

# RESSALVA

Atendendo solicitação do(a)  
autor(a), o texto completo desta tese  
será disponibilizado somente a partir  
de 02/06/2020.

**UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA - UNESP  
CÂMPUS DE JABOTICABAL**

**RECOMENDAÇÃO DE NUTRIENTES POR BALANÇO  
NUTRICIONAL E ÍNDICES DIAGNÓSTICOS FOLIARES  
PARA A CULTURA DA BETERRABA**

**Luiz Otávio Duarte Silva**  
**Engenheiro Agrônomo**

**2019**

**T  
E  
S  
E**

**/**

**S  
I  
L  
V  
A**

**L.  
O.  
D.**

**2  
0  
1  
9**

**UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA - UNESP  
CÂMPUS DE JABOTICABAL**

**RECOMENDAÇÃO DE NUTRIENTES POR BALANÇO  
NUTRICIONAL E ÍNDICES DIAGNÓSTICOS FOLIARES  
PARA A CULTURA DA BETERRABA**

**Luiz Otávio Duarte Silva**

**Orientador: Prof. Dr. Arthur Bernardes Cecílio Filho**

**Coorientador: Prof. Dr. Leonardo Angelo de Aquino**

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 (Produção Vegetal).

**2019**

S586r

Silva, Luiz Otávio Duarte

Recomendação de nutrientes por balanço nutricional e índices diagnósticos foliares para a cultura da beterraba / Luiz Otávio Duarte Silva. -- Jaboticabal, 2019  
81 p. : tabs.

Tese (doutorado) - Universidade Estadual Paulista (Unesp), Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Jaboticabal  
Orientador: Arthur Bernardes Cecílio Filho  
Coorientador: Leonardo Angelo de Aquino

1. Plantas Nutrição. 2. Hortaliças. 3. Adubação. 4. Interações nutrientes. I. Título.

Sistema de geração automática de fichas catalográficas da Unesp. Biblioteca da Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Jaboticabal. Dados fornecidos pelo autor(a).

Essa ficha não pode ser modificada.

**CERTIFICADO DE APROVAÇÃO**

TÍTULO DA TESE: RECOMENDAÇÃO DE NUTRIENTES POR BALANÇO NUTRICIONAL E ÍNDICES DIAGNÓSTICOS FOLIARES PARA A CULTURA DA BETERRABA

**AUTOR: LUIZ OTÁVIO DUARTE SILVA**

**ORIENTADOR: ARTHUR BERNARDES CECILIO FILHO**

**COORIENTADOR: LEONARDO A. DE AQUINO**

Aprovado como parte das exigências para obtenção do Título de Doutor em AGRONOMIA (PRODUÇÃO VEGETAL), pela Comissão Examinadora:



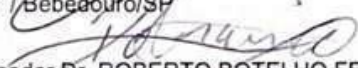
Prof. Dr. LEONARDO ANGELO DE AQUINO

Departamento de Produção Vegetal / Universidade Federal de Viçosa - Campus Rio Paranaíba



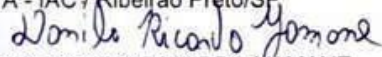
Prof. Dr. ALEXSON FILGUEIRAS DUTRA

IMESB / Bebedouro/SP



Pesquisador-Dr. ROBERTO BOTELHO FERRAZ BRANCO

APTA - IAC / Ribeirão Preto/SP



Prof. Dr. DANILO RICARDO YAMANE

Universidade de Araraquara-UNIARA / Araraquara/SP



Profa. Dra. MARA CRISTINA PESSOA DA CRUZ

Departamento de Solos e Adubos / FCAV / UNESP - Jaboticabal

Jaboticabal, 02 de dezembro de 2019

## DADOS CURRICULARES DO AUTOR

**Luiz Otávio Duarte Silva**, nascido no dia 02 de abril de 1991 na cidade de São Gotardo, Estado de Minas Gerais, filho de José Lopes da Silva e Erli Aparecida Duarte Silva. Iniciou sua jornada escolar na Escola Municipal “Quilombo do Ambrósio” na zona rural do município de Ibiá-MG em 1997 e concluiu o ensino médio na Escola Estadual “Coronel Oscar Prados” em São Gotardo-MG no ano de 2008. Ingressou no curso de Agronomia da Universidade Federal de Viçosa – *Campus* de Rio Paranaíba (UFV-CRP) em março de 2009. Desde o segundo período da graduação desenvolveu atividades de pesquisa, com participação no Grupo de Estudos em Manejo do Solo, no Grupo de Pesquisa em Manejo Integrado de Pragas (GPMIP) e no Grupo de Estudos e Pesquisas em Plantas Forrageiras (GEPFOR). Foi bolsista de iniciação científica pela Fapemig, com o projeto “Desenvolvimento de um plano de amostragem para *Liriomyza trifolii* (Burgess) (Diptera: Agromyzidae) na batateira (*Solanum tuberosum*)”, e pela Indústria de Rações Patense Ltda, com o projeto “Irrigação de pastagem por aspersão em malha com aplicação de água residuária de indústria”. Foi monitor nível I (graduação) e II (pós-graduação) da disciplina AGR 382 – Hidráulica na Agricultura. Realizou estágios técnicos nas regiões de São Gotardo-MG (empresas Cerragri e Comercial Agrícola São Gotardo) e de Lucas do Rio Verde-MT (Fazenda Seis Amigos e BRF Foods em parceria com a empresa GAPPI). Em março de 2014 ingressou no curso de Mestrado em Agronomia (Produção Vegetal) da UFV-CRP. Obteve o título de Mestre em fevereiro de 2016 com a dissertação intitulada “Influência de doses e modos de aplicação de fósforo e determinação da curva de acúmulo de nutrientes na cultura do repolho”, sob orientação do Prof. Dr. Leonardo Angelo de Aquino. Em março de 2016 ingressou no curso de doutorado do Programa de Pós-Graduação em Agronomia (Produção Vegetal), sob orientação do Prof. Dr. Arthur Bernardes Cecílio Filho, submetendo-se à defesa em 2019 com a tese intitulada “Recomendação de nutrientes por balanço nutricional e índices diagnósticos foliares para a cultura da beterraba”. Foi professor substituto do curso de Agronomia da UFV-CRP durante o primeiro semestre de 2017. Atualmente é supervisor de Pesquisa & Desenvolvimento da empresa Nativa Agronegócios & Representações LTDA, em Patos de Minas-MG.

“Esperei com paciência no Senhor e Ele se inclinou para mim e ouviu o meu clamor. Bem-aventurado o homem que põe no Senhor a sua confiança.”

Salmo 40



Aos meus pais, José Lopes da Silva e Erli Aparecida Duarte Silva, pelo exemplo e por tudo que fazem por mim.

Ao meu irmão Luiz Carlos Duarte Silva, Engenheiro de Produção por formação e Engenheiro Agrônomo por vocação.

**Dedico.**

## AGRADECIMENTOS

A Deus pelo dom da vida e por me dar forças, discernimento e paciência nos momentos de angústia, depressão e descontentamento. À Nossa Senhora, por me conceder paz e apoio quando precisei.

Aos meus pais, José Lopes da Silva e Erli Aparecida Duarte Silva, pelo amor, carinho, confiança, exemplo e apoio. Mesmo sem terem concluído sequer o ensino fundamental, sempre reconheceram a importância da educação e deram o suporte que podiam para que eu e meu irmão pudéssemos ter um diploma de ensino superior.

Ao meu irmão, Luiz Carlos Duarte Silva, por ser um companheiro de todas as horas, ajudando-me inclusive nas coletas no campo e nos processos laboratoriais. Pessoa que muito admiro por seu caráter e sua determinação.

À UNESP/FCAV e ao Programa de Pós-Graduação em Agronomia (Produção Vegetal) pela oportunidade de realizar este curso. O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) - Código de Financiamento 001.

Ao meu orientador, Prof. Dr. Arthur Bernardes Cecílio Filho, pela orientação, confiança, auxílio, paciência e amizade. Agradeço ainda por ter permitido a realização do trabalho na Região de São Gotardo-MG.

Ao meu coorientador, Prof. Leonardo Angelo de Aquino, pela orientação, amizade e importantes conselhos profissionais em momentos decisivos.

Aos membros da banca de defesa, pela disponibilidade de participação.

Aos docentes do Programa de Pós-Graduação em Agronomia (Produção Vegetal) da FCAV/UNESP e a todos os mestres que contribuíram em meu crescimento pessoal, profissional e científico.

À Universidade Federal de Viçosa – *Campus* de Rio Paranaíba, pela disponibilização da estrutura e transporte necessários para a realização dessa tese. Agradeço em especial os técnicos de laboratório Jader e Vinícius, e aos motoristas Célio, Paulo e Valdir pelo auxílio.

Ao engenheiro agrônomo Igor Pereira Martins, pela amizade e auxílio nas coletas de campo.

Ao engenheiro agrônomo Ademir Borges, amigo de longa data que auxiliou no contato com algumas empresas parceiras.

Às empresas parceiras que permitiram as coletas em suas lavouras: Agropecuária São Gotardo (AGROPESG), Comercial Agrícola São Gotardo, Cultivares Agronegócios, Fazenda São José, Grupo 4F (Fazenda Queixadas), Grupo Minas, Instituto de Pesquisa Agrícola do Cerrado (IPACER), Sekita Agronegócios e Shimada Agronegócios.

Aos amigos de Jaboticabal da pousada universitária e do condomínio “Santa Felicidade”.

Ao João de Deus Godinho Júnior, doutorando e amigo desde a época de UFV-CRP, pelo auxílio em Jaboticabal.

À Nativa Agronegócios e Representações Ltda, em especial ao gerente comercial geral Vítor Queiroz, pela oportunidade concedida, confiança em mim depositada e ensinamentos.

Ao meu amigo Ilídio Caixeta e às amigas Giselle Ribeiro, Amanda Franciellen e a Prof<sup>a</sup>. Dra. Gabriella Carneiro, por serem presença constante em minha vida.

A todos(as) que, direta ou indiretamente, tiveram a boa vontade em contribuir para a realização desse trabalho. Muito obrigado!

## SUMÁRIO

<b>RESUMO .....</b>	<b>x</b>
<b>ABSTRACT .....</b>	<b>xi</b>
<b>LISTA DE TABELAS .....</b>	<b>xii</b>
<b>LISTA DE FIGURAS .....</b>	Erro! Indicador não definido.
<b>CAPÍTULO 1 – CONSIDERAÇÕES GERAIS.....</b>	<b>1</b>
1 Introdução.....	1
2 Revisão de literatura.....	2
2.1 Importância econômica e nutracêutica da beterraba.....	2
2.2 Nutrição da cultura da beterraba .....	3
2.3 Recomendação de nutrientes.....	4
2.4 Avaliação do estado nutricional.....	6
3 Referências .....	8
<b>CAPÍTULO 2 - MODELAGEM DA DEMANDA DE NUTRIENTES PELA CULTURA DA BETERRABA DE MESA .....</b>	<b>13</b>
1 Introdução .....	14
2 Material e métodos.....	15
3 Resultados e discussão .....	17
4 Conclusões.....	23
5 Referências .....	24
<b>CAPÍTULO 3 - MODELAGEM DA RECOMENDAÇÃO DE NUTRIENTES PARA A CULTURA DA BETERRABA DE MESA .....</b>	<b>27</b>
1 Introdução .....	28
2 Material e métodos.....	29
2.1 Desenvolvimento do sistema.....	29
2.1.1 Subsistema Requerimento – REQ.....	30
2.1.1.1 Determinação de atributos para modelagem da demanda nutricional.....	30

2.1.1.2 Modelagem do requerimento nutricional .....	32
2.1.2 Subsistema suprimento - SUP .....	33
2.1.2.1 Suprimento pelo solo .....	34
2.1.2.2 Suprimento pelos resíduos culturais.....	36
2.1.2.3 Suprimento pela correção do solo .....	37
2.2 Recomendação de fertilizantes .....	38
2.3 Aplicação do sistema.....	39
3 Resultados e discussão .....	40
4 Conclusões.....	45
5 Referências .....	45

<b>CAPÍTULO 4 - ÍNDICES DE DIAGNOSE NUTRICIONAL PARA A CULTURA DA BETERRABA DE MESA.....</b>	<b>49</b>
1 Introdução .....	50
2 Material e métodos.....	51
3 Resultados e discussão .....	55
4 Conclusões.....	63
5 Referências .....	64

## RECOMENDAÇÃO DE NUTRIENTES POR BALANÇO NUTRICIONAL E ÍNDICES DIAGNÓSTICOS FOLIARES PARA A CULTURA DA BETERRABA

**RESUMO** - O sistema de balanço nutricional tem se mostrado mais adequado que as tabelas de recomendação de fertilizantes por considerar maior número de variável na recomendação de corretivos e fertilizantes. O desenvolvimento de um modelo de balanço nutricional requer informações relativas à demanda de nutrientes pela cultura e a produtividade. Além do sistema de balanço nutricional, outra ferramenta para otimizar o manejo das adubações é a diagnose nutricional por meio da análise foliar. Entretanto, para beterraba de mesa, são escassas as informações que permitam a adequada avaliação do estado nutricional. Objetivou-se gerar modelos que melhor relacionem a demanda nutricional da cultura da beterraba com a produtividade de raízes, desenvolver modelos de recomendação de nutrientes para a cultura com base no princípio do balanço nutricional e determinar valores de referência para interpretação de análises foliares da beterraba. Em mais de 40 talhões comerciais de beterraba localizados no Alto Paranaíba-MG, quantificaram-se a produtividade de raízes e de folhas e os teores de matéria seca e de nutrientes nas raízes e na parte aérea. Foram gerados modelos que melhor relacionaram a demanda de cada nutriente pela cultura da beterraba com a produtividade de raízes. Esses modelos contribuíram para a proposição de um sistema de recomendação de nutrientes para a cultura da beterraba com base no princípio do balanço nutricional. Valores de referência foliares (faixas ótimas) foram gerados pelos métodos da Faixa de Suficiência (FS), Sistema Integrado de Diagnose e Recomendação (DRIS) e Diagnose da Composição Nutricional (CND) na fase de início de intumescimento da raiz e na colheita. O modelo linear foi o mais adequado para expressar a relação entre a produtividade e os acúmulos de nutrientes, exceto para o acúmulo total (raiz + parte aérea) de Mn e Zn, que ajustaram-se ao modelo de incrementos decrescentes. A modelagem permite a recomendação eficiente de nutrientes para a cultura da beterraba. Os valores de referência (faixas ótimas) gerados pelos métodos da FS, DRIS e CND, no geral, foram concordantes para o diagnóstico da limitação nutricional. Os teores de nutrientes na folha referência gerados para a cultura na região do Alto Paranaíba-MG diferem dos existentes na literatura. Os nutrientes mais limitantes para o cultivo da beterraba nessa região foram o K e o S. A limitação de K, Ca, Mg, S, Cu e Zn pode ser diagnosticada precocemente na fase de início de intumescimento da raiz.

**Palavras-chave:** *Beta vulgaris* L. var. *vulgaris*, CND, demanda nutricional, DRIS, modelagem nutricional, nutrição de hortaliças

## NUTRIENT RECOMMENDATION BY NUTRITIONAL BALANCE AND FOLIAGE DIAGNOSTIC INDEXES FOR BEET CROP

**ABSTRACT** - The nutritional balance system has been shown to be more adequate than the fertilizer recommendation tables. For its efficiency, the construction of the system needs information related to nutrient demand by the crop and yield. Besides the nutritional balance system, another tool that can contribute to optimize fertilizer management is nutritional diagnosis through foliar analysis. However, in table beet there is little information to allow an adequate assessment of nutritional status. The objective was to generate models that better relate the demand of each nutrient for beet crop and the dry matter harvest index with the root yield, to develop nutrient recommendation models for beet crop based on the principle of nutritional balance and to determine reference values for interpretation of beet foliar analysis. In more than 40 commercial beet plots located in the Alto Paranaíba-MG microregion, root and leaf yield and dry matter and nutrient contents in roots and shoots were quantified. Models were generated that better correlated the demand of each nutrient for beet crop with root yield. These models contributed to the proposition of a nutrient recommendation system for beet crop based on the principle of nutritional balance. Foliar reference values (optimal ranges) were generated by the Sufficiency Range (FS), Diagnosis And Recommendation Integrated System (DRIS), and Compositional Nutrient Diagnosis (CND) methods at the onset of root swelling and harvest. The linear model was the most appropriate to express the relationship between yield and nutrient accumulation, except for the total accumulation (root + shoot) of Mn and Zn, which fit the model of decreasing increments. Modeling allows efficient nutrient recommendation for sugar beet crop. The reference values (optimal ranges) generated by the FS, DRIS and CND methods, in general, were in agreement for the diagnosis of nutritional limitation. The nutrient levels in the reference leaf generated for the crop in the Alto Paranaíba-MG region differ from those in the literature. The most limiting nutrients for beet cultivation in this region were K and S. Limitation of K, Ca, Mg, S, Cu and Zn can be diagnosed early in the onset of root swelling.

**Keywords:** *Beta vulgaris* L. var. *vulgaris*, CND, nutritional demand, DRIS, nutritional modeling, vegetable nutrition

## LISTA DE TABELAS

<b>CAPÍTULO 2</b> .....	<b>13</b>
Tabela 1. Temperatura mínima, temperatura máxima e precipitação durante o período experimental.....	16
Tabela 2. Produtividade, matéria seca total, índice de colheita e acúmulo nas raízes e total de N, P, K, Ca, Mg, S, B, Cu, Fe, Mn e Zn da cultura da beterraba. ....	18
Tabela 3. Índice de exportação médio de N, P, K, Ca, Mg, S, B, Cu, Fe, Mn e Zn da cultura da beterraba. ....	20
 <b>CAPÍTULO 3</b> .....	 <b>27</b>
Tabela 1. Modelos para estimativa da exportação de nutrientes (EXP) em função da produtividade (Prod).....	33
Tabela 2. Média e erro padrão do índice de exportação de nutrientes obtidos para a cultura da beterraba. ....	33
Tabela 3. Eficiência de recuperação do nutriente do solo pelo extrator ( $\text{mg dm}^{-3}/\text{mg dm}^{-3}$ ) em função, ou não, do fósforo remanescente (P-rem).....	34
Tabela 4. Porcentagem acumulada de raízes por camadas para estabelecimento da profundidade efetiva do sistema radicular da cultura da beterraba. ....	36
Tabela 5. Constante de decomposição ( $k_0$ ) de matéria seca (MS) e de macronutrientes das principais culturas antecessoras ao cultivo. ....	37
Tabela 6. Atributos químicos do solo empregado nas simulações de recomendação de nutrientes na modelagem. ....	40
Tabela 7. Extração e exportação de macro e micronutrientes geradas pela modelagem de recomendação em função da produtividade almejada. ....	41
Tabela 8. Recomendações de N, $\text{P}_2\text{O}_5$ e $\text{K}_2\text{O}$ geradas pela modelagem da recomendação e pela literatura para diferentes produtividades almejadas. ....	42



<b>CAPÍTULO 4.....</b>	<b>49</b>
Tabela 1. Modelo matemático, amplitude dos índices e coeficiente de determinação ( $R^2$ ) das regressões ajustadas para descrever os teores foliares da parte aérea de beterraba em função do índice DRIS para a população de referência <sup>1</sup> na fase de início do intumescimento da raiz tuberosa e no momento da colheita. ....	56
Tabela 2. Modelo matemático, amplitude dos índices e coeficiente de determinação ( $R^2$ ) das regressões ajustadas para descrever os teores foliares da parte aérea de beterraba em função do índice CND para a população de referência <sup>1</sup> na fase de início do intumescimento da raiz tuberosa e no momento da colheita. ....	57
Tabela 3. Faixa ótima para a concentração dos nutrientes na parte área da cultura da beterraba na fase de início do intumescimento da raiz tuberosa gerada pelos métodos da faixa de suficiência (FS), DRIS e CND em comparação com a literatura existente. ....	58
Tabela 4. Faixa ótima para a concentração dos nutrientes na parte área da cultura da beterraba no momento da colheita gerada pelos métodos da faixa de suficiência (FS), DRIS e CND em comparação com a literatura existente. ....	59
Tabela 5. Ordem de limitação nutricional gerada pelos métodos da faixa de suficiência, DRIS e CND em duas fases para a cultura da beterraba. ....	63

**LISTA DE FIGURAS**

<b>CAPÍTULO 2.....</b>	<b>13</b>
Figura 1. Relação entre a produtividade e o índice de colheita da cultura da beterraba. *** significativo ao nível de 0,001.....	19
Figura 2. Relação entre a produtividade e o acúmulo nas raízes e total de N (a), P (b), K (c), Ca (d), Mg (e) e S (f). *** significativo ao nível de 0,001. ....	21
Figura 3. Relação entre a produtividade e o acúmulo nas raízes e total de B (a), Cu (b), Fe (c), Mn (d) e Zn (e). ** e *** significativos aos níveis de 0,01 e 0,001, respectivamente.....	22
<b>CAPÍTULO 3.....</b>	<b>27</b>
Figura 1. Análise de sensibilidade da modelagem para recomendação de N, P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> e K <sub>2</sub> O em função de atributos da análise química do solo e produtividade almejada.....	43
Figura 2. Recomendação de N, P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> e K <sub>2</sub> O geradas pela modelagem para a produtividade almejada de 50 Mg ha <sup>-1</sup> e pelas publicações oficiais em função de atributos da análise química do solo.....	44
Figura 3. Análise de sensibilidade da modelagem para recomendação de N, P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> e K <sub>2</sub> O em função da quantidade de resíduos de milho presentes na área de cultivo e produtividade almejada. ....	45

## CAPÍTULO 1 – Considerações gerais

### 1 Introdução

A beterraba (*Beta vulgaris* L. var. *vulgaris*) é uma cultura economicamente importante no mundo, especialmente nos países que a utilizam para a extração de açúcar. No Brasil seu cultivo tem se expandido nos últimos anos, como na região do Alto Paranaíba-MG, onde o cultivo é realizado por médios e grandes produtores que utilizam modernas tecnologias desde a semeadura até o armazenamento do produto final. Essa expansão visa atender especialmente o mercado “in natura” de mesa.

Nessas regiões de expansão da cultura, as produtividades obtidas atualmente são maiores que as encontradas na literatura. Dado que a demanda nutricional relaciona-se positivamente com a produtividade de uma cultura, as doses de fertilizantes recomendadas nos boletins oficiais podem estar desatualizadas para a maioria dos nutrientes. Além disso, nesses boletins as recomendações baseiam-se unicamente na disponibilidade de nutrientes no solo. Desse modo, os sistemas de balanço nutricional têm ganhado notoriedade, sobretudo por gerarem recomendações considerando vários fatores, como as elevadas produtividades obtidas atualmente. Salienta-se que para a proposição de um sistema de balanço nutricional, o principal entrave é a obtenção de atributos que permitam modelar adequadamente a demanda da cultura, os quais devem ser obtidos preferencialmente em regiões de elevada produtividade e que abranjam a maior variabilidade possível.

A obtenção de elevadas produtividades é dependente do ajuste criterioso do programa de adubação da cultura. Dessa forma, uma das ferramentas que pode ser utilizada é a avaliação do estado nutricional através da diagnose foliar. Para isso, podem ser utilizados os métodos univariado, bivariado e multivariado, como a faixa de suficiência (FS), o Sistema Integrado de Diagnose e Recomendação (DRIS) e a Diagnose da Composição Nutricional (CND), respectivamente.

Assim, objetivou-se propor um sistema de recomendação de nutrientes para a cultura com base no princípio do balanço nutricional e determinar valores de referência para interpretação de análises foliares da beterraba.

#### **4 Conclusões**

As faixas ótimas dos teores foliares dos macronutrientes e micronutrientes para beterraba de mesa gerados pelos métodos da FS, DRIS e CND, no geral, foram concordantes para o diagnóstico da limitação nutricional.

Os teores de nutrientes na folha referência gerados para culturas da beterraba de mesa, na região do Alto Paranaíba-MG, diferem dos existentes na literatura.

O K e o S foram os nutrientes mais limitantes para o cultivo da beterraba na região do Alto Paranaíba – MG.

A limitação de K, Ca, Mg, S, Cu e Zn pode ser diagnosticada precocemente na fase de início de intumescimento da raiz.

## 5 Referências

Baldock JO, Schulte EE (1996) Plant analysis with standardized scores combines DRIS and sufficiency range approaches for corn. **Agronomy Journal** 88:448-456.

Barlóg P (2014) Diagnosis of sugar beet (*Beta vulgaris* L.) nutrient imbalance by DRIS and CND-clr methods at two stages during early growth. **Journal of plant Nutrition** 39:1-16.

Beaufils ER (1973) **Diagnosis and recommendation integrated system (DRIS)**. Pietermaritzburg: University of Natal, 132 p. (Soil Science Bulletin, 1).

Beverly RB (1987) Comparison of DRIS and alternative nutrient diagnostic methods for soybean. **Journal of Plant Nutrition** 10:901-920.

Camacho MA, Silveira MV, Camargo RA, Natale W (2012) Faixas normais de nutrientes pelos métodos ChM, DRIS, CND e nível crítico pelo método de distribuição normal reduzida para laranja-pera. **Revista Brasileira de Ciência do Solo** 36:193-200.

Cardoso All, Magro FO, Oliveira Júnior MX, Abrahão C, Tavares AEB, Fernandes DM (2017) Accumulation of macronutrients in beetroot plant. **Horticultura Brasileira** 35:328-334.

Carvalho AJC, Fontes PSF, Freitas MSM, Monnerat PH, Fontes AG (2011) Yellow passion fruit plant nutritional diagnosis at different phenological stages by the diagnosis and recommendation integrated system method. **Journal of Plant Nutrition** 34:614-626.

Corrêa CV, Cardoso All, Souza LG, Antunes WLP, Magalbo LA (2014) Produção de beterraba em função do espaçamento. **Horticultura Brasileira** 32:111-114.

Cunha MLP, Aquino LA, Novais RF, Clemente JM, Aquino PR, Oliveira TF (2016) Diagnosis of the Nutritional Status of Garlic Crops. **Revista Brasileira de Ciência do Solo** 40:1-14.

Dezordi LR, Aquino LA, Aquino RFBA, Clemente JM, Assunção NS (2016) Diagnostic methods to assess the nutritional status of the carrot crop. **Revista Brasileira de Ciência do Solo** 40:1-16.

Dias JRM, Tucci CAF, Wadt PGS, Silva AMD, Santos JZL (2013) Níveis críticos e faixas de suficiência nutricional em laranja-pêra na Amazônia Central obtidas pelo método DRIS. **Acta amazônica** 43:239-246.

Fageria NK, Barbosa Filho MP, Moreira A, Guimarães CM (2009) Foliar fertilization of crop plants. **Journal of Plant Nutrition** 32:1044-1064.

Gonçalves FAR, Aquino LA, Dezordi LR, Clemente JM, Novais RF (2017) Índices DRIS em três fases fenológicas da cultura da cenoura. **Pesquisa Agropecuária Tropical (Agricultural Research in the Tropics)** 47:31-40.

Gott RM, Aquino LA, Carvalho AMX, Santos LPD, Nunes PHMP, Coelho BS (2014) Índices diagnósticos para interpretação de análise foliar do milho. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental** 18:1110-1115.

Grangeiro LC, Negreiros MD, Souza BD, Azevedo PD, Oliveira SD, Medeiros MD (2007) Acúmulo e exportação de nutrientes em beterraba. **Ciência e Agrotecnologia** 31:267-273.

Jones CA (1981) Proposed modifications of the Diagnosis and Recommendation Integrated System (DRIS) for interpreting plant analysis. **Communications in Soil Science and Plant Analysis** 12:785-794.

Magro FO, Silva EG, Takata WHS, Cardoso All, Fernandes DM, Evangelista RM (2015) Organic compost and potassium top dressing fertilization on production and quality of beetroot. **Australian Journal Crop Science** 9:962-967.

Malavolta E, Vitti GC, Oliveira SA (1997) **Avaliação do estado nutricional das plantas: princípios e aplicações**. 2nd ed. Piracicaba: POTAFOS, 319 p.

Oliveira RJP, Gatiboni LC, Brunetto G, Miquelluti DJ, Valicheski RR (2017) Resposta da beterraba à adubação com nitrogênio, enxofre e micronutrientes em um Cambissolo Háplico. **Horticultura Brasileira** 35:63-68.

Parent LE, Dafir M (1992) A theoretical concept of compositional nutrient diagnosis. **Journal of the American Society for Horticultural Science** 117:239-242.

Partelli FL, Dias JRM, Vieira HD, Wadt PGS, Paiva Júnior E (2014) Avaliação nutricional de feijoeiro irrigado pelos métodos CND, DRIS e faixas de suficiência. **Revista Brasileira de Ciência do Solo** 38:858-866.

Prado RM (2008) **Nutrição de plantas**. São Paulo: Editora UNESP, 420 p.

René W, Côté B, Camiré C, Burgess M, Fyles JW (2013) Development and application of CVA, DRIS, and CND norms for three hybrids of *Populus maximowiczii* planted on southern Quebec. **Journal of Plant Nutrition** 36:118-142.

Rozane DE, Parent LE, Natale W (2016) Evolution of the predictive criteria for the tropical fruit tree nutritional status. **Científica** 44:102-112.

Santos EF, Donha RMA, Araújo CMM, Lavres Junior J, Camacho MA (2013) Faixas normais de nutrientes em cana-de-açúcar pelos métodos ChM e CND e nível crítico pela distribuição normal reduzida. **Revista Brasileira de Ciência do Solo** 37:1651-1658.

Sediyama MA, Santos MR, Vidigal SM, Salgado LT (2011) Produtividade e exportação de nutrientes em beterraba cultivada com cobertura morta e adubação orgânica. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental** 15:883–889.

Silva FDS, Silva NO, Oliveira TF, Reis MR, Aquino LA (2017). Foliar indices for carrot crop using the compositional nutrient diagnosis method. **Pesquisa Agropecuária Tropical** 47:399-407.

Silva PNL, Lanna NBL, Cardoso All (2016) Produção de beterraba em função de doses de torta de mamona em cobertura. **Horticultura Brasileira** 34:416-421.

Souza HAD, Rozane DE, Amorim DAD, Natale W (2013) Normas preliminares DRIS e faixas de suficiência para goiabeira 'Paluma'. **Revista Brasileira de Fruticultura** 35:282-291.

Tivelli SW, Factor TL, Teramoto JRS, Fabri EG, Moraes AD, Trani PE, May A (2011) **Beterraba: do plantio à comercialização**. Campinas: IAC, 45 p.

Tomio DB, Utumi MM, Perez DV, Dias JRM, Wadt PGS (2015) Antecipação da diagnose foliar em arroz de sequeiro. **Pesquisa Agropecuária Brasileira** 50:250-258.

Trani PE, Raij B (1997) Hortaliças. In: Raij B, Cantarella H, Quaggio JA, Furlani AMC (Eds.) **Recomendações de adubação e calagem para o Estado de São Paulo**. Campinas: Instituto Agrônomo/Fundação IAC, p.157-185. (Boletim Técnico n.º 100)

Urano EOM, Kurihara CH, Maeda S, Vitorino ACT, Gonçalves MC, Marchetti ME (2006) Avaliação do estado nutricional da soja. **Pesquisa Agropecuária Brasileira** 41:1421-1428.

Xu M, Zhang J, Wu F, Wang X (2015) Research Article Nutritional Diagnosis for Apple by DRIS, CND and DOP. **Advance Journal of Food Science and Technology** 7:266-273.

Wadt PGS, Anghinoni I, Guindani RHP, Lima AST, Puga AP, Silva GS, Prado RM (2013) Padrões nutricionais para lavouras arrozeiras irrigadas por inundação pelos métodos da CND e chance matemática. **Revista Brasileira de Ciência do Solo** 37: 145-156.

Wadt PGS, Novais RF, Alvarez VVH, Fonseca S, Barros NF, Dias LE (1998) Três métodos de cálculo do DRIS para avaliar o potencial de resposta à adubação de árvores de eucalipto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo** 22:661-666.