

Atendendo solicitação do(a) autor(a), o texto completo desta tese/dissertação será disponibilizado somente a partir de
29/04/2024

At the author's request, the full text of this thesis/dissertation will not be available online until
Abril 29, 2024

CAROLINE LOURENÇO MANZATO

**ESTADO HÍDRICO DE MUDAS DE *Eucalyptus urophylla* NA FASE DE
RUSTIFICAÇÃO IDENTIFICADO POR MEIO DE ESPECTROSCOPIA DE
INFRAVERMELHO PRÓXIMO E MÉDIO**

Botucatu

2022

CAROLINE LOURENÇO MANZATO

**ESTADO HÍDRICO DE MUDAS DE *Eucalyptus urophylla* NA FASE DE
RUSTIFICAÇÃO IDENTIFICADO POR MEIO DE ESPECTROSCOPIA DE
INFRAVERMELHO PRÓXIMO E MÉDIO**

Tese apresentada à Faculdade de Ciências Agronômicas da Unesp Câmpus de Botucatu, para obtenção do título de Doutora em Ciência Florestal.

Orientador: Prof. Dr. José Raimundo de Souza Passos

Botucatu

2022

M296e

Manzato, Caroline Lourenço

Estado hídrico de mudas de *Eucalyptus urophylla* na fase de rustificação
identificado por meio de espectroscopia de infravermelho próximo e médio /
Caroline Lourenço Manzato. -- Botucatu, 2022

87 p. : il., tabs., fotos, mapas

Tese (doutorado) - Universidade Estadual Paulista (Unesp), Faculdade de
Ciências Agrônômicas, Botucatu

Orientador: José Raimundo de Souza Passos

1. Viveiros florestais. 2. Estresse abiótico. 3. Estresse vegetal. 4. Espectro
infravermelho. 5. Análise espectral. I. Título.

Sistema de geração automática de fichas catalográficas da Unesp. Biblioteca da Faculdade de Ciências
Agrônômicas, Botucatu. Dados fornecidos pelo autor(a).

Essa ficha não pode ser modificada.

CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

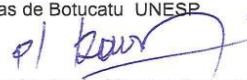
TÍTULO DA TESE: ESTADO HÍDRICO DE MUDAS DE *Eucalyptus urophylla* NA FASE DE RUSTIFICAÇÃO IDENTIFICADO POR MEIO DE ESPECTROSCOPIA DE INFRAVERMELHO PRÓXIMO E MÉDIO

AUTORA: CAROLINE LOURENÇO MANZATO

ORIENTADOR: JOSÉ RAIMUNDO DE SOUZA PASSOS

Aprovada como parte das exigências para obtenção do Título de Doutora em CIÊNCIA FLORESTAL, pela Comissão Examinadora:

Prof. Dr. JOSÉ RAIMUNDO DE SOUZA PASSOS (Participação Virtual) 
Bioestatística Biologia Vegetal Parasitologia e Zoologia / Instituto de Biociências de Botucatu UNESP

Prof. Dr. RICHARDSON BARBOSA GOMES DA SILVA (Participação Virtual) 
Pós-Doutorado - Departamento de Ciência Florestal, Solos e Ambiente / Faculdade de Ciências Agrônomicas de Botucatu

Prof. Dr. MAURICIO ACCONCIA DIAS (Participação Virtual) 
Engenharia / Centro Universitário Herminio Ometto de Araras

Prof.ª Dr.ª LIDIA RAQUEL DE CARVALHO (Participação Virtual) 
Bioestatística, Biologia Vegetal, Parasitologia e Zoologia / Instituto de Biociências de Botucatu - UNESP

Dr. FELIPE GIOTTO CAMPOS (Participação Virtual) 
Botucatu/SP /

Botucatu, 29 de abril de 2022

A Deus.

Aos meus pais Roberto e Cecília e

A minha irmã gêmea Beatriz

Dedico!

AGRADECIMENTOS

Primeiramente e sobretudo agradeço a DEUS por estar sempre ao meu lado, por me mostrar em cada instante seu amor, sua força, sua luz em me guiar. Por ser meu amigo fiel em tempos difíceis e por me permitir sentir sua presença constante em minha vida.

Aos meus pais Roberto e Cecília e minha querida irmã gêmea Beatriz, por todo amor, por toda ajuda, pela compreensão, pelos conselhos, por sempre me ouvirem, por me ajudarem na parte prática desse trabalho.

Ao meu orientador, Prof. Dr. José Raimundo de Souza Passos, por toda ajuda, pelos ensinamentos.

A Profa. Dra. Magali Ribeiro da Silva, pelos conselhos, ensinamentos, sugestões para a realização deste trabalho.

Aos Prof. Dr. Maurício Acconcia Dias, Prof. Dr. Richardson Barbosa Gomes da Silva, Profa. Dra. Lidia Raquel de Carvalho, por todas as contribuições.

Ao Prof. Dr. Anderson Antônio da Conceição Sartori em que tive o privilégio de conhecer e ser meu orientador do mestrado, por me incentivar e me motivar a seguir a carreira acadêmica e pelos aprendizados na orientação acadêmica.

A todos os professores que de alguma forma me incentivaram e me motivaram a seguir pelo caminho da pesquisa científica.

À Rafaela Lanças Gomes e ao Felipe Giroto Campos por toda ajuda, pelas sugestões, pelo tempo disponível em ajudar.

Ao aluno Bruno Gonçalves de Paula pela ajuda na realização nas medições das variáveis morfológicas das mudas.

Ao Claudio (Claudinho) do viveiro da Faculdade de Ciências Agrônômicas (FCA), por toda ajuda, pelos conselhos, pelas dicas sugeridas a este trabalho.

Aos servidores da Seção Técnica de Pós-graduação e aos servidores da Biblioteca “Prof. Paulo de Carvalho Mattos” da FCA Unesp de Botucatu por toda a atenção que tiveram ao me auxiliarem em tudo que precisei durante o curso.

A todos os integrantes do Grupo de Pesquisas Avançadas em Inteligência Artificial no Setor Agroflorestal (LINEAR) da FCA Unesp Botucatu, pela amizade e aprendizados. O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil (CAPES) – Código de Financiamento 001.

“Confie no Senhor de todo o teu coração e não te estribes no teu próprio entendimento” (BÍBLIA, Provérbios, 3,5).

BÍBLIA. A. T. Provérbios. In: BÍBLIA. **A Bíblia Sagrada**: contendo o antigo e o novo testamento. Traduzida em português por João Ferreira de Almeida: revista e corrigida, com índice do esboço temático e resumo dos livros. Várzea Paulista – SP: Casa Publicadora Paulista, 2021. p. 382.

RESUMO

O Brasil se destaca no cenário mundial por possuir excelente desempenho no setor florestal, fruto das condições climáticas e da tecnologia desenvolvida pelas empresas e instituições de pesquisa do país. Porém, um plantio florestal de qualidade e que atenda e supra a demanda por seus serviços é necessário obter mudas de qualidade e bem desenvolvidas. A obtenção de mudas com qualidade é possível, devido principalmente aos manejos hídrico e nutricional adotados nos viveiros florestais. Visando aumentar a produtividade no campo, é necessário fornecer às plantas condições nutricionais e hídricas ainda na fase de mudas, para que ao serem plantadas a campo obtenham maior êxito. Para tornar essas condições favoráveis às mudas, os viveiros florestais adotam medidas visando melhorar a taxa de sobrevivência das plantas após o plantio em campo. Essa prática é conhecida como rustificação, onde as mudas são preparadas para se aclimatarem as condições desfavoráveis de campo, com o intuito de se obter melhor desenvolvimento e sobrevivência. Entretanto, no processo de irrigação há um alto consumo de água, por isso é de extrema importância um manejo hídrico mais adequado na produção de mudas florestais que supra a demanda hídrica das plantas sem comprometer sua qualidade e produtividade, aliado ao consumo consciente, para que esse recurso natural vital a qualquer tipo de vida (humana, animal e vegetal) no planeta, seja conservado e não falte em quantidade e qualidade. As técnicas de sensoriamento remoto, como a espectrorradiometria são capazes de fornecer informações sobre as plantas a nível celular por meio da reflectância foliar espectral. O presente trabalho teve por objetivos avaliar os efeitos de diferentes níveis de estresse hídrico no processo de rustificação de mudas de *Eucalyptus urophylla* sobre as variáveis fisiológicas e morfológicas e avaliar por meio do espectrorradiômetro as mudanças no comportamento da reflectância espectral foliar das mudas de eucalipto. Ao analisar os gráficos da curva média de reflectância espectral com as variáveis fisiológicas das mudas de eucalipto submetidas aos diferentes tratamentos, foi possível identificar aos 7 dias, que a curva média da reflectância das mudas submetidas ao tratamento T4 (irrigação uma vez ao dia, a cada dois dias) apresentou os maiores valores de reflectância nas regiões espectrais do infravermelho próximo (970nm e 1190nm) e médio (1450nm) se comparado com os demais tratamentos. Esses resultados indicam, que as mudas do tratamento T4 foram submetidas às menores quantidades de água. As variáveis fisiológicas que apresentaram comportamento semelhante ao da reflectância foliar foram assimilação de carbono (A), transpiração (E) e eficiência no uso da Rubisco (A/C_i), onde as mudas submetidas ao mesmo tratamento (T4) apresentaram aos 7 dias, os menores valores médios dessas variáveis, diferindo estatisticamente entre os demais tratamentos pelo teste de *Tukey-Kramer* ($p < 0,05$). Ou seja, as mudas submetidas a menor disponibilidade hídrica apresentaram os maiores valores médios da reflectância foliar, devido à baixa absorção da radiação eletromagnética pela água presente nos tecidos celulares das mudas, e conseqüentemente, os menores valores médios das variáveis fisiológicas assimilação de CO_2 (A), transpiração (E), eficiência no uso da água (EUA) e eficiência no uso da Rubisco (A/C_i).

Palavras-chave: manejo hídrico; viveiros florestais; estresse hídrico; reflectância foliar; NIRS.

ABSTRACT

Brazil stands out on the world stage for having excellent performance in the forestry sector, as a result of climatic conditions and technology developed by companies and research institutions in the country. However, a quality forest planting that meets and supplies the demand for its services is necessary to obtain quality seedlings, well developed and this is only possible through the irrigation process. Aiming to increase productivity in the field, it is necessary to provide the plants with nutritional and water conditions still in the seedling stage (GOMES et al., 2002), so that when planted in a field, they can achieve greater success. To make these conditions favorable to the seedlings, the forest nurseries adopt to improve the rate of plant areas after planting in the field, this practice is known as rustification, where the seedlings are prepared to adapt to unfavorable field conditions, in order to obtain the best development and technologies. However, in the irrigation process there is a high consumption of water, so it is extremely important to have more adequate water management in the production of forest seedlings that meet the water demand of the plants without compromising their quality and productivity, combined with conscious consumption, so that this natural resource vital to any type of life (human, animal and plant) on the planet, be conserved and do not lack in quantity and quality. Remote sensing techniques such as spectroradiometrics are able to provide information about plants at the cellular level through spectral leaf reflectance. The present work aimed to evaluate the effects of different levels of water stress in the rustification process of *Eucalyptus urophylla* seedlings on physiological and morphological variables and to evaluate through a spectroradiometer the changes in the behavior of the leaf spectral reflectance of eucalyptus seedlings. By analyzing the graphs of the average spectral reflectance curve with the physiological variables of eucalyptus seedlings subjected to different treatments, it was possible to identify at 7 days that the average reflectance curve of seedlings submitted to treatment T4 (irrigation once a day, the every two days) showed the highest reflectance values in the near (970 and 1190 nm) and medium (1450 nm) infrared spectral regions compared to the other treatments. These results indicate that the T4 treatment seedlings were subjected to the smallest amounts of water. The physiological variables that showed behavior similar to leaf reflectance were carbon assimilation (A), transpiration (E) and efficiency in the use of Rubisco (A/C_i), where seedlings submitted to the same treatment (T4) showed at 7 days, the lowest mean values of these variables, differing statistically between the other treatments by the *Tukey-Kramer* test ($p < 0.05$). That is, seedlings subjected to lower water availability had the highest mean values of leaf reflectance, due to the low absorption of electromagnetic radiation by the water present in the cellular tissues of the seedlings, and consequently, the lowest mean values of the physiological variables CO_2 assimilation (A), transpiration (E), water use efficiency (USA) and Rubisco use efficiency (A/C_i).

Keywords: water management; forest nurseries; hydrical stress; leaf reflectance; near infrared spectroscopy.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

- Figura 1 - Regiões espectrais do espectro eletromagnético organizadas de acordo com as ondas eletromagnéticas.....31
- Figura 2 - Localização da área de estudo. Fazenda Experimental Lageado, Faculdade de Ciências Agrônômicas (FCA) – UNESP, no município de Botucatu – SP.....34
- Figura 3 - Ocupação das mudas de *Eucalyptus urophylla* nas bandejas35
- Figura 4 - Caixas de madeira revestidas de plástico transparente utilizadas para a irrigação das mudas de *Eucalyptus urophylla* no viveiro florestal da FCA, Unesp de Botucatu – SP.36
- Figura 5 - Fluxograma dos dias em que ocorreram as irrigações e as avaliações fisiológicas, morfológicas e reflectância foliar das mudas de *Eucalyptus urophylla* submetidas a diferentes manejos hídricos (tratamentos) na fase de rustificação entre os dias 07/04 a 01/05 de 2021.....37
- Figura 6 - Ordem cronológica das avaliações fisiológica, morfológica e de reflectância foliar realizadas na fase de rustificação de mudas de *Eucalyptus urophylla* submetidas aos diferentes tratamentos e suas respectivas repetições.....38
- Figura 7 - Espectroradiômetro da Ocean Optics, modelo Flame – NIR (faixa de leitura de 966,03nm a 1685,09nm, com sensibilidade de 5,51nm) utilizado para a obtenção da reflectância foliar das mudas de *Eucalyptus urophylla*.....40
- Figura 8 - Box-plots com médias^(*) dos tratamentos de diferentes manejos hídricos na fase de rustificação de mudas de *Eucalyptus urophylla* referente ao ajuste dos modelos lineares generalizados para as variáveis fisiológicas e como covariáveis os tratamentos^(**), segundo o tempo (dias) após as mudas serem submetidas aos diferentes tratamentos44
- Figura 9 - Box-plots com médias^(*) dos tratamentos de diferentes manejos hídricos na fase de rustificação de mudas de *Eucalyptus urophylla* referente ao ajuste dos modelos lineares generalizados para as variáveis fisiológicas e como covariáveis os tratamentos^(**), segundo o tempo (dias) após as mudas serem submetidas aos diferentes tratamentos46
- Figura 10 - Box-plots com médias^(*) dos tratamentos de diferentes manejos hídricos na fase de rustificação de mudas de *Eucalyptus urophylla* referente ao ajuste dos modelos lineares generalizados para as variáveis fisiológicas e como covariáveis os tratamentos^(**), segundo o tempo (dias), após as mudas serem submetidas aos tratamentos.....48
- Figura 11 - Box-plots com médias^(*) dos tratamentos de diferentes manejos hídricos na fase de rustificação de mudas de *Eucalyptus urophylla* referente ao ajuste dos modelos lineares generalizados para a variável eficiência do

uso da água (EUA) e como covariáveis os tratamentos ^(**) , segundo o tempo (dias) após as mudas serem submetidas aos diferentes tratamentos.....	49
Figura 12 - Box-plots com médias ^(*) dos tratamentos de diferentes manejos hídricos na fase de rustificação de mudas de <i>Eucalyptus urophylla</i> referente ao ajuste dos modelos lineares generalizados para a variável massa seca de raízes e como covariáveis os tratamentos ^(**) , segundo o tempo (dias) após as mudas serem submetidas aos tratamentos	51
Figura 13 - Box-plots com médias ^(*) dos tratamentos de diferentes manejos hídricos na fase de rustificação de mudas de <i>Eucalyptus urophylla</i> referente ao ajuste dos modelos lineares generalizados para a variável massa seca da parte aérea e como covariáveis os tratamentos ^(**) , segundo o tempo (dias) após as mudas serem submetidas aos tratamentos.....	52
Figura 14 - Box-plots com médias ^(*) dos tratamentos de diferentes manejos hídricos na fase de rustificação de mudas de <i>Eucalyptus urophylla</i> referente ao ajuste dos modelos lineares generalizados para a variável diâmetro do colo das mudas e como covariáveis os tratamentos ^(**) , segundo o tempo (dias) após as mudas serem submetidas aos tratamentos.....	54
Figura 15 - Box-plots com médias ^(*) dos tratamentos de diferentes manejos hídricos na fase de rustificação de mudas de <i>Eucalyptus urophylla</i> referente ao ajuste dos modelos lineares generalizados para a variável altura das mudas e como covariáveis os tratamentos ^(**) , segundo o tempo (dias) após as mudas serem submetidas aos tratamentos	55
Figura 16 - Curvas médias de reflectância foliar no infravermelho próximo e médio de mudas de <i>Eucalyptus urophylla</i> aos 7 (A), 15 (B) e 21 (C) dias após serem submetidas aos tratamentos ^(*) de manejo hídrico na fase de rustificação.....	59
Figura 17 - Gráficos de redução da dimensionalidade pelo método de análise multivariada de componentes principais (1 ^o e 2 ^o componentes (prin_1 e prin_2, respectivamente) das 128 variáveis respostas de reflectância foliar no infravermelho próximo e médio (966,03nm a 1685,09nm), segundo tratamentos ^(*) e o tempo (dias) ^(**) após as mudas serem submetidas aos tratamentos.....	61
Figura 18 - Box-plots com médias ^(*) dos tratamentos de diferentes manejos hídricos na fase de rustificação de mudas de <i>Eucalyptus urophylla</i> referente ao ajuste dos modelos lineares generalizados para a variável primeiro componente principal e como covariáveis os tratamentos ^(**) , segundo o tempo (dias) após as mudas serem submetidas aos tratamentos.....	66

LISTA DE TABELAS

- Tabela 1 - Valores da redução da dimensionalidade pelo método de análise multivariada de componentes principais das 128 variáveis respostas de reflectância foliar no infravermelho próximo e médio, segundo tratamentos^(*) e o tempo (dias) desde o início do experimento.....60
- Tabela 2 - Média, desvio padrão e valor-p do Teste de Normalidade^(*) para o 1º componente principal referente a redução da dimensionalidade das variáveis resposta de reflectância foliar no infravermelho, segundo tratamentos^(**) e tempo (dias).....62
- Tabela 3 - Função linear discriminante do 1º e 2º componentes principais referente à redução da dimensionalidade pelo método de análise multivariada.....63
- Tabela 4 - Qualidade de ajuste dos modelos lineares generalizados (desvios por graus de liberdade e resíduos padronizados de Pearson) e valores-p referente à significância dos tratamentos^(*), segundo o tempo (dias) desde o início do experimento para o primeiro componente principal.....65

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO.....	23
2	OBJETIVOS.....	25
2.1	GERAL.....	25
2.2	ESPECÍFICOS.....	25
3	REFERENCIAL TEÓRICO.....	26
3.1	<i>EUCALYPTUS</i> SPP.....	26
3.2	DISPONIBILIDADE HÍDRICA E A VEGETAÇÃO.....	27
3.3	RUSTIFICAÇÃO DE MUDAS.....	28
3.4	MORFOFISIOLOGIA DE PLANTAS SOB ESTRESSE HÍDRICO.....	29
3.5	SENSORIAMENTO REMOTO E A VEGETAÇÃO.....	30
4	MATERIAL E MÉTODOS.....	34
4.1	ÁREA DE ESTUDO.....	34
4.2	DELINEAMENTO EXPERIMENTAL.....	35
4.3	DETERMINAÇÃO DAS CARACTERÍSTICAS MORFOLÓGICAS.....	38
4.4	DETERMINAÇÃO DAS CARACTERÍSTICAS FISIOLÓGICAS.....	38
4.5	PROCEDIMENTO DAS MEDIÇÕES ESPECTRAIS.....	39
4.6	METODOLOGIA ESTATÍSTICA.....	40
4.6.1	Efeito dos tratamentos nas variáveis fisiológicas das mudas.....	40
4.6.2	Efeito dos tratamentos nas variáveis morfológicas das mudas.....	41
4.6.3	Redução da dimensionalidade das variáveis resposta de reflectância foliar.....	41
4.6.4	Efeito dos tratamentos nos componentes principais.....	42
5	RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	43
5.1	EFEITO DOS TRATAMENTOS SOBRE AS VARIÁVEIS FISIOLÓGICAS DAS MUDAS.....	43
5.1.1	Assimilação de carbono (<i>A</i>), Transpiração (<i>E</i>) e Eficiência de carboxilação da enzima Rubisco (<i>A/Ci</i>).....	43
5.1.2	Condutância estomática (<i>gs</i>) e Carbono interno (<i>Ci</i>).....	47
5.1.3	Eficiência do uso da água (<i>EUA</i>).....	49
5.2	EFEITO DOS TRATAMENTOS NAS VARIÁVEIS MORFOLÓGICAS DAS MUDAS.....	50
5.2.1	Massa seca de raízes.....	50
5.2.2	Massa seca da parte aérea.....	51
5.2.3	Diâmetro do colo.....	53
5.2.4	Altura das mudas.....	54

5.3	REFLECTÂNCIA FOLIAR NO INFRAVERMELHO APLICADA A DISPONIBILIDADE HÍDRICA DE MUDAS DE <i>EUCALYPTUS UROPHYLLA</i>	56
5.3.1	Estatísticas descritivas das reflectâncias foliares.....	56
5.3.2	Redução da dimensionalidade das variáveis resposta de reflectância foliar no infravermelho por componentes principais e Função Discriminante.....	60
5.3.3	Efeito dos tratamentos nos componentes principais.....	64
6	CONCLUSÕES.....	67
	REFERÊNCIAS.....	69
	APÊNDICE A - Qualidade de ajuste dos modelos lineares generalizados (desvios por graus de liberdade e resíduos padronizados de <i>pearson</i>) e valores-p referente à significância dos tratamentos ^(*) , segundo o tempo (dias) desde o início do experimento para a variável fisiológica assimilação de carbono (<i>A</i>).....	78
	APÊNDICE B - Qualidade de ajuste dos modelos lineares generalizados (desvios por graus de liberdade e resíduos padronizados de <i>pearson</i>) e valores-p referente à significância dos tratamentos ^(*) , segundo o tempo (dias) desde o início do experimento para a variável fisiológica condutância estomática (<i>gs</i>).....	79
	APÊNDICE C - Qualidade de ajuste dos modelos lineares generalizados (desvios por graus de liberdade e resíduos padronizados de <i>pearson</i>) e valores-p referente à significância dos tratamentos ^(*) , segundo o tempo (dias) desde o início do experimento para a variável fisiológica carbono interno (<i>C_i</i>).....	80
	APÊNDICE D - Qualidade de ajuste dos modelos lineares generalizados (desvios por graus de liberdade e resíduos padronizados de <i>pearson</i>) e valores-p referente à significância dos tratamentos ^(*) , segundo o tempo (dias) desde o início do experimento para a variável fisiológica transpiração (<i>E</i>).....	81

APÊNDICE E - Qualidade de ajuste dos modelos lineares generalizados (desvios por graus de liberdade e resíduos padronizados de <i>pearson</i>) e valores-p referente à significância dos tratamentos^(*), segundo o tempo (dias) desde o início do experimento para a variável fisiológica eficiência do uso da água (<i>EUA</i>).....	82
APÊNDICE F - Qualidade de ajuste dos modelos lineares generalizados (desvios por graus de liberdade e resíduos padronizados de <i>pearson</i>) e valores-p referente à significância dos tratamentos^(*), segundo o tempo (dias) desde o início do experimento para a variável fisiológica eficiência de carboxilação da enzima Rubisco (<i>A/Ci</i>).....	83
APÊNDICE G - Qualidade de ajuste dos modelos lineares generalizados (desvios por graus de liberdade e resíduos padronizados de <i>pearson</i>) e valores-p referente à significância dos tratamentos^(*), segundo o tempo (dias) desde o início do experimento para a variável morfológica massa seca de raízes.....	84
APÊNDICE H - Qualidade de ajuste dos modelos lineares generalizados (desvios por graus de liberdade e resíduos padronizados de <i>pearson</i>) e valores-p referente à significância dos tratamentos^(*), segundo o tempo (dias) desde o início do experimento para a variável morfológica massa seca da parte aérea.....	85
APÊNDICE I - Qualidade de ajuste dos modelos lineares generalizados (desvios por graus de liberdade e resíduos padronizados de <i>pearson</i>) e valores-p referente à significância dos tratamentos^(*), segundo o tempo (dias) desde o início do experimento para a variável morfológica diâmetro do colo.....	86
APÊNDICE J - Qualidade de ajuste dos modelos lineares generalizados (desvios por graus de liberdade e resíduos padronizados de <i>pearson</i>) e valores-p referente à significância dos tratamentos^(*), segundo o tempo (dias) desde o início do	

**experimento para a variável morfológica altura das
mudas.....87**

1 INTRODUÇÃO

O Brasil se destaca no cenário mundial por possuir excelente desempenho no setor florestal, devido às condições climáticas e à tecnologia desenvolvida pelas empresas e instituições de pesquisa do país (CIB, 2008).

Dentre as espécies florestais, o eucalipto (*Eucalyptus* spp.) tem sido preferencialmente utilizado nos plantios florestais (EMBRAPA, 2014), totalizando uma área de 6,97 milhões de hectares, localizados principalmente em Minas Gerais (28%), São Paulo (17%), Mato Grosso do Sul (16%), Bahia (8%), Rio Grande do Sul (7%) e Paraná (4%) (IBÁ, 2020).

O eucalipto se destaca devido ao seu rápido crescimento, capacidade de adaptação às diversas regiões ecológicas e pelo potencial econômico, tendo em vista a utilização diversificada de sua madeira (EMBRAPA, 2014). Sua utilização vai desde produtos madeireiros, como na construção civil, na fabricação de chapas, móveis mais finos (WILCKEN et al., 2008), fonte de energia (COSTA; OLIVEIRA, 2019), papel e celulose; a não madeireiros, como os óleos essenciais, plantios com função de quebra-ventos (WILCKEN et al., 2008; OLIVEIRA, 2012; COSTA; OLIVEIRA, 2019), dentre outros.

A alta produtividade de madeira, com menores custos e maiores taxas de retorno do investimento, conferem grande atratividade ao cultivo do eucalipto, garantindo alta competitividade de seus produtos nos mercados interno e externo (EMBRAPA, 2014).

Entretanto, diversos fatores bióticos (pragas, doenças, entre outros) e abióticos (água, nutrição, condições climáticas e edáficas, entre outros) podem interferir negativamente na produtividade dos plantios florestais. Dentre os fatores abióticos, o fornecimento de água às plantas é um dos fatores determinantes para o sucesso dos povoamentos florestais. A água é fundamental nos processos fotossintético, metabólico (TAIZ & ZEIGER, 2012), físico, biológico e químico das plantas (SANTOS et al., 2017).

Devido à escassez hídrica cada vez mais recorrente por causa das mudanças climáticas, os plantios florestais estão cada vez mais sendo afetados negativamente, pois não há uma disponibilidade hídrica adequada para o melhor desenvolvimento das plantas.

Na tentativa de minimizar os danos causados pela baixa disponibilidade hídrica nos povoamentos florestais, os viveiros adotam medidas visando melhorar a taxa de sobrevivência das plantas após o plantio em campo. Essa prática é conhecida como rustificação, onde as mudas são aclimatadas às condições desfavoráveis de campo, com o intuito de se obter melhor desenvolvimento e sobrevivência. A rustificação mais utilizada nos viveiros são as relacionadas aos manejos nutricional e hídrico (HIGASHI et al., 2000).

No manejo de rustificação hídrica, os viveiros diminuem gradativamente o tempo e a frequência de irrigação das mudas. Com a adoção dessa prática, as plantas ficam mais resistentes às diversas condições ambientais do campo, e conseqüentemente, diminuição das perdas (TATAGIBA et al., 2007).

Após as mudas serem rustificadas, a próxima fase, é a de expedição dessas mudas para o plantio no campo. As mudas passam por uma seleção, onde somente as que apresentam um padrão de qualidade são levadas para o plantio. A qualidade das mudas é avaliada por meio de parâmetros morfológicos, como sistema radicular e parte aérea bem desenvolvidos, boas condições fitossanitárias, entre outros. As plantas que não estão no padrão de qualidade estabelecido pelo viveiro, são descartadas, acarretando na perda de todo um ciclo produtivo.

Por ser uma avaliação visual, ou seja, das características morfológicas das mudas, quando os sintomas visuais provocados por deficiências nutricional ou hídrica aparecem, já houveram alterações moleculares nas plantas, e muitas vezes são irreversíveis.

Contudo, existem técnicas de mensuração indireta de parâmetros qualitativos em plantas, como o sensoriamento remoto aplicado à área florestal.

As técnicas de sensoriamento remoto, como a espectrorradiometria dentre suas aplicações, pode ser utilizada com o objetivo de auxiliar em um manejo hídrico mais adequado nos viveiros florestais, e podem fornecer informações aos gestores dos viveiros sobre o estado hídrico das mudas, e permitir um bom desenvolvimento das mesmas.

O emprego das técnicas de sensoriamento remoto nas diversas áreas é possível por meio do conhecimento da radiação eletromagnética. Na área florestal, a compreensão da interação entre a radiação eletromagnética e as estruturas dos componentes da vegetação tem sido um dos objetivos recorrentes dos estudos de sensoriamento remoto e a vegetação.

6 CONCLUSÕES

É possível identificar o estado hídrico de mudas de *Eucalyptus urophylla* na fase de rustificação por meio de espectroscopia de infravermelho próximo e médio nas bandas espectrais de 970nm, 1190nm (infravermelho próximo) e 1450nm (infravermelho médio), onde nessa região espectral, a radiação eletromagnética é absorvida pela água presente nas estruturas celulares das folhas das plantas.

O estado hídrico das mudas de *Eucalyptus urophylla* na fase de rustificação afeta as variáveis fisiológicas assimilação de carbono (A), transpiração (E), eficiência de carboxilação da enzima Rubisco (A/C_i), eficiência do uso da água (EUA), condutância estomática (g_s) e carbono interno (C_i).

O estado hídrico das mudas de *Eucalyptus urophylla* na fase de rustificação afeta as variáveis morfológicas altura, diâmetro do colo e massas secas da parte aérea e raiz.

A espectroscopia de infravermelho próximo e médio demonstrou ser uma técnica eficiente para a identificação do estado hídrico das mudas de *Eucalyptus urophylla* sob diferentes níveis hídricos e tem potencial para aplicação e uso em viveiros florestais, permitindo um melhor manejo hídrico das mudas na fase de rustificação.

A fim de propagar a técnica para aplicação em diferentes espécies florestais, trabalhos futuros podem permitir o desenvolvimento e o conhecimento sobre como a radiação eletromagnética interage com diferentes tipos de vegetação, resultando no conhecimento de como é o comportamento espectral de cada espécie florestal a fim de investigar cada vez mais como é possível ter manejos mais adequados na produção de mudas.

REFERÊNCIAS

- ALFENAS, A. C.; ZAURA, A. A. V.; MAFIA, R. G.; DE ASSIS, T. F. **Clonagem e doenças do eucalipto**. Viçosa, MG: Universidade Federal de Viçosa, 2004.
- ANGELOCCI, L. R. **Água na planta e trocas gasosas/energéticas com a atmosfera: introdução ao tratamento biofísico**. Piracicaba: Edição do autor. 284p., 2002.
- BATISTA, C. U. N.; MEDRI, M. E.; BIANCHINI, E.; MEDRI, C.; PIMENTA, J. A. **Tolerância à inundação de *Cecropia pachyrachya* Trec. (Cecropiaceae): aspectos ecofisiológicos e morfoanatômicos**. Acta Botânica Brasílica, v. 22, n. 1, p. 91-98, 2008.
- BEHERA, R. K.; MISHRA, P. C.; CHOUDHURY, N. K. **High irradiance and water stress induce alterations in pigment composition and chloroplast activities of primary wheat leaves**. Journal of Plant Physiology, 2002.
- BEHMANN, J.; STEINRÜCKEN, J.; PLÜMER, L. **Detection of early plant stress responses in hyperspectral images**. ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing. Amsterdam, v. 93, p. 98-111, 2014.
- BONILLA, M. M. **Dados hiperespectrais na determinação do conteúdo relativo de água na folha em cana-de-açúcar**. Dissertação (Mestrado em Ciências) – Universidade de São Paulo, Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, 2015.
- BRANDELERO, C.; BERRA, E. F.; BACKES, K. S.; PEREIRA, R. S.; BRUN, E. J. **Espectrorradiometria na região do visível e do infravermelho próximo em povoamento de *Eucalyptus grandis* Hill ex Maiden**. Ciência Florestal, Santa Maria, v. 22, n. 1, 2012.
- CAIRO, P. A. R. **Curso Básico de Relações Hídricas de Plantas**. Vitória da Conquista: UESB, 1995.
- CAIRO, P. A. R.; DE OLIVEIRA, L. E. M.; MESQUITA, A. C. **Atividade da rubisco e das enzimas de síntese de hidrólise de sacarose, associada à produtividade de látex, em clones de seringueira [*Havea brasiliensis* (Willd ex. Adr. de Juss.) Muell.-Arg] cultivados em Lavras, MG**. Ciência e Agrotecnologia (online), v. 33, n. 2, 2009.
- CARRIELO, F.; MIRANDA, F. G.; PONZONI, F. J.; CARDOSO, P. de A.; MARTINS, S. P. **Uso da transmitância na caracterização espectral de folhas verdes**. Anais XI SBSR, Belo Horizonte, Brasil, 05-10 abril, INPE, p. 2451-2457, 2003.
- CIB, Conselho de Informações sobre Biotecnologia. **Guia do eucalipto: oportunidades para um desenvolvimento sustentável**. Maio, 2008.
- COOPMAN, R. E.; JARA, J. C.; BRAVO, L. A.; SÁEZ, K. L.; MELLA, G. R.; ESCOBAR, R. **Changes in morpho-physiological attributes of *Eucalyptus***

globulus plants in response to different drought hardening treatments.

Electronic Journal of Biotechnology, v.11, n.2, 2008.

COSTA, B. S.; OLIVEIRA, M. L. **Florestas plantadas de eucalipto no brasil: uma cultura nociva aos recursos hídricos?**. Veredas do Direito, Belo Horizonte, v.16, n.36, 2019.

COSTA E SILVA, F.; SHVALEVA, A.; MAROCO, J. P.; ALMEIDA, M. H.; CHAVES, M. M.; PEREIRA, J. S. **Responses to water stress in two *Eucalyptus globulus* clones differing in drought tolerance**. Tree Physiology, v.24, 2004.

COURA, S. M. da C.; PIROMAL, R. A. S.; CANAVESI, V.; GOMES, M. N.; QUIRINO, V. F.; PONZONI, F. J. **Comparação das características espectrais das espécies *Ligustrum japonicum* Thunb. E *Cassia macranthera* DC.** Anais XII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, Goiânia, Brasil, 16-21 abril, INPE, p. 1477-1484, 2005.

DA COSTA, G. F.; MARENCO, R. A. **Fotossíntese, condutância estomática e potencial hídrico foliar em árvores jovens de andiroba (*Carapa guianensis*)**. Ciências Florestais, Acta Amazonica, v.37, n. 2, 2007.

DA CUNHA, A. R.; MARTINS, D. Classificação climática para os municípios de Botucatu e São Manuel, SP. Irriga, v.14, n. 1, 2009.

DA SILVA, M. R. **Efeitos do manejo hídrico e da aplicação de potássio na qualidade de mudas de *Eucalyptus grandis* W. (Hill ex. Maiden)**. 2003. 100 f. Tese (Doutorado em Agronomia - Irrigação e Drenagem) – Programa de Pós-Graduação em Agronomia, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2003.

DA SILVA, M. R.; KLAR, A. E.; PASSOS, J. R. **Efeitos do manejo hídrico e da aplicação de potássio nas características morfofisiológicas de mudas de *Eucalyptus Grandis* W. (Hill ex. Maiden)**. Irriga, Botucatu, v. 9, n. 1, p. 31-40, jan/abril, 2004.

DA SILVA, M. R.; KLAR, A. E.; PASSOS, J. R. **Efeitos do manejo hídrico e da aplicação de potássio nas características morfofisiológicas de mudas de *Eucalyptus Grandis* W. (Hill ex. Maiden)**. Irriga, Botucatu, v. 9, n. 1, p. 31-40, jan/abril, 2004.

DA SILVA, O. F. **Análise de imagens multitemporais do sensor TM Landsat-5 da vegetação do cerrado, utilizando técnicas de NDVI, no Parque Nacional das Emas – Goiás**. Dissertação (Mestrado em Tecnologia de Processos Sustentáveis). Goiânia, 2014.

DA SILVEIRA, T. A.; CEOLA, G. **Fisiologia vegetal**. Grupo A, 2019.

DAVIDE, A. C.; FARIA, J. M. **Viveiros Florestais**. In: DAVIDE, A. C.; SILVA, E. A. A. (Ed.). Produção de sementes e mudas de espécies florestais. Lavras: Universidade Federal de Lavras, 2008.

DAVIS, A. S.; JACOBS, D. F. **Quantifying root system quality of nursery seedlings and relationship to outplanting performance.** *New Forests*, v. 30, n. 2-3, p. 295-311, 2005.

DE BRITO, M. M.; FARIAS, A. **Espectrorradiometria foliar de árvores frutíferas e o efeito da umidade sobre a resposta espectral das folhas.** Anais XVI Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto - SBSR, INPE: Foz do Iguaçu, PR, Brasil, 13 a 18 de abril de 2013.

DE MORAES, E. C. **Fundamentos de Sensoriamento Remoto.** Capítulo 1. Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais - INPE. São José dos Campos, 2002.

DE OLIVEIRA, M. R. R. **Uso de sensoriamento remoto hiperespectral na caracterização da cultura do algodoeiro (*Gossypium hirsutum* L.).** Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) – Universidade Federal do Ceará, 2019.

DE OLIVEIRA, L. F. R.; SANTANA, R. C. **Padrões de reflectância foliar de eucalipto em diferentes dias e períodos do dia.** *Colloquium Agrariae*, v. 15, n. 1, 2019.

DE OLIVEIRA, E. B.; PINTO JÚNIOR, J. E. **O eucalipto e a Embrapa: quatro décadas de pesquisa e desenvolvimento.** Brasília, DF: Embrapa, 2021.

DE SOUSA, C. L.; RIBEIRO, M. C.; PONZONI, F. J. **Influência do tempo e do tipo de armazenamento na reflectância espectral de folhas de *Eucalyptus grandis* “EX-SITU”.** *Rev. Árvore*, Viçosa, MG, v.20, n.2, p.255-265, 1996.

DOS SANTOS, A. F.; AUER, C. G.; DEDECEK, R. A.; DOS SANTOS, P. E. T.; DA SILVA, H. D. **Morte de Árvores Resultante de Práticas Inadequadas durante a Implantação Florestal.** Colombo, PR: Embrapa, Circular Técnica n. 158, out., 2008.

EMBRAPA, Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Cultivo de eucalipto em propriedades rurais: diversificação da produção e renda.** Transferência de Tecnologia Florestal. Brasília, DF: Embrapa, 138 p., 2014.

FAROOQ, M.; BASRA, S. M. A.; WAHID, A.; AHMAD, N.; SALLEM, B. A. Improving the drought tolerance in rice (*Oryza sativa* L.) by exogenous application of salicylic acid. *Journal of Agronomy e Crop Science*, v. 195, n. 1, p. 237-246, 2009.

FERNANDES, A. T.; NUNES, G. M.; DE MOURA, J. M.; DOS SANTOS, L. F. B. **Espectrorradiometria foliar na determinação de déficit hídrico em espécies de cerrado stricto sensu no Parque Nacional de Chapada dos Guimarães/MT.** Anais do XVII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, SBSR, 25-29 abril, 2015.

FIORIO, P. R.; COELHO, R. D.; BARROS, P. P. da S.; BONILLA, M. Z.; GADY, A. P. B. **Comportamento espectral de folhas da cana-de-açúcar na presença de déficit hídrico.** *Irriga*, Botucatu, v. 23, n. 3, 2018.

- FREITAG, A. S.; MORAES, W. W. C.; ÇONÇALVES, A. N.; NISHIJIMA, T. **Desenvolvimento de mudas seminais de *Eucalyptus grandis* com o emprego de quatro frequências de irrigação.** Nucleus, v.10, n.2, 2013.
- GATES, D. M.; GATES, H. J.; GATES, J. C.; GATES, V. R. **Spectral properties of plants.** Applied Optics, v.4, n.1, p. 11-20, 1965.
- GINDABA, J.; RAZANOV, A.; NEGASH, L. **Response of seedlings of two *Eucalyptus* and three deciduous tree species from Ethiopia to severe water stress.** Forest Ecology and Management, v.201, 2004.
- GOMES, J. M.; COUTO, L.; BORGES, R. C. G.; FONSECA, E. P. **Efeitos de diferentes substratos na produção de mudas de *Eucalyptus grandis* W. Hill ex Maiden, em Win-Strip.** Revista Árvore, Viçosa, v.15, n.1, p. 35-41, 1991.
- GOMES, J. M.; COUTO, L.; LEITE, H. G.; XAVIER, A.; GARCIA, S. L. R. **Parâmetros Morfológicos na avaliação da qualidade de mudas de *Eucalyptus grandis*.** Revista Árvore, v. 26, n. 6, p. 655-664, 2002.
- GRATTAPAGLIA, D.; KIRST, M. **Eucalyptus applied genomics: from gene sequences to breeding tools.** New Phytologist, 2008.
- HIGA, R. C. V.; MORA, A. L.; HIGA, A. R. **Plantio de eucalipto na pequena propriedade rural.** Curitiba, PR: Embrapa Florestas, Documentos 54, 2000.
- HIGASHI, E. N.; SILVEIRA, R. L. V.; GONÇALVES, A. N. **Evolução do jardim clonal de eucalipto para a produção de mudas.** IPEF Notícias, Piracicaba, v.24, n.148, p.4-5, 2000.
- JACOBS, D. F.; LANDIS, T. D. **Hardening.** In: DUMROESE, R. K.; LUNA, T.; LANDIS, T. D. (Ed.). **Nursery manual for native plants: guide for tribal nurseries.** Vol. 1. Washington: United States Department of Agriculture, Forest Service, 2009. p. 217-228.
- JENSEN, J. R. **Sensoriamento remoto do ambiente: uma perspectiva em recursos terrestres.** Tradução EPIPHANIO, J. C. N. (coordenador); FORMAGGIO, A. R.; DOS SANTOS, A. R.; RUDORFF, B. F. T.; DE ALMEIDA, C. M.; GALVÃO, L. S. São José dos Campos, SP: Parêntese, 2011.
- JIM, A. S. **Identificação e caracterização espectral da ferrugem (*Austropuccinia psidii*) do eucalipto por imagens de alta resolução obtidas de veículos aéreos não tripulados (vant) e em laboratório (espectroradiômetro).** Tese (Doutorado em Ciência Florestal) – Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, 2018.
- KLAR, A. E. **Evapotranspiração.** In: A água no sistema solo-planta-atmosfera. 2.ed. São Paulo: Nobel, 1984.

LAWLOR, D. W.; TEZARA, W. **Causes of decreased photosynthetic rate and metabolic capacity in water-deficient leaf cells: A critical evaluation of mechanisms and integration of processes.** *Annals of Botany*, 2009.

KRAMER, P. J.; BOYER, J. S. **Evolution and agricultural water user.** In: *Water relations of plant and soils.* San Diego: Academic Press, 1995.

KRIEG, D. R. **Stress tolerance mechanisms in above ground organs.** In: *Proceedings of the Workshop on Adaptation of Plants to Soil Stress INTSORMIL, Nebraska, 1993.*

LARCHER, W. **Ecofisiologia Vegetal.** São Carlos: Rima, 2000.

LIMA, P. R. L.; HORBACH, M. A.; DRANSKI, J. A. L.; ECCO, M.; MALAVASI, M. de M.; MALAVASI, U. C. **Avaliação morfofisiológica em mudas de *Handroanthus impetiginosus* (Mart. Ex DC.) Mattos durante a rustificação.** *Floresta e Ambiente*, v. 21, n. 3., p. 316-326, jul./set., 2014.

LIPPERT, D. B.; BENEDETTI, A. C. P.; PEREIRA, R. S.; MUNIZ, M. F. B. **Espectrorradiometria de folhas de *Eucalyptus camadulensis* Dehnh. atacadas por *Phaeophleospora eucalypti*.** *Anais do XIV Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, Natal, Brasil, 25-30 abril, INPE, p. 2793-2799, 2009.*

LIPPERT, D. B. **Resposta espectral de folhas de *Eucalyptus globulus* (Labill.) atacadas por *Mycosphaerella* spp.** *Dissertação (Mestrado em Engenharia florestal) – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, RS, 2011.*

LIPPERT, D. B.; BENEDETTI, A. C. P.; MUNIZ, M. F. B.; PEREIRA, R. S. BIERMASKI JUNIOR, C. A.; FINKENAUER, E.; BERRA, E. F. **Comportamento espectral de folhas de *Eucalyptus globulus* (Labill.) atacadas por *Mycosphaerella* spp. nas regiões do visível e do infravermelho próximo do espectro eletromagnético.** *Ciência Florestal, Santa Maria, v. 25, n. 1, 2015.*

LOBO, R. C.; JÚNIOR, H. F. O. **Efeitos do estresse hídrico nas características morfológicas de plântulas de *Eucalyptus grandis* W. (Hill ex. Maiden).** *Revista da União Latino-americana de Tecnologia, Jaguariaíva, n.3, 2015.*

LOPES, J. L. W.; GUERRINI, I. A.; SAAD, J. C. C.; DA SILVA, M. R. **Efeitos da irrigação na sobrevivência, transpiração e no teor relativo de água na folha em mudas de *Eucalyptus grandis* em diferentes substratos.** *Scientia Forestalis, n. 68, p. 97-106, ago., 2005.*

LOPES, J. L.; GUERRINI, I. A.; SAAD, J. C. **Qualidade de mudas de eucalipto produzidas sob diferentes lâminas de irrigação e dois tipos de substrato.** *Revista Árvore, Viçosa, v. 31, p. 835-843, 2007.*

LOPES, J. L. W. **Qualidade de mudas clonais do híbrido de *Eucalyptus grandis* vs. *Eucalyptus urophylla*, submetidas a diferentes regimes hídricos.** *Tese (Doutorado em Irrigação e Drenagem), Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2008.*

- LOPES, J. L. W.; GUERRINI, I. A.; DA SILVA, M. R.; SAAD, J. C. C.; LOPES, C. F. **Estresse hídrico em plantio de *Eucalyptus grandis* vs. *Eucalyptus urophylla*, em função do solo, substrato e manejo hídrico de viveiro.** Ver. *Árvore*, v. 35, v. 1, fev. 2011.
- MACEDO, A. C. Produção de Mudas em viveiros florestais: espécies nativas. Revisado e ampliado por KAGEYAMA, P. Y.; DA COSTA, L. G. S. São Paulo: Fundação Florestal, 1993.
- MACHADO, M. L. **Detecção de doenças do feijão por características espectrais.** Tese (Doutorado em Engenharia agrícola) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, Minas Gerais, 2013.
- MAXWELL, K.; JOHNSON, G. N. **Chlorophyll fluorescence: A practical guide.** *Journal of Experimental Botany*, v. 51, n. 345, p. 659-668, 2000.
- MERCHANT, A.; CALLISTER, A.; ARNDT, S.; TAUSZ, M.; ADAMS, M. **Contrasting physiological responses of six *Eucalyptus* species to water deficit.** *Annals of Botany*, v.100, 2007.
- NAUE, C. R.; GALVÍNCIO, J. D.; MOURA, M. S. B. de; COSTA, V. S. de O. **Resposta espectral de espécies da Caatinga.** Anais do III Simpósio de Mudanças Climáticas e Desertificação no Semiárido Brasileiro, 2011.
- NELDER, J. A.; WEDDERBURN, R. W. **Generalized linear models.** *Journal of the Royal Statistical Society Series A*, v.135, n.3, p. 370–384, 1972.
- NGUGI, M. R.; DOLEY, D.; HUNT, M. A.; DART, P.; RYAN, P. **Leaf water relations of *Eucalyptus cloeziana* and *Eucalyptus argophloia* in response to water deficit.** *Tree Physiology*, v.23, p.335-343, 2003.
- NGUGI, M. R.; DOLEY, D.; HUNT, M. A.; RYAN, P.; DART, P. **Physiological responses to water stress in *Eucalyptus cloeziana* and *E. argophloia* seedlings.** *Trees*, v.18, 2004.
- PAIVA, H. N.; GOMES, J. M. **Viveiros florestais.** Viçosa: Universidade Federal de Viçosa, 56p., 1993.
- PAIVA, H. N.; GOMES, J. M. **Propagação vegetativa de Espécies Florestais.** 1ed. Viçosa, UFV, 40p., 1995.
- PALMER, K. F.; WILLIAMS, D. **Optical properties of water in the near infrared.** *Journal of the Optical Society of America*, Washington, v.64, n.8, 1974.
- PEREIRA, M. R. R.; DE SOUZA, G. S. F.; RODRIGUES, A. C. P.; MELHORANÇA FILHO, A. L.; KLAR, A. E. **Análise de crescimento em clones de eucalipto submetidos a estresse hídrico.** *Irriga*, v.15, n.1, p.98-110, jan./mar., 2010.

PITA, P.; PARDOS, J. A. **Growth, leaf morphology, water use and tissue water relations of *Eucalyptus globulus* clones in response to water deficit.** *Tree Physiology*, v.21, p.599-607, 2001.

POLEZ, B. M.; FIORIO, P. R.; GADY, A. P. B.; SEIXAS, H. T.; STRABELI, T. F. **Índices de vegetação na diferenciação de conteúdo relativo de água em clones do gênero *Eucalyptus*.** Anais do XVIII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, SBSR, 28-31 maio, 2017.

PONZONI, F. J. **Sensoriamento remoto no estudo da vegetação:** Diagnosticando a Mata Atlântica. São José dos Campos: Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, 2002.

PONZONI, F. J.; RODRIGUES, A. G.; MALDONADO, F. D.; SASSAGAWA, S. H. Y.; NUMATA, I.; DE ARAÚJO, L. S.; **Comparação entre o fator de reflectância bidirecional de um dossel de mudas de *Eucalyptus grandis* e o fator de reflectância direcional hemisférico de suas folhas isoladas.** *CERNE*, v. 8, n. 1, p. 59-68, 2002.

RAMALHO, A. H. C; MAFFIOLETTI, F. D.; TRAZZI, P. A.; RAMALHO, E. C.; FIEDLER, N. C. **Doses de potássio e lâminas de irrigação na qualidade de mudas de eucalipto.** *Nativa*, Sinop, v.8, n.5, p. 643-649, set/out, 2020.

RANGEL, M. E. S.; GURGEL, H. da C. FERRI, C. SUGAWARA, L. M.; PINTO, M. L. de A. **Relação entre o fator de reflectância hemisférica e o fator de reflectância hemisférica bidirecional de folhas isoladas da *Tibouchina granulosa cogn.*** Anais X SBSR, Foz do Iguaçu, 21-26 abril, INPE, p. 1461-1467, 2001.

REDE DE SEMENTES DO CERRADO. **Viveiros florestais: projeto, instalação, manejo e comercialização.** Brasília, 2011.

REICHARDT, K.; TIMM, L. C. **Água e Sustentabilidade no Sistema Solo-planta-atmosfera.** Editora Manole, 2016.

RIBEIRO, L. **Anatomia ecológica de folhas de *Ilex paraguariensis* A. St.-Hil. na mesorregião serrana de Santa Catarina.** Dissertação (Mestrado em Ecossistemas Agrícolas e Naturais) – Universidade Federal de Santa Catarina, Curitiba, SC, 2018.

RODRIGUES, S. B. S. **Análise do uso de água em unidades de produção de mudas de eucalipto.** Dissertação (Mestrado em Construções rurais e ambiência; Energia na agricultura; Mecanização agrícola; Processamento de produ) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2007.

RUBIRA, J. L. P., BUENO, L. O. **Cultivo de plantas forestales em contenedor.** Madrid: Ministério de Agricultura, Pesca y Alimentación, 1996.

SANTAROSA, E.; PENTEADO JÚNIOR, J. F.; GOULART, I. C. G. dos R. **Transferência de tecnologia florestal:** cultivo de eucalipto em propriedades rurais: diversificação da produção e renda. Brasília, DF: Embrapa, 2014.

SANTIAGO, A. M. P.; NOGUEIRA, R. J. M. C.; LOPES, E. C. **Crescimento em plantas jovens de *Mimosa cesalpinifolia* Benth., cultivadas sob estresse hídrico**. Revista Ecosistema. v.26, n.1, p.23-30, 2001.

SCHUH, M. S.; FAVARIN, J. A. S.; DESSBESELL, L.; SILVA, E. A.; GOERGEN, L. C. de G.; PEREIRA, R. S.; GALVÍNCIO, J. D. **Análise temporal do vigor vegetativo por meio de espectrorradiometria**. Revista Brasileira de Geografia Física, v. 9, n. 6, 2016.

SCHWAMBACH, C.; SOBRINHO, G. C. **Fisiologia Vegetal: Introdução às Características, Funcionamento e Estruturas das Plantas e Interação com a Natureza**. Editora Saraiva, 2014.

SCHWIDER, Y. S.; PEZZOPANE, J. E. M.; CORRÊA, V. B.; TOLEDO, J. V.; XAVIER, T. M. T. **Efeito do déficit hídrico sobre o crescimento de eucalipto em diferentes condições microclimáticas**. Enciclopédia Biosfera, Centro Científico Conhecer, Goiânia, v.9, n.16, p.888, 2013.

SHVALEVA, A. L.; COSTA E SILVA, F.; BREIA, E.; JOUVE, L.; HAUSMAN, J. F.; ALMEIDA, M. H.; MAROCO, J. P.; RODRIGUES, M. L.; PEREIRA, J. S.; CHAVES, M. M. **Metabolic responses to water déficit in two *Eucalyptus globulus* clones with constrating drought sensitivity**. Tree Physiology, v.26, 2005.

STEINBERG, S. L.; MILLER, J. C.; MCFARLAND, M. J. **Dry matter partitioning and vegetative growth of young peach trees under water stress**. Aust. J. Plant Physiol., v. 17, 1990.

STRABELI, T. F. **Resposta hiperespectral na determinação do conteúdo de água na folha em diferentes espécies de *Eucalyptus* spp.** Dissertação (Mestrado em Ciências) – Universidade de São Paulo, Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Piracicaba, 2016.

STRABELI, T.; FIORIO, P. R.; ALVARES, C. A.; ERICA, N. **Conteúdo relativo de água afeta o comportamento espectral de folhas de *Eucalyptus* spp.** Scientia Forestalis, v.48, n.128, 2020.

SILVA, R. F.; ANTONIOLLI, Z. I.; ANDREAZZA, R. **Efeito da inoculação com fungos ectomicorrízicos na produção de mudas de *Eucalyptus grandis* W. Hill ex Maiden em solo arenoso**. Ciência Florestal, v. 13, n. 1, p. 33-42, 2002.

SILVA, E. A.; MARANGON, G. P.; DESSBESELL, L.; MORAIS, W. W.; LIPPERT, D. B.; PEREIRA, R.S. **Caracterização espectral de *Eucalyptus grandis***. Floresta, Curitiba, PR, v. 42, n. 2, 2012.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia Vegetal**. 3 ed. Porto Alegre: Artmed, 2004.

TATAGIBA, S. D.; PEZZOPANE, J. E. M.; DOS REIS, E. F.; DARDENGO, M. C. J. D.; EFFGEN, T. A. M. **Comportamento fisiológico de dois clones de *Eucalyptus* na época seca e chuvosa**. Cerne, v.13, n.2, p.149-159, 2007.

TATAGIBA, S. D. et al. Trocas gasosas e potencial da água em clones de eucalipto submetidos ao déficit hídrico. *Engenharia na Agricultura, Viçosa*, v. 15, n. 3, p. 212-227, 2007.

TROMBETA, L. R. A.; OLIVEIRA, L. F. R. D.; PELINSON, N. D. S.; SANTOS, F. M. D. **Geoprocessamento**. Porto Alegre: SAGAH, 2019.

VELLINI, A. L. T. T.; DE PAULA, N. F.; ALVES, P. L. da C. A.; PAVANI, L. C.; BONINI, C. A. V.; SCARPINATI, E. A.; DE PAULA, R. C. **Respostas fisiológicas de diferentes clones de eucalipto sob diferentes regimes de irrigação**. *Revista Árvore*, n. 32, v. 4, ago, 2008.

WESTFALL, P. H.; TOBIAS, R. D.; ROM, D.; WOLFINGER, R. D.; HOCHBERG, Y. **Multiple Comparisons and Multiple Tests Using the SAS System**. 1. ed. Cary. SAS Institute Inc., 1999.

WILCKEN, C. F.; LIMA, A. C. V.; DIAS, T. K. R.; MASSON, M. V.; FERREIRA FILHO, P. J. POGETTO, M. H. F. A. D. **Guia Prático de Manejo de Plantações de Eucalipto**.

ZHANG, S.; LI, Q.; MA, K.; CHEN, L. **Temperature-Dependent Gas Exchange and Stomatal/Non-Stomatal Limitation to CO₂ Assimilation of Quercus Liaotungensis under Midday High Irradiance**. *Photosynthetica*, v. 39, n.3, 2001.