E6	NF=0,015•FA+1,226	0,9762	0,904
	E7	NF=0,014•FA-0,451	0,9914	0,581
	E8	NF=0,019•FA-0,238	0,9957	0,420
	E9	NF=0,019•FA-0,897	0,9897	0,701
	E10	NF=0,014•FA+1,757	0,9701	1,020
	E11	NF=0,017•FA-0,841	0,9886	0,589
<i>UE</i>		<i>Equação</i>	<i>R²adj</i>	<i>Syx</i>
<i>Eucalyptus urophylla</i>	E1	NF=0,015•FA+2,899	0,9438	1,264
	E2	NF=0,009•FA+2,972	0,9688	0,885
	E3	NF=0,012•FA+1,286	0,9770	0,836
	E4	NF=0,014•FA+3,148	0,9687	1,008
	E5	NF=0,011•FA+2,696	0,9397	1,285
	E6	NF=0,014•FA+2,301	0,9774	0,807
	E7	NF=0,014•FA-2,356	0,9906	0,584
	E8	NF=0,020•FA-0,357	0,9926	0,576
	E9	NF=0,018•FA-1,233	0,9942	0,495
	E10	--	--	--
	E11	NF=0,021•FA-2,136	0,9947	0,473

Em que: R²adj é o coeficiente de determinação ajustado e Syx é o erro padrão de estimativa.

Por outro lado, Neto et al. (2003) verificaram que a germinação das sementes de *Acacia polyphylla* (DC) tornou-se mais homogênea na medida em que foi aumentado o comprimento do dia, Streck et al., (2006) encontraram aumento linear do número final de folhas com o fotoperíodo acumulado em todas as cultivares de arroz, havendo diferença quanto a sensibilidade ao fotoperíodo e Rosa et al., (2009) observaram decréscimo do NF com o fotoperíodo para o trigo.

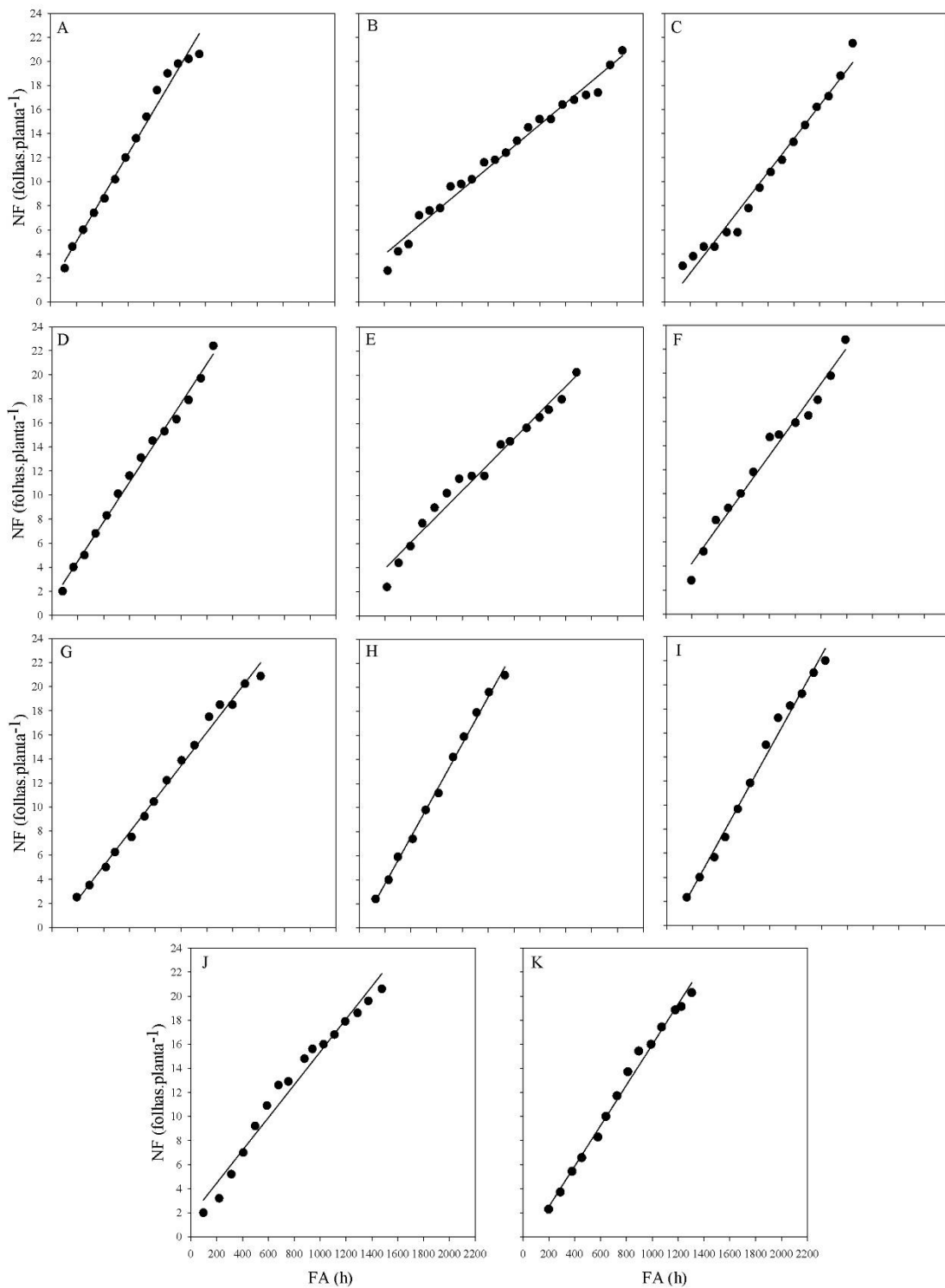


FIGURA 3 - Relação entre o número de folhas acumuladas na haste principal (NF) e fotoperíodo acumulado a partir da emergência (FA) em mudas de *Corymbia citriodora*: épocas E1(A), E2(B), E3(C), E4(D), E5(E), E6(F), E7(G), E8(H), E9(I), E10(J) e E11(K). Itajubá, MG, 2014/2015.

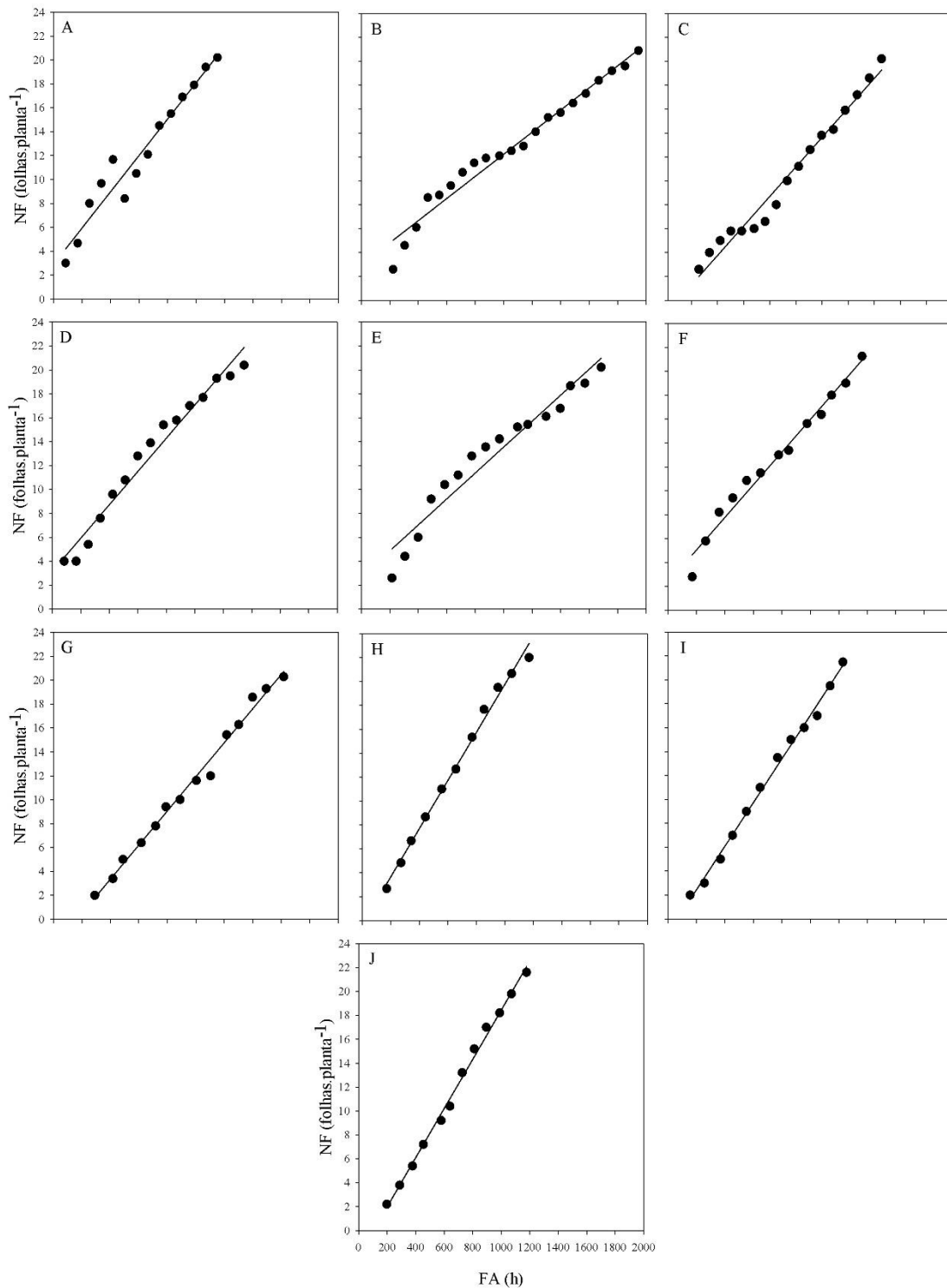


FIGURA 4 - Relação entre o número de folhas acumuladas na haste principal (NF) e fotoperíodo acumulado a partir da emergência (FA) em mudas de *Eucalyptus urophylla*: épocas E1(A), E2(B), E3(C), E4(D), E5(E), E6(F), E7(G), E8(H), E9(I) e E11(J). Itajubá, MG, 2014/2015.

O filocrono tem sido uma variável de desenvolvimento vegetativo bastante utilizada em estudos ecofisiológicos e em modelos de simulação do desenvolvimento de culturas anuais como a batata (DELLAI et al., 2005), arroz (STRECK et al., 2006; STRECK et al., 2011), berinjela (MALDANR et al., 2009), trigo (ROSA et al., 2009) e também em culturas perenes como eucalipto (MARTINS e STRECK, 2007) e oliveira (LISBOA et al., 2012). No entanto, os resultados encontrados neste estudo são importantes por demonstrar o efeito do fotoperíodo no desenvolvimento vegetativo das duas espécies florestais, variável que até então, nunca foi considerada nas culturas perenes.

Informações dessa natureza são úteis para o conhecimento do comportamento do desenvolvimento de espécies florestais de interesse econômico, permitindo a escolha da melhor época para transplantar as mudas para o campo, evitando assim, estresse no momento do transplante, garantindo maior sucesso no estabelecimento, uniformidade das mudas no campo. Além disso, essas informações são fundamentais para o planejamento da implantação de plantios no campo, para a escolha de cultivares mais adaptadas ao clima da região e para o manejo da mesma no campo.

4. CONCLUSÃO

O filocrono do *Eucalyptus urophylla* e *Corymbia citriodora* é influenciado pelo método de cálculo de soma térmica, sendo o método que considera a temperatura basal inferior e ótima e as compara com os extremos diários de temperatura (método 4) aquele que o melhor descreve.

O filocrono variou entre as duas espécies e épocas de semeadura. O *Eucalyptus urophylla* apresentou menor filocrono (24,16 °C dia.folha⁻¹) e a *Corymbia citriodora* apresentou maior filocrono (38,17 °C dia.folha⁻¹) para emitir folhas na haste principal.

O filocrono variou entre as épocas de semeadura, em resposta ao fotoperíodo e temperatura do ar, sendo a E1 com menor valor de filocrono (20,34 °Cdia.folha⁻¹) e a E10 com maior valor (46,39 °Cdia.folha⁻¹).

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABREU, M. C.; MARTINS, F. B.; FREITAS, C. H.; PEREIRA, R. A. A.; MELLONI, E. G. P. Valores limítrofes para transpiração, desenvolvimento e crescimento de *Corymbia citriodora* em resposta à deficiência hídrica no solo. **Revista Árvore**, Viçosa, v.39, n.5, 2015.
- ALVARENGA, A. A.; CASTRO, E. M.; LIMA JÚNIOR, E. C.; MAGALHÃES, M. M. Effects of different light levels on the initial growth and photosynthesis of *Croton urucurana* Baill. in southeastern Brazil. **Revista Árvore**, Viçosa, v.27, n.1, p.53-57, 2003.
- ARNOLD, C. Y. Maximum-minimum temperatures as a basis for computing heat units. **Proceedings of the American Society for Horticultural Sciences**, Geneva, v. 76, n. 01, p.682-692, 1960.
- ARONSSON, A., T. INGESTAD; L. LÖÖF. Carbohydrate metabolism and frost hardiness in pine and spruce seedlings grown at different photoperiods and thermoperiods, **Physiologia Plantarum**, Copenhagen, v.36, p.127-132, 1976.
- BARBANO, M. T.; DUARTE, A. P.; BRUNINI, O.; RECO, P. C.; PATERNIANI, M. E. A. G. Z.; KANTHACK, R. A. D. Temperatura-base e acúmulo térmico no sub-período semeadura florescimento masculino em cultivares de milho no Estado de São Paulo. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, Santa Maria, v.9, n.2, p.261-268, 2001.
- BASTOS, E. A.; RODRIGUES, B. H. N.; ANDRADE JÚNIOR, A. S.; CARDOSO, M. J. Parâmetros de crescimento do feijão caupi sob diferentes regimes hídricos. **Engenharia Agrícola**, Fortaleza, v.22, n.1, p.43-50, 2002.
- BAKER, J.T.; ALLEN Jr., L.H.; BOOTE, K.J.; JONES, P.; JONES, J.W. Developmental responses of rice to photoperiod and carbon dioxide concentration. **Agricultural and Forest Meteorology**, Amsterdam, v.50, p.201-210, 1990.
- BONHOMME, R. Bases and Limits to using 'degree.day' units. **European Journal of Agronomy**, Amsterdam, n.13, p.1-10, 2000.
- BRUNINI, O.; LISBÃO, R. S.; BERNAR-DI, J. B.; FORNASIER, J. B.; PEDRO Jr, M. J. Temperatura base para alface "White Boston", em um sistema de unidades térmicas. **Bragantia**, Campinas, v.35, p.214-219, 1976.
- CALLEJAS, I. J. A.; NEVES, G. A. R.; TAVARES, A. S.; MOURA, I. B.; LIMA, E. A. Determinação das temperaturas cardinais da manga cultivar Roxa através de simulação computacional utilizando um modelo não linear. **Ambiência – Revista do Setor de Ciências Agrárias e Ambientais**, Guarapuava, v.10, n.1, p.97-110, 2014.
- CARNEIRO, J. G. A. **Produção e controle de qualidade de mudas florestais**. Curitiba: UFPR/FUPEF/UNEF, 1995. 451p.
- COMISSÃO DE FERTILIDADE DO SOLO DO ESTADO DE MINAS GERAIS. **Recomendações para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais: 5º aproximação**. Viçosa, MG: Comissão de Fertilidade do Solo do Estado de Minas Gerais, p. 289-302, 1999.
- CUTFORTH, H. W.; SHAYKWICH, C. F. A temperature response function for corn development. **Agricultural and Forest Meteorology**, Amsterdam, v.50, p. 159-171, 1990.
- DAVID, E.; ROSSI, L. A. Diferentes tecnologias de iluminação para produção de mudas de crisântemo. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v.14, n.3, p.261-266, 2010.

- DELLAI, J.; TRENTIN, G.; BISOGNIN, D. A.; STRECK, N. A. Filocrono em diferentes densidades de plantas de batata. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.35, n.6, p.1269-1274, 2005.
- DE PAULA, G.M.; STRECK, N.A. Temperatura base para emissão de folhas e nós, filocrono e plastocrono das plantas daninhas papuã e corriola. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.38, n.9, p.2457-2463, 2008.
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. Brasília: Centro Nacional de Pesquisa de Solos, Embrapa Solos, 2013.
- FERREIRA, D.F. Sisvar: a computer statistical analysis system. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v.35, n.6, p.1039-1042, 2011.
- FLEISHER, D. H.; SHILLITO, R. M.; TIMLIN, D. J.; KIM, S. H.; REDDY, V. R. Approches to modeling potato leaf appearance rate. **Agronomy Journal**, Madison, v.98, p.522-528, 2006.
- FRANK, A.B.; BAUER, A. Phyllochron differences in wheat, barley and forage grasses. **Crop Science**, Madison, v.35, n.1, p.19-23, 1995.
- FUKAI, S. Phenology in rainfed lowland rice. **Field Crops Research**, Amsterdam, v.64. n.1, p.51-60, 1999.
- GARNER, W.W., ALLARD, H. A. Effect of the relative length of day and night and other factors of the environment on growth and reproduction in plants. **Journal of Agricultural Research**, Washington, v.18, n.11, p.553-606, 1920.
- GILMORE E. C. Jr.; ROGERS J. S. Heat units as a method of measuring maturity in corn. **Agronomy Journal**, Madison, v.50, p.611-615, 1958.
- GREENWOOD, M. S. Flowering Induced on Young Loblolly Pine Grafts by Out-of-Phase Dormancy. **Science**, Nova York, v. 201, n.4354, p.443-444, 1978.
- HERMES, C.C.; MEDEIROS, S. L. P.; MANFRON, P. A.; CARON, B.; POMMER, S. F.; BIANCHI, C. Emissão de folhas de alface em função da soma térmica. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, Santa Maria, v.9, n.2, p.269-275, 2001.
- HORIE, T. Crop ontogeny and development. In: **Physiology and determination of crop yield**, Madison, p.153-180, 1994.
- JACKSON, D.I.; SWEET, G.B. Flower initiation in temperate woody plants. **Horticultural Abstracts**, [s.l], v.42, n.1, p.9-24, 1972.
- JAME, Y. M.; CUTFORTH, H. W.; RITCHIE, J. T. Interaction of temperature and daylength on leaf appearance rate in wheat and barley. **Agricultural and Forest Meteorology**, Amsterdam, v. 92, n. 2, p.241-249, 1998.
- JEFFERIES, R. A.; MACKERRON, D. K. L. Thermal time as a non-destructive method of estimating tuber initiation in potatoes. **Journal of Agricultural Science**, Cambridge, v. 108, n. 01, p. 249-252, 1987.
- KARLSSON, M.G.; HEINS, R.D.; ERWIN, J.E. Quantifying temperature-controlled leaf unfolding rates in “Nellie White” Easter lily. **Journal of the American Society of Horticultural Science**, Boston, v.113, n.1, p.70-74, 1988.
- KAWAKATA, T.; YAJIMA, M. Modeling flowering time in rice under natural photoperiod and constant air temperature. **Agronomy Journal**, Madison. v.87, n.3, p.393–396, 1995.
- KIESLING, T. C. Calculation of the length of the day. **Agronomy Journal**, Madison, v.74, p.758-759, 1982.

- KLEPPER, B.; RICKMAN, R. W.; PETERSON, C. M. Quantitative characterization of vegetative development in small cereal grains. **Agronomy Journal**, Madison, v.74, n.5, p.789-792, 1982.
- KOEFENDER, J.; STRECK, N. A.; BURIOL, G. A.; TRENTIN, R. Estimativa do filocrono em calêndula. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.38, n.5, p.1246-1250, 2008.
- LIETH, J.H.; CARPENTER, P. Modeling stem elongation and leaf unfolding of Easter lily during greenhouse forcing. **Scientia Horticulturae**, Amsterdam, v.44, p.149-162, 1990.
- LISBOA, P. M. M.; MARTINS, F. B.; ALVARENGA, M. I. N.; NETO, J. V.; REIS, D. F. Desenvolvimento vegetativo de duas cultivares de oliveira na fase de muda. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.42, n.9, p.1556-1562, 2012.
- LOZADA, B.I.; ANGELOCCI, L.R. Determinação da temperatura-base e de graus-dia para estimativa da duração do subperíodo da sementeira à floração de um híbrido de milho. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, Santa Maria, v.7, n. 1, p.31-36, 1999.
- MALDANER, I. C; GUSE, F. I; STRECK, N. A; HELDWEIN, A. B; LUCAS, D. D. P; LOOSE, H. Filocrono, área foliar e produtividade de frutos de berinjela conduzidas com uma e duas hastes por planta em estufa plástica. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.39, n.3, p.671-677, 2009.
- MARTINS, F. B.; SILVA, J. C.; STRECK, N. A. Estimativa da temperatura-base para emissão de folhas e do filocrono em duas espécies de eucalipto na fase de muda. **Revista Árvore**, Viçosa, v.31, n. 3, p. 373-381, 2007.
- MARTINS, F. B. **Desenvolvimento e estresse hídrico em mudas de *Eucalyptus grandis* (Hill ex Maiden) e *Eucalyptus saligna* (Smith)**. 2007. 73f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria.
- MARTINS, F. B.; REIS, D. F.; PINHEIRO, M. V. M. Temperatura base e filocrono em duas cultivares de oliveira. **Ciências Rural**, Santa Maria, v.43, n.11, p.1975-1981, 2012.
- McMASTER, G. S.; SMIKA D. E. Estimation and evaluation of winter wheat phenology in the central Great Plains. **Agricultural and Forest Meteorology**, Amsterdam, v.43, p.1-18, 1988.
- McMASTER, G. S.; WILHELM, W. W. Growing degree-days: one equation, two interpretations. **Agricultural and Forest Meteorology**, Amsterdam v.87, n.4, p.291-300, 1997.
- MÜLLER, L.; MANFRON, P.A.; MEDEIROS, S.L.P.; STRECK, N.A.; MITTELMAN, A.; NETO, D.D.; BANDEIRA, A.H.; MORAIS, K.P. Temperatura base inferior e estacionalidade de produção de genótipos diploides e tetraploides de azevém. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 39, n. 5, p. 1343-1348, 2009.
- NETO, J. C. A.; AGUIAR, I. B.; PEREIRA, V. M. Efeito da temperatura e da luz na germinação de sementes de *Acacia polyphylla* DC. **Revista Brasileira de Botânica**, São Paulo, v. 26, n.2, p.249-256, 2003.
- NETO, A. A. **Plastocrono e filocrono aparentes anual em *Araucaria angustifolia* (Bert.) O. Ktze., no município de Colombo – PR**. 2008. 55f. Dissertação (Mestrado em Ciências) – Universidade Federal do Paraná – Curitiba.
- PATON, D.M. *Eucalyptus* Physiology. II Temperature responses. **Australian Journal of Botany**, Melbourne, v.28, n.6, p.555-566, 1980.

PAULA, G.M.; STRECK, N.A. Temperatura base para emissão de folhas e nós, filocrono e plastocrono das plantas daninhas papuã e corriola. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.38, n.9, p.2457-2463, 2008.

PEREIRA, A. R.; ANGELOCCI, L. R.; SENTELHAS, P. C. **Agrometeorologia: fundamentos e aplicações práticas**. Guaíba: Agropecuária, 2002. 478p.

PIVETTA, C.R.; TAZZO, I. F.; MAASS, G. F; STRECK, N. A.; HELDWEIN, A. B. Emissão e expansão foliar em três genótipos de tomateiro (*Lycopersicon esculentum* Mill). **Ciência Rural**, Santa Maria, v.37, n.5, 2007.

POLLARD, D.F.W.; PORTLOCK, F.T. The effects of photoperiod and temperature on gibberellin A4/7 induced strobilus production of western hemlock. **Canadian Journal of Forest Research**, Ottawa, v. 14, n.2, p. 291-294, 1984.

PRELA, A.P.; RIBEIRO, A.M.A. Determinação de graus-dia acumulados e sua aplicação no planejamento do cultivo de feijãovagem (*Phaseolus vulgaris*L.) para Londrina - PR. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, Santa Maria, v.10, n.1, p.83-86, 2002.

RONCANCIO, V. J. F.; PERES, L. E. P.; ZAIDAN, B. P.; PEREIRA, M. F. A. Influência do fotoperíodo em interação com a temperatura no desenvolvimento de plantas de *Solidasterluteus*. **Revista Brasileira de Fisiologia Vegetal**, Campinas, v.8, n.2, p.131-138, 1996.

ROSA, H.T.; WALTER, L. C.; STRECK, N. A.; ALBERTO, C. M. Métodos de soma térmica e datas de semeadura na determinação de filocrono de cultivares de trigo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.44, n.11, p.1374-1382, 2009.

RUSSELE, M. P.; WILHELM, W.; OLSON, R. A.; POWER, J. F. Growth analysis based on degree days. **Crop Science**, Madison, v.24, n.1, p.28-32, 1984.

SANCHEZ-OLATE, M.; VALENZUELA, J. Z.; RIOS, D.; PEREIRA, G.; ESCOBAR, R. Efecto del fotoperíodo e nel desarrollo de plantas de *Eucalyptus globulus* Labill. ssp. *globulus* cultivadas envivero. **Bosque**, Valdivia, v.24, n.2, p. 23-28, 2003.

SANGOI, L.; SILVA, P.R.F. Comparação entre métodos de cálculo de unidades térmicas e os dias do calendário na previsão de subperíodos de desenvolvimento do girassol. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.21, n.9, p. 901-908, 1986.

SCHONS, A.; STRECK, N. A.; KRAULICH, B.; PINHEIRO, D. G.; ZANON, A. J. Emissão de folhas e início de acumulação de amido em raízes de uma variedade de mandioca em função da época de plantio. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.37, n.6, p.1586-1592, 2007.

SCHRODER, U.; SONDGERATH, D. The concept of biological time for computing the switching points of a growth model for winter wheat. **Ecological Modelling**, Amsterdam, v. 88, p.1-8, 1996.

SCURFIELD, G. The effects of temperature and day length on species of *Eucalyptus*. **Australian Journal of Botany**, Melbourne, v.9, n.1, p.37-56, 1961.

SINCLAIR, T.R.; GILBERT, R. A.; PERDOMO, R. E.; SHINE Jr., J. M.; POWELL, G.; MONTES, G. Sugarcane leaf area development under field conditions in Florida, USA. **Field Crops Research**, Amsterdam, v.88, n.1, p.171-178, 2004.

STRECK, N. A. A generalized nonlinear air temperature response function for node appearance rate in muskmelon (*Cucumismelo*L.). **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, Santa Maria, v.10, n.1, p.105-111, 2002.

- STRECK, N. A. A temperature response function for development of the chrysanthemum (*Chrysanthemum x Morifolium* Ramat.). **Ciência Rural**, Santa Maria, v.34, n.1, p.49-54, 2004.
- STRECK, N. A.; TIBOLA, T.; LAGO, I.; BURIOL, G. A.; HELDWEIN, A. B.; SCHNEIDER, F. M.; ZAGO, V. Estimativa do plastocrono em meloeiro (*Cucumis melo* L.) cultivado em estufa plástica em diferentes épocas do ano. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 35, n.2, p.1275-1280, 2005a.
- STRECK, N. A.; BELLE, R. A.; HELDWEIN, A. B.; BURIOL, G. A.; SCHUH, M. Estimating the phyllochron in lily (*Lilium longiflorum* Thunb.), **Ciência Rural**, Santa Maria, v.35, n.6, p.1448-1450, 2005b.
- STRECK, N. A.; BOSCO, L. C.; MICHELON, S.; ROSA, H. T.; WALTER, L. C. DE PAULA, G. M.; CAMERA, C.; LAGO, I.; MARCOLIN, E. Avaliação da resposta ao fotoperíodo em genótipos de arroz irrigado. **Bragantia**, Campinas, v.65, n.4, p.533-541, 2006.
- STRECK, N. A.; MICHELON, S.; BOSCO, L. C.; LAGO, I.; WALTER, L. C.; ROSA, H. T.; DE PAUSA, G. M. Soma térmica de algumas fases do ciclo de desenvolvimento da escala de counce para cultivares sul-brasileiras de arroz irrigado. **Bragantia**, Campinas, v. 66, n.6, p. 357-364, 2007a.
- STRECK, N.A.; MICHELON, S.; ROSA, H.T.; WALTER, L.C.; BOSCO, L.C.; PAULA, G.M. de; CAMERA, C.; SAMBORANHA, F.K.; MARCOLIN, E.; LOPES, S.J. Filocrono de genótipos de arroz irrigado em função da época de semeadura. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.37, n.2, p.323-329, 2007b.
- STRECK, N. A.; PAULA F. L. M.; BISOGNIN D. A.; HELDWEIN A. B.; DELLAI J. Simulating the development of field grown potato (*Solanum tuberosum* L.). **Agricultural and Forest Meteorology**, Amsterdam, 142: 1-11, 2007c.
- STRECK, N. A.; DE PAULA, G. M.; CAMERA, C.; MENEZES, N. L.; LAGO, I. Estimativa do plastocrono em cultivares de soja. **Bragantia**, Campinas, v.67, p.67-73, 2008.
- STRECK, N. A.; DE PAULA, G.M.; OLIVEIRA, F.O.; SCHWANTES, A.P.; MENEZES, N.L. de. Improving node number simulation in soybean. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.44, n.7, p.661-668, 2009.
- STRECK, N. A.; LAGO, I.; OLIVEIRA, F. B.; HELDWEIN, A. B.; DE AVILA, L. A.; BOSCO, L. C. Modeling the Development of Cultivated Rice and Weedy Red Rice. **American Society of Agricultural and Biological Engineers**, St. Joseph, Michigan, v. 54, n.1, p.371-384, 2011.
- TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal**. 4.ed. Porto Alegre: Artmed, 2009. 848p.
- VERGARA, B.S.; CHANG, T.T.; LILIS, R. **The flowering response of the rice plant to photoperiod: A review of the literature**. Los Baños: Internacional Rice Research Institute, Technical Bulletin. n. 8, 1969. 28p.
- VOLPE, C. A.; SCHOFFEL, E. R.; BARBOSA, J. C. Influência da soma térmica e da chuva durante o desenvolvimento de laranjas ‘Valência’ e ‘Natal’ na relação entre sólidos solúveis e acidez e no índice tecnológico do suco. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v.24, n.2, p.436-441, 2002.
- WILHELM, W. W.; MACMASTER, G. S. Importance of the phyllochron in studying development and growth in grasses. **Crop Science**, Madison, v. 35, n.1, p.1-3, 1995.

XUE, Q.; WEISS, A.; BAENZIGER, P. S. Predicting leaf appearance in field-grown winter wheat: evaluating linear and non-linear models. **Ecological Modelling**, Amsterdam, v.175, p.261-270, 2004.

YIN, X.; KROPFF, M. J.; McLAREN, G.; VISPERAS, R. M. A nonlinear model for crop development as a function of temperature. **Agricultural and Forest Meteorology**, Amsterdam, v.77, p.1-16, 1995.

YIN, X.; KROPFF, M. Use of the beta function to quantify effects on flowering and leaf number in rice. **Agricultural and Forest Meteorology**, Amsterdam, v.81, n.2, p.217 -228, 1996.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS GERAIS

- ALFENAS, A.C.; ZAUZA, A. A. V.; MAFIA, R. G.; DE A, A. F. **Clonagem e doenças do eucalipto**. 2^a ed. Viçosa: UFV, 2009. 500 p.
- ABRAF – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE PRODUTORES DE FLORESTAS PLANTADAS. **Anuário Estatístico da ABRAF 2013: ano base 2012**. Brasília, 2013. Disponível em: <(http://www.abraflor.org.br/estatisticas/ABRAF13/ABRAF13_BR.pdf)>. Acesso em: 03 de janeiro de 2015.
- GOMES, J. M.; COUTO, L.; LEITE, H. G.; XAVIER, A.; GARCIA, S. L. R. Parâmetros morfofisiológicos na avaliação da qualidade de mudas de *Eucalyptus grandis*. **Revista Árvore**, Viçosa, v.26, n.6, p.655-664, 2002.
- GUTIÉRREZ, G. de la. **Atlas del eucalipto**. Sevilha: INIA/ICONA, 1976.
- JUNIOR, L.S.; GARCIA, J.N. Potencial de melhoramento genético em *Eucalyptus urophylla* procedente da Ilha de Flores. **Revista Scientia Forestalis**, Piracicaba, n. 64, p.23-32, 2003.
- LAGO, I.; STRECK, N. A.; CARVALHO, M. P.; FAGUNDES, L. K.; DE PAULA, G. M.; LOPES, S. J. Estimativa da temperatura base do subperíodo emergência-diferenciação da panícula em arroz cultivado e arroz vermelho. **Revista Ceres**, Viçosa, v.56, n.3, p.288-295, 2009.
- LIMA, W. P. de. **The Hydrology of Eucalypt forests in Austrália – A review**. Instituto de Pesquisas e Estudos Florestais, n. 28, p.11-32, 1984.
- MANTOVANI, M.; RUSCHEL, A. R.; REIS, M. S. dos; PUCHALSKI, A.; NODARI, R. O. Fenologias reprodutivas de espécies arbóreas em uma formação secundária da Floresta Atlântica. **Revista Árvore**, Viçosa, v.27, n.4, p.451-458, 2003.
- MARTINS, F. B.; SILVA, J. C.; STRECK, N. A. Estimativa da temperatura-base para emissão de folhas e do filocrono em duas espécies de eucalipto na fase de muda. **Revista Árvore**, Viçosa, v.31, n. 3, p. 373-381, 2007.
- MARTINS, F. B.; PEREIRA, R. A. A.; PINHEIRO, M. V. M.; ABREU, M. C. Desenvolvimento foliar em duas cultivares de oliveira estimado por duas categorias de modelos. **Revista Brasileira de Meteorologia**, São Paulo, v.29, n.4, p.505-514, 2014.
- MORA, A.; GARCIA, C. **A cultura do eucalipto no Brasil**. São Paulo: Sociedade Brasileira de Silvicultura, 2000. 112p.
- PARRA-O, C.; BAYLY, M.; UDOVIC, F.; LADIGES, P. ETS sequences support the monophyly of the eucalypt genus *Corymbia* (Myrtaceae). **Taxon**, Viena, v. 55, n. 3, p. 653-663, 2006.
- PRYOR, L. D. **The biology of eucalypts**. London: Edward Arnold, 1976. 82p.
- REZENDE, J.B.; PEREIRA, J.R.; BOTELHO, D.O. Expansão da cultura do eucalipto nos municípios mineiros e gestão ambiental. **Revista Cerne**, Lavras, v.19, n.1, p.1-7, 2013.
- ROSA, H.T.; WALTER, L. C.; STRECK, N. A.; ALBERTO, C. M. Métodos de soma térmica e datas de semeadura na determinação de filocrono de cultivares de trigo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.44, n.11, p.1374-1382, 2009.
- SCURFIELD, G. The effects of temperature and day length on species of *Eucalyptus*. **Australian Journal of Botany**, Melbourne, v.9, n.1, p.37-56, 1961.
- SILVA, J.C. **Manual prático do fazendeiro florestal. Produzindo madeira com qualidade**. Viçosa, p. 110, 2011.

SINCLAIR, T.R.; GILBERT, R. A.; PERDOMO, R. E.; SHINE Jr., J. M.; POWELL, G.; MONTES, G. Sugarcane leaf area development under field conditions in Florida, USA. **Field Crops Research**, Amsterdam, v.88, n.1, p.171-178, 2004.

SOUZA, P. M. B.; MARTINS, F. B. Estimativa da temperatura basal inferior para as cultivares de oliveira grappolo e maria da fé. **Revista Brasileira de Meteorologia**, São Paulo, v.29, n.2, p.307-313, 2014.

VALE, R. S.; MACEDO, R. L. G.; VENTURIN, N.; MORI, F. A.; MORAIS, A. R. Efeito da desrama artificial na qualidade da madeira de clones de eucalipto em sistema agrossilvipastoril. **Revista Árvore**, Viçosa, v.26, n.3, p.285-297, 2002.

VITTI, A.M.S.; BRITO, J.O. **Óleo essencial de eucalipto**. Piracicaba, 2003. 26p.