

**UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA – UNESP  
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS E VETERINÁRIAS  
CÂMPUS DE JABOTICABAL**

**MÉTODOS NÍVEL CRÍTICO, DRIS E CND VALIDADOS NA  
QUALIDADE DE MUDAS CLONAIIS DE *Eucalyptus* spp.**

**Thaís Chagas Barros  
Engenheira Florestal**

**2018**

**UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA – UNESP  
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS E VETERINÁRIAS  
CÂMPUS DE JABOTICABAL**

**MÉTODOS NÍVEL CRÍTICO, DRIS E CND VALIDADOS NA  
QUALIDADE DE MUDAS CLONAIIS DE *Eucalyptus* spp.**

**Thaís Chagas Barros**

**Orientador: Prof. Dr. Renato de Mello Prado**

**Coorientador: Dr. Paulo Guilherme Salvador Wadt**

**Tese apresentada à Faculdade de Ciências  
Agrárias e Veterinárias – Unesp, Câmpus  
de Jaboticabal, como parte das exigências  
para a obtenção do título de Doutor em  
Agronomia (Ciência do Solo).**

**2018**

B277m      Barros, Thaís Chagas  
Métodos nível crítico, dris e cnd validados na qualidade de mudas  
clonais de *Eucalyptus* spp. / Thaís Chagas Barros. – – Jaboticabal,  
2018  
p. : il. ; 29 cm

Tese (doutorado) - Universidade Estadual Paulista, Faculdade de  
Ciências Agrárias e Veterinárias, 2018

Orientador: Renato de Mello Prado

Banca examinadora: Danilo Eduardo Rozane, Rinaldo César de  
Paula, Fábio Olivieri de Nobile, Fernando Giovannetti de Macedo

Bibliografia

1. Diagnose foliar. 2. Diagnósticos nutricionais. 3. Espécie florestal.  
I. Título. II. Jaboticabal-Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias.

CDU 631.4:634.0.2

Ficha catalográfica elaborada pela Seção Técnica de Aquisição e Tratamento da Informação –  
Diretoria Técnica de Biblioteca e Documentação - UNESP, Câmpus de Jaboticabal.



UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA

Câmpus de Jaboticabal



**CERTIFICADO DE APROVAÇÃO**

TÍTULO DA TESE: MÉTODOS NÍVEL CRÍTICO, DRIS E CND VALIDADOS NA QUALIDADE DE MUDAS CLONAIS DE *Eucalyptus* spp.

**AUTORA: THAÍS CHAGAS BARROS**

**ORIENTADOR: RENATO DE MELLO PRADO**

**COORIENTADOR: PAULO GUILHERME SALVADOR WADT**

Aprovada como parte das exigências para obtenção do Título de Doutora em AGRONOMIA (CIÊNCIA DO SOLO), pela Comissão Examinadora:

Prof. Dr. RENATO DE MELLO PRADO  
Departamento de Solos e Adubos / FCAV / UNESP - Jaboticabal

Prof. Dr. DANILO EDUARDO ROZANE (Participação por Videoconferência)  
Departamento de Engenharia Agrônômica / UNESP - Câmpus de Registro

Prof. Dr. RINALDO CESAR DE PAULA  
Departamento de Produção Vegetal / FCAV / UNESP - Jaboticabal

Prof. Dr. FÁBIO OLIVIERI DE NOBILE  
Centro Universitário da Fundação Educacional / UNIFEB / Barretos/SP

Pós-doutorando FERNANDO GIOVANNETTI DE MACEDO  
Departamento de Tecnologia / FCAV / UNESP - Jaboticabal

Jaboticabal, 17 de maio de 2018

## **DADOS CURRICULARES DO AUTOR**

Thaís Chagas Barros, nascida no Rio de Janeiro – RJ, Brasil em 23 de abril de 1987, filha de Edilce Chagas Barros e Luís Antônio Félix Barros. Possui graduação em Engenharia Florestal (2007) pela Universidade Federal de Viçosa e mestrado em Produção Vegetal (2015) pela Universidade Estadual do Norte Fluminense “Darcy Ribeiro”. Em março de 2015, iniciou o curso de doutorado pelo Programa de Pós-graduação em Agronomia (Ciência do Solo) pela Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias da Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” Câmpus de Jaboticabal. Membro do Grupo de Estudos em Nutrição de Plantas da UNESP – GENPLANT atua na área de Nutrição de Plantas e contribui como revisora de revistas científicas. Atualmente é professora do curso de Agronomia da Faculdade La Salle, Lucas do Rio Verde-MT.

“O coração humano projeta o caminho,  
mas é o Senhor quem dirige os passos”  
**(Provérbios 16, 9).**

### **DEDICO**

A Deus e à minha amada e essencial família.

### **OFEREÇO**

À Edilce, minha mãe, amiga, confidente e motivadora, toda a minha gratidão.

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço a Deus por ter me conduzido no caminho dessa conquista.

Aos meus pais Luis Antônio Félix Barros e Edilce Chagas Barros, pelos ensinamentos e pela formação. Pai, sempre vou levá-lo no meu coração. Obrigada mamãe por todo amor, incentivo, companheirismo e orações.

Ao Guinho, Luis Tiago Chagas Barros, pela dedicação, pelo apoio, pela amizade e pelo estímulo. E à Mirele Mendes Cavalcante, pela amizade, pela torcida e pelas risadas.

Ao tio, e maior incentivador, Nairam e a todos os tios, tias, primas e primos pelo carinho e apoio.

Ao Caio, minha gratidão e amor. Obrigada por tudo.

À minha família Gargantini de Moraes, pelo amor, pelo carinho e pelo apoio.

À Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” - Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, pela realização do curso e pelos ensinamentos acadêmicos.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), pela concessão de bolsa de estudo.

Ao professor Dr. Renato de Mello Prado, pela orientação, pela confiança e pelo exemplo de líder motivador e íntegro.

Ao meu coorientador, Dr. Paulo Guilherme Salvador Wadt, por todos os ensinamentos, pela paciência e disponibilidade em ajudar.

Ao professor Dr. Rinaldo César de Paula, pelo auxílio durante o período experimental, bem como aos funcionários do Horto Florestal, Devair, Roberto e Mauro. Minha gratidão.

Aos professores das disciplinas cursadas, pelos ensinamentos transmitidos;

À Cláudia Dela Marta, Laboratório de Solos e Adubos, pelo auxílio nas análises e pela disponibilidade em me ajudar sempre.

À Edilaine, pela amizade, por me ensinar e compartilhar comigo momentos de dificuldades e alegrias em Jaboticabal, em Chapadão do Sul ou mesmo distantes, toda a minha gratidão.

Às queridas amigas Denise, Roberta, Letícia, Suelen, Greiscy, Ana Paula, Sylvia e Flor, pelos maravilhosos momentos de convívio, aprendizado e incentivo, o meu carinho e gratidão a cada uma de vocês.

Ao Antônio, pela amizade e apoio durante toda fase experimental e análises, sua ajuda foi imprescindível.

Aos colegas do grupo de pesquisa Genplant, em especial, Jonas, Rafael, Juliana e Gilmara, pela amizade e ajuda no desenvolvimento da pesquisa.

Aos amigos e às amigas de Viçosa e do CEFET, pelo afeto e pela torcida.

Enfim, a todos que de alguma forma, direta ou indiretamente, contribuíram para essa conquista. Muito obrigada!

## SUMÁRIO

|                                                                   | Página |
|-------------------------------------------------------------------|--------|
| RESUMO.....                                                       | vi     |
| ABSTRACT .....                                                    | vii    |
| LISTA DE ABREVIATURAS.....                                        | viii   |
| LISTA DE TABELAS .....                                            | x      |
| LISTA DE FIGURAS .....                                            | xi     |
| 1 INTRODUÇÃO.....                                                 | 1      |
| 2 REVISÃO DE LITERATURA.....                                      | 3      |
| 2.1 Produção de Mudas de <i>Eucalyptus</i> spp.....               | 3      |
| 2.2 Nutrição de Mudas de <i>Eucalyptus</i> spp.....               | 5      |
| 2.2 Indicadores de Qualidade de Mudas de Espécies Florestais..... | 6      |
| 2.3 Métodos de Interpretação de Análise Foliar .....              | 10     |
| 2.3.1 Nível Crítico (NC) .....                                    | 10     |
| 2.3.2 Sistema Integrado de Diagnose e Recomendação (DRIS) .....   | 12     |
| 2.3.3 Diagnose da Composição Nutricional (CND) .....              | 13     |
| 2.4 Análise da Previsão da Diagnose (APD).....                    | 14     |
| 3 MATERIAL E MÉTODOS .....                                        | 18     |
| 3.1 Descrição dos experimentos .....                              | 18     |
| 3.2 Valores de referência e indicadores de produção .....         | 20     |
| 3.3 Nível crítico .....                                           | 21     |
| 3.4 Normas DRIS e CND .....                                       | 21     |
| 3.5 Índices DRIS e CND e IBNm.....                                | 23     |
| 3.6 Interpretação do estado nutricional .....                     | 23     |
| 3.7 Acurácia dos diagnósticos nutricionais .....                  | 24     |
| 3.8 Análise estatística .....                                     | 26     |
| 4 RESULTADOS .....                                                | 27     |
| 5 DISCUSSÃO .....                                                 | 39     |
| 6 CONCLUSÕES .....                                                | 43     |
| REFERÊNCIAS.....                                                  | 44     |

## MÉTODOS NÍVEL CRÍTICO, DRIS E CND VALIDADOS NA QUALIDADE DE MUDAS CLONAIIS DE *Eucalyptus* spp.

**RESUMO** – O desenvolvimento de mudas de *Eucalyptus* spp. aferido por índices de qualidade ou de acúmulo de matéria seca depende do estado nutricional adequado. No entanto, a qualidade dos métodos para interpretação do estado nutricional de mudas clonais de eucalipto ainda não é conhecida. Objetivou-se avaliar a qualidade dos diagnósticos obtidos pelos métodos do nível crítico (NC), sistema integrado de diagnose e recomendação (DRIS) e composição da diagnose nutricional (CND) na avaliação do estado nutricional de mudas de *Eucalyptus* spp., frente a dois diferentes indicadores de produção. O banco de dados foi obtido de viveiros comerciais e de experimentos de calibração, tendo sete nutrientes (N, P, K, Mg, Ca, B e Fe) e quatro concentrações por nutriente, dispostos em blocos casualizados, com quatro repetições. O clone de *Eucalyptus* spp. utilizado nos experimentos foi o AEC 0144. As mudas da área experimental e dos viveiros comerciais totalizaram 222 mudas, nas quais, foram determinados os teores foliares dos nutrientes, a massa seca de planta inteira (MS) e calculado o Índice de Qualidade de Dickson (IQD). Nas parcelas experimentais realizou-se a acurácia dos diagnósticos, a partir da comparação do diagnóstico com a resposta da planta em função da adição do nutriente correspondente. Cinco medidas de acurácia foram usadas para testar a eficiência dos métodos diagnósticos: acurácia total, acurácia para deficiência e suficiência, razão de deficiência e razão de eficiência, e o incremento líquido na MS e no IQD. O desempenho dos métodos diagnósticos variou entre os métodos NC, DRIS e CND, como também entre os nutrientes estudados. Dado que o sistema de produção de mudas é, em grande parte, um sistema mais controlado e onde as variações ambientais são mínimas, e considerando que os diferentes métodos diagnósticos apresentaram desempenho distinto em relação a avaliação do verdadeiro estado nutricional das mudas de eucalipto, o método do NC deve ser o mais indicado para essa situação, seja pelo seu melhor desempenho em avaliar o estado nutricional para a maioria dos nutrientes, seja pela facilidade de sua implementação.

**Palavras-chave:** diagnose foliar, diagnósticos nutricionais, espécie florestal

## CRITICAL LEVEL, DRIS AND CND VALIDATED METHODS IN THE QUALITY OF *Eucalyptus* spp. CLONAL SEEDLINGS

**ABSTRACT** – The efficiency of methods in adequately interpreting the nutritional status of *Eucalyptus* spp. clonal seedlings remains unknown. The aim was to evaluate the quality of diagnoses obtained using the critical level (CL), diagnosis and recommendation integrated system (DRIS) and compositional nutrient diagnosis (CND) methods to assess the nutritional status of *Eucalyptus* spp. seedlings, based on two different yield indicators. The data were obtained from commercial nursery and calibration experiments, using seven nutrients as treatments (N, P, K, Mg, Ca, B and Fe) and four concentrations per nutrient, arranged in randomized blocks, with four repetitions. The *Eucalyptus* spp. clone used in the experiments was AEC 0144. A total of 222 seedlings were obtained from the experimental area and commercial nurseries and the following were determined: leaf nutrient content, whole plant dry matter (DM) content and the Dickson quality index (DQI). Diagnostic accuracy in the experimental plots was ascertained by comparing the diagnosis with plant response as a function of adding the corresponding nutrient. Five measures of accuracy were used to test the efficiency of the diagnostic methods: total accuracy, accuracy for deficiency and sufficiency, deficiency ratio, efficiency ratio, and the net increase in in DM and DQI. The performance of diagnostic methods varied between CL, DRIS and CND, and among the nutrients studied. Given that the seedling production system is largely more controlled, where environmental variations are minimal, and considering that the different diagnostic methods exhibited distinct performance in terms of assessing the true nutritional status of eucalyptus seedlings, the CL method is the most indicated for this situation, due to its better performance in evaluating the nutritional status of most nutrients and easy implementation.

**Keywords:** Forest species, leaf diagnosis, nutritional diagnoses

## LISTA DE ABREVIATURAS

NC – Nível Crítico

FS – Faixa de Suficiência

DRIS – Sistema Integrado de Diagnose e Recomendação

CND – Diagnose da Composição Nutricional

APD – Análise da Previsão da Diagnose

MS – Matéria seca de planta inteira

IQD – Índice de Qualidade de Dickson

N – Nitrogênio

P – Fósforo

K – Potássio

Ca – Cálcio

Mg – Magnésio

B – Boro

Fe – Ferro

RAD – relação da altura da altura da parte aérea com o diâmetro do coleto

RPAR – relação da matéria seca da parte aérea com a matéria seca das raízes

F<sub>X</sub> – Função DRIS de um nutriente X

v<sub>X</sub> – Teor de cada nutriente em g kg<sup>-1</sup>

Mi – Média das relações da população desejável (referência)

Si – Desvio-padrão das relações da população desejável (referência)

R – Complemento da matéria seca para 1,000 g; 1,000 = 100 % da matéria seca

mGeo – Raiz de ordem “n” do produto dos teores nutricionais pelo valor R

Z<sub>x</sub> - Relação multivariada

Fi (A/B) – Função da relação entre o nutriente A e o nutriente B

I<sub>X</sub> – Índice CND de um nutriente qualquer (X)

m<sub>X</sub> – Norma média das relações multivariadas do nutriente X

S<sub>x</sub> – Norma desvio-padrão das relações multivariadas do nutriente X

|I<sub>X</sub>| – Módulo dos índices nutricionais CND de cada nutriente

IBNm - Índice de Balanço Nutricional médio

IBN – Índice de Balanço Nutricional

PRA – Potencial de Resposta da Planta à Adubação

$V_{DEF}$  – Verdadeira deficiência

$F_{DEF}$  – Falsa deficiência

$V_{SUF}$  – Verdadeira suficiência

$F_{SUF}$  – Falsa suficiência

AccT – Acurácia Total

AccDef – Acurácia de Deficiência

AccSuf - Acurácia de Suficiência

RD – Razão de deficiência

RE – Razão de Eficiência

ILtotal – Incremento Líquido total

ILmédio – Incremento Líquido médio

## LISTA DE TABELAS

Página

|                                                                                                                                                                                                                                                                                           |    |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| <b>Tabela 1.</b> Tratamentos utilizados nos experimentos de adubação, baseados na solução nutritiva de Hoagland e Arnon (1950) .....                                                                                                                                                      | 19 |
| <b>Tabela 2.</b> Distribuição da adequação de diagnósticos nutricionais para avaliação do estado nutricional de mudas clonais de <i>Eucalyptus</i> spp., pelos métodos NC, DRIS e CND .....                                                                                               | 25 |
| <b>Tabela 3.</b> Medidas de acurácia e valores aceitáveis para avaliação do estado nutricional de mudas de <i>Eucalyptus</i> spp. pelos métodos NC, DRIS e CND.. .....                                                                                                                    | 25 |
| <b>Tabela 4.</b> Média e desvio-padrão (DP) do teor de nutrientes (N, P, K, Ca, Mg, B e Fe), da matéria seca de planta inteira (MS) e do índice de qualidade de Dickson (IQD) das subpopulações de baixa e alta produtividade das amostras de mudas clonais de <i>Eucalyptus</i> spp..... | 27 |
| <b>Tabela 5.</b> Normas DRIS log transformadas para mudas clonais de <i>Eucalyptus</i> spp. para os indicadores produtivos matéria seca de planta inteira (MS) e índice de qualidade de Dickson (IQD) .....                                                                               | 33 |
| <b>Tabela 6.</b> Normas CND para mudas clonais de <i>Eucalyptus</i> spp. para os indicadores produtivos matéria seca de planta inteira (MS) e o índice de qualidade de Dickson (IQD).....                                                                                                 | 34 |
| <b>Tabela 7.</b> Desempenho dos diagnósticos nutricionais para N, P, K, Ca, Mg, B e Fe em mudas clonais de <i>Eucalyptus</i> spp. para MS e IQD associados a diagnósticos verdadeiros e falsos.....                                                                                       | 36 |

## LISTA DE FIGURAS

Página

- Figura 1.** Valores médios diários de umidade relativa e temperatura máximo e mínimo do ar durante o período experimental. ....18
- Figura 2.** Correlação entre o teor foliar de nitrogênio (A), fósforo (B), potássio (C), cálcio (D), magnésio (E), boro (F) e ferro (G) com a matéria seca (MS) das amostras das parcelas experimentais em mudas de *Eucalyptus* spp., \*\* significativo a 1% de probabilidade pelo teste t.....27
- Figura 3.** Correlação entre o teor foliar de N com o Índice de Qualidade de Dickson (IQD) das amostras das parcelas experimentais em mudas de *Eucalyptus* spp., \*\* significativo a 1% pelo teste t..... 29
- Figura 4.** Teor foliar e matéria seca de planta inteira (MS) em função de concentrações de nitrogênio (A), fósforo (B), potássio (C), cálcio (D), magnésio (E), boro (F) e ferro (G) na solução nutritiva em mudas clonais de *Eucalyptus* spp., \*\* significativo a 1% de probabilidade pelo teste F ....30
- Figura 5.** Índice de qualidade de Dickson (IQD) em função de concentrações de nitrogênio (N) (A) e fósforo (P) (B) na solução nutritiva em mudas clonais de *Eucalyptus* spp., \*\* significativo a 1% de probabilidade pelo teste F.....31
- Figura 6.** Correlação entre a matéria seca de planta inteira (MS) e o IBNm obtida pelos métodos DRIS (A) e CND (B) e do índice de qualidade de Dickson (IQD) com o IBNm pelos métodos DRIS (C) e CND (D) usando as 222 amostras de mudas clonais de *Eucalyptus* spp., \*\* significativo a 1% de probabilidade pelo teste t.. ....34

## 1 INTRODUÇÃO

A formação da cultura do eucalipto depende de mudas com o estado nutricional adequado. Para isso, é importante que a muda tenha ótimo desenvolvimento do sistema radicular e da parte aérea, portanto, a matéria seca da planta inteira é um bom indicativo de qualidade da muda (ABREU et al., 2015; BALDIN et al., 2015). Além disto, o Índice de Qualidade de Dickson (IQD), também, tem sido amplamente utilizado como indicador de qualidade de mudas (SILVA; SIMÕES; SILVA, 2012; ELOY et al., 2013), por considerar para o seu cálculo a robustez e o equilíbrio da distribuição da fitomassa, sendo altamente correlacionado com todas as características morfológicas da planta (FONSECA et al., 2002).

Um diagnóstico nutricional correto, obtido a partir de resultados de análise de tecido vegetal, requer, além do método adequado para a amostragem e para a análise de tecido vegetal, o estabelecimento de critérios para a interpretação dos resultados da análise foliar obtidos (CHÁVEZ et al., 2002).

Os métodos diagnósticos mais utilizados para interpretação da análise foliar são os univariados, Nível Crítico (NC) e Faixa de Suficiência (FS). Para mudas de *Eucalyptus* spp. existem algumas indicações de teores adequados, para o segundo e terceiro par de folhas completamente expandidas, obtidas de experimentos controlados apenas para boro (MATTIELLO et al., 2009) e potássio (D'ÁVILA et al., 2011). A obtenção do NC e FS para maioria dos nutrientes considerados mais responsivos em cultivo em substrato com solução nutritiva (N, P, K, Ca, Mg, B e Fe) é importante para a avaliação do estado nutricional das mudas; especialmente pelo fato do cultivo destas plantas ocorrer em condições semi-controladas, havendo pouca interferência do ambiente no acúmulo de matéria seca da planta.

Existem outros métodos para interpretação de análise foliar que consideram as interações entre os nutrientes, como o bivariado, Sistema Integrado de Diagnose e Recomendação - DRIS (BEAUFILS, 1973), e o multivariado, Diagnose da Composição Nutricional - CND (PARENT; DAFIR, 1992) que introduzem o conceito de balanço nutricional. Por este motivo, independem de ensaios de calibração

(BEAUFILS, 1973) e ainda podem reduzir os efeitos não controlados da taxa de acúmulo de biomassa (WADT, 2008).

Deve-se considerar a possibilidade de haver diferença na eficiência entre os diferentes métodos de diagnose, conforme verificado em bananeiras por Teixeira, Santos e Bataglia (2002). Para isto, a avaliação do desempenho dos métodos de diagnósticos permite qualificar o grau de acerto na inferência do verdadeiro estado nutricional. Essa avaliação pode ser feita a partir de experimentos controlados pelo método “Prescient Diagnostic Analysis” (PDA) (BEVERLY; HALLMARK, 1992).

Neste sentido, a hipótese a ser testada é que os métodos diagnósticos para determinar o estado nutricional de mudas clonais de *Eucalyptus* spp. apresentam desempenho variáveis entre si e de acordo com o nutriente analisado.

Dessa forma, objetivou-se avaliar a acurácia do desempenho dos diagnósticos nutricionais obtidos pelos métodos NC, DRIS e CND no diagnóstico de nitrogênio, fósforo, potássio, cálcio, magnésio, boro e ferro em mudas de *Eucalyptus* spp., adotando-se a matéria seca de planta inteira e o índice de qualidade de Dickson como indicadores produtivos.

## 2 REVISÃO DE LITERATURA

### 2.1 Produção de Mudas de *Eucalyptus* spp.

De toda a madeira colhida no mundo, o Brasil contribui anualmente com 17%. Da produção nacional, os plantios de espécies do gênero *Eucalyptus* representam 73% do total em áreas plantadas no País (IBÁ, 2016). A importância econômica da cultura se destaca em diversos setores, dentre eles, o de celulose, energia, siderurgia, indústria moveleira e agrícola.

O alto potencial da cultura do eucalipto se deve à características como a ampla capacidade de aclimação. O processo de produção de mudas clonais com propagação vegetativa, tem como vantagens a uniformidade dos plantios, a resistência à doenças, a adaptação dos clones específicos para determinados sítios e o aumento da produção de madeira em quantidade e qualidade desejáveis para determinados fins, em comparação com plantios obtidos de mudas produzidas por sementes (XAVIER; COMÉRIO, 1996; XAVIER; WENDLING, 1998; ALFENAS et al., 2004).

A miniestaquia é uma técnica eficiente na propagação de clones de fácil enraizamento sendo um procedimento simples e menos oneroso que outras técnicas de propagação vegetativa, como a micropropagação (FERRARI; GROSSI; WENDLING, 2004). A miniestaquia pode consistir na utilização de brotações de plantas propagadas por estaquia convencional, iniciando com a poda do ápice da brotação da estaca enraizada (muda com aproximadamente 60 dias), em intervalos de 10 a 25 dias (variáveis em função da época do ano, clone/espécie, condições ambientais, entre outras) são emitidas brotações que após coletadas, são colocadas para enraizar (FERRARI; GROSSI; WENDLING, 2004). A parte basal da brotação da estaca podada é chamada de minicepa e as brotações fornecidas por ela, de miniestacas, que formarão as futuras mudas (SCHUMACHER; VIEIRA, 2016).

A primeira fase de produção de mudas por miniestaquia em um viveiro comercial é o minijardim clonal, que é formado por um conjunto de minicepas. Após coletadas as miniestacas, estas vão para a fase de enraizamento que tem duração

entre 15 e 30 dias, em média, dependendo do clone de eucalipto (ALFENAS et al., 2004).

Após o enraizamento, as mudas são aclimatadas à sombra, sendo preparadas para a fase de crescimento e rustificação a pleno sol. As mudas permanecem na fase de aclimação por 10 a 15 dias, sendo matidas sob sombreamento em torno de 50% (SCHUMACHER; VIEIRA, 2016). Posteriormente, as mudas são levadas para a fase de crescimento que tem por objetivo o desenvolvimento da parte aérea das plantas (SILVA; KLAR; PASSOS, 2004), com duração média de 20 a 30 dias (ALFENAS et al., 2004). Ao final da fase de crescimento, as mudas ainda não estão aptas ao plantio, por estarem tenras e sem o endurecimento adequado para o plantio em campo, devendo ainda passarem pela fase de rustificação (SILVA et al., 2015).

Antes da expedição para o campo, quando as mudas atingem tamanho adequado, é suprimida a adubação e reduzida a irrigação, conduzindo à rustificação, que tem duração entre média de 15 a 20 dias (ALFENAS et al., 2004), tornando as mudas mais resistentes às condições adversas encontradas a campo, permitindo sua sobrevivência e crescimento satisfatórios (GOMES et al., 2002).

A otimização de todas as operações em cada uma das fases no viveiro contribui para o sucesso da produção de mudas e as condições específicas de manejo em cada etapa exercem influencia na produtividade do viveiro e na qualidade das mudas produzidas, que refletirá diretamente na sobrevivência, na uniformidade e no arranque inicial das mudas no campo.

A produção de mudas de eucalipto teve evolução importante na forma de propagação e na utilização de genótipos com alto potencial agrônômico. Além disso, o fato de ser realizada em substrato com uso de solução nutritiva permitiu diminuir o tempo de formação da muda e ainda com alta sanidade. No entanto, o ótimo crescimento das mudas depende da fertilização correta para garantir o adequado estado nutricional das plantas, aspecto ainda pouco estudado para a cultura.

## 2.2 Nutrição de Mudras de *Eucalyptus* spp.

As mudas de qualidade são aquelas de baixo custo e capazes de resistir às adversidades ambientais, visando sucesso do futuro povoamento florestal. Para isso, pesquisas têm sido conduzidas visando definir o tipo de recipiente e substrato e tipos e doses de fertilização. No entanto, a determinação de um padrão de qualidade, principalmente, relacionado à recomendação de adubação das mudas em nível de viveiro, ainda é incipiente.

A adubação de mudas de eucalipto varia com as suas diferentes fases de desenvolvimento no viveiro. Na fase de crescimento, a quantidade aplicada de N deve ser igual ou superior à quantidade de K, ao passo que na fase de rustificação, etapa final do processo, o fornecimento de K deve ser três vezes maior que o de N (SILVEIRA et al., 2001). A maior quantidade de N aumentaria a área foliar, proporcionando uma maior atividade fotossintética, enquanto a redução da quantidade de N durante a rustificação leva ao engrossamento do caule e, principalmente, ao aumento da rigidez da muda, e o aumento de K proporcionaria maior controle estomático, oferecendo maior resistência em condições adversas no plantio.

Em mudas de *E. globulus* a aplicação de N incrementou a altura e a área foliar, que atingiram o seu valor máximo quando a concentração de N foi igual a 14,3 mmol L<sup>-1</sup>, não sendo observado efeito dessa concentração para o diâmetro de coleto e o número de raízes novas (Monsalve et al., 2009).

A matéria seca radicular em mudas de *Eucalyptus grandis* atingiu o máximo na concentração de 7,7 mmol L<sup>-1</sup> de K, com as concentrações do macronutriente aplicadas na fase de rustificação (Silva, Klar e Passos, 2004). Enquanto, que em mudas clonais de *E. grandis* x *E. urophylla*, durante a fase de rustificação, a concentração de 6,4 mmol L<sup>-1</sup> de K é recomendada por proporcionar os maiores incrementos de diâmetro de coleto (D'Ávila et al., 2011).

Avaliando a resposta de clones de eucalipto a concentrações de boro em solução nutritiva, Mattiello et al. (2009) observaram que houve resposta diferenciada dos clones, com máxima produção de matéria seca com concentrações entre 0,028 e 0,069 mmol L<sup>-1</sup> de B, não sendo observada toxicidade por B, mesmo na

concentração de 0,1 mmol L<sup>-1</sup>. Sakya, Dell e Huang (2002) mencionaram nível crítico em *E. globulus*, cultivado por 21 dias em solução nutritiva, de 0,0011 e 0,0009 mmol L<sup>-1</sup> de B para parte aérea e nas raízes, respectivamente.

Na literatura há poucos trabalhos que indiquem os teores críticos dos nutrientes nas diferentes fases de crescimento das mudas de *Eucalyptus* spp. em viveiro, sendo restritas à condições específicas. Sabe-se que as condições de manejo em cada fase de crescimento exercem influência na produtividade do viveiro e na qualidade das mudas produzidas, interferindo diretamente na sobrevivência, uniformidade e arranque inicial das mudas em campo.

## **2.2 Indicadores de Qualidade de Mudanças de Espécies Florestais**

Os critérios para a classificação da qualidade de mudas florestais baseiam-se na premissa de que o aumento do percentual de sobrevivência das mudas após o plantio, levará à diminuição de tratos culturais, como replantio, no povoamento recém implantado, colaborando para a diminuição dos custos (RUDEK; GARCIA; PERES, 2013).

A sobrevivência inicial de mudas de espécies florestais está diretamente relacionada à qualidade expressa por características morfológicas, fisiológicas e nutricionais, resultantes dos procedimentos de manejo do viveiro, além de fatores genéticos e das condições ambientais de campo, que permitirão o desenvolvimento e a produção de árvores com crescimento desejável (STAPE; GONÇALVES; GONÇALVES, 2001; GOMES; PAIVA, 2006).

Apesar do sucesso das plantações florestais depender, em grande parte, da qualidade das mudas utilizadas, a escolha dos indicadores na determinação do padrão de qualidade das mudas ainda não está definida. A falta de padronização de critérios permite que as empresas selecionem padrões próprios, fundamentados em observações empíricas, em que são analisados alguns aspectos morfológicos, tais como altura da parte aérea e diâmetro de coleto (GOMES et al., 2002; LOPES; GUERRINI; SAAD, 2007). No entanto, Alfenas et al. (2004) ressaltam a necessidade de incluir características do sistema radicular, como qualidade, quantidade e distribuição das raízes.

Vários estudos científicos têm sido realizados com o objetivo de melhorar o padrão de qualidade das mudas, garantindo boa adaptação e crescimento inicial após o plantio. Dentre os indicadores morfológicos citados na literatura estão a altura da parte aérea (H), o diâmetro de coleto (DC), a matéria seca da parte aérea (MSPA), do sistema radicular (MSSR) e a matéria seca de planta inteira (MS), além das relações altura/matéria seca da parte aérea (H/MSPA), matéria seca de parte aérea/matéria seca de raízes (MSPA/MSSR) e o Índice de Qualidade de Dickson (IQD), obtido por meio de uma fórmula balanceada na qual inclui relações das características morfológicas  $[(MS/((H/DC)+(MSPA/MSSR))]$  (DICKSON; LEAF; HOSNER, 1960).

Em mudas de madeira-nova (*Pterogyne nitens*), há forte relação entre as características morfológicas das mudas quando saem do viveiro e o seu desempenho no campo (BONFIM et al., 2009). Para mudas de *Enterolobium contortisiliquum*, produzidas em diferentes recipientes, seu crescimento inicial no campo apresentou maiores índices de sobrevivência em mudas com maior qualidade na fase de viveiro (ABREU et al., 2015).

A H é um dos indicadores mais utilizados na definição da qualidade de mudas florestais, por ser de fácil mensuração, porém não existe um valor ideal de altura da parte aérea, pois esta varia com a idade da muda e com a espécie (DUTRA et al., 2013). Estes mesmos autores, ao estudarem diferentes substratos e métodos de quebra de dormência para produção de mudas de *Peltophorum dubium*, encontraram valores de H em torno de 13,0 cm para mudas com alto padrão de qualidade aos 100 dias após a semeadura. Em estudo de adubação N-P-K em mudas de *Schizolobium amazonicum*, Caione, Lange e Schoningue (2012), obtiveram, aos 90 dias após a semeadura, mudas de melhor qualidade com H média de 43,1 cm. A H é um indicador sensível para aferir a qualidade de mudas de diversas espécies florestais, sob diferentes condições (ANTONIAZZI et al., 2013; CORRÊA et al., 2013; ELOY et al., 2013; BALDIN et al., 2015)

Apesar da H apresentar boa contribuição para determinar o padrão de qualidade das mudas, essa característica pode ser influenciada por algumas práticas que são adotadas nos viveiros florestais (GOMES et al., 2002), como, por exemplo,

o adensamento das mudas no canteiro/bandejas. Dessa forma, a altura não deve ser utilizada como único meio de avaliação do padrão de qualidade.

Assim como a H, o DC é um atributo facilmente mensurável, obtido sem a destruição da planta e que possui alta relação com aumento da taxa de crescimento e de sobrevivência das plantas no campo (GOMES; PAIVA, 2006). Os maiores DCs em mudas florestais indicam um melhor equilíbrio do crescimento da parte aérea (CARNEIRO, 1995).

Muitos estudos têm indicado um alto grau de correlação entre porcentagem de sobrevivência das mudas após o plantio e o DC, como verificado por Novaes et al. (2014) em mudas de *Azadirachta indica* e por José, Davide e Oliveira (2005) em mudas de aroeira (*Schinus terebinthifolius* Raddi). Souza et al. (2006) destacam que mudas com maior DC apresentam maior sobrevivência no pós-plantio devido a maior capacidade de formação e de crescimento de novas raízes.

A avaliação da altura associada ao DC constituem importantes indicadores morfológicos para estimar o crescimento das mudas após o plantio, por fornecerem informações precisas e por serem de fácil medição e não destrutivos (CARNEIRO, 1995). No entanto, os indicadores morfológicos não devem ser avaliados isoladamente como referência para a classificação do padrão da qualidade das mudas, para que não corra o risco de selecionar mudas mais altas, porém fracas, descartando as menores, mas com vigor (FONSECA et al., 2002). Para Gomes e Paiva (2004), o maior acúmulo de fitomassa seca em mudas também deve ser considerado um bom indicativo para maior capacidade de sobrevivência em campo.

A sobrevivência e o crescimento inicial das mudas no campo estão relacionados com sua massa. De acordo com Gomes e Paiva (2004), a produção de biomassa seca das mudas indica a sua rusticidade. No entanto, a avaliação deste indicador é destrutiva e requer uso de estufa (ELOY et al., 2013), apesar de estudos apontá-lo como um indicador sensível a diferentes manejos.

Indicadores como massa seca da parte aérea, sistema radicular e total foram capazes de predizer a melhor qualidade de mudas de angico-vermelho (*Parapiptadenia rigida* (Benth.) Brenan), plantadas sob diferentes volumes de substratos, para plantio no campo (BALDIN et al., 2015). Resultados semelhantes

demonstrando que mudas com maior produção de biomassa seca apresentam melhor desempenho no campo após o plantio foram observados em vários estudos (TRAZZI et al., 2012; ARAÚJO et al., 2014; GASPARIN et al., 2014; ABREU et al., 2015).

Um índice, também, usado para expressar a qualidade das mudas florestais é o Índice de Qualidade de Dickson (IQD), que considera mais características na sua constituição, apresentando robustez e equilíbrio da distribuição da fitomassa (FONSECA et al., 2002). Segundo Gomes (2001), o IQD ideal de uma muda considerada apta para o plantio deve ser maior que 0,2. Contudo, vários estudos indicam que o IQD é um indicador variável, podendo ocorrer diferenças em função da espécie, do manejo das mudas no viveiro e da idade em que a muda foi avaliada (GASPARIN, 2012). De acordo com Bernardino et al. (2005), mudas com maior IQD são classificadas como de melhor qualidade.

Ao determinar o IQD e sua relação com as características morfológicas em mudas de *Eucalyptus grandis* produzidas em tubetes de diferentes volumes de substrato e densidade de plantas na bandeja, Eloy et al. (2013) observaram que todas as variáveis avaliadas se correlacionaram significativamente com o IQD, sendo a de maior correlação a MS em todos os tratamentos, produzindo mudas com boa qualidade. Silva, Simões e Silva (2012) apontaram o IQD como um indicador sensível para mudas clonais de *Eucalyptus urophylla* x *E. grandis* crescidas em diferentes substratos. Resultados semelhantes foram encontrados por Oliveira Júnior, Cairo e Novaes (2011) na avaliação da qualidade de mudas de *Eucalyptus urophylla* produzidas em diferentes substratos e por Petter et al. (2012), na avaliação da qualidade de mudas de *Eucalyptus citriodora* e *Eucalyptus urophylla* em diferentes concentrações de biochar. Diferentemente, o IQD não foi sensível a diferentes substratos na produção e qualidade de mudas de *Eugenia involucrata* DC (SOUZA et al., 2015), e na qualidade de mudas de *Anadenanthera peregrina* em resposta a substratos alternativos com bagaço de cana (MASSAD et al.; 2016).

Além do IQD, outras relações são usadas na avaliação da qualidade de mudas de espécies florestais, como H/DC e H/MSPA (CALDEIRA et al., 2008). Estas relações representam o equilíbrio de crescimento da muda, considerando importantes variáveis morfológicas compondo um único índice. Para as relações

H/DC e H/MSPA, quanto menor for o seu valor, mais resistentes e robustas serão as mudas (CARNEIRO, 1995).

Em mudas de cedro-rosa (*Cedrela fissilis* Vell.) a relação H/DC apresentou-se como bom indicador para estimar o crescimento das mudas após o plantio definitivo em campo (OLIVEIRA; LIMA; LIMA, 2014). Rossa et al. (2015) verificaram que a relação H/DC e o IQD foram índices de qualidade sensíveis às doses de fertilizante de liberação lenta no desenvolvimento de mudas de *Anadenanthera peregrina* (angico-vermelho) e de *Schinus terebinthifolius* (aroeira-vermelha). Derlamelina et al. (2014), estudando diferentes substratos para a produção de mudas de *Sesbania virgata* observaram, através do IQD e das relações H/DC e H/MSPA, que os tratamentos com lodo de esgoto e vermiculita em sua composição, proporcionaram os melhores crescimentos para mudas dessa espécie.

A adoção da H e a relação H/MSPA são características morfológicas a serem consideradas, pois apresentam alta contribuição relativa ao padrão de qualidade de mudas (GOMES et al., 2002). Gomes et al. (2003) afirmam que quanto menor for a relação H/MSPA, mais lignificada estará a muda e maior a sua capacidade de sobrevivência em campo.

Quanto mais variáveis forem analisadas, maior será a certeza de qualidade da muda produzida (ABREU et al., 2015), assim garantindo o sucesso do plantio e menores custos. No entanto, apesar do êxito das plantações florestais dependerem em grande parte das mudas utilizadas, a escolha de variáveis que avaliam a sua qualidade ainda não está definida e sua mensuração não é operacional na maioria dos viveiros (GOMES et al., 2002; SILVA; ANTONIOLLI; ANDREAZZA, 2002).

## **2.3 Métodos de Interpretação de Análise Foliar**

### **2.3.1 Nível Crítico (NC)**

O NC é o método tomado como princípio para os diagnósticos nutricionais nos estudos de nutrição de plantas, correspondendo a 90% da máxima produtividade da cultura, assim plantas com teores foliares abaixo disso têm seu crescimento, produção ou qualidade diminuídos (BRAGA, 1976). O NC também é

caracterizado com sendo a concentração do nutriente abaixo da qual a taxa de acúmulo de nutriente não é suficiente para atender as demandas da taxa de acúmulo de biomassa, ou seja, considera-se deficiente ou suficientes, respectivamente, plantas com teores foliares abaixo ou acima do teor do NC (KURIHARA; MAEDA; ALVAREZ, 2005; WADT, 2011).

Convencionalmente, os NCs têm sido obtidos por meio de experimentos de calibração, sendo a variabilidade da produção explicada por variações no suprimento ou na disponibilidade do nutriente em análise, estando os demais fatores de produção, nutricionais ou não, mantidos em níveis não-limitantes (URANO et al., 2007). Dentre as metodologias para se obter o NC, tem-se utilizado a regressão entre os teores nutricionais e a produtividade, e considerado o teor que corresponde a 90% da produtividade máxima como NC (BRAGA, 1976).

Quanto mais similar as condições edafoclimáticas e vegetais da lavoura que se deseja diagnosticar com as condições em que foram estabelecidos os NCs, maior será a confiabilidade do diagnóstico nutricional (URANO et al., 2007). Isto implica na necessidade de implementação de experimentos de calibração em vários locais e ao longo do tempo, a fim de assegurar que diferenças em características de solo, clima e potencial produtivo de espécies vegetais sejam consideradas, o que torna o método oneroso e demorado. Em geral, os ensaios não são repetidos em várias condições, tornando esses valores de referência bem restritos a certas condições (COELHO et al., 2013). Ademais, cabe destacar que este é um método univariado, pois relaciona apenas um nutriente por vez, sem levar em conta a relação e a interação entre eles (GOTT et al., 2014).

O estabelecimento do NC e a sua avaliação podem ser uma informação útil para agricultores na tomada de decisão sobre o manejo nutricional a ser adotado em suas lavouras. No entanto, o método é limitado pela dificuldade de obtenção dos valores de referência e pela restrição às condições experimentais.

Os experimentos de calibração observados na literatura para *Eucalyptus* spp. têm sido realizados com outros propósitos, que não para obtenção dos NCs, como é o caso dos estudos de Matiello et al. (2009) para B em mudas clonais de *Eucalyptus* spp. e de Monsalve et al. (2009) para N em mudas de *Eucalyptus globulus*. Mesmo que estes NCs sejam para condições mais restritas, poderiam apresentar maior

eficiência comparada aos métodos mais genéricos, quando usados sob as mesmas condições.

### **2.3.2 Sistema Integrado de Diagnose e Recomendação (DRIS)**

Como método alternativo àqueles que avaliam os nutrientes de forma isolada (análises univariadas), há o método do Sistema Integrado de Diagnose e Recomendação (DRIS), proposto por Beaufils (1973). O método tem como objetivo avaliar, também, a interação entre os nutrientes (análises bivariadas), o que permitiria maior segurança às interpretações individuais dos nutrientes.

O método DRIS é capaz de indicar qual o nutriente mais limitante à produtividade e a ordem de limitação dos nutrientes, sendo esta uma das suas principais vantagens. Ao considerar não apenas o teor individual de cada nutriente no tecido foliar, mas seu equilíbrio com os demais, são geradas funções para cada nutriente, denominadas funções DRIS, que permitem medir a distância das relações bivariadas dos nutrientes na amostra sob diagnose em comparação aos valores dessas relações em uma população de referência (BEAUFILS, 1973). A integração dos valores das funções DRIS, para cada nutriente, dá origem ao denominado índice DRIS, que expressa o equilíbrio de cada nutriente em relação aos demais, assim, quanto mais próximo estiver de zero, mais equilibrado o estado nutricional da amostra avaliada.

Diferentemente dos métodos univariados, o método DRIS não se restringe à dados provenientes de experimentos de calibração, como o método NC, podendo também utilizar dados de lavouras comerciais e de outros tipos de experimentos, além daqueles voltados a calibração, em seus cálculos (RODRÍGUEZ; RODRÍGUEZ, 2000).

As relações nutricionais, normalmente na forma de quocientes, de modo direto ( $A/B$ ) e inverso ( $B/A$ ), podem resultar em maior correlação com a produtividade da cultura do que com a simples concentração de cada nutriente no tecido foliar (REIS JUNIOR; MONNERAT, 2003). O uso de quocientes entre os teores nutricionais pode minimizar os efeitos de diluição ou concentração de nutrientes nas amostras, resultantes da variação não controlada de acúmulo de

matéria vegetal seca (KURIHARA; MAEDA; ALVAREZ, 2005). A redução deste efeito contribui, segundo Sumner e Beaufils (1975) e Sumner (1977), para permitir que o processo de diagnose foliar seja estendido para períodos mais amplos, tornando o processo menos dependente da época ou idade do tecido amostrado.

Diante disto, Beaufils (1973) afirma que, aplicando-se o método DRIS, é possível obter valores de referência a partir de uma base de dados de maneira mais rápida e flexível, segura e ampliada, podendo ser utilizada em condições sem restrição alguma, desde que os conjuntos de dados sejam representativos. No entanto, o método DRIS apesar de ser vantajoso sobre os métodos univariados, pelo fato da consistência do método aumentar simultaneamente com o aumento do número de nutrientes analisados, não é passível de análise multivariada, devido à propriedades especiais dos dados de composição (Holland, 1966; Aitchison, 1986).

### **2.3.3 Diagnose da Composição Nutricional (CND)**

O método Diagnose da Composição Nutricional, em inglês Compositional Nutrient Diagnosis (CND), proposto por Parent e Dafir (1992), é um método multivariado. Diferentemente do método DRIS, bivariado, o método CND analisa as relações de todos os nutrientes de maneira conjunta, o que torna o método compatível com posterior análise estatística multivariada.

A base do método CND é a Análise de Dados Composicional de Aitchison (1982), que descreve um dado de forma quantitativa e relativa ao todo, de maneira semelhante à análise estatística de dados de composição, fundamentando-se na obtenção de variáveis multinutrientes ( $V_i$ ), cada uma delas ponderada pela média geométrica da composição nutricional (SERRA et al., 2010).

Assim, como o método DRIS é diferente do método NC, o CND não depende de experimentos de calibração, uma vez que o uso de relações multivariadas minimiza os efeitos não controlados da taxa de acúmulo de biomassa. O método CND apresenta ainda como vantagem a maior facilidade de cálculo dos índices de balanço nutricional, estes podem ser interpretados de forma semelhante aos índices DRIS, em função da ordem de limitação nutricional (WADT, 2011).

As relações entre o teor de um nutriente e a média geométrica dos teores dos demais componentes da matéria seca, inclusive aqueles não avaliados analiticamente (relações multivariáveis), são consideradas como forma de expressão do equilíbrio nutricional, quando se emprega o método CND (PARENT; DAFIR, 1992). Assim, na ausência de um dos nutrientes, a média geométrica da composição nutricional de uma amostra pode ter o valor de R superestimado, o que não ocorre com o método DRIS (WADT, 2011).

A consistência da interpretação de análise foliar aumenta à medida que o enfoque univariado (NC, por exemplo) é ampliado, de modo a considerar as relações entre nutrientes, dois a dois, ou seja, relações duais, como o método DRIS e, assim, progressivamente, até compreender, mediante enfoque multivariado, toda a estrutura de variação da composição nutricional (HOLLAND, 1966). Dessa forma, o CND tem sido testado na diagnose do estado nutricional em várias culturas, como cenoura (DEZORDI et al., 2016), alho (CUNHA et al., 2016), arroz sequeiro (TOMIO et al., 2015), feijoeiro irrigado (PARTELLI et al., 2014), laranjeira (DIAS et al., 2013), arroz irrigado (WADT et al., 2013), mangueiras (POLITI et al., 2013) e eucalipto (SILVA et al., 2005).

## **2.4 Análise da Previsão da Diagnose (APD)**

A avaliação do desempenho dos métodos de diagnósticos nutricionais permite identificar, com maior precisão e acerto, o verdadeiro estado nutricional. O primeiro método proposto para avaliar a utilidade de sistemas de diagnóstico do estado nutricional foi o sistema de Análise da Previsão de Diagnose (APD) - "Prescient Diagnostic Analysis Methodogy" (BEVERLY, 1987; BEVERLY; HALLMARK, 1992; BEVERLY, 1992; BEVERLY, 1993a). O objetivo desse método é avaliar a resposta da planta à aplicação do nutriente indicado no processo de diagnose foliar, quantificando a qualidade da informação de um diagnóstico nutricional.

O primeiro passo para a aplicação da APD é a identificação dos diagnósticos corretos e os falsos com base na resposta da planta, em forma de aumento na produtividade com a aplicação do nutriente avaliado, sendo os demais mantidos constantes (BEVERLY; HALLMARK, 1992). Esses autores consideram apenas os

acréscimos ou decréscimos na produtividade da cultura acima de 10%, que seriam minimamente ponderados como alteração da produtividade e entrariam no cálculo.

A APD avalia a utilidade de um diagnóstico nutricional a partir de informações de experimentos convencionais de resposta da planta à adição de nutrientes, contrastando-se um tratamento-controle, sem a aplicação do nutriente, com um tratamento-teste, com adição do nutriente. Caso haja aumento na produtividade com o incremento do nutriente, será considerado deficiente, ou seja, limitante do rendimento. Assim, se o diagnóstico nutricional, feito no tratamento-controle, tiver indicado insuficiência, então o diagnóstico será considerado verdadeiro. Nesta situação, se o diagnóstico nutricional no mesmo tratamento-controle tiver indicado estado equilibrado, então o diagnóstico será considerado falso. Caso a adição do nutriente não resulte em maior produtividade, será considerado suficiente, se o diagnóstico indicar insuficiência, estará falso; ainda, caso o diagnóstico nutricional tiver indicado equilibrado, então o diagnóstico será verdadeiro (BEVERLY, 1993a).

O ideal de um método de interpretação é que minimize os casos de falsos diagnósticos e maximize os verdadeiros diagnósticos. No entanto, é impossível eliminar totalmente os falsos diagnósticos, devido a possíveis erros experimentais ou a fatores não experimentais (BEVERLY; HALLMARK, 1992).

A produtividade diminui quando os diagnósticos são falsos, isto ocorre quando há falsa suficiência, pois o nutriente que estava deficiente não foi aplicado devido ao diagnóstico falso. Outra possibilidade de diminuição da produtividade são em casos de falsa deficiência, em que o nutriente é aplicado mesmo estando em níveis adequados, o que pode manter a produtividade ou diminuir por efeito de toxidez na planta ou por influência na absorção de outros nutrientes exigidos pela planta. Assim, além de diminuir os ganhos econômicos do produtor, pode ocasionar danos ao meio ambiente devido à aplicação em excesso de algumas fontes de nutriente (BEVERLY; HALLMARK, 1992).

As medidas de acurácia são: a acurácia total, a razão de deficiência (RD) e o incremento líquido da produtividade (BEVERLY; HALLMARK, 1992). A acurácia total consiste na soma do percentual de casos com verdadeiro diagnóstico. A RD compreende o percentual de diagnósticos verdadeiros de deficiência em relação ao total de diagnósticos de deficiência. O ideal é que a acurácia seja acima de 50%, e

a RD seja acima 1 (BEVERLY; HALLMARK, 1992), em ambos, valores abaixo indicam que os diagnósticos falsos prevalecem aos diagnósticos corretos. Para o incremento líquido, qualquer ganho produtivo é considerado válido pelos autores do método.

De acordo com Beverly (1993a), os cálculos da acurácia e a RD não são completamente satisfatórios para avaliar os métodos de diagnose nutricional. O autor exemplifica que um método que diagnostica de forma correta muitos casos suficientes, porém menos ou nenhum caso de deficiência, teria elevada acurácia, mesmo que tenha falhado no principal objetivo da diagnose nutricional, que é identificar casos de deficiência. Com base nisso, foram propostos dois cálculos adicionais para distinguir entre a acurácia de suficiência (AccSuf) e a acurácia de deficiência (AccDef), utilizados na equação da razão de eficiência (RE).

Apesar da importância da acurácia em comprovar a eficiência de uma metodologia de diagnose nutricional, existem poucos trabalhos na literatura com seu uso (BEVERLY, 1992; BEVERLY, 1993a; BEVERLY, 1993b; TEIXEIRA; SANTOS; BATAGLIA, 2002; MARTINS, 2015; TRASPADINI, 2016; SILVA, 2016).

Ao avaliar a resposta em rendimento em laranja 'Valência' (*Citrus sinensis*) para N, P e K, utilizando os métodos de diagnóstico Faixa de Suficiência (FS) e DRIS, Beverly (1992) obteve acurácia, para FS de 75% no diagnóstico de N, 90% nos diagnósticos de P e 60% para K. O método DRIS apresentou 50% de acurácia para os nutrientes N e P e 60% para K. A razão de deficiência para a FS foi de 1 para N e P e 1,5 para K, e para o método DRIS, foi menor que 1 para N e P e 1,5 para K. Houve incremento líquido da produtividade de 120 kg por planta para os diagnósticos de N e P utilizando o método FS. O método DRIS apresentou decréscimo de 82 e 9 kg por planta para N e P, respectivamente. Ambos os métodos apresentaram rendimento de 500 kg por planta para K.

Os métodos DRIS e FS foram testados para as culturas do trigo e do milho (BEVERLY, 1993b), em que os diagnósticos dos nutrientes N, P, K e S foram confrontados com a resposta no rendimento dessas culturas. Considerando os rendimentos líquidos, determinantes na escolha de um método, o método DRIS apresentou rendimento total, em média, 59% superior ao método FS para trigo, devido a ineficiência do método FS em diagnosticar os casos de deficiência em S.

Em milho, a resposta do rendimento total foi de 46,0 e 77,6 g vaso<sup>-1</sup> para DRIS e FS, respectivamente, sendo que os nutrientes que menos contribuíram em rendimentos foram o N e o S para o método DRIS. O autor afirma que a acurácia de um método de diagnose está intimamente associada ao incremento líquido da produtividade, podendo variar de acordo com a cultura e ressalta a necessidade de se testar a acurácia de cada valor de referência obtido para qualquer método e cultura.

Ao avaliar a eficiência de diagnósticos de N, P e K utilizando duas abordagens para o método DRIS (DRIS>0 e DRIS>MS) na cultura da soja, com cinco e dez semanas de amostragem, Beverly (1993a) observou que todas as metodologias levaram a um incremento líquido produtivo negativo, excetuando somente os diagnósticos com amostragem de cinco semanas, por meio do DRIS<0, com incremento de 4.050 kg ha<sup>-1</sup>.

Em diagnósticos nutricionais para N e K utilizando os métodos NC e DRIS em bananeira, Teixeira, Santos e Bataglia (2002) relataram desempenho superior do método DRIS em relação ao NC para diagnósticos de N em bananeira, encontrando incremento produtivo de 124 t ha<sup>-1</sup> com o uso de método DRIS para N e apenas 20 t ha<sup>-1</sup> para o mesmo nutriente utilizando o método NC, já para o K, foi obtido aumento de 70 t ha<sup>-1</sup> na produtividade com ambos os métodos testados.

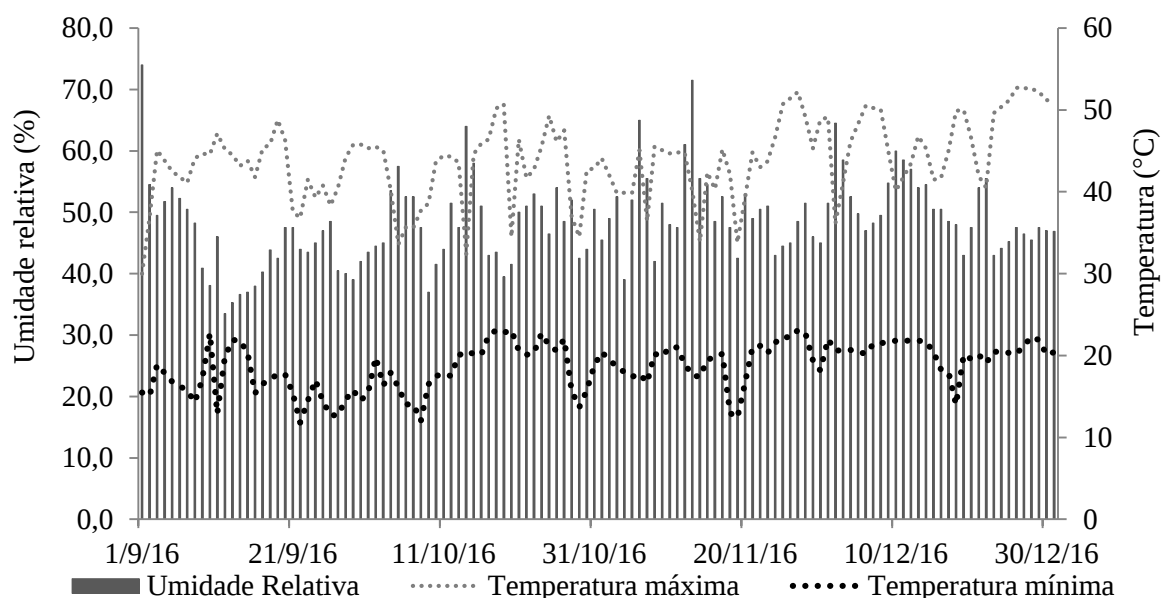
Aplicando o mesmo procedimento proposto por Beverly e Hallmark (1992), para a avaliação do estado nutricional em P para feijão-caupi pelos métodos NC e CND, na região Norte e Nordeste do Brasil, Martins (2015) observou para o método CND incremento médio de produtividade de 127,4 kg ha<sup>-1</sup>, enquanto o método NC apresentou perda de produtividade de 10,8 kg ha<sup>-1</sup>. Contudo, Silva (2016) observou apenas perda em produtividade com a adoção do método CND para a avaliação do estado nutricional em P para cana-de-açúcar.

Ao testar os métodos NC, DRIS e CND no diagnóstico de B em soja, de acordo com o sugerido por Beverly e Hallmark (1992), Traspadini (2016) observou para o incremento da produtividade, que todos os métodos apresentaram rendimento negativo, excetuando-se apenas os métodos DRIS (critério da transformação logarítmica das relações) e NC calibrado, com acréscimo de 22 e 116 kg ha<sup>-1</sup>, respectivamente.

### 3 MATERIAL E MÉTODOS

#### 3.1 Descrição dos experimentos

Os experimentos de adubação foram realizados em casa de vegetação da Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, em Jaboticabal, Brasil, entre setembro e dezembro de 2016. Obtiveram-se os valores de umidade relativa (%), temperaturas máximas e mínimas do ar (°C), utilizando-se termo higrômetro digital localizado no interior da casa de vegetação com medições diárias no período da manhã (10:00 h), durante o período experimental (Figura 1), apresentando temperatura média de 31 °C, próxima a temperatura-base para mudas de híbrido de *Eucalyptus grandis* x *Eucalyptus urophylla*, que é de 32 °C (CORRÊA et al., 2013).



**Figura 1.** Valores médios diários de umidade relativa e temperatura máxima e mínima do ar durante o período experimental.

Os experimentos seguiram delineamento inteiramente casualizado, no esquema fatorial 7 x 4, com sete nutrientes (N, P, K, Mg, Ca, B e Fe), quatro concentrações por nutriente e quatro repetições, com cinco plantas por repetição, sendo realizado rodízio das bandejas quinzenalmente. As concentrações foram de 0, 50, 100 e 150% da concentração da solução nutritiva completa de Hoagland e Arnon

(1950) com adaptação para a fonte de Fe (substituindo Fe EDTA por FeEDDHMA), suprimindo o nutriente em estudo (Tabela 1).

**Tabela 1.** Tratamentos utilizados nos experimentos de adubação, baseados na solução nutritiva de Hoagland e Arnon (1950).

| Nutrientes                      | Fontes                               | *C0 | C1    | C2    | C3    |
|---------------------------------|--------------------------------------|-----|-------|-------|-------|
| -----mmol L <sup>-1</sup> ----- |                                      |     |       |       |       |
| N                               | KNO <sub>3</sub> ; CaNO <sub>3</sub> | 0   | 7,5   | 15,0  | 22,5  |
| P                               | K <sub>2</sub> HPO <sub>4</sub>      | 0   | 0,5   | 1,0   | 1,5   |
| K                               | KNO <sub>3</sub> ; KCl               | 0   | 3,5   | 7,0   | 10,5  |
| Ca                              | CaNO <sub>3</sub>                    | 0   | 2,5   | 5,0   | 7,5   |
| Mg                              | MgSO <sub>4</sub>                    | 0   | 1,0   | 2,0   | 3,0   |
| B                               | H <sub>3</sub> BO <sub>3</sub>       | 0   | 0,023 | 0,046 | 0,069 |
| Fe                              | FeEDDHMA                             | 0   | 0,225 | 0,450 | 0,675 |

\*C0: Concentração 0; C1: Concentração 50; C2: Concentração 100; C3: Concentração 150% da solução nutritiva completa de Hoagland e Arnon (1950), diluída a 50%.

O clone de eucalipto utilizado foi o AEC 0144. As mudas recém-enraizadas (aproximadamente 20 dias) foram retiradas do substrato, tiveram as raízes lavadas e, posteriormente, foram acondicionadas em novos recipientes (tubetes) (50 cm<sup>3</sup>) preenchidos com vermiculita fina. Após o processo de transferência, as mudas foram colocadas em casa de vegetação sob irrigação por nebulização por duas semanas, para garantir o bom enraizamento e o menor estresse.

As mudas recém-enraizadas receberam solução nutritiva de Hoagland e Arnon (1950) completa diluída a 10% da força iônica por quatro dias, posteriormente, receberam os respectivos tratamentos, diluído a 10% da força iônica por uma semana, 25% por mais uma semana e 50% até o final do experimento, sendo o valor pH da solução nutritiva ajustado para 5,5 a 6,0 com utilização de NaOH (1 mol L<sup>-1</sup>) ou HCl (1 mol L<sup>-1</sup>) quando necessário. Foi realizada a aplicação de 10 ml de solução nutritiva por dia e 5 ml de água deionizada por dia por tubete separadamente, para controle da salinidade. Para evitar perda de solução nutritiva no fundo de cada tubete foi colocado um coletor.

Ao atingir o ponto de expedição (mudas prontas para o plantio no campo), foram obtidos dados de crescimento: a altura, o diâmetro de coleto, a matéria seca

da parte aérea, do sistema radicular e planta inteira (MS) (soma da parte aérea e raiz). Ademais, foram coletadas folhas para análise nutricional, coletando-se o segundo e terceiro par de folhas completamente expandidas (D'ÁVILA et al., 2011; MATTIELLO et al., 2009). As folhas amostradas foram lavadas em água deionizada, em seguida em solução detergente a 0,1%, posteriormente em solução ácida (0,3% HCl) e, novamente, em água deionizada, em seguida, foram secas em estufa de circulação forçada entre 60 e 70 °C até atingir massa constante, moídas e determinados os teores de N, P, K, Ca, Mg, S, Cu, Fe, Mn, Zn e B (BATAGLIA et al., 1983).

### 3.2 Valores de referência e indicadores de produção

As mudas de *Eucalyptus* spp. foram obtidas de quatro viveiros comerciais, em fase de expedição (entre 90-120 dias), considerando sete diferentes clones (*Eucalyptus urophylla* x *Eucalyptus grandis*, AEC 0144, IPB1, GG100, AEC 1528, CO 1407, 2361 e PL 3334), crescidas em tubetes com 50 cm<sup>3</sup> de capacidade, preenchidos com substrato à base de casca de pinus e fertilizadas seguindo a rotina dos viveiros, sem interferência no manejo.

As mudas obtidas dos viveiros comerciais tiveram aferidas a altura, o diâmetro de coleto, a matéria seca da parte aérea, radicular e planta inteira, além de determinado os teores de N, P, K, Ca, Mg, S, Cu, Fe, Mn, Zn e B, de maneira semelhante ao citado no item 3.1.

Com os dados de crescimento obteve-se o IQD de cada muda, para as amostras das parcelas experimentais e dos viveiros comerciais, a partir da seguinte fórmula (DICKSON; LEAF; HOSNER, 1960):

$$IQD = [\text{matéria total} / (\text{RAD} + \text{RPAR})]$$

Em que:

-IQD: Índice de Qualidade de Dickson;

-Matéria seca total, expressa em gramas, obtida pela soma das matérias secas de folhas, caule e raiz;

-RAD: relação da altura da parte aérea com o diâmetro do coleto;

-RPAR: relação da matéria seca da parte aérea com a matéria seca de raízes.

Como indicadores de produção das mudas para o cálculo do DRIS e CND foram utilizados a MS e o IQD.

O banco de dados foi composto pelos dados das amostras dos viveiros comerciais e dos experimentos de adubação, conforme recomendado por Rodríguez e Rodríguez (2002), totalizando 222 observações.

Nos cálculos para obtenção dos valores de referência pelo DRIS e CND, foram utilizadas somente as amostras de referências (alto MS ou IQD), as quais apresentavam MS ou IQD acima da média produtiva ( $\bar{X}$ ) ( $MS > \bar{X}$  ou  $IQD > \bar{X}$ ) (BEAUFILS, 1973).

### 3.3 Nível crítico

Para calcular o NC, foram utilizados somente os teores dos nutrientes (N, P, K, Ca, Mg, B e Fe) e a MS ou o IQD das parcelas experimentais, sendo obtido por regressão quadrática, determinando-se o teor dos nutrientes correspondente a 90% da MS ou do IQD máximos. Os diagnósticos foram obtidos pela comparação entre o teor das parcelas com o NC calculado para cada nutriente, sendo as amostras com teores, abaixo ou acima do NC, consideradas deficientes ou suficientes, respectivamente.

### 3.4 Normas DRIS e CND

As normas CND e DRIS foram produzidas a partir das transformações dos dados originais para  $g\ kg^{-1}$ , para permitir a comparação entre nutrientes de unidades diferentes. Em seguida, foi realizada a exclusão de valores dos teores de nutrientes considerados extremos. Deste modo, foram excluídos os valores menores que o teor médio -  $2,55 \times$  desvio-padrão e aqueles maiores que o teor médio +  $2,55 \times$  desvio-padrão. Os demais valores foram mantidos para a obtenção das normas e para a determinação dos índices DRIS e CND, portanto, os teores nutricionais que estiveram dentro do intervalo de valores da média  $\pm 2,55 \times$  desvio-padrão da distribuição normal (95% dos dados em torno da média foram considerados válidos e os demais foram ignorados em todos os procedimentos a seguir).

Os índices DRIS e CND foram calculados a partir dos teores foliares de todos os nutrientes e a MS ou IQD das amostras.

Para calcular as funções DRIS de relação de nutrientes, foi aplicada a fórmula simplificada por Jones (1981):

$$F_X = (vX - Mi) / Si, \text{ em que:}$$

$vX$  = teor de cada nutriente em  $g\ kg^{-1}$ , em que: X representa cada um dos nutrientes avaliados (N, P, K ...Zn);

$Mi$  = média das relações da população desejável (referência);

$Si$  = desvio-padrão das relações da população desejável (referência);

No método CND, para cada amostra foliar determinou-se o valor R, que corresponde ao complemento da matéria seca para 1.000 g, de acordo com a expressão:

$$R = 1.000 - (vN + vP + vK + vCa + vMg + vS + vB + vCu + vFe + vMn + vZn), \text{ em que:}$$

R = complemento da matéria seca para 1.000 g;

1.000 = 100 % da matéria seca;

$vX$  = teor de cada nutriente em  $g\ kg^{-1}$ , em que: X representa cada um dos nutrientes avaliados (N, P, K ...Zn) (PARENT; DAFIR, 1992).

Em seguida, determinou-se a média geométrica (mGeo) dos teores nutricionais em cada amostra, empregando-se a fórmula:

$$mGeo = (vN \times vP \times vK \times vCa \times vMg \times vS \times vB \times vCu \times vFe \times vMn \times vZn \times R)^{(1/n)},$$

em que:

mGeo = raiz de ordem “n” do produto dos teores nutricionais pelo valor R;

“n” = número de fatores utilizados no cálculo da média geométrica (PARENT; DAFIR, 1992).

Definida a média geométrica, calculou-se a relação multivariada (zX), obtida pelo logaritmo natural do quociente entre os teores de N, P, K, Ca, Mg, S, B, Cu, Fe, Mn e Zn e a média geométrica da composição nutricional na amostragem foliar, segundo a expressão:

$zX = \ln (vX / mGeo)$ , em que:  $vX$  = teores de cada nutriente expressos em ( $g\ kg^{-1}$ ), e mGeo, a média geométrica dos nutrientes na amostra (PARENT; DAFIR, 1992).

Por fim, foram calculadas as médias e o desvio-padrão das relações log-tranformadas e multivariadas para os nutrientes avaliados, as quais se constituíram as normas DRIS e CND, respectivamente.

### 3.5 Índices DRIS e CND e IBNm

Para o cálculo dos índices DRIS, foi aplicada a fórmula de Jones (1981). Os índices DRIS foram obtidos pela soma de todas as funções das relações ( $F_i$ ) possíveis de um nutriente (log-tranformadas), dividido pelo número de funções de relações que entraram no somatório ( $n$ ).

Índice DRIS =  $[F_i(A/B) + \dots + F_i(A/Z)] / n$ , em que:  $F_i(A/B)$  = relação entre os nutrientes avaliados.

O índice CND ( $I_X$ ) foi obtido para cada caso contido no banco de dados utilizado. Para o cálculo, utilizou-se a expressão:

$I_X = (zX - mX) / sX$ , em que:  $I_X$  = índice CND de um nutriente qualquer ( $X$ ),  $zX$  = relação multivariada para esse mesmo nutriente, e  $mX$  e  $sX$ , respectivamente, a norma média e a norma desvio-padrão das relações multivariadas do nutriente  $X$  (PARENT; DAFIR, 1992).

Posteriormente, calculou-se o Índice de Balanço Nutricional médio (IBNm) para os dois métodos, empregando a expressão:

$IBNm = (|I_N| + |I_P| + |I_K| + |I_{Ca}| + |I_{Mg}| + |I_S| + |I_B| + |I_{Cu}| + |I_{Fe}| + |I_{Mn}| + |I_{Zn}|) / n$ , em que: IBNm = índice de balanço nutricional médio,  $|I_X|$  = módulo dos índices nutricionais DRIS ou CND de cada nutriente, em que:  $X$  representa cada um dos nutrientes avaliados (N, P, K ...Zn),  $n$  = número de nutrientes avaliados em uma dada planta ou amostra foliar (SUMNER, 1977).

### 3.6 Interpretação do estado nutricional

A interpretação do estado nutricional foi realizada pelo índice DRIS ( $IN_{DRIS}$ ) e índice CND ( $IN_{CND}$ ), em duas classes de interpretação: equilibrado e deficiente, utilizando-se o critério do Potencial de Resposta à Adubação - PRA (WADT, 2005). As amostras foram consideradas equilibradas quando o índice de um nutriente

( $IN_{DRIS}$  ou  $IN_{CND}$ ), em módulo, foi menor que o  $IBNm$ , ou quando o índice  $IN_{DRIS}$  ou  $IN_{CND}$  estava maior ou igual a zero. Foram consideradas deficientes as amostras que apresentavam  $IN_{DRIS}$  ou  $IN_{CND}$  negativo e com seu módulo maior que o  $IBNm$ .

### **3.7 Acurácia dos diagnósticos nutricionais**

Para avaliar o desempenho dos diagnósticos nutricionais, determinou-se a acurácia do diagnóstico do estado nutricional para as amostras das parcelas experimentais para os nutrientes N, P, K, Ca, Mg, B e Fe, definido por duas classes de interpretação: deficiente e suficiente.

Para avaliar a eficiência dos métodos NC, DRIS e CND comparou-se os diagnósticos (deficiência e suficiência) obtidos para os nutrientes N, P, K, Ca, Mg, B e Fe com o Verdadeiro Estado Nutricional (VEN) das mudas. O VEN foi obtido pela resposta da planta a adubação de dado nutriente, em relação a uma condição controle. As respostas avaliadas nas plantas foram a MS e o IQD, sendo considerados apenas acréscimos ou decréscimos de 10% na MS ou no IQD como suficientes para realizar a comparação entre o diagnóstico e o rendimento (BEVERLY, 1992).

Para cada nutriente (N, P, K, Ca, Mg, B e Fe), os diagnósticos nutricionais foram confrontados com a resposta da planta à aplicação de concentrações crescentes, comparando-se uma situação com ausência do nutriente em teste (situação-controle) com outro tratamento, em que houve apenas a adição do nutriente (situação-resposta), ou tratamento com concentração menor (situação-controle), com tratamento com concentração superior do nutriente (situação-resposta) (Tabela 2).

**Tabela 2.** Distribuição da adequação de diagnósticos nutricionais para avaliação do estado nutricional de mudas clonais de *Eucalyptus* spp., pelos métodos NC, DRIS e CND.

| Diagnóstico nutricional | Estado nutricional fisiológico |                |
|-------------------------|--------------------------------|----------------|
|                         | Responsivo                     | Não responsivo |
| Deficiente              | $V_{DEF}$                      | $F_{DEF}$      |
| Suficiente              | $F_{SUF}$                      | $V_{SUF}$      |

$V_{DEF}$ : verdadeira deficiência (resposta ao fornecimento do nutriente em questão e as plantas diagnosticadas como deficientes);  $F_{DEF}$ : falsa deficiência (fornecimento do nutriente não resulta em resposta em crescimento, tendo sido as plantas diagnosticadas como deficientes);  $V_{SUF}$ : verdadeira suficiência (não há resposta ao fornecimento do nutriente e as plantas diagnosticadas como adequadas);  $F_{SUF}$ : falsa suficiência (não há resposta ao fornecimento do nutriente, e as plantas foram diagnosticadas como deficientes).

Para avaliar o desempenho dos diagnósticos nutricionais, foram utilizadas as seguintes medidas de acurácia: Acurácia Total, Acurácia de Deficiência e de Suficiência, Razão de Deficiência e a Razão de Eficiência foram obtidas pela contagem de casos de cada categoria (BEVERLY; HALLMARK, 1992; BEVERLY, 1992, 1993a) (Tabela 3).

**Tabela 3.** Medidas de acurácia e valores aceitáveis para avaliação do estado nutricional de mudas de *Eucalyptus* spp. pelos métodos NC, DRIS e CND.

| Critério | Cálculo                                         | Valores aceitáveis |
|----------|-------------------------------------------------|--------------------|
| Acc      | $[(V_{DEF}) + (V_{SUF})]$                       | >50                |
| AccDef   | $[V_{DEF}/(V_{DEF} + F_{SUF})]$                 | >50                |
| AccSuf   | $[V_{SUF}/(V_{SUF} + F_{DEF})]$                 | >50                |
| RD       | $[(\%V_{DEF})/(\%F_{DEF})]$                     | >1                 |
| RE       | $[(AccDef)/(AccDef + 100 - Acc suf) * AccDef)]$ | >1                 |

Acc = Acurácia Total; AccDef = Acurácia de deficiência; AccSuf = Acurácia de suficiência; RD = Razão de Deficiência e RE = Razão de Eficiência.

$V_{DEF}$  = verdadeira deficiência;  $F_{DEF}$  = falsa deficiência;  $V_{SUF}$  = verdadeira suficiência e  $F_{SUF}$  = falsa suficiência. (Adaptada de Teixeira, Santos e Bataglia, 2002).

No cálculo da razão da deficiência, quando o valor  $F_{DEF}$  for igual a zero, o indicador não foi considerado indefinido como sugerido por Beverly (1992), mas sim o número de acerto do método nesta categoria, uma vez que quando  $F_{DEF} = 0$  e  $V_{DEF} > 0$ , adotar este valor melhor reflete a condição de eficiência do método em diagnosticar corretamente os casos de verdadeira deficiência.

O incremento líquido da produção - ILP (MS ou IQD) foi obtido pela equação:  $ILP = |P_{V_{DEF}}| + |P_{V_{SUF}}| - |P_{F_{DEF}}| - |P_{F_{SUF}}|$ , sendo P, a produção acrescida ou decrescida, relacionada a cada possibilidade de caso, podendo-se somar ou subtrair

a produção relacionada aos verdadeiros e aos falsos diagnósticos, respectivamente (BEVERLY; HALLMARK, 1992).

### **3.8 Análise estatística**

Para os valores de IBNm e MS ou IQD foi realizado teste de correlação de Pearson, da mesma forma, para os teores de nutrientes (N, P, K, Ca, Mg, B e Fe) e a MS e o IQD das amostras das parcelas experimentais. Realizou-se estudo de regressão a 5% de probabilidade para as concentrações estudadas dos nutrientes e seus efeitos nos teores dos nutrientes e nas MS ou nos IQD das parcelas experimentais com auxílio do programa AgroEstat (BARBOSA; MALDONADO JÚNIOR, 2015).

#### 4 RESULTADOS

Das 222 observações amostradas dos viveiros comerciais e experimentos de adubação, 110 e 103 foram classificadas como sendo de alta produtividade utilizando a MS ( $MS > 2,49 \text{ g planta}^{-1}$ ) e o IQD ( $IQD > 0,23$ ) como indicadores produtivos, respectivamente (Tabela 4). Destas, 37 e 41% foram amostras provenientes dos experimentos de adubação, respectivamente.

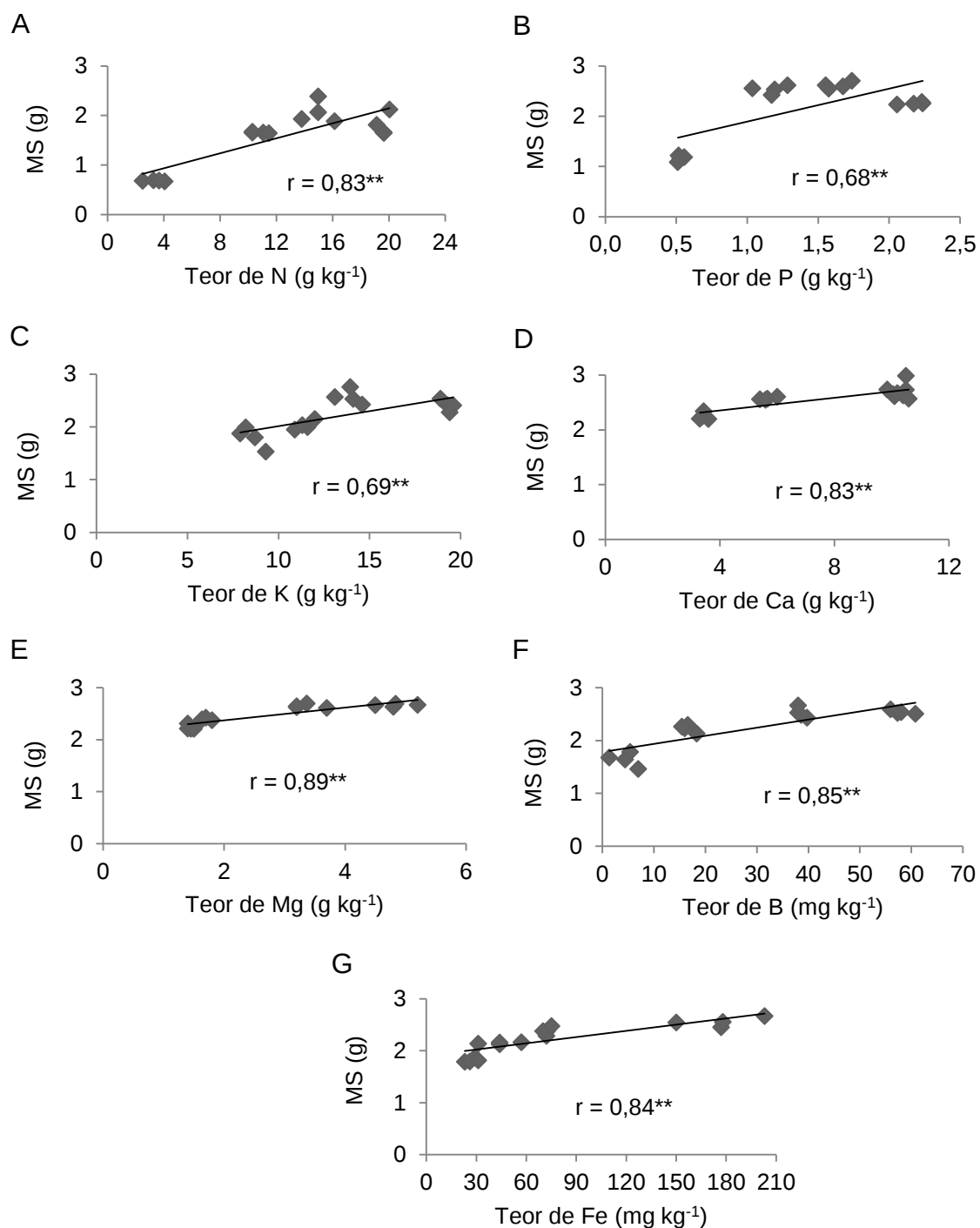
**Tabela 4.** Média e desvio-padrão (DP) do teor de nutrientes (N, P, K, Ca, Mg, B e Fe), da matéria seca de planta inteira (MS) e do índice de qualidade de Dickson (IQD) das subpopulações de baixa e alta produtividade das amostras de mudas clonais de *Eucalyptus* spp.

| Nutrientes                 | MS (g por planta) |      |       |      | IQD   |      |       |      |
|----------------------------|-------------------|------|-------|------|-------|------|-------|------|
|                            | Baixa             |      | Alta  |      | Baixa |      | Alta  |      |
|                            | Média             | DP   | Média | DP   | Média | DP   | Média | DP   |
| N ( $\text{g kg}^{-1}$ )   | 14,9              | 4,5  | 12,2  | 4,7  | 14,9  | 4,7  | 12,0  | 4,4  |
| P ( $\text{g kg}^{-1}$ )   | 1,9               | 1,0  | 1,3   | 0,7  | 1,9   | 1,0  | 1,2   | 0,7  |
| K ( $\text{g kg}^{-1}$ )   | 13,4              | 5,7  | 8,9   | 5,2  | 13,4  | 5,3  | 8,6   | 5,5  |
| Ca ( $\text{g kg}^{-1}$ )  | 5,7               | 3,0  | 6,1   | 2,5  | 6,1   | 2,9  | 5,6   | 2,6  |
| Mg ( $\text{g kg}^{-1}$ )  | 3,9               | 1,7  | 3,9   | 1,2  | 4,0   | 1,6  | 3,7   | 1,3  |
| B ( $\text{mg kg}^{-1}$ )  | 73,3              | 37,7 | 59,7  | 18,6 | 72,4  | 37,0 | 60,1  | 18,8 |
| Fe ( $\text{mg kg}^{-1}$ ) | 140,4             | 6,6  | 94,4  | 70,7 | 146,8 | 6,8  | 84,0  | 60,8 |
|                            | 1,86              | 0,47 | 3,12  | 0,71 | 0,17  | 0,04 | 0,29  | 0,07 |
| Número de amostras         | 112               |      | 110   |      | 119   |      | 103   |      |

A MS nas amostras da população de alta produtividade foi, aproximadamente, 60% maior que na população de baixa produtividade (Tabela 4).

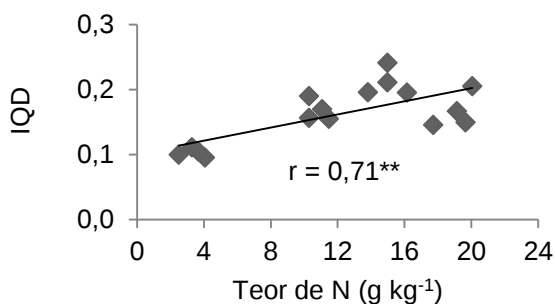
Tanto para MS quanto para IQD, os teores médios para a maioria dos nutrientes analisados foram superiores nas amostras de baixa produtividade, em relação aos teores observados naquelas de alta produtividade, contudo os desvios-padrão, exceto para os micronutrientes B e Fe, tiveram mesma magnitude nos dois grupos (Tabela 4). O IQD nas amostras da população de alta produtividade foi, aproximadamente, 59% maior que na população de baixa produtividade.

A dispersão dos dados de MS e dos teores dos nutrientes nas amostras experimentais apresentaram correlações altas e positivas (Dancey; Reidy, 2006) (Figura 2).



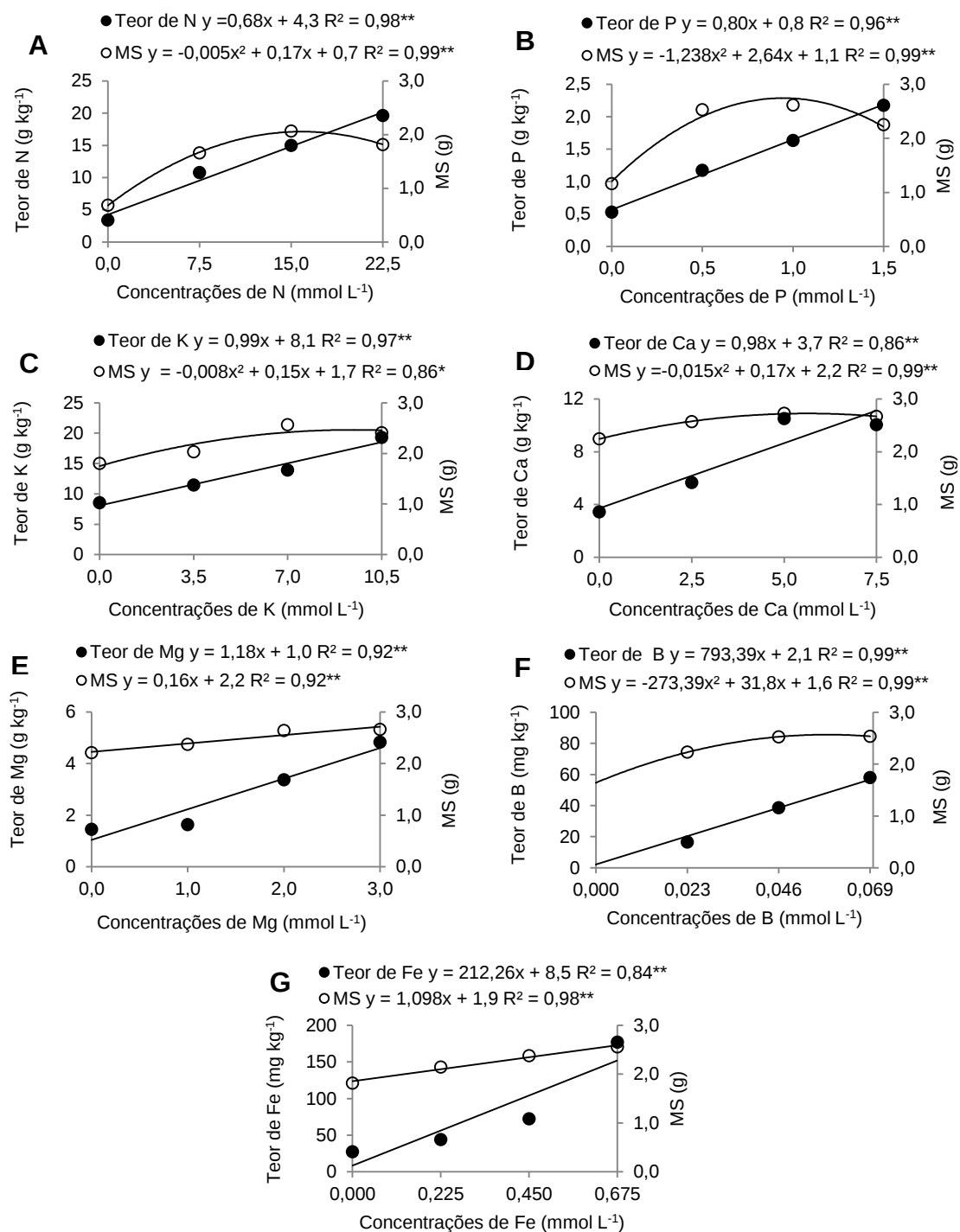
**Figura 2.** Correlação entre o teor foliar de nitrogênio (A), fósforo (B), potássio (C), cálcio (D), magnésio (E), boro (F) e ferro (G) com a matéria seca (MS) das amostras das parcelas experimentais em mudas de *Eucalyptus* spp.,  $^{**}$  significativo a 1% de probabilidade pelo teste t.

A avaliação da dispersão do IQD em função do teor de N indicou correlação linear positiva nas amostras das parcelas experimentais (Figura 3), para os demais nutrientes não houve correlações significativas.

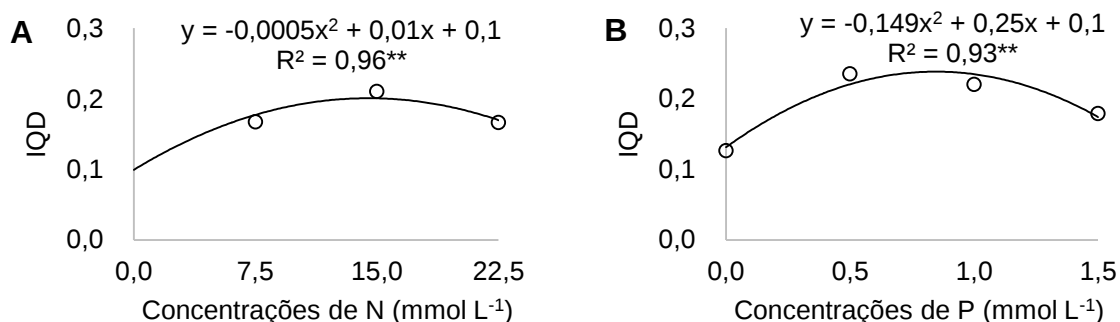


**Figura 3.** Correlação entre o teor foliar de N com o Índice de Qualidade de Dickson (IQD) das amostras das parcelas experimentais em mudas de *Eucalyptus* spp., \*\* significativo a 1% pelo teste t.

Observou-se que o aumento das concentrações na solução nutritiva de todos os nutrientes estudados incrementaram os respectivos teores foliares dos nutrientes e a MS (Figura 4). O mesmo não foi observado para o IQD, apenas o aumento das concentrações de N e P incrementaram o IQD (Figura 5), não houve resposta do IQD ao aumento das concentrações dos demais nutrientes testados (K, Ca, Mg, B e Fe) na solução nutritiva.



**Figura 4.** Teor foliar e matéria seca de planta inteira (MS) em função de concentrações de nitrogênio (A), fósforo (B), potássio (C), cálcio (D), magnésio (E), boro (F) e ferro (G) na solução nutritiva em mudas clonais de *Eucalyptus* spp.,  $^{**}$  significativo a 1% de probabilidade pelo teste F.



**Figura 5.** Índice de qualidade de Dickson (IQD) em função de concentrações de nitrogênio (N) (**A**) e fósforo (P) (**B**) na solução nutritiva em mudas clonais de *Eucalyptus* spp., \*\*significativo a 1% de probabilidade pelo teste F.

As concentrações de N na solução nutritiva promoveram o incremento linear no teor foliar de N, atingindo 19,6 g kg<sup>-1</sup> e aumento na MS, atingindo máximo na concentração de 17 mmol L<sup>-1</sup> de N (Figura 4A), incrementando também o IQD, obtendo-se 0,19 na concentração de 14,1 mmol L<sup>-1</sup> de N (Figura 5A). Com o as concentrações de P, o teor foliar de P aumentou alcançando 2,0 g kg<sup>-1</sup>, a MS máxima foi atingida na concentração de 1,07 mmol L<sup>-1</sup> de P (Figura 4B) e o IQD alcançou 0,24 na concentração de 0,85 mmol L<sup>-1</sup> de P (Figura 5B).

As concentrações de K incrementaram o teor foliar de K, alcançando 18,5 g kg<sup>-1</sup> e a MS atingiu seu máximo na concentração de 9,4 mmol L<sup>-1</sup> de K (Figura 4C).

Com as concentrações de Ca, o teor foliar de Ca atingiu 11,0 g kg<sup>-1</sup>, já a MS teve seu maior valor na concentração de 5,7 mmol L<sup>-1</sup> de Ca (Figura 4D). Com a aplicação de concentrações crescentes de Mg, atingiu-se o teor de Mg de 4,5 g kg<sup>-1</sup> e a MS de 2,7 g (Figura 4E).

A aplicação de concentrações crescentes de B aumentou o teor foliar de B, atingindo 56,8 mg kg<sup>-1</sup> e a máxima MS foi alcançada na concentração de 0,058 mmol L<sup>-1</sup> de B (Figura 4F). Com a aplicação de concentrações de Fe, atingiu-se o teor foliar de Fe de 151,7 mg kg<sup>-1</sup> e a MS de 2,6 g (Figura 4G).

Os NCs foram obtidos, determinando-se o teor foliar do nutriente associado com 90% da MS máxima, correspondendo para N, P, K, Ca, Mg, B e Fe valores iguais a 14,9; 1,8; 13,6; 6,5; 1,9 g kg<sup>-1</sup>; 30,9 e 64,9 mg kg<sup>-1</sup>, respectivamente. Os NCs obtidos a partir do IQD foram de 14,4 g kg<sup>-1</sup> para N, 1,8 g kg<sup>-1</sup> para P, 12,9 g kg<sup>-1</sup>

<sup>1</sup> para K, 6,8 g kg<sup>-1</sup> para Ca, 4,3 g kg<sup>-1</sup> para Mg, 39,9 mg kg<sup>-1</sup> para B e 88,6 mg kg<sup>-1</sup> para Fe.

A transformação logarítmica das relações entre os nutrientes, utilizadas para obtenção das normas DRIS, possibilitaram que as formas de expressão direta e inversa das relações resultassem na mesma magnitude de variação (BEVERLY, 1987), diferindo apenas por uma possuir valor negativo, devido a isso, foi adotada somente a forma direta de expressão, tanto para as normas obtidas quando se considerou a MS quanto para o IQD (Tabela 5).

**Tabela 5.** Normas DRIS log-transformadas para mudas clonais de *Eucalyptus* spp. para os indicadores produtivos matéria seca de planta inteira (MS) e índice de qualidade de Dickson (IQD).

| MS            |       |      |               |       |      | IQD           |       |      |               |       |      |
|---------------|-------|------|---------------|-------|------|---------------|-------|------|---------------|-------|------|
| Relações DRIS | Xi    | s    | Relações DRIS | Xi    | s    | Relações DRIS | Xi    | s    | Relações DRIS | Xi    | s    |
| N/P           | 0,98  | 0,21 | Ca/S          | 0,79  | 0,26 | N/P           | 1,01  | 0,23 | Ca/S          | 0,80  | 0,26 |
| N/K           | 0,17  | 0,12 | Ca/B          | 2,00  | 0,26 | N/K           | 0,19  | 0,15 | Ca/B          | 1,97  | 0,33 |
| N/Ca          | 0,31  | 0,17 | Ca/Cu         | 3,01  | 0,39 | N/Ca          | 0,35  | 0,24 | Ca/Cu         | 2,96  | 0,40 |
| N/Mg          | 0,49  | 0,17 | Ca/Fe         | 1,9   | 0,28 | N/Mg          | 0,51  | 0,18 | Ca/Fe         | 1,89  | 0,28 |
| N/S           | 1,10  | 0,19 | Ca/Mn         | 1,45  | 0,24 | N/S           | 1,15  | 0,20 | Ca/Mn         | 1,42  | 0,25 |
| N/B           | 2,31  | 0,26 | Ca/Zn         | 2,20  | 0,38 | N/B           | 2,31  | 0,29 | Ca/Zn         | 2,20  | 0,36 |
| N/Cu          | 3,30  | 0,41 | Mg/S          | 0,61  | 0,28 | N/Cu          | 3,26  | 0,43 | Mg/S          | 0,64  | 0,24 |
| N/Fe          | 2,20  | 0,20 | Mg/B          | 1,82  | 0,26 | N/Fe          | 2,24  | 0,20 | Mg/B          | 1,80  | 0,29 |
| N/Mn          | 1,75  | 0,26 | Mg/Cu         | 2,81  | 0,42 | N/Mn          | 1,76  | 0,30 | Mg/Cu         | 2,78  | 0,39 |
| N/Zn          | 2,52  | 0,45 | Mg/Fe         | 1,72  | 0,29 | N/Zn          | 2,56  | 0,48 | Mg/Fe         | 1,73  | 0,26 |
| P/K           | -0,81 | 0,23 | Mg/Mn         | 1,26  | 0,27 | P/K           | -0,83 | 0,24 | Mg/Mn         | 1,25  | 0,27 |
| P/Ca          | -0,68 | 0,22 | Mg/Zn         | 2,04  | 0,39 | P/Ca          | -0,67 | 0,22 | Mg/Zn         | 2,04  | 0,39 |
| P/Mg          | -0,49 | 0,27 | S/B           | 1,21  | 0,34 | P/Mg          | -0,50 | 0,23 | S/B           | 1,17  | 0,34 |
| P/S           | 0,12  | 0,22 | S/Cu          | 2,22  | 0,45 | P/S           | 0,14  | 0,22 | S/Cu          | 2,15  | 0,45 |
| P/B           | 1,32  | 0,26 | S/Fe          | 1,10  | 0,24 | P/B           | 1,30  | 0,29 | S/Fe          | 1,09  | 0,25 |
| P/Cu          | 2,34  | 0,37 | S/Mn          | 0,65  | 0,31 | P/Cu          | 2,30  | 0,39 | S/Mn          | 0,62  | 0,30 |
| P/Fe          | 1,22  | 0,27 | S/Zn          | 1,42  | 0,49 | P/Fe          | 1,22  | 0,28 | S/Zn          | 1,40  | 0,48 |
| P/Mn          | 0,77  | 0,22 | B/Cu          | 1,00  | 0,38 | P/Mn          | 0,75  | 0,21 | B/Cu          | 0,96  | 0,45 |
| P/Zn          | 1,53  | 0,36 | B/Fe          | -0,11 | 0,37 | P/Zn          | 1,54  | 0,36 | B/Fe          | -0,08 | 0,42 |
| K/Ca          | 0,14  | 0,19 | B/Mn          | -0,56 | 0,28 | K/Ca          | 0,16  | 0,22 | B/Mn          | -0,55 | 0,36 |
| K/Mg          | 0,32  | 0,21 | B/Zn          | 0,21  | 0,35 | K/Mg          | 0,32  | 0,20 | B/Zn          | 0,24  | 0,43 |
| K/S           | 0,93  | 0,18 | Cu/Fe         | -1,10 | 0,50 | K/S           | 0,95  | 0,19 | Cu/Fe         | -1,04 | 0,50 |
| K/B           | 2,14  | 0,31 | Cu/Mn         | -1,58 | 0,36 | K/B           | 2,12  | 0,35 | Cu/Mn         | -1,55 | 0,40 |
| K/Cu          | 3,14  | 0,44 | Cu/Zn         | -0,83 | 0,33 | K/Cu          | 3,09  | 0,45 | Cu/Zn         | -0,81 | 0,39 |
| K/Fe          | 2,03  | 0,17 | Fe/Mn         | -0,45 | 0,3  | K/Fe          | 2,05  | 0,18 | Fe/Mn         | -0,47 | 0,30 |
| K/Mn          | 1,58  | 0,27 | Fe/Zn         | 0,32  | 0,51 | K/Mn          | 1,58  | 0,28 | Fe/Zn         | 0,33  | 0,51 |
| K/Zn          | 2,35  | 0,47 | Mn/Zn         | 0,77  | 0,33 | K/Zn          | 2,36  | 0,49 | Mn/Zn         | 0,79  | 0,34 |
| Ca/Mg         | 0,19  | 0,17 |               |       |      | Ca/Mg         | 0,16  | 0,13 |               |       |      |

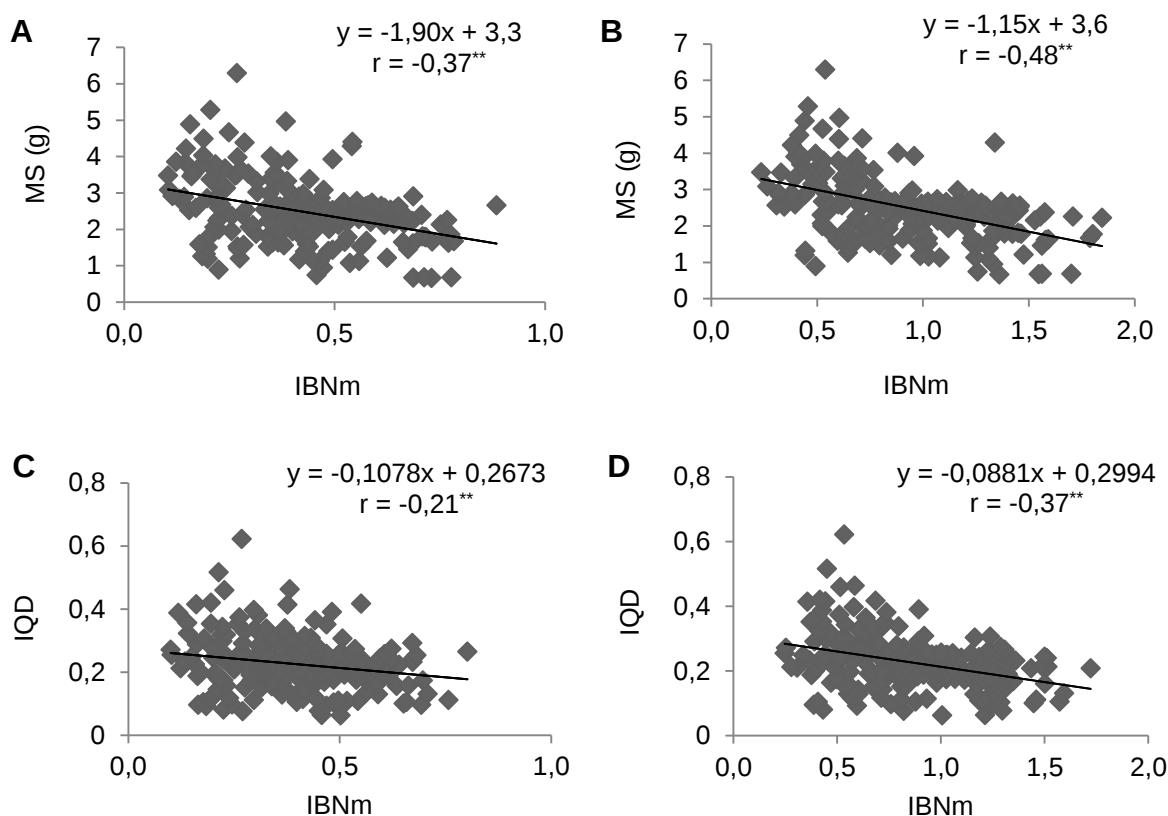
Xi = média; s = desvio-padrão

A média e o desvio-padrão de cada variável multinutriente obtidos da população de alta produtividade constituíram as normas CND, para ambos os indicadores produtivos (MS e IQD) considerados. Nessas normas, os valores negativos indicam apenas que a média geométrica da composição nutricional foi superior à concentração foliar do elemento na variável multinutriente (Tabela 6).

**Tabela 6.** Normas CND para mudas clonais de *Eucalyptus* spp. para os indicadores produtivos matéria seca de planta inteira (MS) e o índice de qualidade de Dickson (IQD).

|               | MS   |      |      |      |      |       |       |       |       |       |       |
|---------------|------|------|------|------|------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
|               | N    | P    | K    | Ca   | Mg   | S     | B     | Cu    | Fe    | Mn    | Zn    |
| Média         | 2,5  | 0,24 | 2,11 | 1,79 | 1,37 | -0,03 | -2,81 | -5,11 | -2,57 | -1,52 | -3,29 |
| Desvio-padrão | 0,28 | 0,4  | 0,38 | 0,35 | 0,41 | 0,49  | 0,45  | 0,74  | 0,56  | 0,45  | 0,81  |
|               | IQD  |      |      |      |      |       |       |       |       |       |       |
| Média         | 2,52 | 0,18 | 2,08 | 1,71 | 1,34 | -0,12 | -2,81 | -5,02 | -2,63 | -1,54 | -3,36 |
| Desvio-padrão | 0,31 | 0,41 | 0,4  | 0,41 | 0,31 | 0,46  | 0,58  | 0,79  | 0,54  | 0,51  | 0,87  |

A análise de dispersão entre os valores de IBNm e a MS, e do IBNm e o IQD das amostras, para as diferentes normas DRIS e CND, indicou haver correlação linear negativa, pois para a faixa de baixos valores de IBNm, foram obtidos valores de MS e de IQD variando de baixos a altos (Figura 6).



**Figura 6.** Correlação entre a matéria seca de planta inteira (MS) e o IBNm obtida pelos métodos DRIS (A) e CND (B) e do índice de qualidade de Dickson (IQD) com o IBNm pelos métodos DRIS (C) e CND (D) usando as 222 amostras de mudas clonais de *Eucalyptus* spp., \*\*significativo a 1% de probabilidade pelo teste t.

O desempenho dos diagnósticos nutricionais para N, P, K, Ca, Mg, B e Fe empregando-se o critério dos NCs, DRIS e CND, em mudas clonais de eucalipto, adotando-se MS e IQD como indicadores produtivos, foi avaliado de acordo com Beverly (1992, 1993a) e Beverly e Hallmark (1992) (Tabela 7).

**Tabela 7.** Desempenho dos diagnósticos nutricionais para N, P, K, Ca, Mg, B e Fe em mudas clonais de *Eucalyptus* spp. para MS e IQD associados a diagnósticos verdadeiros e falsos.

| Diagnósticos Verdaderos e Falsos: |            |                             |                  |                  |                  |                     |     |        |        |     |      |        |
|-----------------------------------|------------|-----------------------------|------------------|------------------|------------------|---------------------|-----|--------|--------|-----|------|--------|
| Métodos                           | Nutrientes | Diagnósticos <sup>(1)</sup> |                  |                  |                  | AccT <sup>(2)</sup> | RD  | AccDef | AccSuf | RE  | ILt  | ILm    |
|                                   |            | V <sub>DEF</sub>            | F <sub>DEF</sub> | V <sub>SUF</sub> | F <sub>SUF</sub> |                     |     |        |        |     |      |        |
|                                   |            | -----%-----                 |                  |                  |                  |                     |     |        |        |     |      |        |
| MS                                |            |                             |                  |                  |                  |                     |     |        |        |     |      |        |
| NC                                | N          | 67                          | 8                | 25               | 0                | 92                  | 8,0 | 100    | 75     | 0,9 | 643  | 0,54   |
| DRIS                              |            | 67                          | 33               | 0                | 0                | 67                  | 2,0 | 100    | 0      | 0,5 | 440  | 0,37   |
| CND                               |            | 67                          | 25               | 8                | 0                | 75                  | 2,6 | 100    | 25     | 0,6 | 588  | 0,49   |
| NC                                | P          | 33                          | 67               | 0                | 0                | 33                  | 0,5 | 100    | 0      | 0,5 | 365  | 0,3    |
| DRIS                              |            | 25                          | 8                | 58               | 8                | 83                  | 3,0 | 75     | 88     | 0,6 | 466  | 0,39   |
| CND                               |            | 25                          | 0                | 67               | 8                | 92                  | 3,0 | 75     | 100    | 0,7 | 478  | 0,39   |
| NC                                | K          | 42                          | 33               | 25               | 0                | 67                  | 1,2 | 100    | 43     | 0,6 | 272  | 0,23   |
| DRIS                              |            | 0                           | 0                | 58               | 42               | 58                  | 0   | 0      | 100    | 0   | -150 | -0,13  |
| CND                               |            | 0                           | 0                | 58               | 42               | 58                  | 0   | 0      | 100    | 0   | -150 | -0,13  |
| NC                                | Ca         | 33                          | 33               | 33               | 0                | 67                  | 1,0 | 100    | 50     | 0,7 | 137  | 0,12   |
| DRIS                              |            | 0                           | 0                | 67               | 33               | 67                  | 0   | 0      | 100    | 0   | -53  | -0,04  |
| CND                               |            | 25                          | 33               | 33               | 8                | 58                  | 0,7 | 75     | 50     | 0,4 | 46   | 0,04   |
| NC                                | Mg         | 17                          | 50               | 33               | 0                | 50                  | 0,3 | 100    | 40     | 0,6 | -35  | -0,03  |
| DRIS                              |            | 0                           | 0                | 83               | 17               | 83                  | 0   | 0      | 100    | 0   | 63   | 0,05   |
| CND                               |            | 17                          | 42               | 42               | 0                | 58                  | 0,4 | 100    | 50     | 0,7 | 10   | 0,008  |
| NC                                | B          | 58                          | 8                | 33               | 0                | 92                  | 7,0 | 100    | 80     | 0,8 | 347  | 0,29   |
| DRIS                              |            | 0                           | 0                | 42               | 58               | 42                  | 0   | 0      | 100    | 0   | -306 | -0,26  |
| CND                               |            | 50                          | 8                | 33               | 8                | 83                  | 6,0 | 86     | 80     | 0,7 | 301  | 0,25   |
| NC                                | Fe         | 58                          | 8                | 17               | 17               | 75                  | 7,0 | 78     | 67     | 0,5 | 162  | 0,14   |
| DRIS                              |            | 0                           | 8                | 17               | 75               | 17                  | 0   | 0      | 67     | 0   | -255 | -0,21  |
| CND                               |            | 25                          | 0                | 25               | 50               | 50                  | 3,0 | 33     | 100    | 0,3 | -38  | -0,03  |
| IQD                               |            |                             |                  |                  |                  |                     |     |        |        |     |      |        |
| NC                                | N          | 67                          | 8                | 25               | 0                | 92                  | 8,0 | 100    | 75     | 0,9 | 55   | 0,046  |
| DRIS                              |            | 67                          | 33               | 0                | 0                | 67                  | 2,0 | 100    | 0      | 0,5 | 26   | 0,021  |
| CND                               |            | 67                          | 25               | 8                | 0                | 75                  | 2,7 | 100    | 25     | 0,6 | 44   | 0,037  |
| NC                                | P          | 50                          | 50               | 0                | 0                | 50                  | 1,0 | 100    | 0      | 0,5 | 21   | 0,018  |
| DRIS                              |            | 25                          | 25               | 25               | 25               | 50                  | 1,0 | 50     | 50     | 0,2 | 20   | 0,016  |
| CND                               |            | 25                          | 0                | 50               | 25               | 75                  | 3,0 | 50     | 100    | 0,5 | 47   | 0,039  |
| NC                                | K          | 25                          | 42               | 25               | 8                | 50                  | 0,6 | 75     | 38     | 0,4 | 7    | 0,006  |
| DRIS                              |            | 0                           | 0                | 67               | 33               | 67                  | 0   | 0      | 100    | 0   | 2    | 0,002  |
| CND                               |            | 0                           | 0                | 67               | 33               | 67                  | 0   | 0      | 100    | 0   | 2    | 0,002  |
| NC                                | Ca         | 27                          | 45               | 18               | 18               | 45                  | 0,6 | 60     | 29     | 0,3 | 10   | 0,009  |
| DRIS                              |            | 0                           | 0                | 55               | 45               | 55                  | 0   | 0      | 100    | 0   | -11  | -0,010 |
| CND                               |            | 18                          | 18               | 36               | 27               | 55                  | 1,0 | 40     | 67     | 0,2 | -8   | -0,007 |
| NC                                | Mg         | 45                          | 64               | 0                | 0                | 45                  | 0,7 | 100    | 0      | 0,5 | 1    | 0,001  |
| DRIS                              |            | 0                           | 0                | 55               | 45               | 55                  | 0   | 0      | 100    | 0   | -3   | -0,003 |
| CND                               |            | 27                          | 9                | 45               | 18               | 73                  | 3,0 | 60     | 83     | 0,5 | 27   | 0,024  |
| NC                                | B          | 25                          | 75               | 0                | 0                | 25                  | 0,3 | 100    | 0      | 0,5 | -12  | -0,010 |
| DRIS                              |            | 0                           | 0                | 75               | 25               | 75                  | 0   | 0      | 100    | 0   | 12   | 0,010  |
| CND                               |            | 17                          | 42               | 33               | 8                | 50                  | 0,4 | 67     | 44     | 0,4 | -2   | -0,001 |
| NC                                | Fe         | 17                          | 83               | 0                | 0                | 17                  | 0,2 | 100    | 0      | 0,5 | -12  | -0,010 |
| DRIS                              |            | 8                           | 17               | 67               | 8                | 75                  | 0,5 | 50     | 80     | 0,4 | 18   | 0,015  |
| CND                               |            | 8                           | 25               | 58               | 8                | 67                  | 0,3 | 50     | 70     | 0,3 | -2   | -0,002 |

(1) V<sub>DEF</sub> = verdadeira deficiência, F<sub>DEF</sub> = falsa deficiência, V<sub>SUF</sub> = verdadeira suficiência, F<sub>SUF</sub> = falsa suficiência.

(2) AccT = Acurácia total, RD = razão de deficiência, AccDef = acurácia de deficiência, AccSuf = acurácia de suficiência, RE = razão de eficiência, ILt = incremento líquido total, ILm = incremento líquido médio

O método NC foi o que proporcionou maior porcentagem de acertos em casos de deficiência para a maioria dos nutrientes, com baixa porcentagem de acerto nos casos de suficiência, com exceção do N (Tabela 7), tanto para a MS ou o IQD como indicador produtivo.

O método CND apresentou acurácia total com valores satisfatórios (Beverly, 1992) para todos os nutrientes estudados, considerando a MS ou o IQD como indicador produtivo, enquanto que o DRIS somente foi satisfatório quando se adotou como indicador de produtividade o IQD. Para a maioria dos nutrientes, o método NC apresentou maior acurácia que os métodos DRIS e CND, quando a MS foi o indicador de produtividade, e somente para N quando o IQD foi o indicador adotado (Tabela 7).

A RD indica o número de acertos para diagnósticos de deficiência (BEVERLY; HALLMARK, 1992), ou seja, quando maior que 1 significa que o número de acertos foi superior ao número de erros para os diagnósticos de deficiência. Assim, apenas para N todos os métodos apresentaram RD satisfatória, independentemente do indicador produtivo considerado (Tabela 7). Considerando, a MS como indicador produtivo, o método NC indicou, ainda, RD satisfatória para K, B e Fe, o método DRIS para P e o método CND para P, B e Fe, o método CND também apresentou RD satisfatória para P, tendo-se o IQD como indicador produtivo.

Adotando-se a MS como indicador produtivo, observou-se que o método NC para N, Ca, B e Fe, o método DRIS para P e o método CND para P, Ca, Mg e B apresentaram AccDef e AccSuf acima do valor de referência para os diagnósticos de deficiência e de suficiência (BEVERLY, 1993a) (Tabela 7). Tendo como referência o IQD, os métodos NC, para N, DRIS e CND para P e Fe, e o método CND para Mg, ultrapassaram o limite de acurácia tanto para os diagnósticos de deficiência como para os de suficiência (Tabela 7).

Não foi obtida RE satisfatória (BEVERLY, 1993a) para os métodos e nutrientes avaliados, independentemente do indicador produtivo adotado (Tabela 7). A RE assemelha-se à razão de deficiência, porém considera e compensa a distribuição desproporcional do número de casos de deficiência e suficiência (BEVERLY, 1993a).

Assumindo a MS como indicador produtivo, todos os métodos apresentaram incremento líquido total em MS para N e P, com rendimento positivo, bem como pelo método NC para K, Ca, B e Fe, pelo método DRIS para Mg e pelo método CND para P, Ca, Mg e B. Já com base nos ganhos em IQD, todos os métodos apresentaram incremento líquido total para N, P e K, com rendimento positivo, bem como pelo método do NC para Ca e Mg, pelo método CND para Mg e pelo método DRIS para os micronutrientes B e Fe (Tabela 7). Assim, para a maioria dos nutrientes, os diagnósticos foram confirmados por respostas da planta à aplicação de fertilizantes (BEVERLY; HALLMARK, 1992).

## 5 DISCUSSÃO

O fato de ter sido observada maior concentração média para todos os nutrientes na população de baixa produtividade e menor IQD, quando comparada a população de alta produtividade (Tabela 4), pode ser explicado pelo efeito de concentração, que ocorre quando a taxa de crescimento relativo da matéria seca é menor que a taxa de absorção relativa de nutrientes (JARREL; BEVERLY, 1981).

O aumento das concentrações de K incrementou o teor foliar de K e a MS das mudas clonais de *Eucalyptus* spp. (Figura 4C). De maneira semelhante, a aplicação de altas concentrações de K (0 a 2988 mg L<sup>-1</sup>) em mudas clonais de *Eucalyptus* spp. em fase de rustificação, resultou em aumento do teor de K, acima de 20 g kg<sup>-1</sup> para todos os tratamentos e no incremento do diâmetro de colo das mudas, sendo indicada a concentração de K igual a 249 mg L<sup>-1</sup> (6,4 mmol L<sup>-1</sup>) (D'ÁVILA et al., 2011).

O B é um dos micronutrientes mais exigidos pela cultura do eucalipto na fase de muda (BARRETTO et al., 2007), sendo assim a aplicação de concentrações crescentes de B aumentou o teor foliar do nutriente e a MS das mudas (Figura 4F). Mattiello et al. (2009) verificaram que a maior produção de matéria seca de clones de *Eucalyptus* spp. foi atingida na concentração de B na solução nutritiva, de em média, 40 µmol L<sup>-1</sup> (0,04 mmol L<sup>-1</sup>) de B e esteve associada com teor foliar (folhas jovens-até o 3º par a partir do ápice dos ramos) de B igual a 46 mg kg<sup>-1</sup>.

As altas correlações ( $r > 0,70$ ) (Dancey; Reidy, 2006) entre os teores dos nutrientes e a MS nas amostras experimentais, possivelmente estão associadas às condições experimentais ideais (Figura 2). No que diz respeito à análise de correlação entre o teor dos nutrientes e o IQD, apenas foi possível verificar relação clara e direta para N (Figura 3), inferindo que esse indicador foi responsivo a maior disponibilidade do nutriente. Bem como, na análise de regressão entre os dados de IQD e de concentração crescente dos nutrientes não foi possível verificar significância para a maioria dos nutrientes, exceto N e P (Figura 5), mesmo se tratando de dados de experimentos controlados e com concentrações crescentes de nutrientes responsivos.

O NC de B, a partir da MS foi inferior ao obtido por Mattiello et al. (2009) para mudas de oito diferentes clones de *Eucalyptus* spp., submetidas à concentrações de

boro em solução nutritiva (0 a 0,1 mmol L<sup>-1</sup> de B), tendo o NC variado de 35,9 a 50,9 mg kg<sup>-1</sup> entre clones, para o segundo e terceiro pares de folhas completamente expandidas. Essa variação de NC entre clones, possivelmente, se deve à exigência diferenciada dos materiais genéticos. No entanto, o NC de B esteve próximo ao obtido por Mattiello et al. (2009) quando foi considerado o IQD.

Os resultados da análise de dispersão entre IBNm e a MS e do IBNm e o IQD das amostras foram compatíveis com o modelo teórico sugerido por Beaufiglioli (1973), no qual menores MS e IQDs são obtidos em maiores IBNm, indicando desbalanço nutricional e, simultaneamente, MS e IQDs altos e baixos ocorrem em menores IBNm (Figura 6), dado que, fatores não nutricionais podem resultar em baixa MS ou IQD, apesar de alto equilíbrio nutricional (IBN baixo). Embora a correlação linear negativa seja indicativa de um comportamento adequado para os índices IBNm e os indicadores de produtividade (MS e IQD), é importante ressaltar que a ausência de correlação entre os índices IBNm e os indicadores de produtividade, para baixos valores de IBNm, seria o padrão de resposta esperado quando associados a baixos valores para os indicadores de produtividade para altos valores de IBNm.

A relação entre produtividade e IBNm, apesar de já ter sido utilizada como critério para escolha de normas por alguns autores (GUINDANI; ANGHINONI; NACHTIGALL, 2009; PÍPERAS et al., 2009; SERRA et al., 2013; SERRA et al., 2014), pode não necessariamente refletir o bom desempenho do método devido à alta correlação entre a produtividade e o IBNm (WADT et al., 2016). No entanto, o fato de ocorrerem, para baixos valores de IBNm, valores altos e baixos de produtividade, indica que existem outros fatores afetando a produtividade que não são de ordem nutricional. Este fato implica que não é viável comparar métodos a partir da relação do IBNm e qualquer variável de produção.

A forma adequada de comparar o desempenho de métodos diagnósticos de análise foliar foi sugerida por Beverly e Hallmark (1992), que propuseram avaliar o diagnóstico de um tratamento-controle comparando com o tratamento com aplicação do nutriente e validar o diagnóstico produzido no tratamento-controle. Aplicando-se esse critério aos dados do presente trabalho foi possível observar, independentemente do indicador produtivo utilizado, que os métodos NC, DRIS e CND apresentaram desempenhos diferentes ao classificar as parcelas experimentais

como deficientes ou suficientes, para o mesmo nutriente e, também, entre os nutrientes (Tabela 7).

Considerando que a diagnose tem como principal objetivo identificar os casos de verdadeira deficiência (BEVERLY, 1993a), o método NC obteve maior sucesso em indicar mais casos de verdadeira deficiência para a maioria dos nutrientes, com exceção do N (Tabela 7), independentemente do indicador produtivo adotado. Todavia, o maior prejuízo na tomada de decisão em relação ao manejo de adubação pode estar na falta de reconhecimento de deficiências verdadeiras, já que em situação de deficiência a aplicação do nutriente refletirá em ganhos produtivos (BEVERLY; HALLMARK; 1992; WADT; LEMOS, 2010).

O método NC foi mais eficiente que os métodos DRIS e CND para as mesmas condições experimentais, independentemente do indicador produtivo (MS ou IQD). Por outro lado, o NC possuiu utilidade restrita na avaliação nutricional das plantas, por ser um método univariado, que relaciona apenas um nutriente, diferentemente dos métodos bi e multivariados. O melhor desempenho do NC em diagnosticar verdadeira deficiência é decorrente do fato de ser obtido a partir de experimentos em que todas as condições no meio foram controladas, sendo ganhos ou reduções da produção resultado da adição do nutriente naquelas condições (GOTT et al., 2014), sendo o método NC convencionalmente utilizado para se obter valores de referência, apesar de muito restritos, já que os ensaios não são repetidos em várias condições (COELHO et al., 2013).

Mesmo que um método apresente maior porcentagem de acertos para verdadeiras deficiências, sua acurácia total pode ser menor comparada aos outros métodos, devido ao fato da acurácia considerar não apenas os casos  $V_{DEF}$ , mas também os casos de  $V_{SUF}$  (BEVERLY; HALLMARK, 1992), como, por exemplo, para P, o fato do método NC ter diagnosticado muitos casos de  $F_{DEF}$ , mas nenhum caso de  $V_{SUF}$ , fez com que a acurácia total ficasse abaixo do recomendado, apesar do método ter acertado casos de  $V_{DEF}$ .

A acurácia total e a RD podem ser super e subestimadas, respectivamente, pela alta porcentagem de casos de verdadeira suficiência. Sendo assim, de acordo com Beverly (1993b), somente a acurácia e a RD não são suficientes para avaliar os métodos de diagnóstico, já que o objetivo primário do diagnóstico nutricional é de

identificar os casos de deficiência. Assim, Beverly (1993a) propõe a distinção entre a AccDef e AccSuf.

É importante que todos os casos de deficiência sejam detectados e poucos ou nenhum caso de falso positivo seja admitido, pois se deixa de obter possíveis ganhos de produtividade pela não aplicação do nutriente. Da mesma forma, quando muitos casos de  $F_{DEF}$  são diagnosticados, como observado para P pelo método do NC para MS, pode diminuir os ganhos econômicos do viveirista e decorrer em danos ao meio ambiente devido à aplicação em excesso de algumas fontes de nutriente (BEVERLY; HALLMARK, 1992).

Os resultados do presente estudo indicam que o método NC apresentou bom desempenho nos prognósticos devido ao fato de terem sido empregados no banco de dados, resultados de experimentos de calibração que induziu maior precisão dos diagnósticos. Um estudo inovador no Brasil em bananeira, que também utilizou resultados de experimentos no seu banco de dados, indicou que o método NC e também DRIS, foram eficientes em diagnosticar N e K, pois o emprego de ambos também induziu ganhos produtivos na cultura (TEIXEIRA; SANTOS; BATAGLIA, 2002).

Em resumo, com base nos indicadores produtivos, MS e IQD, todos os métodos utilizados são válidos no diagnóstico nutricional de mudas clonais de *Eucalyptus* spp., para a maioria dos nutrientes estudados. No entanto, o desempenho dos diagnósticos variaram com o nutriente analisado, sendo o método NC mais indicado para análise do estado nutricional de N, K, Ca, B e Fe, quando se considerou a MS como indicador produtivo, o método DRIS para a diagnose de Mg e o método CND para P. O método NC também foi o mais indicado para análise do estado nutricional de N, K e Ca, adotando-se o IQD como indicador produtivo, o método DRIS para B e Fe e o método CND para P e Mg, em mudas clonais de *Eucalyptus* spp.

## 6 CONCLUSÕES

O desempenho dos métodos diagnósticos variou entre os métodos NC, DRIS e CND, como também entre os nutrientes estudados.

Dado que o sistema de produção de mudas é, em grande parte, um sistema mais controlado e onde as variações ambientais são mínimas, e considerando que os diferentes métodos diagnósticos apresentaram desempenho distinto em relação a avaliação do verdadeiro estado nutricional das mudas de eucalipto, o método NC deve ser o mais indicado para essa situação, seja pelo seu melhor desempenho em avaliar o estado nutricional para a maioria dos nutrientes, seja pela facilidade de sua implementação.

## REFERÊNCIAS

- ABREU, A. H. M.; LELES, P. S. S.; MELO, L. A.; FERREIRA, D. H. A. A.; MONTEIRO, F. A. S. Produção de mudas e crescimento inicial em campo de *Enterolobium contortisiliquum* produzidas em diferentes recipientes. **Revista Floresta**, v. 45, n. 1, p. 141-150, 2015. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.5380/rf.v45i1.28931>>.
- ALFENAS, A. C.; ZAUZA, E. A. V.; MAFIA, R. G.; ASSIS, T. F. de. **Clonagem e doenças do eucalipto**. Viçosa: Editora UFV, 2004. 442 p.
- ANTONIAZZI, A. P.; BINOTTO, B.; NEUMANN, G. M.; SAUSEN, T. L.; BUDKE, J. C. Eficiência de recipientes no desenvolvimento de mudas de *Cedrela fissilis* Vell. (Meliaceae). **Revista Brasileira de Biociências**, v. 11, p. 313-317, 2013.
- ARAÚJO, E. C.; COSTA, R. S., LOPES, E. C.; DAHER, R. F.; FERNANDES, M. E. B. Qualidade das mudas de espécies arbóreas de mangue cultivadas em viveiro e diferentes substratos. **Acta Ambiental Catarinense**, v. 11, 2014. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.24021/raac.v11i1/2.1798>>.
- AITCHISON, J. The statistical analysis of compositional data. *Journal of the Royal Statistical Society, United Kingdom*, v. 44, n.2, p. 139-177, 1982.
- BALDIN, T.; CONTE, B.; DENARDI, L.; DE MORAES, R.; SALDANHA, C. W. Crescimento de mudas de Angico-vermelho em diferentes volumes de substratos. **Pesquisa Florestal Brasileira**, v. 35, n. 82, p. 129-133, 2015. Disponível em: <<https://doi.org/10.4336/2015.pfb.35.82.829>>.
- BARBOSA, J. C.; MALDONADO JÚNIOR, W. AgroEstat versão 1.0 – **Sistema de análises estatísticas de ensaios agronômicos**. Jaboticabal: Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, FCAV-UNESP, 2015. 396 p.
- BARRETTO, V. C. de M.; VALERI, S. V.; SILVEIRA, R. L. V. de A., TAKAHASHI, E. N. Boron use efficiency on growth by *Eucalyptus* clones in pots. *Scientia Forestalis*, n. 76, p. 21-33, 2007.
- BATAGLIA, O. C., FURLANI, A. M. C., TEIXEIRA, J. P. F., FURLANI, P. R., GALLO, J. R. **Métodos de análise química de plantas**. Campinas: Instituto Agronômico, 1983. 48p. (IAC, Boletim Técnico, 78).
- BEAUFILS, E. R. **Diagnosis and Recommendation Integrated System (DRIS)**. Bloemfontein: University of Natal, 1973, p. 132.
- BERNARDINO, D. C. S.; PAIVA, H. N.; NEVES, J. C. L.; GOMES, J. M.; MARQUES, V. B. Crescimento e qualidade de mudas de *Anadenanthera macrocarpa* (Benth.) Brenan em resposta à saturação por bases do substrato. **Revista Árvore**, v. 29, n. 6, p. 863-870, 2005.

BEVERLY, R. B. Comparison of DRIS and alternative nutrient diagnostic methods for soybean. **Journal of Plant Nutrition**, v. 10, p. 901-920, 1987. Disponível em: <<http://doi.org/10.1080/01904168709363619>>.

BEVERLY, R. B. Prescient diagnostic analysis shows sufficiency range approach superior to DRIS for Citrus. **Communications in Soil Science and Plant Analysis**, v. 23, p. 2641-2649, 1992. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1080/00103629209368762>>.

BEVERLY, R. B. DRIS diagnoses of soybean nitrogen, phosphorus, and potassium status are unsatisfactory. **Journal of Plant Nutrition**, v. 16, p. 431-447, 1993a. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1080/01904169309364625>>.

BEVERLY, R. B. Re-evaluation reveals weaknesses of DRIS and Sufficiency range diagnoses for wheat, corn and alfafa. **Communications in Soil Science and Plant Analysis**, v. 24, p. 5-6, 1993b. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1080/00103629309368816>>.

BEVERLY, R. B.; HALLMARK, W. B. Prescient diagnostic analysis: a proposed new approach to evaluating plant nutrient diagnostic methods. **Communications in Soil Science and Plant Analysis**, v. 23, p. 2633-2640, 1992. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1080/00103629209368761>>.

BONFIM, A. A.; NOVAES, A. B.; SÃO JOSÉ, A. R.; GRISI, F. A. Avaliação morfológica de mudas de madeira-nova (*Pterogyne nitens* Tull.) produzidas em tubetes e sacos plásticos e de seu desempenho no campo. **Revista Floresta**, v. 39, p. 33-40, 2009. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.5380/rf.v39i1.13723>>.

BRAGA, J. M. Importância do modelo matemático na determinação do nível crítico de potássio no solo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 12, p. 71-75, 1976.

CAIONE G.; LANGE, A.; SCHONINGER, E. L. Crescimento de mudas de *Schizolobium amazonicum* (Huber ex Ducke) em substrato fertilizado com nitrogênio, fósforo e potássio. **Scientia Forestalis**, v. 40, n. 94, p. 213-221, 2012.

CALDEIRA, M. V. W.; BLUMB, H.; BALBINOTC, R.; LOMBARDI, K. C. Uso do resíduo do algodão no substrato para produção de mudas florestais. **Revista Acadêmica Ciências Agrárias e Ambientais**, v. 6, n. 2, p. 191-202, 2008. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.7213/cienciaanimal.v6i2.10472>>.

CARNEIRO, J. G. A. **Produção e controle de qualidade de mudas florestais**. Curitiba: Campos/UENF. UFPR/FUPEF, 1995, 451 p.

CHÁVEZ, L. R. M.; LÓPEZ, M. A. L.; BOTELLO E. E.; MARTÍNEZ; A. V. Diagnóstico de necesidades de fertilización de *Abies religiosa* (H. B. K.) Schl. et Cham, en vivero mediante el DRIS. **Madera y Bosques**, v. 8, p. 51-60, 2002. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.21829/myb.2002.811305>>.

COELHO, F.S.; FONTES, P.C.R.; CECOM, P.R.; BRAUN, H.; SILVA, I.R. Valor e predição do nível crítico de índices para avaliar o estado nitrogenado da batateira. **Revista Ciência Agronômica**, v. 44, p. 122-155, 2013.

CORRÊA, V. B.; PEZZOPANE, J. E. M.; XAVIER, T. M. T.; TOLEDO, J. V.; SCHIWIDER, Y. S. Determinação da umidade para o desenvolvimento de mudas de eucalipto sob diferentes regimes térmicos. **Enciclopédia biosfera**, v. 9, n. 16; p. 711 – 722, 2013.

CUNHA, M. L. P.; AQUINO, L. A.; NOVAIS, R. F.; CLEMENTE, J. M.; AQUINO, P. R.; OLIVEIRA, T. F. Diagnosis of the Nutritional Status of Garlic Crops. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 40, 2016. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1590/18069657rbcs20140771>>.

DANCEY, C. P., REIDY, J. **Estatística sem matemática para psicologia: usando SPSS para Windows**. Porto Alegre: Artmed; 2006.

D'ÁVILA, F. S.; PAIVA, H. N. de; LEITE, H. G.; BARROS, N. F. de; LEITE, F. P. Efeito do potássio na fase de rustificação de mudas clonais de eucalipto. **Revista Árvore**, v. 35, p. 13-19, 2011. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1590/S0100-67622011000100002>>.

DELARMELINA W. M.; CALDEIRA, M. V. W.; FARIA, J. C. T.; GONÇALVES, E. O.; ROCHA, R. L. F. Diferentes Substratos para a Produção de Mudas de *Sesbania virgata*. **Floresta e Ambiente**, v. 21, n. 2, p. 224-233, 2014. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.4322/floram.2014.027>>.

DEZORDI, L. R.; AQUINO, L. A.; AQUINO, R. F. B. A.; CLEMENTE, J. M.; ASSUNÇÃO, N. S. Diagnostic Methods to Assess the Nutritional Status of the Carrot Crop. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 40, 2016. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1590/18069657rbcs20140813>>

DIAS, J. R. M.; TUCI, C. A. F.; WADT, P. G. S.; PARTELLI, F. L.; PEREZ, D. V.; ESPINDULA, M. C.; TOMIO, D. B. Antecipação do período de diagnose foliar em laranjeira 'pera' no Amazonas. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 48, n. 7, p. 757-764, 2013.

DICKSON, A.; LEAF, A. L.; HOSNER, J. F. Quality appraisal of white spruce and white pine seedling stock in nurseries. **The Forestry Chronicle**, v. 36, p. 10-13. 1960. Disponível em: <<https://doi.org/10.5558/tfc36010-1>>.

DUTRA T. R.; MASSAD M. D.; SARMENTO, M. F. Q.; OLIVEIRA, J. C. Substratos alternativos e métodos de quebra de dormência para produção de mudas de canafístula. **Revista Ceres**, v. 60, n. 1, p. 072-078, 2013. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1590/S0034-737X2013000100011>>.

ELOY, E.; CARON, B. O.; SCHMIDT, D.; BEHLING, A.; SCHWERS, L.; ELLI, E. F. Avaliação da qualidade de mudas de *Eucalyptus grandis* utilizando parâmetros morfológicos. **Floresta**, v. 43, p. 373-384. 2013. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.5380/rf.v43i3.26809>>.

FERRARI, M. P.; GROSSI, F.; WENDLING, I. Propagação vegetativa de espécies florestais. Colombo: Embrapa Florestas, 2004. 22 p.

FONSECA, E. P.; VALÉRIA, S. V.; MIGLIORANZA, E.; FONSECA, N. A. N.; COUTO, L. Padrão de qualidade de mudas de *Trema micranta* (L.) Blume, produzidas sob diferentes períodos de sombreamento. **Revista Árvore**, v. 26, p. 515-523, 2002. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1590/S0100-67622002000400015>>.

GASPARIN, E. **Armazenamento de sementes e produção de mudas de *Parapiptadenia rigida* (Benth.) Brenan**. 2012. 146 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) – Universidade Federal de Santa Maria, UFSA, Santa Maria, 2012.

GASPARIN, E. de; AVILA, A. L.; ARAUJO, M. M.; CARGNELUTTI FILHO, A.; DORNELES, D. U.; FOLTZ, D. R. B. Influência do substrato e do volume de recipiente na qualidade das mudas de *Cabralea canjerana* (Vell.) Mart. em viveiro e no campo. **Ciência Florestal**, v. 24, n. 3, p. 553-563. 2014. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.5902/1980509815731>>.

GUINDANI, R. H. P.; ANGHINONI, I.; NACHTIGALL, G. R. DRIS na avaliação do estado nutricional do arroz irrigado por inundação. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 33, p. 109-118, 2009. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1590/S0100-06832009000100012>>.

GOMES, J. M. **Parâmetros morfológicos na avaliação da qualidade de mudas de *Eucalyptus grandis*, produzidas em diferentes tamanhos de tubete e de dosagens de N-P-K**. 2001, 126 p. Tese (Doutorado em Ciências Florestais) – Universidade Federal de Viçosa, UFV, Viçosa, 2001.

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, p. 655-664, 2002. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1590/S0100-67622002000600002>>.

GOMES, J. M.; COUTO, L.; LEITE, H. G.; XAVIER, A.; GARCIA, S. L. R. G. Crescimento de mudas de *Eucalyptus grandis* em diferentes tamanhos de tubetes e fertilização N-P-K. **Revista Árvore**, v. 27, p. 113-127, 2003. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1590/S0100-67622003000200001>>.

GOMES, J. M.; PAIVA, H. P. **Viveiros Florestais (propagação sexuada)**. Viçosa: UFV, 2004, 116p. (Caderno didático 72).

GOMES, J. M.; PAIVA, H. N. **Viveiros florestais: propagação sexuada**. Viçosa: Editora UFV, 2006, 116 p.

GOTT, R. M.; AQUINO, L.; CARVALHO, A.; SANTOS, L.; NUNES, P.; COELHO, B. S. 2014. Índices diagnósticos para interpretação de análise foliar do milho. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 18, p. 1110-1115, 2014. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1590/1807-1929/agriambi.v18n11p1110-1115>>.

HOAGLAND, D. R.; ARNON, D. I. The water culture method for growing plants without soils. Berkeley: California Agricultural Experimental Station. 1950.

HOLLAND, D. A. The interpretation of leaf analysis. **Journal of Horticultural Science**, v. 41, p. 311-329, 1966. Disponível em: <<http://doi.org/10.1080/00221589.1966.11514179>>.

IBÁ. **Anuário estatístico da Indústria Brasileira de Árvores**. Ano base 2016 / IBÁ. Brasília, 2017. 80 p.

JARREL, W. M.; BEVERLY, R. B. The dilution effect in plant nutrition studies. **Advances in Agronomy**, v. 34, p. 197-224, 1981. Disponível em: <[http://dx.doi.org/10.1016/S0065-2113\(08\)60887-1](http://dx.doi.org/10.1016/S0065-2113(08)60887-1)>.

JONES, C. A. Proposed modifications of the diagnosis and recommendation integrated system (DRIS) for interpreting plant analyses. **Communications in Soil Science and Plant Analysis**, v. 12, p. 785-794, 1981. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1080/0010362810936719>>.

JOSÉ, A. C.; DAVIDE, A. C.; OLIVEIRA, S. L. Produção de mudas de aroeira (*Schinus terebinthifolius* Raddi) para recuperação de áreas degradadas pela mineração de bauxita. **Cerne**, v. 11, n. 2, p. 187-196, 2005. Disponível em: <<http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=74411209>>.

KURIHARA, C. H.; MAEDA, S.; ALVAREZ, V. H. V. **Interpretação de resultados de análise foliar**. Dourados: Embrapa: CPAO, 2005. (Embrapa: CPAO. Documentos, 74).

LOPES, J. L. W.; GUERRINI, I. A.; SAAD, J. C. C. Qualidade de mudas de eucalipto produzidas sob diferentes lâminas de irrigação e dois tipos de substrato. **Revista Árvore**, v. 31, n. 5, p. 835-843, 2007. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1590/S0100-67622007000500007>>.

MARTINS, R. A. **Acurácia da avaliação do estado nutricional de P e K em caupi**. 2015. 54 f. Dissertação (Mestrado em Produção Vegetal). Universidade Federal do Acre, Rio Branco, 2015.

MASSAD, M. D.; DUTRA, T. R. D.; CARDOSO, R. L. R.; SANTOS, T. B. S.; SARMENTO, M. F. Q. Produção de mudas de *Anadenanthera peregrina* em resposta a substratos alternativos com bagaço de cana. **Ecologia e Nutrição Florestal**, v. 4, n. 2, p. 45-53, 2016. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.5902/2316980X24308>>

MATTIELLO, E. M.; RUIZ, H. A.; SILVA, I. R.; GUERRA, P. C.; ANDRADE, V. M. Características fisiológicas e crescimento de clones de eucalipto em resposta ao boro. **Revista Árvore**, v. 33, p. 821-830, 2009. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1590/S0100-67622009000500005>>.

MONSALVE, J.; ESCOBAR, R.; ACEVEDO, M.; SÁNCHEZ, M.; COOPMAN, R. Efecto de la concentración de nitrógeno sobre atributos morfológicos, potencial de crecimiento radical y estatus nutricional en plantas de *Eucalyptus globulus* producidas a raíz cubierta. **Bosque**, v. 30, n. 2, p. 88-94, 2009. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.4067/S0717-92002009000200004>>.

NOVAES A. B.; SILVA, H. F.; SOUSA, G. T. O.; AZEVEDO, G. B. Qualidade de mudas de Nim Indiano produzidas em diferentes recipientes e seu desempenho no campo. **Revista Floresta**, v. 44, n. 1, p. 101-110, 2014. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.5380/rev.v44i1.30207>>.

OLIVEIRA JUNIOR; O. A. de; CAIRO, P. A. R.; NOVAES, A. B. de. Características morfofisiológicas associadas à qualidade de mudas de *Eucalyptus urophylla* produzidas em diferentes substratos. **Revista Árvore**, v. 35, n. 6, p. 1173-1180, 2011. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1590/S0100-67622011000700003>>.

OLIVEIRA, L. R. dos; LIMA, S. F. de; LIMA, A. P. L. de. Crescimento de mudas de cedro-rosa em diferentes substratos. **Pesquisa Florestal Brasileira**, v. 34, n. 79, p. 187-195, 2014. Disponível em: <<https://doi.org/10.4336/2014.pfb.34.79.605>>.

PARENT, L. E.; DAFIR, M. A. Theoretical concept of compositional nutrient diagnosis. **Journal of the American Society for Horticultural Science**, v. 117, p. 239-242, 1992. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1590/S0100-29452011000100041>>.

PARTELLI, F. L.; DIAS, J. F. M.; VIEIRA, H. D.; WADT, P. G. S.; JUNIOR, E. P. Avaliação nutricional de feijoeiro irrigado pelos métodos cnd, dris e faixas de suficiência. **Revista Brasileira Ciência do Solo**, v. 38, n. 1, p. 858-866, 2014. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1590/S0100-06832014000300017>>.

PETTER, F. A.; ANDRADE, B. H. M. J.; GONÇALVES, L. G.; SCHOSSLER, T. R. Biochar como condicionador de substrato para a produção de mudas de eucalipto. **Revista Caatinga**, v. 25, p. 44-51, 2012.

PÍPERAS, G. V.; CRESTE, J. E.; ECHER, F. E. Uso do DRIS na avaliação do estado nutricional da cana-de-açúcar. **Revista Ceres**, v. 56, p. 818-825, 2009.

POLITI, L. S.; FLORES, R. A.; SILVA, J. A. S. da; WADT, P. G. S.; PINTO, P. A. Da C.; PRADO, R. de M. Estado nutricional de mangueiras determinado pelos métodos DRIS e CND. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 17, p. 11-18, 2013. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1590/S1415-43662013000100002>>.

REIS JUNIOR, R. dos A.; MONNERAT, P. H. DRIS norms validation for sugarcane crop. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 38, n. 3, p. 379-385, 2003. Disponível em: < <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-204X2003000300007>>.

RODRÍGUEZ, O.; RODRÍGUEZ, V. Documento: Desarrollo, determinación e interpretación de normas DRIS para el diagnóstico nutricional en plantas. Una revisión. **Revista de la Facultad de Agronomía LUZ**, v. 17, p. 449-470, 2000. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1590/S0100-204X2012000600013>>.

ROSSA, U. B.; ANGELO, A. C.; WESTPHALEN, D. J.; OLIVEIRA, F. E. M.; SILVA, F. F.; ARAUJO, J. C. Fertilizante de liberação lenta no desenvolvimento de mudas de *Anadenanthera peregrina* (L.) Speg. (Angico-vermelho) e *Schinus terebinthifolius* Raddi (Aroeira-vermelha). **Ciência Florestal**, v. 25, n. 4, p. 841-852, 2015. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.5902/1980509820582>>.

RUDEK, A.; GARCIA, F. A. de O.; PERES, F. S. B. Avaliação da qualidade de mudas de eucalipto pela mensuração da área foliar com o uso de imagens digitais. **Enciclopédia Biosfera**, v. 9, n. 17, p. 3775-3787, 2013.

SAKYA, A. T.; DELL, B.; HUANG, L. Boron requirements for *Eucalyptus globulus* seedlings. **Plant and Soil**, v. 246, n.1, p.87-95, 2002.

SCHUMACHER, M. V.; VIERA, M. **Silvicultura do eucalipto no Brasil**. 1 ed., 2016, 306 p.

SERRA, A. P.; MARCHETTI, M. E.; ENSINAS, S. C.; MORAIS, H. S.; CONRAD, V. A.; GUIMARÃES, F. C. N.; BARBOSA, G. P. O. Diagnosis and Recommendation Integrated System (DRIS) to Assess the Nutritional State of Cotton Crop in Brazil. **American Journal of Plant Sciences**, v. 5, p. 508-516, 2014. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.4236/ajps.2014.54065>>.

SERRA, A. P.; MARCHETTI, M. E.; ROJAS, E. P.; MORAIS, H.S.; CONRAD, V. A.; GUIMARÃES, F. C. N. Estabelecimento de normas DRIS para o algodoeiro com diferentes critérios de seleção da população de referência. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 48, p. 1472-1480, 2013. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1590/S0100-204X2013001100008>>.

SERRA, A. P.; MARCHETTI, M. E.; VITORINO, A. C. V.; NOVELINO, J. O.; CAMACHO, M. A. Desenvolvimento de normas DRIS e CND e avaliação do estado nutricional da cultura do algodoeiro. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 34, n. 1, p. 97-104, 2010. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1590/S0100-06832010000100010>>.

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. Disponível em: < <http://dx.doi.org/10.5902/198050981721>>.

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**, v. 9, n. 1, p. 31-40, 2004.

SILVA, G. G. C.; NEVES, J. C. L.; ALVAREZ V., V. H.; LEITE, F. P. Evaluation of the universality of DRIS, M-DRIS, and CND norms. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 29, n. 5, p. 755-761, 2005. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1590/S0100-06832005000500011>>.

SILVA, R. B. G.; SIMÕES, D.; SILVA, M. R. Qualidade de mudas clonais de *Eucalyptus urophylla* x *E. grandis* em função do substrato. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 16, p. 297-302, 2012. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1590/S1415-43662012000300010>>.

SILVA, C. R. A.; RIBEIRO, A.; OLIVEIRA, A. S.; KLIPPEL, V. H.; BARBOSA, R. L. P. Desenvolvimento biométrico de mudas de eucalipto sob diferentes lâminas de irrigação na fase de crescimento. **Pesquisa Florestal Brasileira**, v. 35, n. 84, 2015.

SILVA, G. P. **Acurácia da diagnose da composição nutricional (CND) para diagnóstico de fósforo em cana-de-açúcar**. 2016. 75 f. Tese (Doutorado em Ciência do Solo) - Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Jaboticabal, 2016.

SILVEIRA, R. L. V. A.; HIGASHI, E. N.; SGARBI, F.; MUNIZ, M. R. A. **Seja o doutor do seu eucalipto**. Piracicaba, Potafós, 2001. 32 p.

SOUZA, C. A. M.; OLIVEIRA, R. B.; MARTINS FILHO, S.; LIMA, J. S. S. Crescimento em campo de espécies florestais em diferentes condições de adubações. **Ciência Florestal**, v. 16, n. 3, p. 243-249, 2006. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.5902/198050981905>>.

SOUZA, P. L. T.; VIEIRA, L. R.; BOLIGON, A. A.; VESTENA, S. Produção e qualidade de mudas de *Eugenia involucrata* DC. em diferentes substratos. **Revista Biociências**, Taubaté, v. 21, n. 1, p. 100-108, 2015.

STAPE, J. L.; GONÇALVES, J. L. M.; GONÇALVES, A. N. Relationships between nursery practices and field performance for *Eucalyptus* plantations in Brazil. **New Forests**, v. 22, p. 19-41, 2001. Disponível em: <<https://doi.org/10.1023/A:1012271616115>>.

SUMNER, M. E. Applications of Beaufils diagnostic indices to maize data published in the literature irrespective of age and conditions. **Plant and Soil**, v. 46, p. 359-369, 1977. Disponível em: <<https://doi.org/10.1007/BF00010092>>.

SUMNER, M. R.; BEAUFILS, E. R. Diagnosis of the N, P and K requirements of sugarcane irrespective of plant age and season using Beaufils system (DRIS): preliminary observations. **South Africa Sugar Technologists Association**, v. 49, p. 137-141, 1975.

TEIXEIRA, L. A. J., SANTOS, W. R., BATAGLIA, O. C. Diagnose nutricional para nitrogênio e potássio em bananeira por meio do Sistema Integrado de Diagnose e Recomendação (DRIS) e de níveis críticos. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 24, p. 530-535, 2002. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1590/S0100-29452002000200050>>.

TOMIO, D. B.; UTUMI, M. M.; PEREZ, D, V.; DIAS, J. R. M.; WADT, P. G. S. 2015. Antecipação da diagnose foliar em arroz de sequeiro. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 50, n. 3, p. 250-258, 2015. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1590/S0100-204X2015000300009>>.

TRASPADINI, E. I. F. **Qualidade dos prognósticos do estado nutricional de boro na cultura da soja**. 2016. 60 f. Dissertação (Mestrado em Ciência do Solo) - Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Jaboticabal, 2016.

TRAZZI, P. A.; CALDEIRA, M. V.; COLOMBI, R.; GONÇALVES, E. O. Qualidade de mudas de *Muraya paniculata* produzidas em diferentes substratos. **Revista Floresta**, v. 42, n. 3, p. 621-630, 2012. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.5380/rf.v42i3.19718>>.

URANO, E. O. M.; KURIHARA, C. H.; MAEDA, S.; VITORINO, A. C. T. GONÇALVES, M. C.; MARCHETTI, M. E. Determinação de teores ótimos de nutrientes em soja pelos métodos chance matemática, sistema integrado de diagnose e recomendação e diagnose da composição nutricional. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 31, p. 63-72. 2007. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-06832007000100007>>.

XAVIER, A.; WENDLING, I. **Miniestaquia na clonagem de *Eucalyptus***. Viçosa, MG: SIF, 1998. 10 p. (Informativo Técnico SIF, 11).

XAVIER, A.; COMÉRIO, J. Microestaquia: uma maximização da micropropagação de *Eucalyptus*. **Revista Árvore**, v. 20, n. 1, p. 9-16, 1996.

WADT, P. G. S., TRASPADINI, E. I. F., MARTINS, R. A., MELO, F. B., OLIVEIRA, I. J., RODRIGUES, J. E. L. F., BASTOS, E. A., ARAÚJO, S. M. B. Medidas de acurácia na qualificação dos diagnósticos nutricionais: teoria e prática. In: PRADO, R.M., CECÍLIO FILHO, A.B. (Org). **Nutrição e Adubação de Hortalças**. 1 ed. Jaboticabal: FCAV/CAVES, 2016. p. 373-391.

WADT, P. G. S.; ANGHINONI, I.; GUINDANI, R. H. P.; LIMA, A. S. T. de; PUGA, A. P.; SILVA, G. S. da; PRADO, R. de M. Padrões nutricionais para lavouras arrozeiras irrigadas por inundação pelos métodos da CND e chance matemática. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.37, p.145-156, 2013. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1590/S0100-06832013000100015>>.

WADT, P. G. S. **Diagnose Foliar e Recomendação de Adubação para Lavouras Comerciais**. Rio Branco: Embrapa, 2011 (Documento Técnico, 120).

WADT, P. G. S.; LEMOS, C.O. Medidas de acurácia para diagnósticos nutricionais e seu impacto no manejo das adubações. In: PRADO, R. M.; CECÍLIO FILHO, A. B.; CORREIA, M. A. R.; PUGA, A. P. **Nutrição de plantas: diagnose foliar em hortaliças**. Jaboticabal: Universidade Estadual Paulista, 2010, p. 213-236.

WADT, P. G. S. Análise foliar para recomendação de adubação em culturas agrícolas. In: Prado; R. M.; Rozane, D. E.; Vale, D. W. do; Correia, M. A. R.; Souza, H. A. de. (Org.). **Nutrição de plantas. Diagnose foliar em grandes culturas**. Jaboticabal: Fundenesp, 2008, v.1, p.115-133.

WADT, P. G. S. Relationships between soil class and nutritional status of coffee plantations. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 29, p. 227-234, 2005. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1590/S0100-06832013000100015>>.

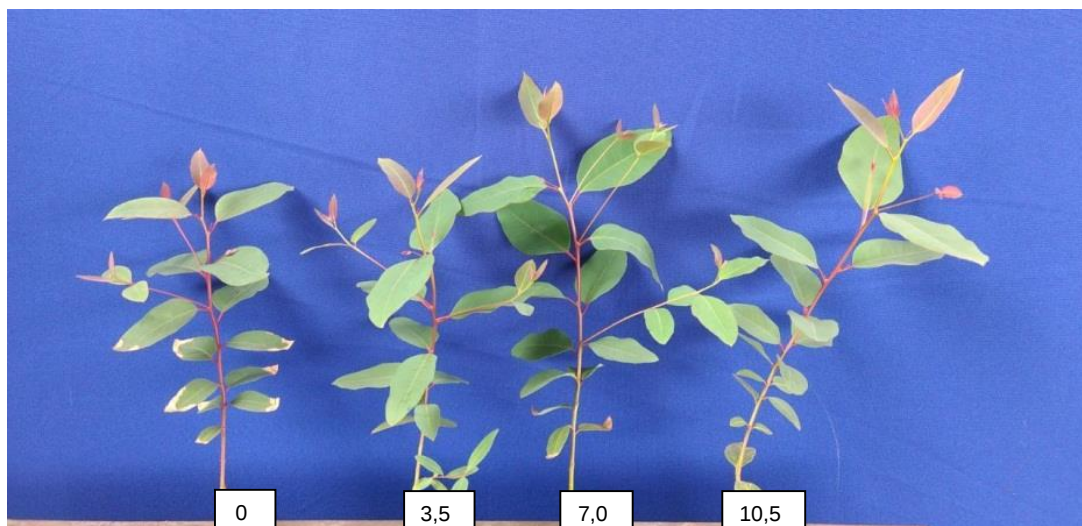
## APÊNDICE



**Apêndice A.** Foto de mudas clonais de *Eucalyptus* spp. submetidas a diferentes concentrações de N (mmol L<sup>-1</sup>) aos 68 dias após início dos tratamentos.



**Apêndice B.** Foto de mudas clonais de *Eucalyptus* spp. submetidas a diferentes concentrações de P (mmol L<sup>-1</sup>) aos 68 dias após início dos tratamentos. (Detalhe: sintoma de deficiência de fósforo).



**Apêndice C.** Foto de mudas clonais de *Eucalyptus* spp. submetidas a diferentes concentrações de K (mmol L<sup>-1</sup>) aos 68 dias após início dos tratamentos.



**Apêndice D.** Foto de mudas clonais de *Eucalyptus* spp. submetidas a diferentes concentrações de Ca (mmol L<sup>-1</sup>) aos 68 dias após início dos tratamentos.



**Apêndice E.** Foto de mudas clonais de *Eucalyptus* spp. submetidas a diferentes concentrações de Mg (mmol L<sup>-1</sup>) aos 68 dias após início dos tratamentos.



**Apêndice F.** Foto de mudas clonais de *Eucalyptus* spp. submetidas a diferentes concentrações de B (mmol L<sup>-1</sup>) aos 68 dias após início dos tratamentos. (Detalhe: sintoma de deficiência de boro).



**Apêndice G.** Foto de mudas clonais de *Eucalyptus* spp. submetidas a diferentes concentrações de Fe ( $\text{mmol L}^{-1}$ ) aos 68 dias após início dos tratamentos.