

RESSALVA

Atendendo solicitação do(a) autor(a), o texto completo desta tese/dissertação será disponibilizado somente a partir de 18/12/2025

At the author's request, the full text of this thesis/dissertation will not be available online until December 18, 2025

BEATRIZ LOURENÇO MANZATO

**PREDIÇÃO DE NÍVEIS DE NITROGÊNIO EM MUDAS DE *Eucalyptus*
spp. POR MEIO DE ESPECTRORRADIOMETRIA**

BOTUCATU

2023

BEATRIZ LOURENÇO MANZATO

**PREDIÇÃO DE NÍVEIS DE NITROGÊNIO EM MUDAS DE *Eucalyptus*
spp. POR MEIO DE ESPECTRORRADIOMETRIA**

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

Orientador: Prof. Dr. José Raimundo de
Souza Passos

Botucatu

2023

M296p

Manzato, Beatriz Lourenço

Predição de níveis de nitrogênio em mudas de
Eucalyptus spp. por meio de espectrorradiometria / Beatriz
Lourenço Manzato. -- Botucatu, 2024

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

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

Orientador: José Raimundo de Souza Passos

1. Espectroscopia de Infravermelho. 2. Análise
espectral. 3. Nutrição florestal. 4. Nitrogênio foliar. 5.
Viveiros florestais. 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.

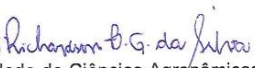
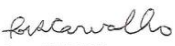
CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

Título:

PREDIÇÃO DE NÍVEIS DE NITROGÊNIO EM MUDAS DE *Eucalyptus* spp. POR MEIO DE
ESPECTRORRADIOMETRIA

AUTORA: BEATRIZ 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 Presencial)
Bioestatística Biologia Vegetal Parasitologia e Zoologia / Instituto de Biociências de Botucatu UNESP
Prof. Dr. FELIPE GIROTTTO CAMPOS (Participação Presencial)
Departamento de Biodiversidade e Bioestatística / Instituto de Biociências de Botucatu - UNESP
Prof. Dr. JOÃO RICARDO FAVAN (Participação Presencial)
Big Data no Agronegócio / Faculdade de Tecnologia de Pompéia
Prof. Dr. RICHARDSON BARBOSA GOMES DA SILVA (Participação Presencial)
Pós-Doutorando - Departamento de Ciência Florestal, Solos e Ambiente / Faculdade de Ciências Agrônômicas
de Botucatu
Prof.ª. Dr.ª. LIDIA RAQUEL DE CARVALHO (Participação Presencial)
Departamento de Biodiversidade e Bioestatística / Instituto de Biociências de Botucatu - UNESP

Botucatu, 18 de dezembro de 2023.

Aos meus pais, Cecília e Roberto e
à minha irmã gêmea Caroline,
Dedico

AGRADECIMENTOS

Primeiramente e acima de tudo, agradeço a Deus, por ser minha maior inspiração e nunca me abandonar nas horas mais difíceis. Sem Ele, jamais teria chegado até aqui.

Aos meus pais Cecília e Roberto por todo apoio, incentivo e palavras de encorajamento para que eu pudesse ter mais uma conquista em minha vida.

À minha irmã gêmea Caroline, por me ajudar na realização da parte prática e de algumas correções no trabalho e também pelas palavras de encorajamento.

Ao Claudinho do viveiro da FCA Unesp de Botucatu, pelos ensinamentos.

À Karla, aluna do PG em Ciência Florestal da FCA Unesp de Botucatu, pela ajuda com a fertirrigação das mudas.

Aos Profs. Drs. Maurício Acconcia Dias, Richardson Barbosa Gomes da Silva, Felipe Giroto Campos e à Profa. Dra. Lídia Raquel de Carvalho pelas correções e contribuições que fizeram para que o trabalho pudesse ser aprimorado.

Ao Prof. Dr. João Ricardo Favan, pela ajuda com a organização dos dados da reflectância foliar.

À Profa. Dra. Magali Ribeiro da Silva, pela ajuda com a metodologia e a instalação do experimento no viveiro da FCA Unesp de Botucatu.

Ao meu orientador, o Prof. Dr. José Raimundo de Souza Passos, por tudo que pude aprender com seus ensinamentos.

À Faculdade de Ciências Agrônômicas da Unesp de Botucatu, em especial ao Programa de Pós-graduação em Ciência Florestal, pela oportunidade em poder desenvolver meu projeto e conquistar o título de Doutora em Ciência Florestal.

À toda equipe da Biblioteca “Prof. Paulo de Carvalho Mattos” e da Seção Técnica de Pós-graduação da FCA Unesp de Botucatu, pela atenção em que tiveram com os esclarecimentos das minhas dúvidas e ajuda com o que eu precisei.

À Capes, pelo auxílio financeiro concedido por meio da bolsa de estudo, código de financiamento 001.

“É melhor obter sabedoria do que ouro! É melhor obter entendimento do que prata!”

Provérbios 16-16

“Pois a sabedoria é mais preciosa do que rubis; nada do que vocês possam desejar compara-se a ela. “Eu, a sabedoria, moro com a prudência, e tenho conhecimento que vem do bom senso”. Provérbios 8-12

RESUMO

O eucalipto (*Eucalyptus* spp.) é o gênero florestal que compõe a maior parte dos povoamentos florestais no Brasil. Uma das etapas mais importantes no estabelecimento de povoamentos florestais é a produção de mudas. A nutrição das mudas e o uso de substratos de cultivo apropriados são fatores essenciais para este processo. Com a falta ou excesso nutricional, ocorrem diferentes processos nas plantas, como alteração molecular; lesão subcelular; alteração celular; modificação no tecido, e por último, a manifestação visível do sintoma de deficiência ou toxicidade nutricional. Os métodos convencionais de diagnose de estresse nutricional apresentam algumas limitações. Como alternativa, o uso de novas tecnologias de sensoriamento remoto, como a espectrometria no infravermelho-próximo e de ondas curtas (NIR-SWIR) permite prever por meio da resposta espectral das folhas seu estado nutricional e um maior controle e precisão do manejo nutricional nos viveiros florestais. O presente trabalho teve por objetivo avaliar se é possível prever a concentração de nitrogênio em mudas *Eucalyptus urophylla* (clone I144) por meio da espectrometria de infravermelho próximo e de ondas curtas (NIR-SWIR). Por meio da espectrometria de infravermelho próximo e de ondas curtas foi possível identificar os tratamentos em que as mudas de *Eucalyptus urophylla* (clone I144) foram submetidas.

Palavras-Chave: Espectroscopia; NIR-SWIR; Nutrição Florestal; Sensoriamento Remoto.

ABSTRACT

Eucalyptus (*Eucalyptus* spp.) is the forest genus that makes up the majority of forest stands in Brazil. One of the most important steps in establishing forest stands is the production of seedlings. Seedling nutrition and the use of appropriate growing substrates are essential factors for this process. With a lack or excess of nutrition, different processes occur in plants, such as molecular changes; subcellular injury; cellular change; modification in the tissue, and finally, the visible manifestation of the symptom of nutritional deficiency or toxicity. Conventional methods for diagnosing nutritional stress have some limitations. As an alternative, the use of new remote sensing technologies, such as near-infrared and short-wave spectrometry (NIR-SWIR), allows the nutritional status of leaves to be predicted through the spectral response and greater control and precision of nutritional management in forest nurseries. The present work aimed to evaluate whether it is possible to predict the nitrogen concentration in *Eucalyptus urophylla* seedlings (clone I144) using Near-Infrared and Shortwave Spectrometry (NIR-SWIR). Using near-infrared and short-wave spectrometry, it was possible to identify the treatments to which *Eucalyptus urophylla* seedlings (clone I144) were subjected.

Keywords: Near-Infrared Spectroscopy; Forest Nutrition; Remote Sensing Techniques.

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO.....	19
2	REFERENCIAL TEÓRICO.....	22
2.1	<i>Eucalyptus</i> spp.....	22
2.2	Nutrição de plantas em viveiros florestais.....	23
2.3	Importância do Nitrogênio para as plantas.....	27
2.4	Estresse nutricional.....	28
2.5	Diagnoses dos sintomas de estresse nutricional.....	29
2.5.1	Diagnose Visual.....	30
2.5.2	Diagnose Foliar.....	31
2.6	Radiação Eletromagnética (REM) e sua Interação com a Vegetação.....	32
2.7	Espectrorradiometria de reflectância.....	36
2.8	Predição da Composição foliar por meio de Espectrometria de Infravermelho próximo (NIR).....	37
3	MATERIAL E MÉTODOS.....	41
3.1	Área de estudo.....	41
3.2	Material genético.....	41
3.3	Delineamento Experimental.....	42
3.4	Aplicação dos tratamentos e manejo hídrico.....	43
3.5	Procedimentos da aquisição das reflectâncias foliares.....	44
3.6	Metodologia estatística.....	46
3.6.1	Estudo descritivo dos dados de reflectância foliar.....	46
3.6.2	Redução da dimensionalidade dos dados de reflectância foliar - Componentes Principais.....	46
3.6.3	Efeito dos tratamentos no primeiro componente principal – Modelos Lineares Generalizados.....	47
3.6.4	Efeito dos tempos no primeiro componente principal – Modelos Lineares Normais.....	48
3.6.5	Simulação <i>Bootstrap</i> aplicada à classificação dos tratamentos.....	48
3.6.6	Redução da dimensionalidade dos dados de reflectância foliar – Componentes Principais.....	50
3.6.7	Classificação dos tratamentos pelo Modelo Logístico Multinomial e Função Linear/Quadrática Discriminante.....	50

3.6.8 Seleção dos melhores modelos.....	51
3.7 Resumo da metodologia estatística.....	51
4 Resultados e Discussão.....	53
4.1 Estudo descritivo dos dados de reflectância foliar.....	53
4.2 Redução da dimensionalidade dos dados de reflectância – Componentes Principais.....	57
4.3 Efeito dos tratamentos no primeiro componente principal - Modelos Lineares Generalizados.....	60
4.4 Efeito dos tempos (dias) após as mudas serem submetidas aos tratamentos no primeiro componente principal (prin1) - Modelos de Regressão Lineares Generalizados.....	66
4.5 Classificação dos tratamentos pelo Modelo Logístico Multinomial e Função Linear/Quadrática Discriminante.....	68
4.5.1 Seleção dos melhores modelos.....	69
CONCLUSÕES.....	71
REFERÊNCIAS.....	73
APÊNDICE A - Tabela de confusão e melhores percentuais médios de acerto (acurácia) das 1.000 simulações pelo método de reamostragem <i>bootstrap</i> , segundo categorias de tratamentos e do modelo logístico multinomial para o tempo 7 dias após as mudas serem submetidas aos tratamentos.....	83
APÊNDICE A (continuação) - Tabela de confusão e melhores percentuais médios de acerto (acurácia) das 1.000 simulações pelo método de reamostragem <i>bootstrap</i> , segundo categorias de tratamentos e do modelo logístico multinomial para o tempo 7 dias após as mudas serem submetidas aos tratamentos.....	84
APÊNDICE B – Tabela de confusão e melhores percentuais médios de acerto (acurácia) das 1.000 simulações pelo método de reamostragem <i>bootstrap</i> , segundo categorias de tratamentos e do modelo logístico multinomial para o tempo 11 dias após as mudas serem submetidas aos tratamentos.....	85
APÊNDICE B (continuação) – Tabela de confusão e melhores percentuais médios de acerto (acurácia) das 1.000 simulações pelo método de reamostragem <i>bootstrap</i> , segundo categorias de tratamentos e do modelo	

logístico multinomial para o tempo 11 dias após as mudas serem submetidas aos tratamentos.....86

APÊNDICE C – Tabela de confusão e melhores percentuais médios de acerto (acurácia) das 1.000 simulações pelo método de reamostragem *bootstrap*, segundo categorias de tratamentos e do modelo logístico multinomial para o tempo 16 dias após as mudas serem submetidas aos tratamentos.....87

APÊNDICE C (continuação) – Tabela de confusão e melhores percentuais médios de acerto (acurácia) das 1.000 simulações pelo método de reamostragem *bootstrap*, segundo categorias de tratamentos e do modelo logístico multinomial para o tempo 16 dias após as mudas serem submetidas aos tratamentos.....88

APÊNDICE D – Tabela de confusão e melhores percentuais médios de acerto (acurácia) das 1.000 simulações pelo método de reamostragem *bootstrap*, segundo categorias de tratamentos e do modelo logístico multinomial para o tempo 22 dias após as mudas serem submetidas aos tratamentos.....89

APÊNDICE D (continuação) – Tabela de confusão e melhores percentuais médios de acerto (acurácia) das 1.000 simulações pelo método de reamostragem *bootstrap*, segundo categorias de tratamentos e do modelo logístico multinomial para o tempo 22 dias após as mudas serem submetidas aos tratamentos.....90

1 INTRODUÇÃO

O eucalipto (*Eucalyptus* spp.) é o gênero florestal que compõe a maior parte dos povoamentos florestais no Brasil (EMBRAPA, 2014). A área total plantada com eucalipto no Brasil em 2021 foi de 7,53 milhões de hectares, com produtividade média de 36,0 m³/ha/ano, destacando-se principalmente os estados de Minas Gerais (30%), Mato Grosso do Sul (14%) e São Paulo (13%) (IBÁ, 2022).

Entretanto, o sucesso dos povoamentos florestais se deve a diversos fatores, como práticas silviculturais, melhoramento genético, solo, produção de mudas florestais, entre outros.

Obter mudas de qualidade do ponto de vista nutricional é essencial para o êxito de plantios florestais, sendo os viveiros, o início de todo um ciclo produtivo, representando o início da cadeia produtiva do estabelecimento florestal (HIGASHI; SILVEIRA, 2004). As plantas necessitam de nutrientes essenciais em doses adequadas, pois quando inadequadas se tornam limitantes para seu desenvolvimento e sobrevivência.

Se no viveiro não forem produzidas mudas com manejos (hídrico, nutricional, fitossanitário, entre outros) adequados, refletindo em mudas de qualidade, quando as mesmas forem levadas a campo, as suas chances de sobrevivência e consequentemente, seu estabelecimento serão diminuídos.

Apesar da literatura indicar valores de referência, cada viveiro adota uma recomendação nutricional para as espécies do gênero *Eucalyptus*, a qual, na maioria dos casos, é baseada na experiência de cada viveirista.

Entretanto, com a adoção dessas medidas, as mudas podem sofrer algum tipo de estresse nutricional pela falta ou excesso de nutrientes. Porém, se as plantas estiverem sob estresse nutricional, o mesmo se manifestará visualmente, e quando isso ocorre, a produtividade e sobrevivência das mesmas podem ter sido comprometidas.

Normalmente, não é uma prática adotada pelos viveiros florestais realizar diagnose foliar para o diagnóstico do estado nutricional das mudas, devido ser uma análise destrutiva, de alto custo, demandar tempo necessário para sua realização e não ser possível realizar uma correção nutricional antes do desenvolvimento das plantas terem sido comprometidos.

São realizadas intervenções no manejo nutricional quando é observado a ocorrência de sintomas visuais característicos ocasionados pela falta ou excesso de determinado nutriente (diagnose visual). Mas, a diagnose visual não fornece dados da magnitude dos danos causados, e quando surgem os sintomas, ocorreram diversos processos metabólicos que muitas vezes são irreversíveis, o que dificulta na tomada de decisão do manejo nutricional resultando em perdas significativas na produção de mudas de eucalipto, e conseqüentemente sua sobrevivência após o plantio em campo.

Visto que os métodos convencionais envolvendo as diagnoses visuais e foliares do estado nutricional das plantas, principalmente das mudas florestais, possuem algumas limitações, faz-se necessário minimizá-las por meio do desenvolvimento e adoção de novas tecnologias.

O uso de novas tecnologias de sensoriamento remoto, como a espectrometria nas faixas espectrais do infravermelho-próximo (NIR) e de ondas curtas (SWIR) pode representar uma alternativa, visando complementar esses métodos de diagnoses convencionais.

A NIRS permite identificar a nível celular modificações das estruturas das folhas das plantas, portanto, a técnica possui potencial em prever por meio da resposta espectral das folhas seu estado nutricional, e com isso, possibilitar um maior controle e precisão do manejo nutricional nos viveiros florestais.

Desse modo, corroborando para um manejo nutricional mais eficiente, tanto do ponto de vista ambiental, quanto econômico, minimizando o uso excessivo dos recursos naturais e, conseqüentemente, reduzindo custos e fornecendo às plantas, os nutrientes requeridos para seu desenvolvimento em quantidades adequadas, sem que haja dosagem inferior ou superdosagem.

O emprego da NIRS também poderá possibilitar a identificação de estresses nutricionais e a possível correção do manejo nutricional nos viveiros florestais antes do surgimento dos sintomas visuais característicos provenientes da deficiência ou toxicidade, pois permite identificar a nível celular as mudanças nos processos fisiológicos das plantas por meio do seu comportamento espectral. Essa característica (predição) da NIRS permitirá que os danos provenientes do estresse nutricional sejam evitados, devido a técnica prever desde a primeira mudança na reflectância foliar se as mudas estão com alguma alteração celular decorrente de estresse nutricional, e

consequentemente dar suporte aos viveiristas na tomada de decisão antes das mudas desenvolverem os sintomas e prejudicar seu desenvolvimento.

O presente trabalho teve por objetivo geral avaliar se é possível prever diferentes níveis de nitrogênio em mudas de *Eucalyptus urophylla* (clone I144) por meio da Espectrometria de Infravermelho-Próximo e de ondas curtas (NIR-SWIR).

CONCLUSÕES

De modo geral, a espectrometria na região espectral do infravermelho próximo e de ondas curtas foi capaz de identificar os tratamentos das mudas de *Eucalyptus urophylla* (clone I144) submetidas ao tratamento sem nitrogênio (T1) das mudas submetidas aos tratamentos com a dose recomendada e o dobro da dose recomendada de nitrogênio (tratamentos T3 e T4, respectivamente).

Dessa forma, a técnica de espectrometria de infravermelho próximo e de ondas curtas aliada ao modelo de regressão logística multinomial foi eficiente para detectar diferentes concentrações de nitrogênio em mudas de *Eucalyptus urophylla* (clone I144).

Portanto, é uma técnica promissora a ser empregada em viveiros florestais que necessitem de um suporte para um melhor manejo nutricional na fase de mudas, visando mudas de qualidade em quantidade e uma produção de mudas mais sustentável, minimizando o uso excessivo de fertilizantes em sua produção.

Salientamos que a espectrometria de infravermelho próximo e de ondas curtas não substitui as técnicas tradicionais de identificação de estresse nutricional. Esses métodos tradicionais são fundamentais para a modelagem de novas tecnologias em métodos supervisionados (como o utilizado neste trabalho).

Estudos posteriores a esse, utilizando outras espécies florestais e o efeito da interação eletromagnética na região espectral do infravermelho próximo e de ondas curtas com outros nutrientes e aliados aos aspectos morfofisiológicos das espécies, se tornam importantes ferramentas para o emprego dessa técnica em larga escala, para que essa técnica seja difundida não apenas na literatura acadêmica e científica, mas que possa estar presente na rotina dos viveiros florestais.

REFERÊNCIAS

- ACQUAH, G. E.; VIA, B. K.; FASINA, O. O.; ECKHARDT, L. G. **Non-Destructive Prediction of the Properties of Forest Biomass for Chemical and Bioenergy Applications Using near Infrared Spectroscopy**. Journal of Near Infrared Spectroscopy, v. 23, n. 2, 2015.
- ALBA, J. M. F.; CRUZ, L. E. C.; DUCATI, J. R.; DOMINGUES, J. M. M.; MORAES, J. O.; CUNHA, H. N. **Espectrorradiometria na agricultura de precisão: estudo de caso em solos de terras baixas, Capão do Leão, RS, Brasil**. In: OLIVEIRA, R. J. de (Org.). Agricultura em foco: tópicos em manejo, fertilidade do solo e impactos ambientais. Guarujá: Científica, v. 1, cap. 27, p. 193-202, 2020.
- ANDRADE, A. C.; FONSECA, D. M.; QUEIROZ, D. S.; SALGADO, L.T.; CECON, P. R. **Adubação nitrogenada e potássica em capim-elefante (*Pennisetum purpureum* Schum. cv. Napier)**. Ci. Agrotec., p.1643-1651, 2003.
- ARNON, D.I.; STOUT, P.R. **The essentiality of certain elements in minute quantity for plants with special reference to copper**. Plant physiology, v. 14, n. 2, p. 371, 1939.
- AYALA-SILVA, T.; BEYL, C. A. **Use of neural networks to discriminate between control leaves of wheat or those deficient in nitrogen, phosphorus, potassium, and calcium using spectral data**. Proceedings of the 5th Biannual World Automation Congress, Orlando, FL, USA, pp. 49-57, 2002.
- BALDIN, T.; TALGATTI, M.; DA SILVEIRA, A. G.; DOS SANTOS, G. A.; DOS SANTOS, O. P.; VALENTE, B. M. dos R. T. **Modelos NIRS para as características químicas da madeira de *Eucalyptus benthamii* Maiden & Cabbage**. Caderno de Ciências Agrárias, v. 12, 2020.
- BAPTISTA, G. **Fundamentos de Sensoriamento Remoto**. Disponível em: <https://dx.doi.org/10.6084/m9.figshare.15087123>. Acesso em 22 set. 2023.
- BATAGLIA, O. C.; DECHEN, A. R.; SANTOS, W. R. dos. **Princípios da diagnose foliar**. In: ALVAREZ V., V. H.; FONTES, L. E. F. F.; FONTES, M. P. F. (Ed.). O solo nos grandes domínios morfológicos do Brasil e o desenvolvimento sustentável. Viçosa, MG: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo: Universidade Federal de Viçosa, p. 647-660, 1996.
- BRASIL, E. C.; VIÉGAS, I. de J. M.; SILVA, E. S. A.; GATO, R. F. **Nutrição e adubação: conceitos e aplicações na formação de mudas de pimenta longa**. Belém: Embrapa Amazônia Oriental, 23p. (Embrapa Amazônia Oriental. Documentos, 13), 1999.
- BRUUN, S.; STENBERG, B.; BRELAND, T. A.; GUDMUNDSSON, J.; HENRIKSEN, T. M.; JENSEN, L. S.; KORSAETH, A.; LUXHOI, J.; PÁLMASON, F.; PEDERSEN, A.; SALO, T. **Empirical predictions of plant material C and N mineralization patterns from near infrared spectroscopy, stepwise chemical digestion and C/N ratios**. Soil Biology and Biochemistry, v. 37, n. 12, 2005.
- CAMARGO, M. S. A. **Importância do uso de fertilizantes para o meio ambiente**. Pesquisa & Tecnologia, Campinas, vol. 9, n. 2, 2012.

CARVALHO NETO, J. P.; SILVA, E. B.; SANTANA, R. C.; GRAZZIOTTI, P. H.; FERNANDES, J. S. C.; FREITAS, J. P. X. de; SOUZA, C. V. de. **Partição de biomassa seca e nutriente em minicepas de eucalipto influenciada pela adubação NPK**. Ciência Florestal, Santa Maria, v. 22, n. 3, p. 467-476, jul.-set., 2012.

CHAVES, C. M. M. B. **Diagnose nutricional de enxofre em eucalipto por análise não destrutiva**. Dissertação (Mestrado em Produção Vegetal), Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri-MG, 2017.

CIB, CONSELHO DE INFORMAÇÃO SOBRE BIOTECNOLOGIA. **Guia do Eucalipto: oportunidade para um desenvolvimento sustentável**. 2014.

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, M. C. G.; TONINI, H.; SCHWENGBER, J. A. M. **Aspectos sobre nutrição e adubação do eucalipto: fundamentos para pesquisas em Roraima**. Boa Vista, RR: Embrapa Roraima, 29p. (Embrapa Roraima. Documentos, 03), 2008.

CURRAN, P. J. **Remote sensing of foliar chemistry**. Remote Sensing of Environment, v.30, n.3, 1989.

DA SILVA, R. B. G.; SIMÕES, D.; DA SILVA, C. R. R.; DELGADO, L. G. M.; DOS SANTOS, R. L.; MUNIS, R. A. **Produção de mudas clonais de Eucalyptus em viveiros florestais**. In: DA SILVA, M. C. A. C. (Org.). Tópicos especiais sobre a cultura do eucalipto. SP: Bauru, Spessoto, 2022.

DELL, B.; MALAJCZUK, N.; GROVE, T. S. **Nutrients disorders in plantation eucalypts**. Camberra: Australian Center for International Agriculture Research, 104p., 1995.

DE AMORIM, V. da S. S.; MONTEIRO, K. M. S.; SOUSA, G. O.; DAMASCENA, J. F.; PEREIRA, J. A.; MORAES, W. dos S. **Os benefícios ambientais do plantio de eucalipto: revisão de literatura**. Research, Society and Development, v.10, n.11, 2021.

DE OLIVEIRA, M. A.; LEITE, R. S.; MANDARINO, J. M. G. Avaliação de Indicadores de Qualidade Tecnológica da Soja por Espectroscopia no Infravermelho Próximo. In: TIBOLA, C. S.; DE MEDEIROS, E. P.; SIMEONE, M. L. F.; DE OLIVEIRA, M. A. (Editores técnicos). Brasília, DF: Embrapa, 2018.

DE PAULA, M. A.; VIEIRA, O. V.; MENOSSI, S.; CARVALHO, J. E.; ABUCÁTER, C. R. V. Aplicações da Espectroscopia no Infravermelho Próximo na Cadeia Produtiva de Grãos. In: TIBOLA, C. S.; DE MEDEIROS, E. P.; SIMEONE, M. L. F.; DE OLIVEIRA, M. A. (Editores técnicos). Brasília, DF: Embrapa, 2018.

DEL QUIQUI, E. M.; MARTINS, S. S.; PINTO, J. C.; PARAZZI, P. J.; MUNIZ, A. S. **Crescimento e composição mineral de mudas de eucalipto cultivadas sob condições de diferentes fontes de fertilizantes**. Acta Scientiarum. Agronomy. Maringá, v. 26, n. 3, p. 293-299, 2004.

DOS SANTOS, A. F.; AUER, C. G.; GRIGOLETTI JÚNIOR, A. **Doenças do eucalipto no sul do Brasil: identificação e controle**. Embrapa: Circular Técnica, n.45, Colombo, PR, 2001.

DURYEA, M. L. Evaluating seedling quality importance to reforestation. In: DURYEA, M. L. **Evaluating seedling quality principles, procedures, and predictive abilities of major tests** Corvallis: Forest Research Laboratory Oregon State University, p. 1-6, 1985.

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.

EPSTEIN, E; BLOOM, A. J. **Nutrição mineral de plantas: princípios e perspectivas.** 2. ed. Londrina: Ed. Plantas, p. 42-65, 2006.

FAQUIN, V. **Diagnose do estado nutricional das plantas.** Monografia (Especialização em Fertilidade do solo e Nutrição de plantas no agronegócio), Universidade Federal de Lavras, MG, 2002.

FAQUIN, V. **Nutrição mineral de plantas.** Monografia (Especialização em solos e meio ambiente). Universidade Federal de Lavras, MG, 2005.

FERRARESI, T. M.; SILVA, W. T. L. da; MARTIN NETO, L.; SILVEIRA, P. M. da; MADARI, B. E. **Espectroscopia de infravermelho na determinação da textura do solo.** Rev. Bras. Ciênc. Solo, Viçosa, v. 36, n. 6, p. 1769-1777, 2012.

FLOSS, E. L. **Fisiologia das plantas cultivadas: o estudo que está por trás do que se vê.** 3.ed. Passo fundo: Universidade de Passo Fundo, 2006.

FOELKEL, C. E. B. **Eucalipto no Brasil, história de pioneirismo.** Visão Agrícola, n.4, 2005.

FOLEY, W., MCILWEE, A., LAWLER, I.; ARAGONÉS, L.; WOOLNOUGH, A. P.; BERDING, N. **Ecological applications of near infrared reflectance spectroscopy – a tool for rapid, cost-effective prediction of the composition of plant and animal tissues and aspects of animal performance.** Oecologia, v.116, 1998.

FORATO, L. A.; BERNARDES FILHO, R.; OSIRO, D.; BICUDO, T. de C.; COLNAGO, L. A. A Espectroscopia na região do Infravermelho e algumas aplicações. São Carlos: Embrapa Instrumentação Agropecuária, 2010.

FREITAG, A. S. **Frequências de irrigação para *Eucalyptus grandis* e *Pinus elliottii* em viveiro.** Dissertação (mestrado em Engenharia Agrícola). Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2007.

GONÇALVES, J. L. M. **Recomendações de Adubação para *Eucalyptus*, *Pinus* e Espécies Típicas da Mata Atlântica.** Documentos Florestais, Piracicaba, v. 15, p. 1-23, 1995.

GONÇALVES, J. L. M.; SANTARELLI, E. G.; MORAES NETTO, S. P. de; MANARA, M. P.; STAPE, J. L. **Produção de mudas de espécies nativas: substrato, nutrição, sombreamento e fertilização.** In: GONÇALVES, J. L. M.; BENEDETI, V. (Eds.). Nutrição e fertilização florestal. Piracicaba: IPEF, p. 309-350, 2000.

GONZÁLEZ, E. R. **Transformação genética de *Eucalyptus grandis* e do híbrido *E. grandis* x *E. urophylla* via *Agrobacterium*.** Tese (Doutorado em Agronomia). Escola Superior de Agronomia “Luis de Queiroz”, 2002.

GOULART, I. C. G. R.; MARTINS, G.; SANTAROSA, E.; PENTEADO, J. F.; DERETI, R. M.; IEDE, E. T. **Diagnóstico preliminar das demandas por tecnologias florestais em cooperativas agropecuárias do estado do Paraná**. Colombo: Embrapa Florestas, Documentos, 234.

GRATTAPAGLIA, D. **Genômica aplicada à genética e melhoramento de Eucalyptus na Embrapa: 25 anos de avanços e as perspectivas para o futuro**. In: OLIVEIRA, E. B. de; PINTO JUNIOR, J. E. (Ed.). O eucalipto e a Embrapa: quatro décadas de pesquisa e desenvolvimento. Brasília, DF: Embrapa, 2021.

GUO, T.-T.; GUO, L.; WANG, X.-W.; LI, M. **Application of NIR Spectroscopy in Classification of Plant Species**. First International Workshop on Education Technology and Computer Science, 2009.

GUO, T.-T.; ZHANG, B.; GHU, L.; LI, D.-S.; WU, Y.; WU, J.-J.; ZHAO, L. **Classification of Plant Leaves by Near-infrared Spectroscopy using ANN and Wavelet**. Second International Workshop on Education Technology and Computer Science, 2010.

HARPER, J. E. **Nitrogen metabolism**. In: BOOTE, K. J.; BENNETT, J. M.; SINCLAIR, T. R. (Ed.). Physiology and determination of crop yield. Madison: American Society of Agronomy: Crop Science Society of America: Soil Science Society of America, p. 285-302, 1994.

HIGASHI, E. N.; SILVEIRA, R. L. A. **Fertirrigação em viveiros de mudas de Eucalyptus e Pinus**. In: Fertirrigação: teoria e prática. BOARETTO, A. E.; VILLAS BOAS, R. L.; SOUZA, W. F. PARRA, L. R. V. (Eds.) 1ed. Piracicaba, v.1, p.677-725, 2004 (CD-Rom).

HIGASHI, E. N.; SILVEIRA, R.L.A. **Fertirrigação em viveiros de mudas de Eucalyptus e Pinus**. In: BOARETTO, A. E.; VILLAS BOAS, R. L.; SOUZA, V. F.; PARRA, I. R. V. (Eds.). Fertirrigação: teoria e prática. Piracicaba, 2006.

HIGASHI, E. N.; SILVEIRA, R. L. V. A.; GONÇALVES, A. N. **A evolução do jardim clonal na produção de mudas**. IPEF notícias, v. 24, n. 148, p. 4-6, 2000.

HUNGRIA, M.; CAMPO, R. J.; MENDES, I. C. **A importância do processo de fixação biológica do nitrogênio para a cultura da soja: componente essencial para a competitividade do produto brasileiro**. Londrina: Embrapa Soja: Embrapa Cerrados. 80p. (Documentos/Embrapa Soja, ISSN 1516-781X; n.283), 2007.

IBÁ, Indústria Brasileira de Árvores. **Relatório Ibá 2016**. Brasília, DF, 2016.

IBÁ, Indústria Brasileira de Árvores. **Relatório Ibá 2022**. Brasília, DF, 2022.

JENSEN, J. R. **Sensoriamento remoto do ambiente: uma perspectiva em recursos terrestres**. São José dos Campos, SP: Parêntese, 2009.

JIN, C.; HUANG, M. LIU, F.; HE, Y.; LI, X. **Estimating Nitrogen Status of Plant by Vis/NIR Spectroscopy and Mathematical Model**. Fifth International Conference on Natural Computation, Tianjian, China, 2009.

JOHNSON, R.; WICHERN, D. **Applied Multivariate Statistical Analysis**. 6 ed. Prentice Hall, New Jersey, 2014.

KÄFER, P., S., REX, F. E., SANTOS, M.; SEBEM, E. **Caracterização espectral e NDVI de espécies florestais das famílias Fabaceae, Myrtaceae, Rutaceae e Salicaceae.** ENCICLOPÉDIA BIOSFERA, Centro Científico Conhecer - Goiânia, v.13 n.23; p. 2016.

KREZHOVA, D.; KIROVA, E. **Hyperspectral remote sensing of the impact of environmental stresses on nitrogen fixing soybean plants (*Glycine max L.*).** Proceedings of 5th International Conference on Recent Advances in Space Technologies, Istanbul, Turkey, pp. 172-177, 2011.

LEBLON, B.; ADEDIPE, O.; HANS, G.; HADDADI, A.; TSUCHIKAWA, S.; BURGER, J.; STIRLING, R.; PIROUZ, Z.; GROVES, K.; NADER, J.; LAROCQUE, A. **A review of near-infrared spectroscopy for monitoring moisture content and density of solid wood.** The Forestry Chronicle, v. 89, n. 5, 2013.

LESTARI, W. A.; HERDIYENI, Y.; PRASETYO, L. B.; HASBI, W.; ARAI, K.; OKUMURA, H. **Nitrogen estimation of paddy based on leaf reflectance using Artificial Neural Network.** 7th International Conference of Soft Computing and Pattern Recognition, Fukuoka, Japan, pp. 224-229, 2015.

LI, J.; SUN, L. **Non-destructive Detection the Content of Acid Detergent Fiber in Corn Stalk Using NIRS.** 4th International Conference on Measurement, Information and Control (ICMIC), p.89-92, 2019. doi: 10.1109/ICMIC48233.2019.9068554.

LIEW, O. W.; CHONG, P. C. J.; LI, B.; ASSUNDI, A. K. **Optical Spectroscopic Approach for Non-Invasive Monitoring of Plant Water and Nutrient Stress.** Conference on Lasers and Electro-Optics - Pacific Rim, 2007.

LIMA FILHO, O. F. de. **Desordens nutricionais em plantas.** Dourados: Embrapa Agropecuária Oeste. (Comunicado técnico, n.257), 2020.

LIU, K.; ZHAO, W.; GUO, X.; WANG, Y.; MIAO, Q. **Determination the nitrogen status of wetlands using emergent macrophytes leaf spectral reflectance.** International Geoscience and Remote Sensing Symposium, Vancouver, BC, Canadá, pp. 2161-2164, 2011.

LOPES, J. L. W.; GUERRINI, I. A.; SAAD, J. C. C.; DA SILVA, M. R. **Nutrição mineral de mudas de eucalipto produzidas sob diferentes lâminas de irrigação e substratos.** Revista Brasileira Ciência do Solo, 31:713-722, 2007.

MA, H.; JI, H. **Development of Portable Plant Components Measurement Instrument Based on Near-infrared Spectroscopy.** 10th World Congress on Intelligent Control and Automation, 2012.

MAGALHÃES, W. L. E.; ZANGISKI, F.; KLEIN, C. H.; HIGA, A. R. **Uso da Espectroscopia no Infravermelho Próximo (NIR) para Predição Não-Destrutiva de Densidade Básica da Madeira de *Pinus taeda*.** Comunicado Técnico, 159. Embrapa Florestas: Colombo, PR, 2006.

MALAVOLTA, E.; VITTI, G. C.; OLIVEIRA, S. A. **Avaliação do estado nutricional das plantas: Princípios e Aplicação.** Associação Brasileira para Pesquisa do Potássio e do Fósforo. Piracicaba, 1989.

MALAVOLTA, E.; VITTI, G. C.; OLIVEIRA, S. A. **Avaliação do estado nutricional das plantas: princípios e aplicações** Piracicaba: Associação Brasileira para a Pesquisa da Potassa e do Fósforo, 1997.

MARTINEZ, H. E. P.; CARVALHO, J. G.; SOUZA, R. B. **Diagnose foliar**. In: RIBEIRO, A. C.; GUIMARÃES, P. T. G.; ALVAREZ V., V. H. (eds.). *Recomendações para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais. 5ª Aproximação*. Viçosa: UFV, 1999.

MARTINI, A. J. O plantador de eucaliptos: A questão da preservação florestal no Brasil e o resgate documental do legado de Edmundo Navarro de Andrade. Dissertação (Mestrado em História Social). Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2004.

MARTINS, J. A.; SARGENTELLI, V. **Infravermelho próximo na avaliação quantitativa foliar**. Revista Prospectus, v. 3, n. 1, p. 33-55, Fev/Ago, 2021.

MCMURTREY, J. E.; MIDDLETON, E. M.; CORP, L. A.; CAMPBELL, P. K. E.; BUTCHE, L. M.; DAUGHTRY, C. S. T. **Optical reflectance and fluorescence for detecting nitrogen needs in Zea mays L.** International Geoscience and Remote Sensing Symposium. Toulouse, France, pp. 4602-4604 v.7, 2003.

MEERT, L. **Propriedades ópticas de folhas de milho em função de diferentes teores de pigmentos e estimativa não destrutiva do teor foliar de fósforo e da produtividade**. Tese (Doutorado em Agronomia). Universidade Estadual do Centro-Oeste, Santa Cruz, PR, 2020.

MENESES, P. R.; ALMEIDA, T. de; BAPTISTA, G. M. de M. (ed.). **Reflectância dos materiais terrestres: análise e interpretação**. São Paulo: Oficina de Textos, 2019.

MIFLIN, B. J., LEA, P. J. **The pathway of nitrogen assimilation in plants**. Phytochemistry, New York, v.15, p.873-885, 1976.

MORAES, E. C. **Fundamentos de Sensoriamento Remoto**. In: MORAES, E. C.; RUDORFF, B. F. T.; MOREIRA, F.; PONZONI, F. J.; CAMARGO JÚNIOR, H.; CONFORTE, J. C.; MOREIRA, J. C.; EPINHANIO, J. C. N.; KAMPEL, M.; DE ALBUQUERQUE, P. C. G.; MARTINI, P. R.; DOS SANTOS, V. M. N.; SAUSEN, T. M. *Curso de uso de sensoriamento remoto no estudo do meio ambiente*. INPE: São José dos Campos, 2002.

MORAES NETO, S. P.; GONÇALVES, J. L. M.; RODRIGUES, C. J.; GERES, W. L. A.; DUCATTI, F.; AGUIRRE JUNIOR, J. A. de. **Produção de mudas de espécies arbóreas nativas com combinações de adubos de liberação controlada e prontamente solúveis**. Revista Árvore, Viçosa, v.27, n.6, p.779-789, 2003.

MOREIRA, F. M. de S.; SIQUEIRA, J. O. **Microbiologia e Bioquímica do Solo**. Lavras: Editora UFLA, 2002.

MOREIRA, M. A. **Fundamentos do sensoriamento remoto e metodologia de aplicação**. São José dos Campos: INPE, 2001.

MROCZYK, W. B.; MICHALSKI, K. M. **Quantitative and qualitative in near infrared analysis of basic compounds in sugar beet leaf**. Computers Chemistry, v.19, n.3, p.299-301, 1995.

OCEAN OPTICS, Inc. **Flame-NIR Miniature Spectrometer**: User Manual. 2016. Disponível em: <<https://www.oceaninsight.com/globalassets/catalog-blocks-and-images/manuals--instruction-ocean-optics/spectrometer/flamenir.pdf>>.

ORDÓÑEZ, C.; RODRÍGUEZ-PÉREZ, J. R.; MOREIRA, J. J.; SANZ, E. Using Hyperspectral Spectrometry and Functional Models to Characterize Vine-Leaf Composition. *Transactions on Geoscience and Remote Sensing*, vol. 51, no. 5, pp. 2610-2618, 2013.

PAIVA, H. N. de; GOMES, J. M. **Viveiros Florestais**. Viçosa, MG, Universidade Federal de Viçosa, 56 p., 1993.

PES, L. Z.; ARENHARDT, M. H. **Fisiologia vegetal**. Santa Maria, RS: Universidade Federal de Santa Maria, Colégio Politécnico, Rede e-Tec Brasil, 2015.

PINTO JÚNIOR, J. E.; SANTAROSA, E.; GOULART, I. C. G. R. **Histórico do cultivo de eucalipto**. In: SANTAROSA, E.; PENTEADO JÚNIOR, J. F.; GOULART, I. C. G. R. (editores técnicos). *Transferência de tecnologia florestal: cultivo de eucalipto em propriedades rurais: diversificação da produção e renda* – Brasília, DF: Embrapa, 138 p., 2014.

PONZONI, F. J. **Sensoriamento Remoto no estudo da vegetação: Diagnosticando a Mata Atlântica**. In: MORAES et al. *Curso de uso de Sensoriamento Remoto no estudo do meio ambiente*. INPE: São José dos Campos, 2002.

PORTENGEN, L. **Classifying mangroves in vietnam using radar and optical satellite remote sensing: processing sentinel-1 and sentinel-2 imagery in google earth engine**. Dissertação (Mestrado em Ciências da Terra Aplicadas). Delft University of Technology, 2017.

RAIJ, B. V. **Fertilidade do solo e adubação**. São Paulo: Ceres, Piracicaba: POTAFOS, 343 p., 1991.

RAJESH, P. K. S.; KUMARAVELU, C.; GOPAL, A.; SUGANTHI, S. **Studies on identification of medicinal plant variety based on NIR spectroscopy using plant leaves**. 15th International Conference on Advanced Computing Technologies (ICACT), Rajampet, India, pp. 1-4, 2013.

RAMALHO, F. M. G.; ANDRADE, J. M.; HEIN, P. R. G. **Rapid discrimination of wood species from native forest and plantations using near infrared spectroscopy**. *Forest Systems*, v. 27, n. 2, 2018.

RAMOS, M. J. M.; MONNERAT, P. H.; DE CARVALHO, A. J. C.; PINTO, J. L. A.; DA SILVA, J. A. **Caracterização de sintomas de deficiência de macronutrientes e de boro em abacaxizeiro cultivar imperial**. *Revista Brasileira de Fruticultura*, Jaboticabal, SP, v. 31, n. 1, p. 252-256, 2009.

RECH, A. F.; WERNER, S. S. **Utilização da tecnologia NIRS para predição dos valores nutricionais de forrageiras**. *Agropecuária Catarinense*, v.33, n.1, 2020.

REIS, A.; LOPES, C. A.; MORETTI, C. L.; RIBEIRO, C. S. da C.; CARVALHO, C. M. M.; FRANÇA, F. H.; VILLAS BÔAS, G. L.; HENZ, G. P.; DA SILVA, H. R.; BIANCHETTI, L. de B.; VILELA, N. J.; MAKISHIMA, N.; DE FREITAS, R. A.; DE SOUZA, R. B.; DE CARVALHO, S. I. C.; BRUNE, S.; MAROUELLI, W. A.; NASCIMENTO, W. M.; PEREIRA, W.; DE MELO, W. F. **Berinjela (*Solanum***

melongena L.). Embrapa Hortaliças. Sistemas de Produção, 3. ISSN 1678-880x Versão Eletrônica. Nov. / 2007

RIBEIRO, G. T.; PAIVA, H. N.; JACOVINE, L. A. G.; TRINDADE, C. **Produção de mudas de Eucalipto**. Viçosa: Aprenda Fácil, 112p., 2001.

RODRIGUES, G. S. de S. C. **A expansão da eucaliptocultura no Brasil**. In: RODRIGUES, G. S. de S. C.; ROSS, J. L. S.; TEIXEIRA, G.; SANTIAGO, O. R. P. L.; FRANCO, C. Eucalipto no Brasil: expansão geográfica e impactos ambientais. Uberlândia: Compose, 2021.

SALVADOR, J. O.; MOREIRA, A.; MURAOKA, T. **Sintomas Visuais de Deficiências de Micronutrientes e Composição Mineral de Folhas em Mudas de Goiabeira**. Pesquisa Agropecuária Brasileira, Brasília, v.34, n.9, p.1655-1662, 1999.

SANCHES, I. D.; ANDERSON, L. O.; ROJAS, E. H. M.; OLIVEIRA, C. G. **Influência do tempo após a colheita de folhas na reflectância e transmitância**. In: XI Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, 2003, Belo Horizonte. Anais do XI Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, p. 2605-2612, 2003.

SANO, E. E.; PONZONI, F. J.; MENESES, P. R.; BAPTISTA, G. M. de M.; TONIOL, A. C.; GALVÃO, L. S.; ROCHA, W. J. S. A. F. Reflectância da vegetação. In: MENESES, P. R.; DE ALMEIDA, T.; BAPTISTA, G. M. de M. Reflectância dos materiais terrestres: análise e interpretação. São Paulo: Oficina de Textos, 2019.

SANTOS, G. A.; DOS SANTOS, A. P.; KORNDORFER, G. H. **Sistema por infravermelho próximo (NIR) para análises de nitrogênio foliar**. Biosci. J., Uberlândia, v. 28, Supplement 1, p. 83-90, 2012.

SCANAVACA JUNIOR, L.; GARCIA, J. N. **Potencial de melhoramento genético em *Eucalyptus urophylla* procedente da Ilha Flores**. Scientia Forestalis, Piracicaba, n. 64, 2003.

SCHEER, M. B.; CARNEIRO, C.; SANTOS, K. G. **Substratos à base de lodo de esgoto compostado na produção de mudas de *Parapiptadenia rigida* (Benth.) Brenan**. Scientia Forestalis, Piracicaba, v.38, n.88, p.637-644, 2010.

SCOLFARO, J. R. **O mundo Eucalipto: os fatos e mitos de sua cultura**. Mar de idéias, Rio de Janeiro, 2008.

SENAR, Serviço Nacional de Aprendizagem Rural. **Agricultura de precisão: operação de drones**. Brasília: Senar, 2018.

SHUKLA, A.; UPADHYAY, A.; SHARMA, M.; CHINNUSANY, V.; KUMAR, S. **High-Resolution NIR Prediction from RGB Images: Application to Plant Phenotyping**. International Conference on Image Processing (ICIP), Bordeaux, France, pp. 4058-4062, 2022.

SILVA, P. H. M.; WICHERT, M. C. P. **Indicadores estatísticos sobre viveiros florestais no Brasil**. IPEF, 2008.

SILVEIRA, R. L. V. A.; HIGASHI, E. N.; GONÇALVES, A. N.; MOREIRA, A. **Avaliação do estado nutricional do *Eucalyptus*: diagnose visual, foliar e suas interpretações**. In: GONÇALVES, J.L.M.; BENEDETTI, V. (eds.). Nutrição e fertilização florestal. Piracicaba: IPEF, p.80-104, 2000.

SILVEIRA, R.L.V.A.; HIGASHI, E. N.; SGARBI, F.; MUNIZ, M. R. A. **Seja doutor do seu eucalipto**. Informações Agronômicas, Piracicaba, n. 93, 23 p., 2001.

SILVEIRA, R. L. V. A.; MOREIRA, A.; TAKASHI, E. N.; SGARBI, F.; BRANCO, E. F. **Sintomas de deficiência de macronutrientes e de boro em clones híbridos de *Eucalyptus grandis* com *Eucalyptus urophylla***. CERNE, v. 8, n.2, p.107-116, 2002.

SILVEIRA, R. L. V. A.; HIGASHI, E. N. **Aspectos nutricionais envolvidos na ocorrência de doenças com ênfase para o eucalipto**. CIRCULAR TÉCNICA IPEF, n. 200, p. 01-13, dez. 2003.

SIMEONE, M. L. F.; PIMENTEL, M. A. G. P.; GONTIJO NETO, M. M.; PAES, M. C. D.; DA SILVA, D. D. **Uso da Espectroscopia no Infravermelho Próximo e Calibração Multivariada para Avaliar a Composição Química do Milho**. In: TIBOLA, C. S.; DE MEDEIROS, E. P.; SIMEONE, M. L. F.; DE OLIVEIRA, M. A. (Editores técnicos). Brasília, DF: Embrapa, 2018.

SOUZA, R. J; CARVALHO, J. G. **Efeito de doses de nitrogênio aplicadas no solo e níveis de cálcio aplicados via foliar sobre o teor e o acúmulo de micronutrientes em alface americana**. Ciência Agrotécnica, Lavras, v.24, n.4, p.905-916, 2000.

STAPE, J. L.; GONÇALVES, J. L. M.; GONÇALVES, A. N. **Relationships between nursery practices and field performance for Eucalyptus plantations in Brazil**. New Forests, n. 22, 2001.

TAIZ, L.; ZIEGER, E. **Fisiologia vegetal**. 3. ed., Porto Alegre: Artmed, 2004.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal**. 5. ed. Porto Alegre: Artmed, 2013.

TAIZ, L.; ZEIGER, E.; MOLLER, I.; MURPHY, A. **Fisiologia e desenvolvimento vegetal**. 6.ed. Porto Alegre: Artmed, 2017.

TERHOEVEN-URSELMANS, T.; MICHEL, K.; HELFRICH, M.; FLESSA, H.; LUDWIG, B. **Near-infrared spectroscopy can predict the composition of organic matter in soil and litter**. Journal of Plant Nutrition and Soil Science, 2006.

TIBOLA, C. S.; DE MIRANDA, M. Z.; GUARIENTI, E. M. **Avaliação de Parâmetros de Qualidade de Trigo por Espectroscopia no Infravermelho Próximo**. In: TIBOLA, C. S.; DE MEDEIROS, E. P.; SIMEONE, M. L. F.; DE OLIVEIRA, M. A. (Editores técnicos). Brasília, DF: Embrapa, 2018.

TISDALE, S. L.; NELSON, W. L.; BEATON, J. D.; HAVLIN, J. L. **Soil fertility and fertilizers**. 5.ed. New York: Macmillan, 634 p., 1993.

TORRES, I.; SÁNCHEZ, M.-T.; BENLLOCH-GONZÁLEZ, M.; PÉREZ-MARÍN, D. **Irrigation decision support based on leaf relative water content determination in olive grove using near infrared spectroscopy**.

ULSON, J. A. C.; BENEZ, S. H.; DE SILVA, E. M.; DE SOUZA, A. M. **Nitrogen content identification in crop plants using spectral reflectance and artificial neural networks**. International Joint Conference on Neural Networks. Washington, DC, USA, pp. 2088-2092, v.3, 2001.

VALINGER, D. et al. Development of near infrared spectroscopy models for quantitative prediction of the content of bioactive compounds in olive leaves. **Chemical and Biochemical Engineering Quarterly**, v. 32, n. 4, p. 535-543, 2018.

VELOSO, C. A. C.; ARAUJO, S. M. B.; VIÉGAS, I. J. M.; RODRIGUES, J. E. L. F. **Amostragem e diagnose foliar**. In: BRASIL, E. C.; CRAVO, M. da S.; VIEGAS, I. de J. M. (Ed.). Recomendações de calagem e adubação para o estado do Pará. 2. ed. rev. e atual. Brasília, DF: Embrapa, 2020.

VIANA, M. B. **O eucalipto e os efeitos ambientais do seu plantio em escala**. Brasília: DF, Consultoria Legislativa da Câmara dos Deputados, Anexo III, 2004.

VIEIRA, C. R. **Crescimento inicial de espécies florestais na omissão de macronutrientes**. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais e Ambientais), Faculdade de Engenharia Florestal, Universidade Federal de Mato Grosso, Cuiabá, 2011.

VITTI, A. M. S.; BRITO, J. O. **Óleo essencial de eucalipto**. Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz - Universidade de São Paulo (Documentos Florestais), n.17, 2003.

WANG, D.- J.; ZHOU, X. - Y.; JIN, T. - M.; HU, X. N.; ZHONG, J. - E.; WU, Q. - T. **Application of near-infrared spectroscopy to agriculture and food analysis**. Spectroscopy and Spectral Analysis, v. 24, n. 4, p. 447-450, 2004.

WENDLING, I.; DUTRA, L. F.; GABIRA, M. M.; VIEIRA, L. M.; DEGENHARDT, J. Produção de mudas de eucalipto. In: O eucalipto e a Embrapa: quatro décadas de pesquisa e desenvolvimento. 2021.

WESTFALL, P. H.; TOBIAS, R. D.; ROM, D.; WOLFINGER, R. D.; HOCHBERG, Y. **Multiple comparisons and multiple tests using the SAS System**. Cary, NC: SAS Institute, 1999.

WILCKEN, C. F.; LIMA, A. C. V.; DIAS, T. K. R.; MASSON, M. V.; FERREIRA FILHO, P. J.; DAL POGETTO, M. H. F. do A. Guia Prático de Manejo de Plantações de Eucalipto. Botucatu: FEPAF, 2008.

YINKUN, L.; XUEPING, W.; XURONG, M. **Analysis of the Reflectance Spectral Characteristics of the Greenhouse Cucumber under Different Water and Nitrogen Conditions**. Fourth International Conference on Intelligent Computation Technology and Automation, Shenzhen, China, pp. 463-467, 2011.