

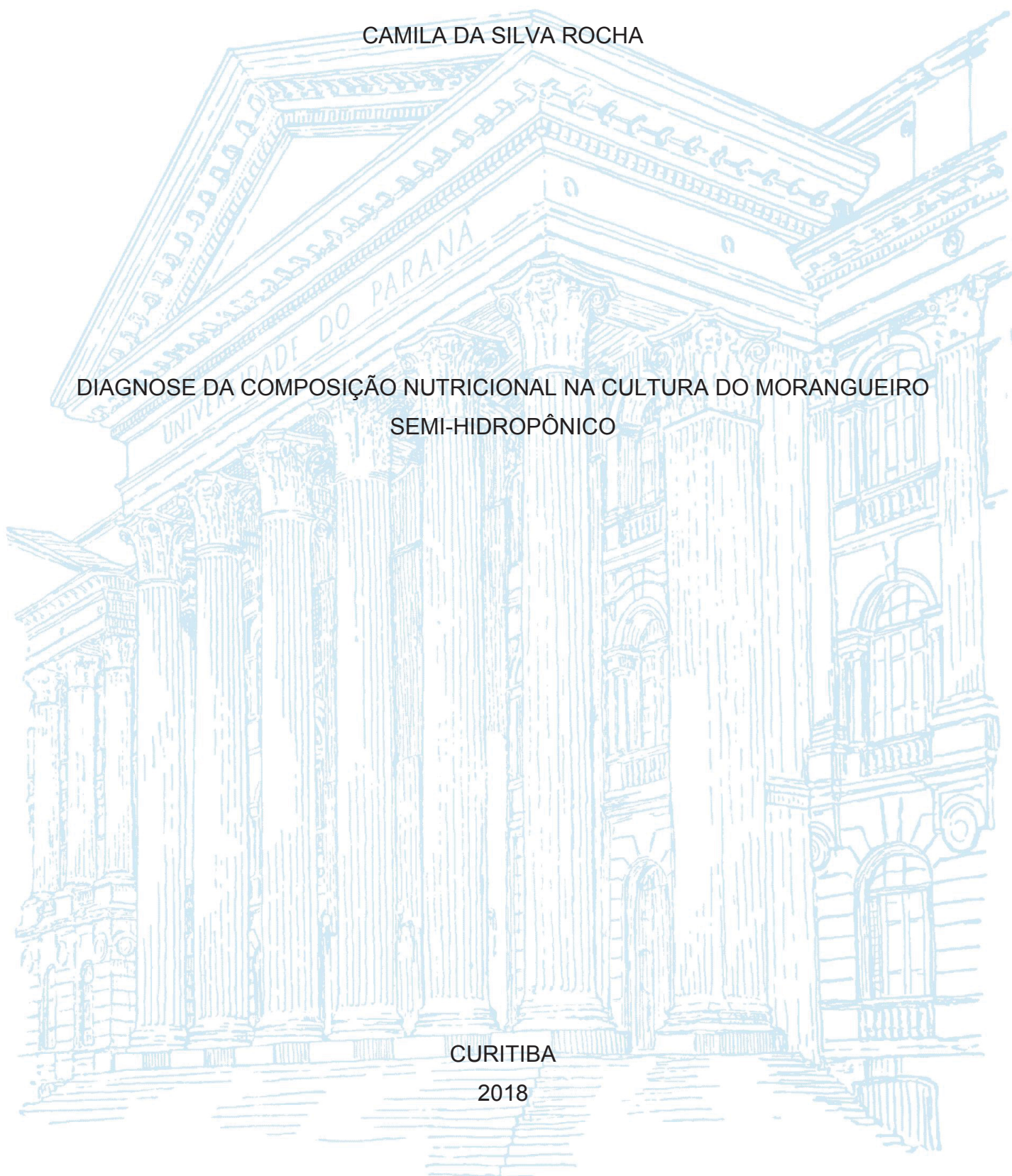
UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ

CAMILA DA SILVA ROCHA

DIAGNOSE DA COMPOSIÇÃO NUTRICIONAL NA CULTURA DO MORANGUEIRO
SEMI-HIDROPÔNICO

CURITIBA

2018



CAMILA DA SILVA ROCHA

DIAGNOSE DA COMPOSIÇÃO NUTRICIONAL NA CULTURA DO MORANGUEIRO
SEMI-HIDROPÔNICO

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciência do Solo, Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná, como requisito parcial à obtenção do título de Mestre em Ciência do Solo.

Orientador: Prof. Dr. Danilo Eduardo Rozane

Co-orientadora: Profa. Dra. Maria Aparecida Cassilha Zawadneak

Co-orientador: Prof. Dr. Volnei Pauletti

CURITIBA

2018



UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ
SETOR DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA DO SOLO
Mestrado e Doutorado



PARECER

A Banca Examinadora designada para avaliar a defesa da Dissertação de Mestrado de **Camila da Silva Rocha**, intitulada: "**Diagnose da composição nutricional na cultura do morangueiro semi-hidropônico**", do Programa de Pós-Graduação em Ciência do Solo do Setor de Ciências Agrárias da Universidade Federal do Paraná, após análise do texto e arguição da candidata, emitem parecer pela "**APROVAÇÃO**" da referida Dissertação. A candidata atende assim um dos requisitos para a obtenção do título de **Mestre em Ciência do Solo - Área de Concentração Solo e Ambiente**.

Secretaria do Programa de Pós-Graduação em Ciência do Solo, em Curitiba, 27 de fevereiro de 2018.

Prof. Dr. Danilo Eduardo Rozane, Presidente

Dr. Leandro Hahn, Iº. Examinador

Prof. Dr. Volnei Pauletti, IIº. Examinador

FICHA CATALOGRÁFICA ELABORADA PELO SISTEMA DE BIBLIOTECAS/UFPR -
BIBLIOTECA DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS, DOUGLAS ALEX JANKOSKI CRB 9 /1167
COM OS DADOS FORNECIDOS PELO(A) AUTOR(A)

Rocha, Camila da Silva
R672d Diagnose da composição nutricional na cultura do morangueiro
semi-hidropônico / Camila da Silva Rocha. - Curitiba, 2018.
56 f. : il., grafs., tabs.

Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal do Paraná.
Setor de Ciências Agrárias, Programa de Pós-Graduação em
Ciência do Solo.

Orientador: Danilo Eduardo Rozane

Coorientadora: Maria Aparecida Cassilha Zawadneak

Coorientador: Volnei Pauletti

1. Morango - Cultivo. 2. Morango - Doenças e pragas. 3. Plantas
- Nutrição. I. Rozane, Danilo Eduardo. II. Zawadneak, Maria
Aparecida Cassilha. III. Pauletti, Volnei. IV Título. V. Universidade
Federal do Paraná.

CDU 634.75

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus pelo cuidado diário em minha vida.

Aos meus pais João e Irene pelo apoio, pois sem eles nada disso seria possível.

Ao meu orientador professor Dr. Danilo Eduardo Rozane pela paciência, ensinamentos e pela amizade.

À Universidade Federal do Paraná (UFPR) e ao Programa de Pós-Graduação em Ciência do Solo, pela oportunidade para realizar o curso de mestrado;

À professora Dra. Maria Aparecida Cassilha Zawadneak e professor Dr. Volnei Pauletti, por toda ajuda técnico-científica.

À secretária Denise de Conti pelo seu imenso carinho com todos os alunos.

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

Às técnicas de laboratório Maria e Fabiana.

Aos amigos da Pós-graduação, especialmente Sarah, Angela, Ronan, Marcus e Eduardo.

Aos produtores, técnicos da Emater e prefeitura do município de Mandirituba.

RESUMO

O estado do Paraná se destaca no cenário nacional como um dos maiores produtores de morango do Brasil. Porém existem poucas informações disponíveis em relação à diagnose nutricional para esta espécie. O desenvolvimento de ferramentas e pesquisas é necessário para realização de um manejo nutricional adequado para a cultura. Dentre as ferramentas disponíveis, temos a “Diagnose da Composição Nutricional” ou CND (*Compositional Nutrients Diagnosis*) a qual utiliza a transformação da razão log centralizada para analisar dados composicionais, como os teores de nutrientes, baseando-se nas relações entre o teor de um nutriente na folha e a média geométrica dos teores dos demais componentes da matéria seca (relações multivariáveis), incluindo os teores não determinados analiticamente para fins de expressão do equilíbrio. O objetivo deste trabalho foi desenvolver normas CND (*Compositional Nutrient Diagnosis*) em áreas comerciais de morango, com base na seleção da subpopulação de alto rendimento utilizando os resultados de nutrientes de amostras foliares, além de compará-las ao o método DRIS. Assim como apresentar faixas de interpretação de nutrientes adequados para o sistema de cultivo semi-hidropônico aberto. O estabelecimento das normas deu-se pela quantificação dos teores foliares de nutrientes e produtividade em 52 talhões comerciais de morango em sistema de cultivo semi-hidropônico no município de Mandirituba – PR. O Potencial de Resposta a Adubação - PRA mostrou-se ineficiente. As normas CND mostraram-se mais sensíveis e seguras que as normas DRIS. As faixas de suficiência calculada pelo CND para a cultura do morangueiro no sistema de cultivo semi-hidropônico, foram: em g kg^{-1} N = 26 – 31; P = 4 – 7; K = 8 – 11; Ca = 10 – 15; Mg = 3 – 4; S = 0,3 – 0,5; e em mg kg^{-1} B = 18 – 95; Cu = 1 – 2; Fe = 46 – 96 Mn = 80 – 203; Zn = 1 – 40, Mo = 1,3 - 2,7 e Ni = 0,1 – 0,4.

Palavras-chave: *Fragaria x ananassa* Duch. manejo nutricional. semi-hidroponia. balanço nutricional.

ABSTRACT

The state of Paraná stands out in the national scenario as one of the largest strawberry producers in Brazil. However, little information is available regarding nutritional diagnosis for this species. The development of tools and research is necessary to carry out an appropriate nutritional management for the crop. Among the tools available, we have the "Nutritional Composition Diagnosis" (CND) which uses the transformation of the centralized log ratio to analyze compositional data, such as nutrient contents, based on the relationships between the content of one nutrient content in the leaf and the geometric mean of the contents of the other dry matter components (multivariable relationships), including the levels not determined analytically for the purpose of expression of equilibrium. The objective of this work was to develop CND (Compositional Nutrient Diagnosis) standards in strawberry commercial areas, based on the selection of the high yield subpopulation using the nutrient results of leaf samples, in addition to comparing them to the DRIS method. As well as presenting nutrient interpretation lanes suitable for the open soilless cultivation system. The establishment of standards was done by quantifying foliar nutrient and yield levels in 52 commercial strawberry stands in a soilless system in Mandirituba - PR. The Potential of Response to Fertilization - PRA was inefficient. CND standards were more sensitive and secure than DRIS standards. The ranges of sufficiency calculated by the CND for the strawberry crop in the semi-hydroponic cultivation system were: g kg⁻¹ N = 26-31; P = 4-7; K = 8-11; Ca = 10-15; Mg = 3-4; S = 0.3 - 0.5; and in mg kg⁻¹ B = 18-95; Cu = 1-2; Fe = 46-96 Mn = 80- 203; Zn = 1-40, Mo = 1.3-2.7 and Ni = 0.1-0.4.

Keys words: *Fragaria x ananassa* Duch.; nutritional management; soilless system; nutritional balance.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - PONTO DE INFLEXÃO OBTIDO NA RELAÇÃO ENTRE PRODUTIVIDADE E FUNÇÃO CUMULATIVA DO BANCO DE DADOS DE MORANGUEIROS 'ALBION'	27
Figura 2 - ÍNDICE DE DESEQUILÍBRIO NUTRICIONAL (CND-R ²) E A DISTÂNCIA DE MAHALANOBIS (D ²) NA POPULAÇÃO DE ALTA PRODUTIVIDADE (N=31).....	29
Figura 3 - ORDEM DE LIMITAÇÃO NUTRICIONAL DE NUTRIENTES NA POPULAÇÃO DE BAIXA PRODUTIVIDADE PELO ÍNDICE DRIS, EM AMOSTRAS FOLIARES DE MORANGUEIROS 'ALBION'	41
Figura 4 - ORDEM DE LIMITAÇÃO NUTRICIONAL DE NUTRIENTES NA POPULAÇÃO DE BAIXA PRODUTIVIDADE PELO ÍNDICE CND, EM AMOSTRAS FOLIARES DE MORANGUEIROS 'ALBION'	41
Figura 5 – ÍNDICES CND-CLR REFERENTE AOS TEORES MÉDIOS RECOMENDADOS COMO SUFICIENTES PARA MORANGUEIROS NO ESTADO DO PARANÁ. (PAULETTI E MOTTA, 2017).....	42
Figura 6 – ÍNDICES CND-CLR REFERENTE AOS TEORES MÉDIOS RECOMENDADOS COMO SUFICIENTES PARA MORANGUEIROS NOS ESTADOS DE SÃO PAULO, SANTA CATARINA E RIO GRANDE DO SUL. (RAIJ, 1997 E TEDESCO ET AL., 2004).	42
Figura 7 - BLOXPOT (MÉDIA, MÉDIA+- ERRO PADRÃO –EP E A MÉDIA +- 1,96*EP) PARA O ÍNDICE DE DESEQUILÍBRIO NUTRICIONAL IBN, EM RELAÇÃO AOS GRUPOS DAS POPULAÇÕES DE ALTA E BAIXA PRODUTIVIDADE	43
Figura 8 - BLOXPOT (MÉDIA, MÉDIA+- ERRO PADRÃO –EP E A MÉDIA +- 1,96*EP) PARA O ÍNDICE DE DESEQUILÍBRIO NUTRICIONAL CND-R ² , EM RELAÇÃO AOS GRUPOS DAS POPULAÇÕES DE ALTA E BAIXA PRODUTIVIDADE	43
Figura 9 - PARTICIONAMENTO DE CATE-NELSON PARA A RELAÇÃO ENTRE OS ÍNDICES CND-R ² E A PRODUTIVIDADE PARA OS 46 TALHÕES DE MORANGUEIROS 'ALBION'	44

LISTA DE TABELAS

TABELA 1-CRITÉRIOS PARA A INTERPRETAÇÃO DOS ÍNDICES DE EQUILÍBRIO NUTRICIONAL MÉDIO (IENM) DO MÉTODO DIAGNÓSTICO DRIS PARA CADA NUTRIENTE (INUT), COM BASE NO MÉTODO DO POTENCIAL DE RESPOSTA À ADUBAÇÃO (PRA).	24
Tabela 2 - MATRIZ DE COEFICIENTE DE CORRELAÇÃO (PEARSON) ENTRE OS TEORES FOLIARES DE NUTRIENTES E A PRODUTIVIDADE EM MORANGUEIROS 'ALBION' (N=52).....	25
Tabela 3 – MATRIZ DE COEFICIENTE DE CORRELAÇÃO (PEARSON) ENTRE OS TEORES FOLIARES DE NUTRIENTES PARA A POPULAÇÃO DE ALTA PRODUTIVIDADE, EM MORANGUEIROS 'ALBION' (N=31)..	27
Tabela 4 – MATRIZ DE COEFICIENTE DE CORRELAÇÃO (PEARSON) ENTRE OS TEORES FOLIARES DE NUTRIENTES PARA A POPULAÇÃO DE BAIXA PRODUTIVIDADE, EM MORANGUEIROS 'ALBION' (N=15)	27
Tabela 5 - MÉDIA E DESVIO-PADRÃO DAS VARIÁVEIS MULTINUTRIENTES E MÉDIA GEOMÉTRICA DOS CONSTITUINTES DA MASSA SECA (G), EM AMOSTRAS FOLIARES DE MORANGUEIROS 'ALBION' NA POPULAÇÃO DE ALTA PRODUTIVIDADE (POPULAÇÃO DE REFERÊNCIA).....	28
Tabela 6 VALORES MÍNIMOS, MÁXIMOS, MÉDIOS, DESVIO PADRÃO (S) PARA TEORES DE NUTRIENTES E O VALOR NÃO DETERMINADO EM FOLHAS DE MORANGUEIROS E A PRODUTIVIDADE NAS POPULAÇÕES DE ALTA E BAIXA PRODUTIVIDADE	29
Tabela 7 - MÉDIA (\bar{x}) E DESVIO-PADRÃO (Σ) DOS LOGARITMOS DAS RAZÕES DOS TEORES DE NUTRIENTES DAS MATÉRIAS SECAS DAS AMOSTRAS FOLIARES, OBTIDAS DA SUBPOPULAÇÃO DE ALTA PRODUTIVIDADE DE MORANGUEIROS 'ALBION', PARA O ESTABELECIMENTO DA NORMA DRIS	32
Tabela 8 - PORCENTAGENS DE OBSERVAÇÕES DOS NUTRIENTES NAS CLASSES DO POTENCIAL DE RESPOSTA A ADUBAÇÃO (PRA) PARA AS SUBPOPULAÇÕES DE ALTA E BAIXA PRODUTIVIDADE	

PELO MÉTODO DRIS EM AMOSTRAS FOLIARES DE MORANGUEIROS 'ALBION'.....	33
Tabela 9 - AGRUPAMENTO DAS CLASSES DO POTENCIAL DE RESPOSTA À ADUBAÇÃO (PRA) PARA A SUBPOPULAÇÃO DE BAIXA PRODUTIVIDADE, COM BASE NAS AMOSTRAS FOLIARES DE MORANGUEIROS 'ALBION'.....	34
Tabela 10 - FREQUÊNCIAS DOS NUTRIENTES COMO LIMITANTES PELA FALTA (LF = P + PZ), PELO EXCESSO (LE = N + NZ) E NÃO LIMITANTE (NL = Z), PELO POTENCIAL DE RESPOSTA À ADUBAÇÃO E CÁLCULO DO QUI-QUADRADO (X^2), PARA AS SUBPOPULAÇÕES DE ALTA E BAIXA PRODUTIVIDADE.....	34
Tabela 11 - MODELOS ESTATÍSTICOS DAS RELAÇÕES ENTRE OS TEORES E OS ÍNDICES DRIS DAS AMOSTRAS FOLIARES DE MORANGUEIROS 'ALBION'.....	36
Tabela 12 - MODELOS ESTATÍSTICOS DAS RELAÇÕES ENTRE OS TEORES E OS ÍNDICES CND DAS AMOSTRAS FOLIARES DE MORANGUEIROS 'ALBION'.....	37
Tabela 13 - FAIXA DE SUFICIÊNCIA CONSIDERADA ADEQUADA PARA MACRONUTRIENTES EM FOLHAS DE MORANGUEIRO POR DIFERENTES AUTORES E FAIXA ESTABELECIDADA PELOS MÉTODOS CND E DRIS.....	38
Tabela 14 - FAIXA DE SUFICIÊNCIA CONSIDERADA ADEQUADA PARA MICRONUTRIENTES EM FOLHAS DE MORANGUEIRO POR DIFERENTES AUTORES E FAIXA ESTABELECIDADA PELOS MÉTODOS CND E DRIS.....	38
Tabela 15 – TESTE DE CORRELAÇÃO (PEARSON) E DE SIGNIFICÂNCIA (p) ENTRE AS VARIÁVEIS PRODUTIVIDADE E COORDENADAS CND- <i>clr</i> DE CADA NUTRIENTE E DO CND- R^2 NOS TALHÕES DE MORANGO (N=46).....	39
Tabela 16 – TESTE DE CORRELAÇÃO (PEARSON) E DE SIGNIFICÂNCIA(P) ENTRE A VARIÁVEL PRODUTIVIDADE E COORDENADAS DRIS DE CADA NUTRIENTE E DO IBN NOS TALHÕES DE MORANGO (N=46).....	40

LISTA DE ABREVIATURAS OU SIGLAS

CND	- <i>Compositional nutrients diagnosis</i>
D ²	- Distância de Mahalanobis
DRIS	- <i>Diagnosis and recommendation integrated system</i>
FP	- Falso positivo
FN	- Falso negativo
IBN	- Índice de balanço nutricional
IEN	- Índice de equilíbrio nutricional
LE	- Limitantes por excesso
LF	- Limitantes por falta
LI	- Limite inferior
LS	- Limite superior
<i>n</i>	- Classe de limitação negativa com alta probabilidade
NL	- Não limitantes
<i>nz</i>	- Classe de limitação negativa com baixa probabilidade
<i>p</i>	- Classe de limitação positiva com alta probabilidade
PRA	- Potencial de resposta à adubação
<i>pz</i>	- Classe de limitação positiva com baixa probabilidade
SQ	- Soma dos quadrados
VN	- Verdadeiro negativo
VP	- Verdadeiro positivo
VPN	- Valor preditivo negativo
VPP	- Valor preditivo positivo
<i>z</i>	- Classe de limitação nula

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	12
1.1	ASPECTOS GERAIS DA CULTURA DO MORANGUEIRO	12
1.2	AVALIAÇÃO DO ESTADO NUTRICIONAL DAS CULTURAS	14
2	MATERIAL E MÉTODOS.....	17
2.1	VALIDAÇÃO DAS METODOLOGIAS.....	21
2.2	POTENCIAL DE RESPOSTA A ADUBAÇÃO	23
3	RESULTADOS E DISCUSSÃO	24
3.1	TRATAMENTO DOS DADOS PELA NORMA CND	25
3.2	TRATAMENTO DADO PELA NORMA DRIS.....	31
3.3	INTERPRETAÇÃO DOS ÍNDICES DRIS PELO POTENCIAL DE RESPOSTA À ADUBAÇÃO.....	33
3.4	NÍVEIS CRÍTICOS E FAIXAS DE SUFICIÊNCIA PELOS MÉTODOS DRIS E CND	36
3.5	ÍNDICE DE DESEQUILÍBRIO NA POPULAÇÃO DE BAIXA PRODUTIVIDADE E NA LITERATURA	40
3.6	VALIDAÇÃO DAS NORMAS DRIS E CND	42
4	CONCLUSÕES	45
	REFERÊNCIAS.....	46
	APÊNDICE - SOFTWARE CND-MORANGO	52

1 INTRODUÇÃO

1.1 ASPECTOS GERAIS DA CULTURA DO MORANGUEIRO

O morango (*Fragaria x ananassa Duch.*) é uma cultura de grande expressão econômica para produtores brasileiros. O estado do Paraná destaca-se com uma produção média de 22,6 mil toneladas por ano em uma área de 723 hectares de produção, concentrando-se principalmente na região metropolitana de Curitiba (PARANÁ, 2017)

Além da grande importância social, por empregar mão de obra familiar durante todo o ciclo de produção, a cultura do morango é, em muitos casos, a principal atividade do município onde é explorada, atuando também como referência turística ao local de produção (ANTUNES E REISSER JUNIOR 2007).

A combinação de tecnologias na produção desta frutífera almejando alta produtividade, qualidade, baixo custo e reduzido impacto ambiental, direciona a produção ao sistema de manejo semi-hidropônico com o emprego da fertirrigação (GIMENEZ et al., 2008). Esse sistema surgiu como uma alternativa aos produtores cujos cultivos eram realizados no solo, no controle principalmente de problemas fitossanitários e de ergonomia no processo de cultivo. A desinfecção do solo onde são produzidos os morangueiros torna-se cada vez mais restrita pelas dificuldades na aplicação de agrotóxicos para o controle de nematoides, fungos e bactérias prejudiciais à cultura.

O cultivo semi-hidropônico que ocorre em ambiente protegido sobre bancadas acima do nível do solo, além de aumentar a densidade de plantas e a produtividade, diminui os custos da lavoura e resguarda a cultura contra a chuva e ventos, além de fornecer certo aquecimento graças ao efeito estufa obtido através da estrutura. A proteção contra a chuva permite a gestão precisa da irrigação e da fertilização (PRÉMONT, 2015), facilitando o manejo, apesar de encarecer o processo produtivo.

As diferenças em composição mineral e na qualidade dos frutos de morangos cultivados no solo ou no sistema semi-hidropônico podem ser atribuídas às diferenças nas práticas agronômicas como a fertirrigação e as diferentes

condições ambientais (AKHATOU e RECAMALES 2014). A ausência de contato com o solo diminui drasticamente a exposição a doenças e permite maiores condições de higiene no processo de colheita dos frutos, fato muito importante visto que o morango pertence ao grupo das pequenas frutas e estas são consumidas *in natura*, em sua maioria, e não possuem casca para protegê-las.

O cultivo sem solo aliado ao uso de cultivares neutras ao fotoperíodo vai de encontro ao mercado atual, com preços superiores pagos aos produtores por apresentar melhor distribuição da produção ao longo do ciclo, diferindo do pico característico do sistema convencional (FERNANDES JUNIOR, 2002).

Segundo Miranda et al. (2014) neste sistema de cultivo é necessário aplicar uma quantidade excedente de água ou solução nutritiva, que varia de 10% a 50% do volume aplicado, para manter a salinidade do meio em níveis adequados. A condutividade elétrica é o parâmetro utilizado para avaliar a salinidade dos substratos, e este deve manter valores próximos a $0,9 \text{ dS m}^{-1}$ maximizando a produtividade dos frutos (ANDRIOLO et al., 2009). Contudo, apesar da salinidade ser um parâmetro quantitativo este não discrimina para o manejo da solução, qual nutriente deve ser repostado, nem tão pouco sua quantidade.

Além do escasso conhecimento técnico em relação ao manejo da fertirrigação da cultura, há entraves a serem superados em toda a cadeia produtiva, como a falta de estrutura para acondicionamento e transporte, escala de produção para atender clientes em quantidade, em qualidade e no menor tempo possível e falta de tradição no sistema de cooperativismo (ANTUNES e REISSER JUNIOR, 2007).

Como principal estratégia para contornar esses problemas desde 2008 existe o programa de Produção Integrada de Morango (PIMo) o qual visa atender às demandas para produção de alimentos seguros, e para isso recomenda o emprego da organização do setor produtivo, boas práticas culturais, rastreabilidade e certificação, mostrando que existem maneiras de obter um morango completamente saudável (CALEGARIO et al., 2014).

Por fim, o conhecimento adequado do manejo nutricional do morangueiro é uma das práticas indispensáveis ao aumento da produtividade, qualidade e conservação pós-colheita dos frutos, entretanto, poucos são os trabalhos de pesquisa comprometidos em potencializar as práticas de adubação e métodos de diagnóstico nutricional para a cultura.

1.2 AVALIAÇÃO DO ESTADO NUTRICIONAL DAS CULTURAS

Uma das maneiras mais econômicas e eficazes de avaliar o estado nutricional das culturas e adequar à recomendação de adubação é empregar a análise química de tecido vegetal, confrontando os resultados com normas pré-estabelecidas a partir de talhões produtivos (ROZANE, 2016a).

Por isso, métodos de diagnose do estado nutricional em frutíferas, como o DRIS (*Diagnosis and Recommendation Integrated System*) e mais recentemente o CND (*Compositional Nutrients Diagnosis*), podem contribuir efetivamente a uma recomendação de adubação mais adequada para o morangueiro. Isso é necessário, pois as informações disponibilizadas atualmente na literatura para esta frutífera são insipientes, e demanda com urgência de informações de pesquisa, visto que o manejo inadequado da adubação pode potencializar a contaminação de solo e águas superficiais em áreas adjacentes às estufas, e também em alguns casos, pode diminuir a absorção de nutrientes, devido às reações de interação entre eles (HERNANDES, 2012; PARENT et al., 2013a; AMORIM et al., 2015).

A busca de um método eficiente de avaliação do estado nutricional das plantas tem sido objeto de muitas pesquisas, desde meados do século 20. A análise química de plantas, com critérios ajustados de amostragem, é uma ferramenta essencial para a avaliação do equilíbrio de nutrientes. A ideia de usar o teor mineral das folhas como critério para a avaliação do estado nutricional foi proposta inicialmente por Lagatu e Maume (1934 a, b), em Montpellier, na França.

Os métodos usualmente utilizados para a avaliação do estado nutricional, em geral, não levam em consideração as interações que ocorrem entre os nutrientes (BACON-SHONE, 2011; HERNANDES, 2012; PARENT et al., 2013a). A avaliação do estado nutricional das plantas tem sido amplamente utilizada e discutida, com o intuito de possibilitar intervenções mais precisas em sistemas de produção vegetal, por meio de práticas de manejo e adubação, baseadas na interpretação de resultados de análise foliar (Urano et al., 2007), ou quando disponível, por meio de Softwares (ROZANE et al., 2013a,b; ROZANE et al., 2016).

De acordo com Holland (1966), a consistência da interpretação das análises de tecido vegetal aumenta a medida que o enfoque univariado (por exemplo, nível crítico) é ampliado, de modo a considerar as relações entre os nutrientes, dois a dois, ou seja, relações duais (enfoque bivariado, como o DRIS) até idealmente abranger, mediante enfoque multivariado, toda a estrutura de variação da composição nutricional do tecido (como o CND). Segundo Tolosana-Delgado e Van Den Boogart (2011), dados de composição nutricional são intrinsecamente de natureza multivariada. Assim, deve-se evitar interpretar o teor de cada nutriente isoladamente, sem relacioná-lo aos demais componentes do tecido vegetal.

Com este enfoque vários trabalhos buscaram comparar a metodologia bivariada com a multivariada (PARENT e KHIARI, 2003; URANO et al., 2007; PARENT et al., 2009; PARENT et al., 2013a,b; WADT et al., 2013; PARTELLI et al., 2014), apesar dos resultados serem contundentes quanto aos ganhos na interpretação dos dados multivariados em relação aos bivariados como relatam Parent e Khiari (2003). Estes autores observaram alta correlação ($r > 0,97$) entre o CND- r^2 e a produtividade de bulbos de cebola, constatando a aplicabilidade do método empregando a análise foliar.

O método da Diagnose da Composição Nutricional (CND), proposto por Parent e Dafir (1992), utiliza a transformação da razão log centralizada, sendo um dos mais recentes métodos empregados na interpretação da análise de tecido vegetal, e baseia-se nas relações entre o teor de um nutriente e a média geométrica dos teores dos demais componentes da matéria seca, inclusive aqueles não determinados analiticamente (relações multivariáveis), sendo utilizados como forma de expressão do equilíbrio (PARENT e DAFIR, 1992; EGOZCUE e PAWLOWSKY-GLAHN, 2005).

O tecido foliar é considerado um sistema fechado a 100%, formado por componentes conhecidos (N, P, K,...) e por componentes desconhecidos (outros elementos não determinados, carboidratos, etc...), reunidos num termo chamado R. Formando assim, um arranjo de nutrientes d -dimensional, ou seja, um *simplex* (S^d), oriundo das proporções de $d+1$ nutrientes que incluem os elementos d e um valor residual (R_d) (PARENT e DAFIR, 1992; BÉLANGER et al., 2001).

Outra vantagem ao se empregar a metodologia CND é a possibilidade de atribuir às carências e aos excessos de nutrientes o mesmo peso no desbalanço, o que pode ser detectado com o emprego da distância de Mahalanobis (PARENT et

al., 2009). Em relação ao DRIS, a metodologia CND possibilita a identificação e a exclusão de valores atípicos (*outliers*), o que auxilia na confiabilidade e na interpretação dos resultados (PARENT et al., 2009; PARENT et al., 2013a,b; ROZANE et al., 2016).

Avanços no uso da análise multivariada, empregada no método CND, podem ser observados no trabalho de Hernandez (2012), indicando que além de fazer uso da transformação da razão log centralizada, é possível utilizar outras diferentes transformações para os dados de análises foliares, como exemplo, a razão log isométrica (*ilr*) (EGOZCUE et al., 2005). Desta forma, evita-se a tendência numérica e a redundância inerente aos dados composicionais, reduzindo as correlações espúrias entre os componentes do tecido vegetal, no que diz respeito às distorções que ocorrem nas interpretações em análises de tecido vegetal. (EGOZCUE e PAWLOWSKY-GLAHN, 2005).

Essas especificidades relacionadas ao método CND podem levar a diagnósticos diferentes em relação ao DRIS, conforme relatado para as culturas do eucalipto (SILVA et al., 2004), milho doce (KHIARI et al. 2001a) e batata (KHIARI et al. 2001c), possibilitando a obtenção de melhores correlações dos índices CND com a produtividade (KHIARI et al. 2001a,c; PARENT e KHIARI, 2003). Medidas corretivas de manejo em relação a um determinado elemento podem influenciar todo o balanço nutricional ligado a ele, caracterizando um sistema complexo (PARENT et al., 2013b). O conceito teórico que fundamenta o método CND possibilita melhor diagnose nutricional da planta, em resposta às alterações de nutrientes disponíveis (PARENT et al., 1994), uma vez que a avaliação do estado nutricional é mais consistente quando a interpretação leva em conta todos os nutrientes, abrangendo toda a estrutura de variação da composição nutricional, por meio da análise multivariada (HOLLAND, 1966).

Aliado à carência de informações sobre o adequado equilíbrio nutricional para a cultura do morango cultivado no sistema semi-hidropônico, acredita-se que o estabelecimento de normas CND possa contribuir para melhorar a compreensão da diagnose do estado nutricional dessa frutífera, auxiliando na tomada de decisão sobre a real necessidade de adição de fertilizantes pelos produtores e técnicos.

O trabalho teve por objetivo desenvolver normas CND (*Compositional Nutrient Diagnosis*) em áreas comerciais de morango, com base na seleção da subpopulação de alto rendimento utilizando os resultados de nutrientes de amostras

foliares, além de compará-las ao o método DRIS. Assim como apresentar faixas de interpretação de nutrientes adequados para o sistema de cultivo semi-hidropônico aberto.

2 MATERIAL E MÉTODOS

Para determinação dos índices CND e DRIS foram realizadas análises foliares de 52 talhões em áreas comerciais de produção de morango no sistema de cultivo semi-hidropônico aberto (onde não há coleta da solução nutritiva lixiviada, sendo está perdida para o ambiente). As áreas avaliadas localizam-se no município de Mandirituba – PR, onde o clima apresenta-se como Cfb (ALVAREZ et al., 2013) e coordenadas 25° 46' 44" S e 49° 19' 34" W, durante as safras agrícolas de 2015 (16 amostras) e 2016 (36 amostras).

Avaliou-se a cultivar Albion, classificada como de dia neutro. Dentro de cada estufa de produção comercial, foram escolhidos quatro pontos aleatórios onde cada um foi considerado um talhão e cada um destes consistiu de um slab com 20 plantas, sendo estas plantas usadas para análise química do tecido vegetal e de produtividade. Todas as estufas foram avaliadas no primeiro ciclo de cultivo.

A folha diagnóstica amostrada foi o terceiro folíolo recém-desenvolvido, sem pecíolo coletadas na época do florescimento (início de dezembro) como indica Tedesco et al. (2004). Após a coleta, as amostras foram imediatamente direcionadas para análises no Laboratório de Nutrição de Plantas da UFPR, onde foram lavadas com detergente neutro seguido de enxague em água corrente potável, e em seguida em solução de HCl (1%) e por último em água destilada.

Após lavagem, as amostras foram secas em estufas a 65 ± 5 °C até peso constante e depois moídas em moinho até a granulometria de 0,2 mm. Posteriormente foi pesada 0,25 gramas de material moído e adicionado ácido perclórico e peróxido de hidrogênio em cada tubo plástico. A digestão do material foi feita em aparelho de micro-ondas.

A determinação dos teores de fósforo (P), potássio (K), cálcio (Ca), magnésio (Mg), enxofre (S), ferro (Fe), manganês (Mn), boro (B), cobre (Cu), zinco (Zn), molibdênio (Mo) e níquel (Ni) foi feita por espectrometria de massa com

plasma acoplado indutivamente (ICP-MS). A análise do nitrogênio (N-total) foi efetuada por meio do aparelho VARIO EL III - Elementar®.

Durante os meses de outubro, novembro e dezembro dos anos de 2015 e 2016 foram colhidos e pesados todos os frutos das plantas marcadas (quando da análise foliar) a fim de se estimar a produtividade (g planta^{-1}) dos talhões avaliados. Os frutos colhidos, após pesagem, foram devolvidos aos produtores para seguirem ao beneficiamento e a comercialização.

A teoria dos cálculos DRIS e CND seguiram as metodologias empregadas e descritas em Beaufls (1973); Elwali e Gascho (1984); Parent e Dafir (1992); Parent et al. (2005). Além dos métodos estatísticos DRIS e CND, também foi utilizada a distância de Mahalanobis (D^2) (PARENT et al., 2009) para verificação de dados aberrantes (*outliers*) na avaliação das amostras foliares.

Para calcular as funções das razões dos nutrientes e índices DRIS, aplicou-se o método proposto por Beverly (1987), com transformações logarítmicas para eliminar o grau de achatamento da distribuição dos dados, propiciando o efeito de curtose, em relação à curva normal no coeficiente de variação (Equação 1):

$$IY = \{\Sigma[(\log(Y/X_n) - Prd) \cdot k/\sigma_d] - \Sigma[(\log(X_n/Y) - Pri) \cdot k/\sigma_i] / (Nrd + Nri)\} \quad (1)$$

IY é o índice do nutriente Y avaliado. A relação Y/X_n é a razão entre dois elementos químicos das amostras foliares, sendo Y o nutriente fixo, e X_n os demais nutrientes (d) que serão relacionados com Y (N/P , N/K , N/Ca , ..., N/Zn). Prd e Pri são, respectivamente, as médias das razões logarítmicas diretas (Y/X_n) e inversas (X_n/Y) para a população de referência. O elemento k é a constante de sensibilidade, o qual recebeu o valor igual a 1; σ_d e σ_i são, respectivamente, o desvio-padrão da população de referência das relações diretas e inversas.

Nrd é o número de relações diretas avaliadas, e Nri é o número de relações inversas. O índice de balanço nutricional (IBN) foi obtido somando-se os valores em módulo obtidos para os 13 nutrientes (Equação 2):

$$IBN = |IN| + |IP| + |IK| + [...] + |IFe| + |IMn| + |INi| \quad (2)$$

O índice de balanço nutricional médio (IBNm) foi obtido dividindo-se o valor de IBN pelo número total de nutrientes (n) (Equação 3):

$$IBNm=IBN/n \quad (3)$$

Segundo Rozane et al. (2013), a análise multivariada empregada nos cálculos propostos por Parent e Dafir (1992) permite que a distância de Mahalanobis possa excluir os dados em desequilíbrio, o que não é possível empregando-se os métodos bivariados, como o DRIS, proposto por Beaufils (1973). Assim, quanto maior a distância (D^2), maior é o desequilíbrio nutricional ($CND-r^2$). Para Parent et al. (2009), o CND fornece um índice de desequilíbrio de nutrientes de plantas ($CND-r^2$) assumindo uma distribuição χ^2 . A distância de Mahalanobis (D^2), que detecta casos anómalos em conjuntos de dados de composição, também tem uma distribuição de χ^2 . Para auxiliar esse processo foi empregado o teste F.

Como indicado por Parent e Dafir (1992), a composição do tecido vegetal forma um arranjo dimensional de nutrientes (d), representado por $d+1$ proporções de nutrientes, isto é, um *simplex* (conjunto de teores nutricionais e o respectivo complemento a 100%, representado por S^d , onde é incluído nutrientes d e um valor de enchimento definido conforme a equação 4:

$$S^d = \left\{ \begin{array}{l} N > 0, P > 0, K > 0, Ca > 0, [...]; \\ N + P + K + Ca + [...] + R = 100 \end{array} \right\} \quad (4)$$

O número 100 representa o valor total de matéria seca (%); N, P, K, [...] (X_i) são as proporções de nutrientes (%) e Rd é o valor de enchimento somado as proporções de nutrientes para a obtenção de 100%, sendo calculado da seguinte forma (KHIARI et al., 2001; PARENT et al., 2009):

$$Rd = 100 - \sum_{i=1}^d X_i \quad (5)$$

As proporções de nutrientes tornam-se invariante de escala depois de serem divididos pela média geométrica (G) do $d+1$ componentes, incluindo Rd (AITCHISON, 1986; PARENT et al., 2009) como segue:

$$G = \left(\prod_{i=1}^d X_i \right)^{\frac{1}{(d+1)}} = (N \times P \times K \times [...] \times Rd)^{\frac{1}{(d+1)}} \quad (6)$$

As equações logarítmicas (ln), ou razões log centradas (clr) são estabelecidas conforme a equação 7:

$$V_N = \ln \frac{N}{G}, V_P = \ln \frac{P}{G}, V_K = \ln \frac{K}{G}, [...], V_{Rd} = \ln \frac{Rd}{G} \quad (7)$$

A somatória dos valores de ln dos nutrientes, incluindo para o *Rd*, deve satisfazer a seguinte equação:

$$V_N + V_P + V_K + V_{Ca} + V_{Mg} + [...] + V_{Rd} = 0 \quad (8)$$

As variáveis multinutrientes ($V_{\text{nutriente}}$) consistiram do logaritmo neperiano (ln) do quociente entre a concentração de cada nutriente (mg kg^{-1}) e a média geométrica das concentrações dos constituintes da massa da matéria seca (G). Por definição (KHIARI et al., 2001), a soma dos componentes do tecido é 100% (Equação 1), e a soma da razão logarítmica, incluindo o valor de enchimento deve ser zero (Equação 5). Os índices CND são calculados pela diferença entre as variáveis multinutrientes das amostras avaliadas ($V_{\text{nutriente}}$) e na média da população de referência ($\bar{V}_{\text{nutriente}}$), dividido pelo desvio-padrão ($\sigma_{\text{nutriente}}$) desta variável na população de referência:

$$I_N = \frac{(V_N - \bar{V}_N)}{\sigma_N}; I_P = \frac{(V_P - \bar{V}_P)}{\sigma_P}; I_K = \frac{(V_K - \bar{V}_K)}{\sigma_K}; [...]; I_{Rd} = \frac{(V_{Rd} - \bar{V}_{Rd})}{\sigma_{Rd}} \quad (9)$$

Os valores de I_N , I_P , I_K , [...], I_{Rd} são índices de balanço para determinar o CND. A aditividade ou a independência entre os dados compositivos é verificada usando uma transformação logarítmica da razão computada (AITCHISON, 1986). Os índices CND são normalizados e as variáveis tornadas lineares como dimensões de um círculo ($d + 1 = 2$), uma esfera ($d + 1 = 3$), ou uma hiperesfera ($d + 1 > 3$) em um espaço tridimensional. Os índices de balanço dos nutrientes para determinar o índice geral de equilíbrio de uma amostra diagnosticada é o $CND-r^2$, que é calculado conforme a equação 10:

$$CND-r^2 = I_N^2 + I_P^2 + I_K^2 + [...] + I_{Rd}^2 \quad (10)$$

Cada amostra caracteriza-se por seu raio, r , calculado a partir dos índices de nutrientes CND. A soma de um quadrado independente $d+1$ com variáveis normais produzem uma nova variável com uma distribuição qui-quadrado (χ^2) com $d+1$ graus de liberdade (ROSS, 1987). Os índices de CND são independentes, e o valor de $CND-r^2$ deve ter a distribuição o qui-quadrado (χ^2).

A função de distribuição do qui-quadrado fornece uma vantagem do CND sobre o DRIS, como um modelo de sustentação genérico para bases de dados pequenas. Como definido pelas equações 6 e 7, quanto mais perto de zero os índices de CND, e por consequência o $CND-r^2$ ou os valores de qui-quadrado (χ^2), mais elevada a probabilidade para obter um rendimento elevado (Khiari et al., 2001a).

A Distância de Mahalanobis (D^2) é calculada pela equação 11. COV^{-1} é a matriz de covariância inversa dos valores de clr para todos os nutrientes, e T é a indicação de que a matriz deve ser transposta (Parent, 2011). O teste de χ^2 foi calculado com base na distância D^2 , sendo excluídas as amostras cujo valor foi inferior a 1% ($p < 0,01$).

$$D^2 = \sum (clri - clri)^T COV^{-1} (clri - clri) \quad (11)$$

Organizando a produtividade do conjunto amostral de maneira decrescente, foi estabelecida a função cúbica pela relação entre a produtividade ($g \text{ planta}^{-1} \text{mês}^{-1}$) do conjunto amostral e a variância acumulada (função cumulativa) dos valores de D^2 , em que a determinação da derivada segunda (ponto de inflexão) permitiu separar as subpopulações de baixa e alta produtividade (KHIARI et al., 2001b).

2.1 VALIDAÇÃO DAS METODOLOGIAS

Após o estabelecimento das normas DRIS (IBN) e CND ($CND-r^2$), fez-se necessário validá-las pelo procedimento de Cate-Nelson (CATE e NELSON, 1971; Nelson e Anderson, 1997), que consiste em relacionar o valor dos índices com a produtividade e assim dividi-los em um diagrama de dispersão bidimensional (x, y) em quatro quadrantes, maximizando o número de pontos nos quadrantes positivos e minimizando o número nos quadrantes negativos. Para a determinação dos

quadrantes é utilizada a Equação 12. Este procedimento maximiza a soma dos quadrados (SQ) entre as duas partições (positiva e negativa).

$$SQ = [(\sum X_i^2) / k + (\sum X_j^2) / (n - k)] - [(\sum X_i^2) / n] \quad (12)$$

Onde X é o índice de balanço nutricional, X_n é o conjunto de todos os índices do conjunto amostral, n é o número de observações (ordenados em forma decrescente, k é a contagem elementar que começa na primeira observação ordenada e j é número subsequente da contagem elementar.

O maior valor apresentado pelo SQ de todas as observações (n) constitui o ponto crítico, o qual fornecerá o parâmetro para determinar a distribuição dos valores nos quadrantes. Cada quadrante representa uma classe de resposta ao uso do insumo. O índice de balanço nutricional correspondente ao ponto crítico que estabelece a separação das classes nas populações de alta e baixa produtividade.

Nos talhões de alta produtividade, as áreas que apresentaram valores dos índices menores que o índice no ponto crítico ficaram no quadrante falso positivo, e os maiores no quadrante verdadeiro negativo. Nos talhões de baixa produtividade, valores dos índices menores que o índice no ponto crítico ficaram no quadrante verdadeiro positivo, e os maiores no quadrante falso negativo. Esses quadrantes, segundo Parent et al. (2013b), significam:

Verdadeiro Negativo (VN): populações de alta produtividade, corretamente identificadas como equilibradas (abaixo do valor ou ponto crítico de previsão). O estado nutricional é adequado;

Falso Positivo (FP): populações de alta produtividade, incorretamente identificadas como desequilibradas (acima do valor crítico). As observações do FP indicam consumo de nutrientes por parte da planta ou eficiência excepcionalmente elevada do uso de nutrientes.

Verdadeiro Positivo (VP): populações de baixa produtividade, corretamente identificadas como desequilibradas (acima do valor crítico) em que pelo menos um elemento causa desequilíbrio nutricional;

Falso Negativo (FN): populações de baixa produtividade, incorretamente identificadas como equilibradas (abaixo do valor crítico). As observações da FN indicam o impacto de outros fatores limitantes ao desempenho da cultura.

O teste de diagnóstico é interpretado (PARENT et al., 2013b), como segue:

Valor Preditivo Negativo (VPN): probabilidade de um diagnóstico equilibrado retornar a um alto desempenho, calculado como $VN / (VN + FN)$;

Valor Preditivo Positivo (VPP): probabilidade de um diagnóstico de desequilíbrio retornar a um baixo desempenho, calculado como $VP / (VP + FP)$;

Acurácia: probabilidade de uma observação ser corretamente identificada como equilibrada ou desequilibrada, calculado como $(VN + VP) / (VN + FN + VP + FP)$;

Especificidade: probabilidade de uma observação de elevada produtividade estar equilibrada, calculado como $VN / (VN + FP)$;

Sensibilidade: probabilidade de uma observação de baixo desempenho estar desequilibrada, calculada como $VP / (VP + FN)$;

O VPN, a Acurácia e a Sensibilidade identificam o potencial de deficiência de nutrientes e indicam que alguns outros fatores podem limitar o desenvolvimento da planta. O VPP e a Especificidade detectam potenciais problemas relacionados ao consumo de luxo de nutriente ou contaminação.

As representações gráficas do procedimento Cate-Nelson foram realizadas relacionando os respectivos índices de balanços nutricionais com a produtividade dos talhões. O gráfico organizou os valores das classes nos quadrantes, apresentando os parâmetros VPN, VPP, sensibilidade, especificidade e acurácia.

2.2 POTENCIAL DE RESPOSTA A ADUBAÇÃO

A fim de interpretar os índices obtidos pela norma DRIS, foi utilizado o potencial de resposta à adubação que divide-se em 5 classes: positiva (p), positiva ou nula (pz), nula (z), negativa ou nula (nz) e negativa (n), conforme Wadt (2005). Considerando o seu efeito na produtividade, as classes de resposta foram agrupadas (TABELA 1) em: limitantes por falta (LF); limitantes por excesso (LE); ou não limitantes (NL) (SILVA et al. 2005).

As frequências observadas (FO) em que os nutrientes foram limitantes para todas as classes de PRA, foram obtidas pela contagem do número de observações de suas ocorrências em relação aos valores dos índices de todos os nutrientes obtidos pela norma DRIS. As frequências esperadas (FE) de cada nutriente foram obtidas realizando a razão entre o número total de talhões pelo número de nutrientes

avaliados. As frequências (FO e FE) foram submetidas à análise pelo teste do qui-quadrado (χ^2) a 5% de probabilidade.

O teste χ^2 é utilizado em análise de dados provenientes de experimentos para comprovar se a frequência observada difere significativamente da frequência esperada. Portanto, ao utilizar o teste, não se deve ter mais de 20% das frequências esperadas abaixo de cinco (5), e nenhuma igual a zero. Para evitar tal inconsistência na metodologia, é necessário a combinação entre as categorias até que as exigências para o procedimento sejam atendidas (GUIMARÃES, 2008).

TABELA 1-CRITÉRIOS PARA A INTERPRETAÇÃO DOS ÍNDICES DE EQUILÍBRIO NUTRICIONAL MÉDIO (IENM) DO MÉTODO DIAGNÓSTICO DRIS PARA CADA NUTRIENTE (INUT), COM BASE NO MÉTODO DO POTENCIAL DE RESPOSTA À ADUBAÇÃO (PRA).

Estado nutricional	Classes de PRA	Critério
Limitante por falta (LF)	Positiva (1)	INut < 0 e INut > IENm, Onde INut é o índice de menor valor (3)
	Positiva ou nula(pz) (2)	INut < 0 e INut > IENm
Não limitante (NL)	Nula	INut ≤ IENm
	Negativa ou nula (nz) (2)	INut > 0 e INut > IENm
Limitante por excesso (LE)	Negativa (n) (1)	INut > 0 e INut > IENm, Onde INut é o índice de maior valor (3)

adaptado de Wadt (1996); (1) alta probabilidade; (2) baixa probabilidade; (3) da amostra (talhão) avaliada.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Previamente à elaboração das normas DRIS e CND, realizou-se a distribuição gaussiana dos dados e observou-se para a variável produtividade a normalidade pelo teste de Shapiro-Wilk de $W=0,94619$ com $p=0,02014$.

Analisando 52 talhões comerciais de morangueiros (cultivar Albion) em sistema semi-hidropônico aberto no município de Mandirituba, o banco de dados composto pela produtividade e teores foliares de nutrientes determinados como indicado por Tedesco et al. (2004) apresentou variações de produtividade entre 37,24 a 196,85 gramas planta⁻¹ mês⁻¹ com média de 102,98 e desvio padrão de e 46,68 gramas planta⁻¹ mês⁻¹, respectivamente.

A composição da produtividade ocorreu entre os meses de outubro, novembro e dezembro de cada ano avaliado, sendo que a produtividade correspondeu em média a 15,2; 30,7 e 54,1 % à cada mês, respectivamente.

3.1 TRATAMENTO DOS DADOS PELA NORMA CND

Na exploração inicial dos dados aplicou-se a matriz de correlação de Pearson (TABELA 2) a fim de verificar a existência de correlações significativas, ou seja, a relação linear entre duas variáveis, além do coeficiente de determinação entre os teores de nutrientes e a produtividade.

Tabela 2 - MATRIZ DE COEFICIENTE DE CORRELAÇÃO (PEARSON) ENTRE OS TEORES FOLIARES DE NUTRIENTES E A PRODUTIVIDADE EM MORANGUEIROS 'ALBION' (N=52).

	N	P	K	Ca	Mg	S	B	Cu	Fe	Mn	Zn	Mo	Ni
Prod.	-0,44**	-0,33*	-0,69**	-0,36**	0,04	-0,41**	-0,26	-0,59**	-0,44**	0,31*	-0,59**	-0,18	0,07
N		0,67**	0,55**	0,53**	-0,08	0,45**	0,11	0,17	0,23	-0,66**	0,05	0,41**	-0,21
P			0,69**	0,81**	0,32*	0,64**	0,23	0,27	0,49**	-0,34*	0,11	0,24	-0,17
K				0,71**	0,41**	0,75**	0,25	0,45**	0,59**	-0,23	0,38**	0,02	-0,04
Ca					0,45**	0,68**	0,52**	0,46**	0,49**	-0,40**	0,29*	0,23	-0,19
Mg						0,69**	0,01	-0,11	0,38**	0,22	0,17	-0,27*	0,32*
S							0,25	0,23	0,54**	-0,36**	0,35*	0,03	0,10
B								0,76**	0,25	-0,36**	0,16	0,06	-0,15
Cu									0,45**	-0,29*	0,36**	0,06	-0,32*
Fe										-0,07	0,27	-0,09	-0,05
Mn											-0,19	-0,42**	0,32*
Zn												0,31*	0,00
Mo													-0,28*

,** ,* , não significativo, significativo a $p < 0,01$ e $0,05$ pelo teste de significância, respectivamente.

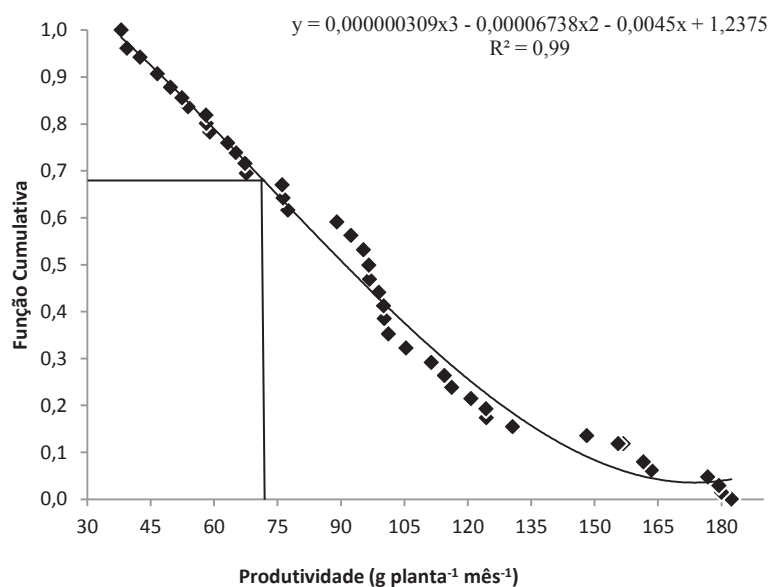
Dancey e Reidy (2006) apresentam uma classificação para a interpretação do coeficiente de correlação linear de Pearson (r), sendo: fraco (0,10 - 0,30); moderado (0,40 - 0,60); forte (0,70 - 1,0). Desta forma podemos observar que não houve correlação forte entre um único nutriente isolado e a produtividade. Já entre as 51 correlações significativas encontradas entre os nutrientes, P-Ca (0,81), K-S (0,75) e B-Cu (0,76) Ca-K (0,71), apresentaram valor positivo com forte correlação

linear, isso significa que à medida que o teor do nutriente se altera, o outro se altera na mesma proporção. Também houve 26 relações consideradas moderadas.

Para a exclusão de resultados atípicos (*outliers*) no conjunto de observações que ocasionam distorção da média, foi utilizada a distância de Mahalanobis, como indicam Parent et al. (2009), e desta forma, foram excluídos 6 dados do banco inicial.

Para realizar a divisão da população amostrada (Figura 1) e obter as subpopulações de alta e baixa produtividade foi utilizada a metodologia de Khiari et al. (2001a). Assim, a diagnose da composição nutricional dos 46 talhões comerciais de morangueiro 'Albion' apresentou a função cumulativa com ponto médio de inflexão em 72,71 gramas planta⁻¹ mês⁻¹, este valor foi adotado a fim de dividir as subpopulação de alta (> 72,71 gramas planta⁻¹ mês⁻¹) e baixa (< 72,71 gramas planta⁻¹ mês⁻¹) produtividade. Desta forma 33% (15 talhões) ficaram classificados como população de baixa produtividade e 67% (31 talhões) correspondeu a subpopulação de alta produtividade (população de referência).

Figura 1 - PONTO DE INFLEXÃO OBTIDO NA RELAÇÃO ENTRE PRODUTIVIDADE E FUNÇÃO CUMULATIVA DO BANCO DE DADOS DE MORANGUEIROS 'ALBION'



Para a população de alta produtividade (TABELA 3) foram encontradas oito correlações lineares positivas fortes entre os nutrientes, são eles: N-P (0,77), N-K (0,71), N-Ca (0,76), N-S (0,73), P-K (0,77), P-Ca (0,81), P-S (0,70) e K-S (0,76).

Também foram encontradas 18 relações moderadas. Enquanto na população de baixa produtividade (Tabela 4) foram encontradas 15 relações lineares fortes entre os seguintes nutrientes: P-Ca (0,80), P-B (0,82), P-Cu (0,88), K-Ca (0,74), K-Mg(0,77), K-S (0,77), Ca-Mg (0,71), Ca-S (0,80), Ca-B (0,95), Ca-Cu (0,86), Ca-Fe (0,80), Mg-S (0,92), Mg-Fe (0,80), S-Fe (0,78) e B-Cu (0,91).

Tabela 3 – MATRIZ DE COEFICIENTE DE CORRELAÇÃO (PEARSON) ENTRE OS TEORES FOLIARES DE NUTRIENTES PARA A POPULAÇÃO DE ALTA PRODUTIVIDADE, EM MORANGUEIROS 'ALBION' (N=31)

	N	P	K	Ca	Mg	S	B	Cu	Fe	Mn	Zn	Mo	Ni
Produtividade	-0,55**	-0,23	-0,56**	-0,16	0,24	-0,46**	0,14	-0,26	-0,34	0,33	-0,56**	-0,34	0,09
N		0,77**	0,71**	0,76**	-0,07	0,73**	-0,04	-0,03	0,24	-0,69**	0,32	0,53**	-0,14
P			0,77**	0,81**	0,34	0,70**	-0,43*	-0,44*	0,37*	-0,27	0,11	0,36*	-0,04
K				0,67**	0,17	0,76**	-0,39*	-0,01	0,54**	-0,25	0,33	0,25	-0,19
Ca					0,33	0,61**	-0,06	-0,16	0,21	-0,41*	0,31	0,41*	-0,06
Mg						0,37*	-0,46**	-0,50**	0,53**	0,39*	0,06	-0,22	0,17
S							-0,31	-0,08	0,68**	-0,44*	0,35	0,33	-0,21
B								0,59**	-0,44*	-0,40*	0,03	0,06	-0,13
Cu									-0,17	-0,36*	0,29	-0,06	-0,43*
Fe										0,01	0,18	-0,00	-0,04
Mn											-0,25	-0,48**	0,25
Zn												0,54**	0,04
Mo													-0,00

, ** , * ; não significativo, significativo a $p < 0,01$ e $0,05$ pelo teste de significância, respectivamente

Tabela 4 – MATRIZ DE COEFICIENTE DE CORRELAÇÃO (PEARSON) ENTRE OS TEORES FOLIARES DE NUTRIENTES PARA A POPULAÇÃO DE BAIXA PRODUTIVIDADE, EM MORANGUEIROS 'ALBION' (N=15)

	N	P	K	Ca	Mg	S	B	Cu	Fe	Mn	Zn	Mo	Ni
Produtividade	-0,53*	-0,52*	-0,64**	-0,37	-0,15	-0,18	-0,40	-0,61*	-0,19	-0,11	0,19	-0,27	0,50
N		0,44	0,42	0,12	-0,04	0,16	0,24	0,37	-0,04	-0,32	-0,36	0,26	-0,14
P			0,59*	0,80**	0,43	0,65**	0,82**	0,88**	0,60*	-0,54*	-0,03	0,26	-0,29
K				0,74**	0,77**	0,77**	0,65**	0,63*	0,66**	-0,13	0,03	0,02	-0,09
Ca					0,71**	0,80**	0,95**	0,86**	0,80**	-0,40	0,07	0,09	-0,24
Mg						0,92**	0,51	0,42	0,80**	-0,20	0,33	-0,09	0,26
S							0,67**	0,57*	0,78**	-0,50	0,26	-0,07	0,22
B								0,91**	0,66**	-0,46	-0,06	0,19	-0,33
Cu									0,61*	-0,38	-0,07	0,29	-0,55*
Fe										-0,21	0,34	-0,15	-0,14
Mn											-0,08	0,03	-0,18
Zn												0,11	0,09
Mo													-0,22

, ** , * ; não significativo, significativo a $p < 0,01$ e $0,05$ pelo teste de significância, respectivamente

Na tabela 5 são apresentados os valores das médias e desvio padrão dos constituintes da matéria seca(G) e dos logaritmos naturais das relações multivariadas das amostras foliares, para a população de alta produtividade utilizada no estabelecimento da norma. Todas as variáveis apresentaram distribuição normal a 5% de probabilidade.

Tabela 5 - MÉDIA E DESVIO-PADRÃO DAS VARIÁVEIS MULTINUTRIENTES E MÉDIA GEOMÉTRICA DOS CONSTITUINTES DA MASSA SECA (G), EM AMOSTRAS FOLIARES DE MORANGUEIROS 'ALBION' NA POPULAÇÃO DE ALTA PRODUTIVIDADE (POPULAÇÃO DE REFERÊNCIA)

Variável	Média	Desvio padrão	Teste de Shapiro-Wilk	
G	353,90	44,42	W=0,96	p=0,17
VN	4,26	0,14	W=0,98	p=0,66
VP	2,68	0,28	W=0,97	p=0,33
VK	3,28	0,12	W=0,97	p=0,54
VCa	3,46	0,17	W=0,91	p=0,02
VMg	2,14	0,17	W=0,95	p=0,10
VS	1,15	0,13	W=0,98	p=0,91
VB	-1,90	0,65	W=0,95	p=0,05
VCu	-5,47	0,57	W=0,93	p=0,01
VFe	-1,66	0,37	W=0,98	p=0,80
VMn	-0,80	0,60	W=0,96	p=0,12
VZn	-2,89	0,47	W=0,96	p=0,15
VMo	-5,28	0,56	W=0,97	p=0,33
VNi	-6,87	0,36	W=0,95	p=0,07

p> 0,05 (aceitar Ho), ou seja, os dados possuem Normalidade.

Em relação aos teores máximo, mínimo, médio e desvios-padrão dos nutrientes avaliados nas populações de alta e baixa produtividade (TABELA 6), os nutrientes N, P, Ca, S, B, Fe e Mn, não apresentaram diferenças quanto a classificação nas faixas de teores considerados adequados por Tedesco et al. (2004) e Raij. (1997). Porém os nutrientes K, Mg e Cu encontraram-se abaixo dos limites recomendados nas duas subpopulações, assim como molibdênio encontrou-se em excesso para as ambas, o Zn apresentou-se normal para a população de alta e em excesso na população de baixa produtividade.

A distância de Mahalanobis (D^2) é usada na análise dos dados para cálculo do índice CND a fim de excluir os dados em desequilíbrio, sendo esta uma das vantagens da análise multivariada em relação aos métodos bivariados, como o DRIS (ROZANE et al., 2013). A relação entre o índice CND e a distância de Mahalanobis (D^2) da população de referência evidencia que, quanto maior a distância, maior é o desequilíbrio nutricional encontrado (ROZANE et al., 2017). Para a cultura do

morangueiro foi obtido o valor de $CND-r^2 = 0,31$ (FIGURA 2). Valores de $CND-r^2$ para outras culturas de ciclo anual e que possuem pequena reserva de nutrientes e/ou matéria seca para safras seguintes, como para a cultura da batata (KHIARI et al., 2001c) e da cenoura (PARENT et al., 1994), apresentaram valores semelhantes de 0,34 e 0,32, respectivamente. Resultados superiores a esta relação são observados quando emprega-se este método à culturas perenes, que possuem maior estabilidade nutricional à exemplo das culturas: videira com $CND-r^2 = 0,42$ (ROZANE et al., 2016a); pera com $CND-r^2$ de 0,73 (ROZANE et al., 2017); atemoia com $CND-r^2$ de 0,35 (SANTOS, 2016).

Figura 2 ÍNDICE DE DESEQUILÍBRIO NUTRICIONAL ($CND-R^2$) E A DISTÂNCIA DE MAHALANOBIS (D^2) NA POPULAÇÃO DE ALTA PRODUTIVIDADE (N=31)

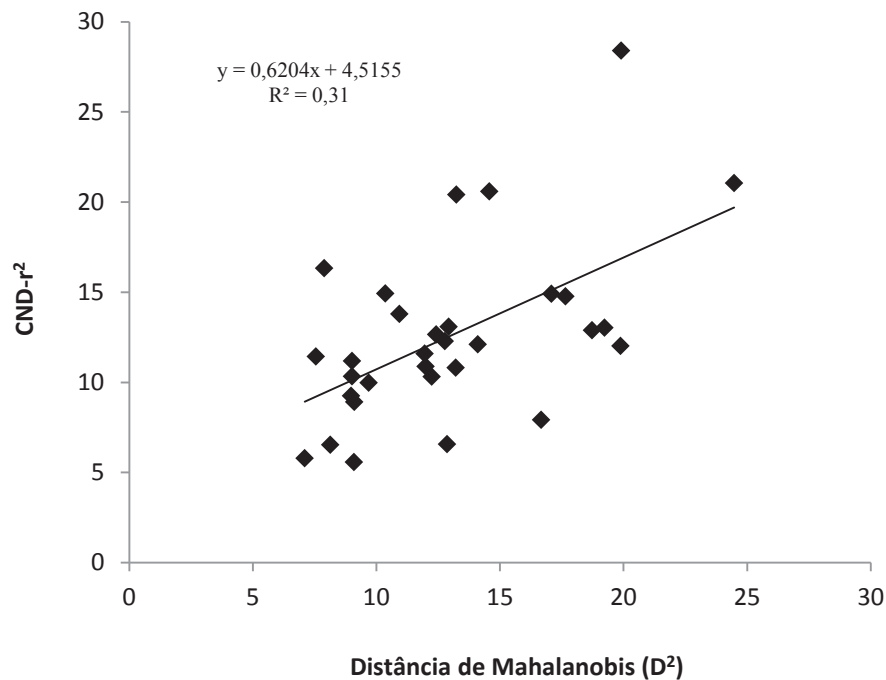


Tabela 6 VALORES MÍNIMOS, MÁXIMOS, MÉDIOS, DESVIO PADRÃO (S) PARA TEORES DE NUTRIENTES E O VALOR NÃO DETERMINADO EM FOLHAS DE MORANGUEIROS E A PRODUTIVIDADE NAS POPULAÇÕES DE ALTA E BAIXA PRODUTIVIDADE

Fatores	Alta produtividade (n=31)				Baixa produtividade (n=15)			
	Mínimo	Máximo	Média	s	Mínimo	Máximo	Média	s
N ($g\ kg^{-1}$)	16,19	34,44	25,30	4,71	20,64	31,43	26,55	3,03
P ($g\ kg^{-1}$)	2,89	8,79	5,38	1,77	3,16	9,61	6,55	2,23
K ($g\ kg^{-1}$)	7,45	12,42	9,45	1,41	8,92	14,74	11,83	1,57
Ca ($g\ kg^{-1}$)	7,91	16,48	11,45	2,68	9,94	22,62	14,06	4,28
Mg ($g\ kg^{-1}$)	2,40	4,17	3,01	0,36	2,60	4,13	3,08	0,54
S ($g\ kg^{-1}$)	0,83	1,66	1,13	0,18	0,89	1,80	1,27	0,29
B ($mg\ kg^{-1}$)	17,37	168,65	65,51	45,24	38,43	247,77	108,34	71,50
Fe ($mg\ kg^{-1}$)	32,42	196,91	72,44	31,96	63,32	180,15	107,74	38,98

Mn (mg kg ⁻¹)	39,18	541,19	183,50	106,98	101,00	302,27	167,99	54,55
Zn (mg kg ⁻¹)	5,94	89,41	23,10	16,27	15,35	136,28	61,01	36,27
Mo (mg kg ⁻¹)	0,41	5,28	2,11	1,14	1,05	4,25	1,90	0,89
Ni (mg kg ⁻¹)	0,17	0,59	0,39	0,12	0,13	0,72	0,41	0,16
Cu(mg kg ⁻¹)	0,46	3,70	1,71	0,90	1,95	6,15	3,59	1,41
Prod	76	196	127	37	37	67	53	10,6

Prod =Produtividade em gramas planta⁻¹ mês⁻¹

3.2 TRATAMENTO DADO PELA NORMA DRIS

Na Tabela 7 são apresentados os valores dos logarítimos das relações bivariadas e os respectivos desvios-padrão utilizados no estabelecimento da norma DRIS. A divisão da população de referência para fins de diagnóstico da norma DRIS, foi realizada assim como das normas CND (KHIARI et al., 2001) com valor de produção de 72,71 gramas planta⁻¹ mês⁻¹ considerado o ponto de corte para divisão das subpopulações. Todas as relações apresentaram distribuição normal pelo teste de Shapiro-Wilk a 5% de probabilidade.

Tabela 7 - MÉDIA (\bar{x}) E DESVIO-PADRÃO (σ) DOS LOGARITMOS DAS RAZÕES DOS TEORES DE NUTRIENTES DAS MATÉRIAS SECAS DAS AMOSTRAS FOLIARES, OBTIDAS DA SUBPOPULAÇÃO DE ALTA PRODUTIVIDADE DE MORANGUEIROS 'ALBION', PARA O ESTABELECIMENTO DA NORMA DRIS.

N/	P	K	Ca	Mg	S	B	Cu	Fe	Mn	Zn	Mo	Ni
\bar{x}	0,68	0,41	0,34	0,91	1,34	-0,31	1,25	-0,41	-0,83	0,05	1,14	1,84
σ	0,09	0,07	0,07	0,10	0,06	0,29	0,31	0,18	0,30	0,29	0,25	0,23
P/	N	K	Ca	Mg	S	B	Cu	Fe	Mn	Zn	Mo	Ni
\bar{x}	-0,68	-0,26	-0,34	0,23	0,66	-0,99	0,58	-1,09	-1,51	-0,63	0,46	1,16
σ	0,09	0,10	0,09	0,13	0,10	0,36	0,38	0,19	0,30	0,31	0,27	0,25
K/	N	P	Ca	Mg	S	B	Cu	Fe	Mn	Zn	Mo	Ni
\bar{x}	-0,41	0,26	-0,08	0,50	0,92	-0,73	0,84	-0,82	-1,24	-0,36	0,73	1,42
σ	0,06	0,10	0,07	0,07	0,05	0,31	0,32	0,18	0,25	0,29	0,28	0,21
Ca/	N	P	K	Mg	S	B	Cu	Fe	Mn	Zn	Mo	Ni
\bar{x}	-0,34	0,34	0,08	0,57	1,00	-0,65	0,92	-0,75	-1,17	-0,29	0,80	1,50
σ	0,07	0,09	0,07	0,09	0,08	0,30	0,33	0,20	0,29	0,27	0,25	0,24
Mg/	N	P	K	Ca	S	B	Cu	Fe	Mn	Zn	Mo	Ni
\bar{x}	-0,91	-0,23	-0,50	-0,57	0,43	-1,22	0,34	-1,32	-1,74	-0,86	0,23	0,93
σ	0,10	0,12	0,07	0,09	0,07	0,31	0,34	0,19	0,22	0,31	0,32	0,18
S/	N	P	K	Ca	Mg	B	Cu	Fe	Mn	Zn	Mo	Ni
\bar{x}	-1,34	-0,66	-0,92	-1,00	-0,43	-1,65	-0,08	-1,75	-2,17	-1,29	-0,20	0,50
σ	0,06	0,10	0,05	0,08	0,07	0,30	0,34	0,19	0,27	0,28	0,28	0,21
B/	N	P	K	Ca	Mg	S	Cu	Fe	Mn	Zn	Mo	Ni
\bar{x}	0,31	0,99	0,73	0,65	1,22	1,65	1,57	-0,10	-0,52	0,37	1,45	2,15
σ	0,29	0,36	0,31	0,30	0,31	0,30	0,30	0,39	0,43	0,38	0,38	0,34
Cu/	N	P	K	Ca	Mg	S	B	Fe	Mn	Zn	Mo	Ni
\bar{x}	-1,25	-0,58	-0,84	-0,92	-0,34	0,08	-1,57	-1,66	-2,08	-1,20	-0,11	0,58
σ	0,32	0,38	0,32	0,33	0,34	0,34	0,30	0,33	0,43	0,41	0,38	0,41
Fe/	N	P	K	Ca	Mg	S	B	Cu	Mn	Zn	Mo	Ni
\bar{x}	0,41	1,09	0,82	0,75	1,32	1,75	0,10	1,66	-0,42	0,46	1,55	2,25
σ	0,18	0,19	0,18	0,21	0,20	0,19	0,40	0,33	0,30	0,38	0,33	0,28
Mn/	N	P	K	Ca	Mg	S	B	Cu	Fe	Zn	Mo	Ni
\bar{x}	0,83	1,51	1,24	1,17	1,74	2,17	0,52	2,08	0,42	0,88	1,97	2,67
σ	0,30	0,29	0,25	0,29	0,22	0,27	0,43	0,43	0,30	0,44	0,47	0,25
Zn/	N	P	K	Ca	Mg	S	B	Cu	Fe	Mn	Mo	Ni
\bar{x}	-0,05	0,63	0,36	0,29	0,86	1,29	-0,37	1,20	-0,46	-0,88	1,09	1,78
σ	0,29	0,31	0,29	0,27	0,31	0,28	0,38	0,41	0,38	0,44	0,30	0,39
Mo/	N	P	K	Ca	Mg	S	B	Cu	Fe	Mn	Zn	Ni
\bar{x}	-1,14	-0,46	-0,73	-0,80	-0,23	0,20	-1,45	0,11	-1,55	-1,97	-1,09	0,70
σ	0,25	0,27	0,28	0,25	0,32	0,28	0,38	0,39	0,33	0,47	0,30	0,40
Ni/	N	P	K	Ca	Mg	S	B	Cu	Fe	Mn	Zn	Mo
\bar{x}	-1,84	-1,16	-1,42	-1,50	-0,93	-0,50	-2,15	-0,58	-2,25	-2,67	-1,78	-0,70
Σ	0,23	0,25	0,21	0,24	0,18	0,21	0,33	0,41	0,28	0,25	0,39	0,40

3.3 INTERPRETAÇÃO DOS ÍNDICES DRIS PELO POTENCIAL DE RESPOSTA À ADUBAÇÃO

Na tabela 8, são apresentadas as frequências em que os nutrientes aparecem em cada classe de limitação. Para o estabelecimento do Potencial de Resposta à Adubação (PRA) (WADT, 1996) os agrupamentos das classes podem resultar em uma única classe de estado nutricional (URANO et al., 2006). Segundo Guimarães (2008) a quantidade de observações não pode apresentar mais de 20% das frequências esperadas abaixo de 5 e nenhuma igual a zero. Motivo pelo qual as classes de resposta à adubação das populações de alta e baixa produtividade foram agrupadas (TABELA 9) em limitantes por falta ($LF = p+pz$), limitantes por excesso ($LE = n + nz$) e não limitantes (NL).

Tabela 8 - PORCENTAGENS DE OBSERVAÇÕES DOS NUTRIENTES NAS CLASSES DO POTENCIAL DE RESPOSTA A ADUBAÇÃO (PRA) PARA AS SUBPOPULAÇÕES DE ALTA E BAIXA PRODUTIVIDADE PELO MÉTODO DRIS EM AMOSTRAS FOLIARES DE MORANGUEIROS 'ALBION'.

PRA	N	P	K	Ca	Mg	S	B	Cu	Fe	Mn	Zn	Mo	Ni
População de alta produtividade (31 talhões) ----%-----													
<i>N</i>	0,00	18,92	0,00	2,70	2,70	0,00	18,92	8,11	13,51	13,51	16,22	2,70	2,70
<i>Nz</i>	16,22	2,70	2,70	16,22	18,92	10,81	10,81	21,62	5,41	29,73	8,11	29,73	24,32
<i>Z</i>	75,68	56,76	91,89	64,86	64,86	86,49	45,95	43,24	59,46	13,51	45,95	40,54	48,65
<i>pz</i>	8,11	5,41	2,70	10,81	10,81	0,00	13,51	10,81	16,22	40,54	16,22	16,22	13,51
<i>P</i>	0,00	16,22	2,70	5,41	2,70	2,70	10,81	16,22	5,41	2,70	13,51	10,81	10,81
População de baixa produtividade (15 talhões) ----%-----													
<i>n</i>	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	20,00	46,67	0,00	6,67	6,67	0,00	6,67
<i>nz</i>	6,67	6,67	20,00	0,00	0,00	0,00	40,00	33,33	46,67	20,00	20,00	6,67	6,67
<i>z</i>	46,67	66,67	80,00	93,33	53,33	66,67	33,33	20,00	46,67	6,67	6,67	40,00	60,00
<i>pz</i>	26,67	6,67	0,00	6,67	33,33	33,33	0,00	0,00	6,67	46,67	46,67	46,67	13,33
<i>p</i>	20,00	20,00	0,00	0,00	13,33	0,00	6,67	0,00	0,00	20,00	20,00	6,67	13,33

p: positiva, com alta probabilidade; *pz*: positiva, com baixa probabilidade; *z*: nula; *nz*: negativa, com baixa probabilidade; *n*: negativa, com alta probabilidade.

Após o agrupamento foi observado que o valor do χ^2 calculado foi maior que o χ^2 tabelado, rejeitando a hipótese inicial (H_0), ou seja, o método do PRA mostrou-se ineficiente para a interpretação dos dados, visto que as frequências observadas diferem estatisticamente das frequências esperadas (TABELA 10).

Tabela 9 - AGRUPAMENTO DAS CLASSES DO POTENCIAL DE RESPOSTA À ADUBAÇÃO (PRA) PARA A SUBPOPULAÇÃO DE BAIXA PRODUTIVIDADE, COM BASE NAS AMOSTRAS FOLIARES DE MORANGUEIROS 'ALBION'

	N	P	K	Ca	Mg	S	B	Cu	Fe	Mn	Zn	Mo	Ni
População de alta produtividade (%)													
LF	8,11	21,62	5,41	16,22	13,51	2,70	24,32	27,03	21,62	43,24	29,73	27,03	24,32
NL	75,68	56,76	91,89	64,86	64,86	86,49	45,95	43,24	59,46	13,51	45,95	40,54	48,65
LE	16,22	21,62	2,70	18,92	21,62	10,81	29,73	29,73	18,92	43,24	24,32	32,43	27,03
População de baixa produtividade (%)													
LF	46,67	26,67	0,00	6,67	46,67	33,33	6,67	0,00	6,67	66,67	66,67	53,33	26,67
NL	46,67	66,67	80,00	93,33	53,33	66,67	33,33	20,00	46,67	6,67	6,67	40,00	60,00
LE	6,67	6,67	20,00	0,00	0,00	0,00	60,00	80,00	46,67	26,67	26,67	6,67	13,33

LF=limitante por falta; LE= limitante por excesso; NL = não limitante.

Tabela 10 - FREQUÊNCIAS DOS NUTRIENTES COMO LIMITANTES PELA FALTA (LF = P + PZ), PELO EXCESSO (LE = N + NZ) E NÃO LIMITANTE (NL = Z), PELO POTENCIAL DE RESPOSTA À ADUBAÇÃO E CÁLCULO DO QUI-QUADRADO (χ^2), PARA AS SUBPOPULAÇÕES DE ALTA E BAIXA PRODUTIVIDADE

Nutriente	Alta Produtividade				Baixa Produtividade			
	LE	NL	LF	χ^2 (2 GL)	LE	NL	LF	χ^2 (2 GL)
N	2,55	44,36	6,18	53,1*	2,83	3,62	1,23	7,7*
P	1,01	18,19	1,01	20,2*	2,83	12,35	0,08	15,3*
K	9,47	75,93	7,74	93,1*	0,57	21,06	4,62	26,2*
Ca	1,69	28,00	2,55	32,2*	4,62	32,08	2,83	39,5*
Mg	1,01	28,00	3,58	32,6*	4,62	5,95	1,23	11,8*
S	4,79	64,47	9,47	78,7*	4,62	12,35	0,03	17,0*
B	0,01	8,39	0,50	8,9*	4,17	0,68	2,83	7,7*
Cu	0,01	6,52	0,17	6,7*	11,82	0,06	4,62	16,5*
Fe	1,69	21,22	1,01	23,9*	1,23	3,62	2,83	7,7*
Mn	1,87	1,47	1,87	5,2 ^{ns}	0,08	1,75	6,28	8,1*
Zn	0,50	8,39	0,01	8,9*	0,08	1,75	6,28	8,1*
Mo	0,03	4,89	0,17	5,1 ^{ns}	2,83	1,86	2,48	7,2*
Ni	0,17	10,48	0,50	11,2*	1,48	8,86	0,08	10,4*
$\chi^2(12GL)$	24,80*	320,29*	34,74*	-	41,77*	106*	35,43*	-
$\chi^2(24GL)$	-	-	-	379,83*	-	-	-	183,20*

; * e ns= significativo e não significativo a 5% de probabilidade, respectivamente. p: positiva, com alta probabilidade; pz: positiva, com baixa probabilidade; z: nula; nz: negativa, com baixa probabilidade; n: negativa, com alta probabilidade; FE = frequência esperada; FO = frequência observada; GL = graus de liberdade. O cálculo do χ^2 é feito pela seguinte fórmula $(FE-FO)^2 / FE$.

Com o agrupamento foi possível também identificar a ordem de limitação dos nutrientes para as subpopulações através do ordenamento decrescente das frequências, assim a ordem ficou: Alta produtividade LF (limitante por falta): Mn > Zn > Cu = Mo > B = Ni > P = Fe > Ca > Mg > N > K > S e LE (limitante por excesso): Mn > Mo > B = Cu > Ni > Zn > P = Mg > Ca = Fe > N > S > K e Baixa produtividade LF

(limitante por falta): $Mn = Zn > Mo > N = Mg > S > P = Ni > Ca = B = Fe > K = Cu$ e LE (limitante por excesso): $Cu > B > Fe > Mn = Zn > K > Ni > N = P = Mo > Ca = Mg = S$.

Na população de alta produtividade os elementos com maior ocorrência na classe NL foram $K > S > N > Ca = Mg$. Assim, de maneira geral os macronutrientes apresentaram um maior equilíbrio na população de referência enquanto os micronutrientes são os mais limitantes, tanto por excesso quanto por deficiência.

Os nutrientes que mais limitaram a produção de morango, pelo método DRIS, foram o manganês e o zinco, tanto por deficiência como por excesso. Isto pode ser explicado pelo fato de alguns produtores, além das formulações de fertirrigação, também aplicarem micronutrientes via foliar, o que pode interferir no diagnóstico nutricional da cultura.

Como o manganês é ativador de diversas enzimas que catalisam reações bioquímicas nos morangueiros o desbalanço deste micronutriente pode limitar o crescimento das plantas e também pode deixá-las mais suscetíveis a doenças foliares como ao fungo causador do oídio (PASSOS e TRANI, 2013).

Outro importante micronutriente, que está entre os mais limitantes, é o boro, o qual aumenta a produtividade e a firmeza das frutas, resultando em maior tempo de prateleira e proteção contra fungos de pós-colheita, porém reduz o teor de sólidos solúveis dos frutos. (LEMISKA et al. 2014). Este nutriente está fortemente relacionado à absorção de cálcio, cujo sintoma de deficiência mais comum em plantas de morango de crescimento rápido, é a queima de ponta da folha e pode ser evitada com um suplemento de cálcio semanal (HOASHI-ERHARDT e WALTERS, 2014).

Resultados obtidos por Akhatou e Recamales (2014) mostraram que morangos da cultivar Candonga cultivada no sistema sem solo tiveram maiores teores de N, K e Na e menores quantidades de Ca do que as cultivadas em solo. Os mesmos autores também observaram que morangos da cultivar Camarosa, cultivados no solo, apresentaram ligeiramente maior acidez e concentração de N, mas o conteúdo de Ca e K foram praticamente os mesmos para ambos os sistemas. Por outro lado, a concentração de Mg foi maior no sistema do solo independente da cultivar.

3.4 NÍVEIS CRÍTICOS E FAIXAS DE SUFICIÊNCIA PELOS MÉTODOS DRIS E CND

Os níveis críticos estabelecidos pelos índices correspondem aos teores adequados para cada nutriente no tecido vegetal e foram obtidos igualando os índices de cada equação à zero (TABELAS 11 e 12). Os resultados dos modelos lineares e polinomiais foram adicionados a $2/3$ do desvio padrão dos teores dos nutrientes de cada amostra o que possibilitou estabelecer as faixas de suficiência para cada nutriente e compará-las a valores já estabelecidos na literatura (TABELA 13).

Tabela 11 - MODELOS ESTATÍSTICOS DAS RELAÇÕES ENTRE OS TEORES E OS ÍNDICES DRIS DAS AMOSTRAS FOLIARES DE MORANGUEIROS 'ALBION'.

Nutriente	Equação ^I	R ²	NC ^{II}
N	IN = 0,0548N - 1,5232	0,19	27,8 g.kg ⁻¹
P	IP = 0,3013P - 1,7471	0,75	5,8 g.kg ⁻¹
K	IK = 0,0746K - 0,7224	0,12	12,4 g.kg ⁻¹
Ca	ICa = 0,1099Ca - 1,3586	0,61	12,4 g.kg ⁻¹
Mg	IMg = 0,5188Mg - 1,7662	0,20	3,4 g.kg ⁻¹
S	IS = 1,0354S - 1,3239	0,31	1,3 mg.kg ⁻¹
B	IB = 1,1728ln(B) - 4,6748	0,94	53,8 mg.kg ⁻¹
Cu	ICu = 1,0983ln(Cu) - 0,3915	0,94	1,4 mg.kg ⁻¹
Fe	IFe = 1,4864ln(Fe) - 6,2239	0,88	65,8 mg.kg ⁻¹
Mn	IMn = -1E ⁻⁰⁵ Mn ² + 0,0143Mn - 2,2258	0,93	184,5 mg.kg ⁻¹
Zn	IZn = 1,1451ln(Zn) - 3,5646	0,97	22,5 mg.kg ⁻¹
Mo	IMo = -0,1193Mo ² + 1,2366(Mo) - 2,0231	0,90	2,0 mg.kg ⁻¹
Ni	INi = 1,7567ln(Ni) + 1,6904	0,88	0,4 mg.kg ⁻¹

^IModelo estatístico da análise de regressão dos teores de nutrientes com os seus respectivos índices DRIS; ^{II} Valores de nível crítico (NC), ou ponto de equilíbrio, obtidos ao atribuir valor nulo aos índices DRIS das equações de cada nutriente.

O valor de IBNm obtido para os nutrientes em relação à produtividade apresentou equação linear com coeficiente de determinação de 6% (R²= 0,06), correlação praticamente nula (r = 0,2), não oferecendo informações necessárias para determinar se a produção está associada significativamente ao índice de balanço nutricional das populações de alta ou de baixa produtividade.

Porém, quando as relações foram analisadas especificamente para cada nutriente (TABELA 11), houve forte correlação de Pearson para os nutrientes P, Ca, B, Cu, Fe, Mn, Zn, Mo e Ni, R²> 61% e r= 0,78.

A relação do índice $CND-r^2$ de todos os talhões com a produtividade apresentou equação linear com coeficiente de determinação $R^2 = 0,19$ e $r = 0,44$ apresentando assim coeficiente de correlação moderado (DANCEY e REIDY, 2006). O CND forneceu índices para cada nutriente que apresentaram relações com os seus respectivos teores. Os modelos matemáticos, pela análise de regressão para os nutrientes P, Ca, B, Cu, Fe, Mn, Zn, Mo e Ni, (TABELA 12) obtiveram coeficientes de determinação correspondente a forte correlação $r > 0,70$. O baixo valor de correlação entre os índices geral IBN e $CND-r^2$ com a produtividade, deve-se ao fato da grande influência de outros fatores que não são ligados à nutrição da cultura.

Tabela 12 - MODELOS ESTATÍSTICOS DAS RELAÇÕES ENTRE OS TEORES E OS ÍNDICES CND DAS AMOSTRAS FOLIARES DE MORANGUEIROS 'ALBION'.

Nutriente	Equação ^I	R ²	NC ^{II}
N	$IN = 0,0101N^2 - 0,3709N + 2,2676$	0,25	29,0 g.kg ⁻¹
P	$IP = -0,0621P^2 + 1,1579P - 4,4399$	0,74	5,4 g.kg ⁻¹
K	$IK = -0,0995K^2 + 2,2474K - 12,303$	0,21	9,3 g.kg ⁻¹
Ca	$ICa = -0,0073Ca^2 + 0,4008Ca - 3,8525$	0,50	12,4 g.kg ⁻¹
Mg	$IMg = -1,396Mg^2 + 10,181Mg - 18,222$	0,22	3,2 g.kg ⁻¹
S	$IS = -1,9532S^2 + 6,877S - 5,632$	0,16	1,3 g.kg ⁻¹
B	$IB = 1,3312\ln(B) - 5,3715$	0,94	57 mg.kg ⁻¹
Cu	$ICu = 1,4544\ln(Cu) - 0,6229$	0,93	2 mg.kg ⁻¹
Fe	$IFe = 1,9841\ln(Fe) - 8,4633$	0,83	71 mg.kg ⁻¹
Mn	$IMn = -1E-05Mn^2 + 0,016Mn - 2,454$	0,92	141 mg.kg ⁻¹
Zn	$IZn = 1,7035\ln(Zn) - 5,0931$	0,97	20 mg.kg ⁻¹
Mo	$IMo = -0,1487Mo^2 + 1,531Mo - 2,4972$	0,90	2,0 mg.kg ⁻¹
Ni	$INi = -16,658Ni^2 + 21,15Ni - 5,6527$	0,82	0,4 mg.kg ⁻¹

^IModelo estatístico da análise de regressão dos teores de nutrientes com os seus respectivos índices DRIS; ^{II} Valores de nível crítico (NC), ou ponto de equilíbrio, obtidos ao atribuir valor nulo aos índices CND das equações de cada nutriente.

Para todos os nutrientes amostrados os valores considerados adequados pelas metodologias DRIS e CND foram muito próximas a encontradas pelos manuais de adubação utilizados pelos produtores de morango, porém estes dados foram estabelecidos com base em experimentos de calibração, ou seja, não levaram em consideração as interações multinutrientes dentro do tecido vegetal, além de ser conduzido em solos, o que não representa adequadamente o cultivo desta frutífera em sistema semi-hidropônico. Valores encontrados pelos métodos DRIS e CND e a comparação com valores existentes na literatura são apresentados nas tabelas 13 e 14.

Tabela 13 - FAIXA DE SUFICIÊNCIA CONSIDERADA ADEQUADA PARA MACRONUTRIENTES EM FOLHAS DE MORANGUEIRO POR DIFERENTES AUTORES E FAIXA ESTABELECIDADA PELOS MÉTODOS CND E DRIS.

Referências	N	P	K	Ca	Mg	S
Pauletti e Motta (2017)	20-32	2- 5	17 - 30	7 - 20	3 - 6	3 - 6
Tedesco et al. (2004)	15-25	2-4	20 - 40	10 - 25	6 - 10	1 - 5
CND morango	26-31	4-7	8 - 11	10-15	3 - 4	0,3 - 0,5
DRIS morango	25-30	4,5 - 7	11 - 13	10-14	3 - 4	1-1,5

Tabela 14 - FAIXA DE SUFICIÊNCIA CONSIDERADA ADEQUADA PARA MICRONUTRIENTES EM FOLHAS DE MORANGUEIRO POR DIFERENTES AUTORES E FAIXA ESTABELECIDADA PELOS MÉTODOS CND E DRIS

Referências	B	Cu	Fe	Mn	Zn	Mo	Ni
Pauletti e Motta (2017)	40 - 80	6 -20	50- 250	40- 225	20- 75	0,5-1,0	-
Tedesco et al. (2004)	35-100	5-20	50-300	30-300	20-50	0,5-1,0	-
CND morango	18-95	1-2	46-96	80-203	1-40	1,3-2,7	0,1-0,4
DRIS morango	16 - 90	1 - 2	40 - 90	117 - 250	1 - 45	1,5- 3,0	0,3-0,5

Os valores de referência para o boro corroboram com Lemiska et al. (2014), que determinaram em condições de casa de vegetação os níveis de 69 a 88 mg kg⁻¹ de boro no tecido foliar. Dentro desta faixa não foi observado sintomas de deficiência ou de toxidez nas plantas.

O valor encontrado do CND-r², calculado a partir da integração de todos os índices CND dos nutrientes avaliados mesmo sendo considerado fraco R² = 0,12 e r = - 0,34 (DANCEY e REIDY 2006) apresentou significância a 5% de probabilidade (TABELA 15). Isto significa que o balanço nutricional deste banco de dados pode explicar 12% da variação de produção, os 88% restante foram influenciados por outros fatores. Como mencionado por Rozane et al. (2017), a medida nutricional integrativa (CND-r²) expressa melhor o estado nutricional que um índice nutricional isoladamente, pelo fato dos teores nutricionais estarem limitados em um espaço composicional fechado.

Tabela 15 – TESTE DE CORRELAÇÃO (PEARSON) E DE SIGNIFICÂNCIA (p) ENTRE AS VARIÁVEIS PRODUTIVIDADE E COORDENADAS CND-*clr* DE CADA NUTRIENTE E DO CND-R² NOS TALHÕES DE MORANGO (N=46)

CND- <i>clr</i>	Equação ¹	r	R ²	p
CND-N	$y = -1,2066 + 0,0074*x$	0,27	0,07	0,067
CND-P	$y = -0,1811 + 0,0011*x$	0,05	0,00	0,730
CND-K	$y = -0,058 + 1,5991E-5*x$	0,00	0,00	0,996
CND-Ca	$y = -0,6068 + 0,0048*x$	0,23	0,05	0,000
CND-Mg	$y = -2,2554 + 0,0177*x$	0,73	0,54	0,113
CND-S	$y = -1,2261 + 0,0085*x$	0,35	0,12	0,015
CND-B	$y = 0,2288 - 0,0011*x$	-0,05	0,00	0,734
CND-Cu	$y = 1,1795 - 0,0083*x$	-0,39	0,15	0,007
CND-Fe	$y = 0,7724 - 0,0061*x$	-0,30	0,09	0,041
CND-Mn	$y = -0,7713 + 0,0063*x$	0,31	0,10	0,032
CND-Zn	$y = 2,3925 - 0,0185*x$	0,66	0,43	0,000
CND-Mo	$y = -0,1758 + 0,0002*x$	0,01	0,00	0,949
CND-Ni	$y = -1,125 + 0,009*x$	0,36	0,13	0,013
CND-r ²	$y = 21,4551 - 0,0609*x$	-0,35	0,12	0,017

¹Modelo estatístico da correlação de Pearson entre a produtividade e as coordenadas DRIS dos teores nutricionais e o CND-r².

O teste de correlação de Pearson e de significância (p) entre a variável produtividade e coordenadas DRIS com o IBN nos talhões de morango indica não significância, com um baixo valor, R² de 0,013 (1,3%) e r = -0,11 (TABELA 16). Resultado que sugere a não confiabilidade do método à indicação pelo balanço de nutrientes ao seu referido estado nutricional.

Tabela 16 – TESTE DE CORRELAÇÃO (PEARSON) E DE SIGNIFICÂNCIA(P) ENTRE A VARIÁVEL PRODUTIVIDADE E COORDENADAS DRIS DE CADA NUTRIENTE E DO IBN NOS TALHÕES DE MORANGO (N=46)

DRIS	Equação ¹	r	R ²	p
DRIS-N	$y = -0,376 + 0,0024*x$	0,20	0,04	0,151
DRIS-P	$y = -0,0625 + 0,0004*x$	0,03	0,00	0,843
DRIS-K	$y = 0,2189 - 0,0017*x$	-0,20	0,04	0,148
DRIS-Ca	$y = -0,1343 + 0,0012*x$	0,11	0,01	0,420
DRIS-Mg	$y = -1,058 + 0,0085*x$	0,71	0,50	0,000
DRIS-S	$y = -0,3209 + 0,0021*x$	0,21	0,04	0,126
DRIS-B	$y = 0,2616 - 0,0015*x$	-0,08	0,00	0,573
DRIS-Cu	$y = 0,823 - 0,0057*x$	-0,30	0,09	0,029
DRIS-Fe	$y = 0,5173 - 0,0037*x$	-0,22	0,04	0,113
DRIS-Mn	$y = -0,7534 + 0,0062*x$	0,34	0,11	0,014
DRIS-Zn	$y = 1,6228 - 0,0133*x$	-0,65	0,42	0,000
DRIS-Mo	$Y = -0,0642 - 0,0005*x$	-0,03	0,00	0,832
DRIS-Ni	$Y = -0,6743 + 0,0057*x$	0,31	0,01	0,026
IBN	$Y = 7,7019 - 0,0051*x$	-0,12	0,01	0,420

¹Modelo estatístico da correlação de Pearson entre a produtividade e as coordenadas DRIS dos teores nutricionais e o IBN

3.5 ÍNDICE DE DESEQUILÍBRIO NA POPULAÇÃO DE BAIXA PRODUTIVIDADE E NA LITERATURA

Pelo desequilíbrio médio gerado pelas normas DRIS e CND nas amostras foliares da população de baixa produtividade, observa-se que o índice CND forneceu valor do índice geral de equilíbrio ($CND-r^2 = 20,55$) maior que o valor do DRIS (IBN = 5,25), confirmando assim sua maior sensibilidade em detectar desequilíbrio nas amostras. Porém houve a mesma tendência em diagnosticar elementos em excesso e deficiência, índices positivos e negativos, com exceção do K e do Mn, que foram diagnosticados diferentemente nos dois índices, como observado nas Figuras 3 e 4.

Figura 3 ORDEM DE LIMITAÇÃO NUTRICIONAL DE NUTRIENTES NA POPULAÇÃO DE BAIXA PRODUTIVIDADE PELO ÍNDICE DRIS, EM AMOSTRAS FOLIARES DE MORANGUEIROS 'ALBION'

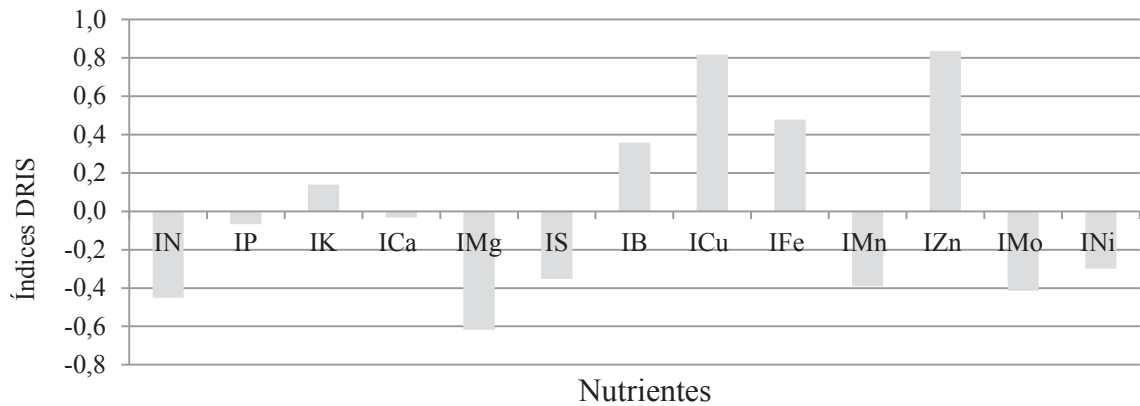
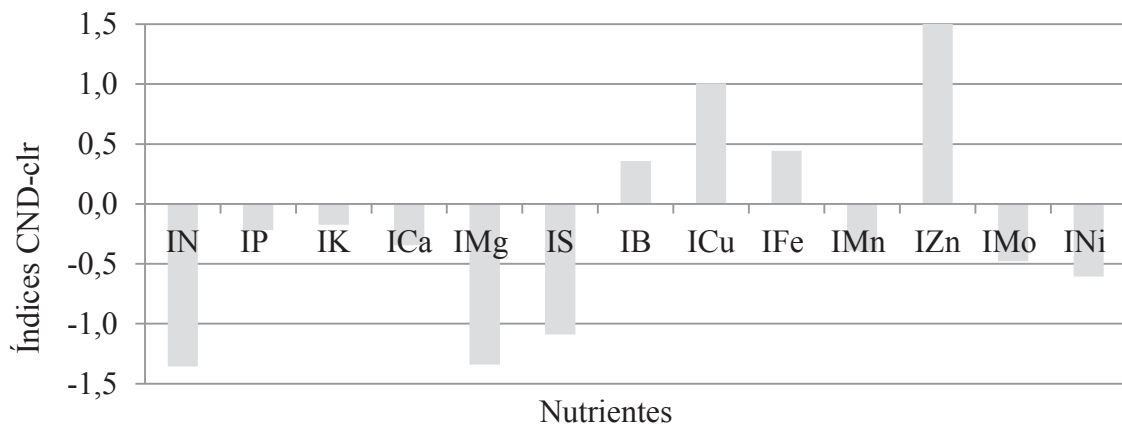


Figura 4 - ORDEM DE LIMITAÇÃO NUTRICIONAL DE NUTRIENTES NA POPULAÇÃO DE BAIXA PRODUTIVIDADE PELO ÍNDICE CND, EM AMOSTRAS FOLIARES DE MORANGUEIROS 'ALBION'



Com base nos teores médios indicados como suficientes para a cultura do morango nos manuais de adubação para os principais estados produtores (São Paulo, Rio Grande do Sul e Paraná), podemos observar o comportamento dos teores quando comparados aos índices CND estabelecidos para a cultura. Para o estado do Paraná (PAULETTI e MOTTA, 2017) obteve-se os seguintes índices: IN, IP, IK, ICa, IMg, IS, IB, ICu, IFe, IMn e IZn: -3,45; -3,16; 3,26; -2,01, -0,65; 6,89; 0,46; 2,92; 0,77; -1,16; 0,79; verifica-se que há superestimação de K, S, B, Cu, Fe e Zn e subestimação de N, P, Ca, Mg, Mn, Mo e Ni, resultando em um valor de $CND-r^2 = 97,77$.

Este valor ($r^2 = 97,77$) está abaixo do encontrado no manual de adubação para os estados de Santa Catarina e Rio grande do Sul (TEDESCO 2004) e São

Paulo (RAIJ 2007), onde os valores médios retornaram um valor de $CND-r^2$ de 119,23. Os índices encontrados para os nutrientes para estes estados foram: IN, IP, IK, ICa, IMg, IS, IB, ICu, IFe, IMn, IZn, IMo, INi: -5,26; -3,67; 6,59; -0,38; 2,78; 3,78; -0,41; 2,87; 1,21; -0,78; 0,16; -0,61; -1,28; mostrando assim superestimativa dos nutrientes: K, Mg, S, Cu, Fe e Zn e subestimando N, P, Ca, B, Mn, Mo e Ni.

Figura 5 – ÍNDICES CND-CLR REFERENTE AOS TEORES MÉDIOS RECOMENDADOS COMO SUFICIENTES PARA MORANGUEIROS NO ESTADO DO PARANÁ. (PAULETTI E MOTTA, 2017)

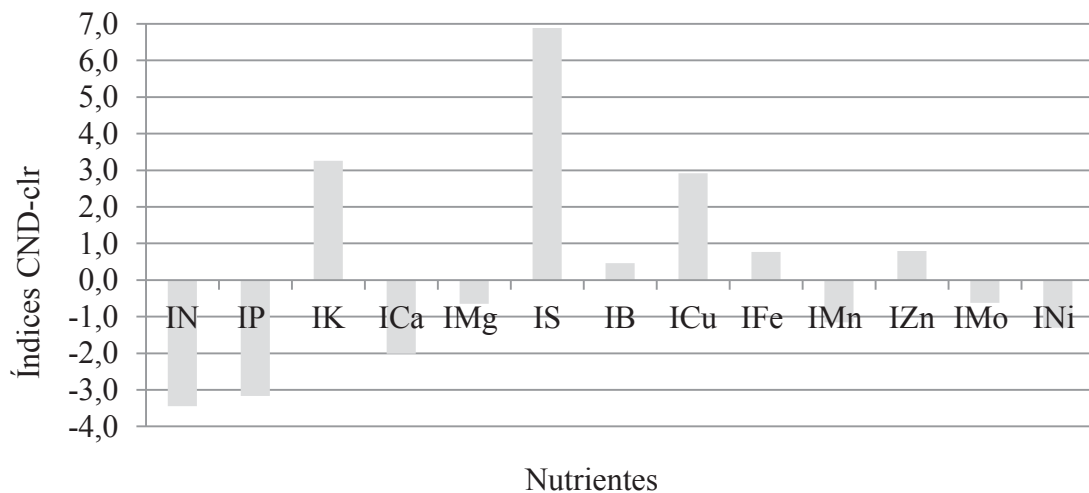
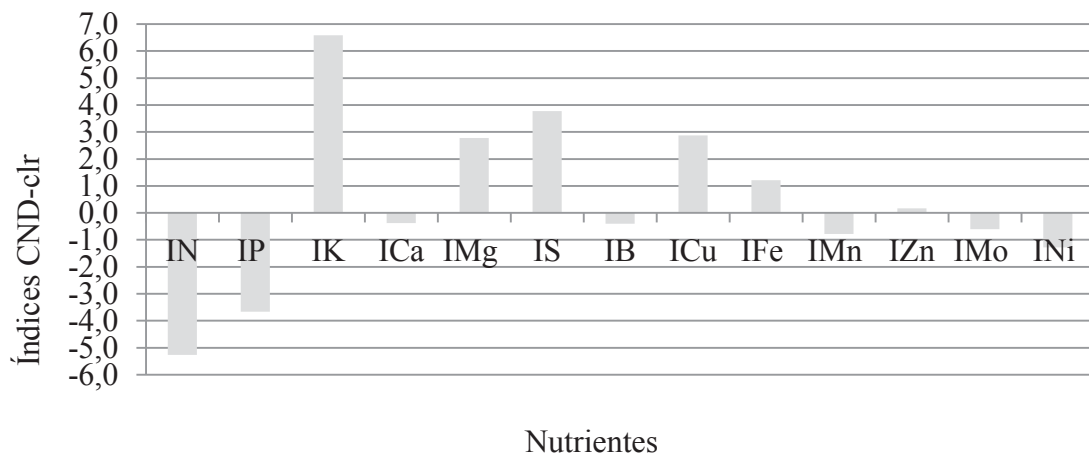


Figura 6 – ÍNDICES CND-CLR REFERENTE AOS TEORES MÉDIOS RECOMENDADOS COMO SUFICIENTES PARA MORANGUEIROS NOS ESTADOS DE SÃO PAULO, SANTA CATARINA E RIO GRANDE DO SUL. (RAIJ,1997 E TEDESCO ET AL., 2004).



3.6 VALIDAÇÃO DAS NORMAS DRIS E CND

O IBN não foi eficaz para separar as populações de alta e baixa produtividade como mostra a Figura 7 com a distribuição dos dados. O $CND-r^2$,

como índice de desequilíbrio nutricional pôde separar as amostras cujo fator nutricional foi relevante, como observado na Figura 8, desta forma fica evidenciado que a correlação entre os índices CND-clr com a produtividade pode servir como validação do modelo e de suas normas.

Figura 7 - BLOXPOT (MÉDIA, MÉDIA+- ERRO PADRÃO –EP E A MÉDIA +-1,96*EP) PARA O ÍNDICE DE DESEQUILÍBRIO NUTRICIONAL IBN, EM RELAÇÃO AOS GRUPOS DAS POPULAÇÕES DE ALTA E BAIXA PRODUTIVIDADE

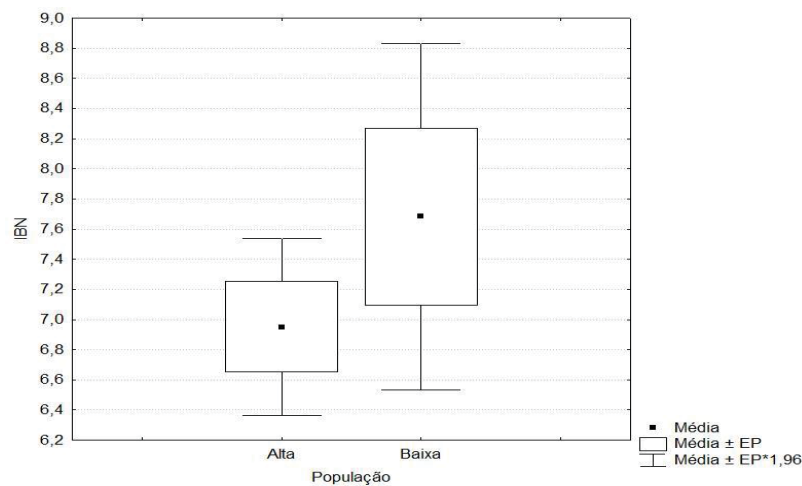
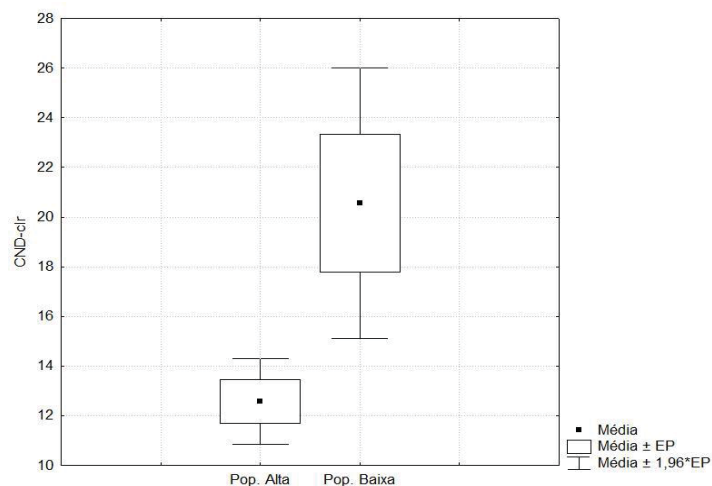


Figura 8 - BLOXPOT (MÉDIA, MÉDIA+- ERRO PADRÃO –EP E A MÉDIA +-1,96*EP) PARA O ÍNDICE DE DESEQUILÍBRIO NUTRICIONAL CND-R², EM RELAÇÃO AOS GRUPOS DAS POPULAÇÕES DE ALTA E BAIXA PRODUTIVIDADE

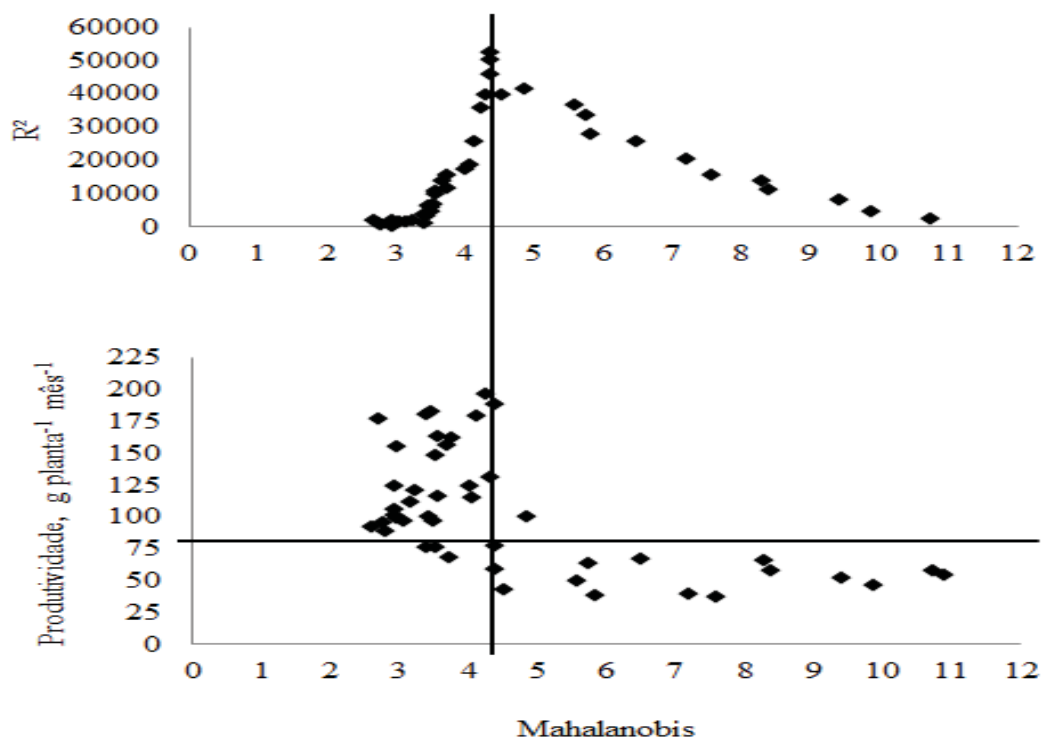


O procedimento de Cate-Nelson permite avaliar a acurácia, especificidade e sensibilidade dos métodos de diagnose (CATE e NELSON, 1971; NELSON e ANDERSON, 1997), pois faz a relação entre os índices gerais de balanço nutricional e com a produtividade da cultura do morangueiro 'Albion' em todo o conjunto amostral. O método DRIS não foi testado, pois seu valor de R² não foi significativo, e

pode-se então afirmar que o índice DRIS não é confiável para o diagnóstico da cultura.

Desta forma foi testado o índice CND com o particionamento de Cate Nelson (Figura 9) e obteve-se: 63%, 30,5%, 4,3% e 2,2% dos talhões com valores de verdadeiro negativo (VN), verdadeiro positivo (VP), falso positivo (FP) e falso negativo (FN), respectivamente o que retornou em uma acurácia de 93%, sensibilidade de 93% e especificidade de 94%.

Figura 9 - PARTICIONAMENTO DE CATE-NELSON PARA A RELAÇÃO ENTRE OS ÍNDICES CND- R^2 E A PRODUTIVIDADE PARA OS 46 TALHÕES DE MORANGUEIROS 'ALBION'.



4 CONCLUSÕES

O Potencial de Resposta a Adubação (PRA) mostrou-se ineficiente.

O estabelecimento das normas CND mostrou-se mais sensível e seguro que as normas DRIS.

As faixas de suficiência calculada pelo CND para a cultura do morangueiro no sistema de cultivo semi-hidropônico foram: em g kg^{-1} N = 26 – 31; P = 4 – 7; K = 8 – 11; Ca = 10 – 15; Mg = 3 – 4; S = 0,3 – 0,5; e em mg kg^{-1} B = 18 – 95; Cu = 1 – 2; Fe = 46 – 96 Mn = 80 – 203; Zn = 1 – 40, Mo = 1,3 - 2,7 e Ni = 0,1 – 0,4.

REFERÊNCIAS

- AITCHISON, J. Statistical analysis of compositional data. **Journal of the Royal Statistical Society**. v. 44, p. 139-177, 1986. Disponível em: <<http://www.jstor.org/stable/2345821>> Acesso em: 2 de jul. 2016.
- AKHATOU, I; RECAMALES A.F. Influence of cultivar and culture system on nutritional and organoleptic quality of strawberry. **Journal of Science Food and Agriculture**, v. 94, p. 866-875, 2014. Disponível em: <https://doi.org/10.1002/jsfa.6313> Acesso em: 15 abr. 2017.
- ALVAREZ, C.A.; STAPE, J.L.; SENTELHAS, P.C.; GONÇALVES, J.L.M.; SPAROVEK, G. Koppen's climate classification map for Brazil. **Meteorologische Zeitschrift**, v. 22, p. 711-728, 2013. Disponível em: <https://doi.org/10.1127/0941-2948/2013/0507>. Acesso em: 22 abr. 2017.
- AMORIM, D.A.; ROZANE, D.E.; SOUZA, H.A; MODESTO, V.C., NATALE W. Adubação nitrogenada e potássica em goiabeiras 'Paluma': I. Efeito na produtividade e na qualidade dos frutos para industrialização. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 37, p. 201-209, 2015. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1590/0100-2945-051/14>. Acesso em: 2 de jul. 2016.
- ANDRIOLO, J.L.; JÄNISCH, D.I.; SCHMITT, O.J.; VAZ, M.A.B.; CARDOSO, F.L.; ERPEN, L. Concentração da solução nutritiva no crescimento da planta, na produtividade e na qualidade de frutas do morangueiro. **Ciência Rural**, v. 39, p. 684-690, 2009. Disponível em: www.scielo.br/pdf/cr/v39n3/a114cr763. Acesso em: 30 mai. 2017.
- ANTUNES, L.E.C.; REISSER JUNIOR, C. Caracterização da produção de morangos no brasil. *Fragole, i produttori brasiliani miranoall'esportazione in Europa*. **Fruticultura**, v. 69, p. 60-65, 2007. Disponível em: https://www.agencia.cnptia.embrapa.br/Repositorio/Morango-situacao-Importancia_000fn2g4bkj02wyiv8065610dpqk1par.pdf. Acesso em: 30 mai. 2017.
- BACON-SHONE, J. A short history of compositional data analysis. In **Compositional Data Analysis: Theory and Applications**, eds V. Pawlowsky-Glahn and, A. Buccianti (New York: John Wiley and Sons), p. 3-11. 2011. Disponível em: <https://doi.org/10.1002/9781119976462.ch1>. Acesso em: 30 mai. 2017.
- BEAUFILS, E.R. Diagnosis and recommendation integrated system (DRIS). A general scheme for experimentation and calibration based on principles develop from research in plant nutrition. University of Natal, **Soil Science Bulletin**, v.132, 1973.
- BEVERLY, R.B. Modified DRIS method for simplified nutrient diagnosis of 'Valencia's orange'. **Journal of Plant Nutrition**, v. 10, p. 1401-1408, 1987. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1080/01904168709363619>>. Acesso em: 17 mai. 2017.

BÉLANGER, G.; WALSH, J.R.; RICHARDS, J.E.; MILBURN, P.H.; ZIADI, N. Critical nitrogen curve and nitrogen nutrition index for potato in Eastern Canada. **American Journal of Potato Research**, v. 78, p. 355 - 364, 2001. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/BF02884344>. Acesso em: 17 mai. 2017.

CALEGARIO, F.F.; IWASSAKI, L.A.; SATO, M.E.; COSTA, H.; ZAWADNEAK, M.A.C. Produção integrada. Morango: tecnologias de produção ambientalmente corretas. **Informe Agropecuário**, v. 3, p. 11 – 2, 2014. Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/119142/1/2014AP58.pdf>. Acesso em: 30 mai. 2017.

CATE, R.B.; NELSON, L.A. A simple statistical procedure for partitioning soil test correlation data into two classes. **Soil Science Society of America Journal**, v. 35, p. 658 - 660, 1971.

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

ELWALI, A.M.O.; GASCHO, G.J. Soil testing, foliar analysis, and DRIS as guide for sugarcane fertilization. **Agronomy Journal**. v. 76, p; 466–470, 1984.

EGOZCUE, J.J.; PAWLOWSKY-GLAHN, V. Groups of parts and their balances in compositional data analysis. **Mathematical Geology**. v. 37, p. 795–828, 2005. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1007/s11004-005-7381-9>. Acesso em 12 abr. de 2016

FERNANDES-JÚNIOR, F.; FURLANI, P.R.; RIBEIRO, I.J.A.; CARVALHO, C.R.L. Produção de frutos e estolhos do morangueiro em diferentes sistemas de cultivo em ambiente protegido. **Bragantia**. v. 61, p, 25–34,. 2002. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1590/S0006-87052002000100005>. Acesso em 12 abr. de 2016

GIMÉNEZ, G.; ANDRIOLO, J.; GODOI, R. Cultivo sem solo do morangueiro. **Ciência. Rural**, v. 38, p. 273-279, 2008. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1590/S0103-84782008000100048> Acesso em 12 abr. de 2016

GUIMARÃES, P.R.B. **Métodos quantitativos estatísticos**. 1 ed. Curitiba: IESDE Brasil AS, 2008.

HERNANDES, A.; PARENT, S.E.; NATALE, W.; PARENT, L.E. Balancing guava nutrition with liming and fertilization. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 34, p. 1224-1234, 2012. <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-29452012000400032>. Acesso em 15 set. 2016.

HOASHI-ERHARDT, W.; WALTERS, T. Growing Day-Neutral Strawberries in Western Washington. Washington state university extension fact sheet. v. 10, 2014. http://www.oregonstrawberries.org/fmr/fact_sheets/Growing_Day_Neutral_Strawberries_in_W.WA.pdf. Acesso em 15 set. 2016.

HOLLAND, D.A. The interpretation of leaf analysis. **Journal of Horticultural sciences**, v. 41, p. 311-329, 1966. Disponível em: <https://doi.org/10.1080/00221589.1966.11514179>. Acesso em 15 set. 2016.

KHIARI, L.; PARENT, L.E.; TREMBLAY, N. Critical compositional nutrient indexes for sweet corn at early growth stage. **Agronomy Journal**, v. 93, p. 809-814, 2001a. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.2134/agronj2001.934809x> acesso em 01 fev. 2017

KHIARI, L.; PARENT, L.E.; TREMBLAY, N. The phosphorus compositional nutrient diagnosis range for potato. **Agronomy Journal**, v. 93, p. 815-819, 2001c. <http://dx.doi.org/10.2134/agronj2001.934815x>. Acesso em 01 fev. 2017.

LAGATU, H.; MAUME, L. Le diagnostic foliaire de la pomme de terre. *Ann. Ecology Nature Agriculture*, 1934a; 22: 50-158.

LAGATU, H.; MAUME, L. Recherches sur lê diagnostic foliaire. *Ann. Ecology Nature Agriculture*, 1934b; 22: 257-306.

LEMISKA, A.; PAULETTI, V.; CUQUEL, F.L.; ZAWADNEAK, M.A.C. Produção e qualidade da fruta do morangueiro sob influencia da aplicação de boro. **Ciência Rural**, v. 44, p. 622-628, 2014. Disponível em <http://dx.doi.org/10.1590/S0103-84782014000400008>. Acesso em: 16 fev. 2017.

MIRANDA, F.; PESSOA, P.F.A.P.; ROSSETTI, A.G. **Produção de morangos em sistema hidropônico fechado, empregando substrato de fibra de coco, na serra da ibiapaba, ce.** 2014, Circular Técnica. Disponível em: <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/handle/doc/999092>. Acesso em: 16 fev. 2017.

NELSON, L.A.; ANDERSON, R.L. Partitioning of soil test-crop response probability. In: PECK, T.R.; COPE-JUNIOR, J.T.; WHITNEY, D.A.; (ed.) **Soil testing: correlating and interpreting the analytical results**. Madison: American Society of Agronomy, Crop Science Society of America; 1997.

PARANÁ. SECRETARIA DE ESTADO DA AGRICULTURA E DO ABASTECIMENTO. **Fruticultura** - Análise da Conjuntura Agropecuária. Curitiba, PR. Disponível em: http://www.agricultura.pr.gov.br/arquivos/File/deral/Prognosticos/2017/Fruticultura_2016_17.pdf Acesso em 03 de fev de 2018.

PARENT, L.E.; DAFIR, M. A theoretical concept of compositional nutriente diagnosis. **Journal of the American Society for Horticultural Science** v. 117, p. 239-242, 1992. Disponível em: <http://journal.ashspublications.org/content/117/2/239.full.pdf+html>. Acesso em: 30 mai. 2016.

PARENT, L.É.; KHIARI, L. The Compositional Nutrient Diagnosis of Onions. **Acta Horticulturae**, v. 627, p. 251-258, 2003. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.17660/ActaHortic.2003.627.32>. Acesso em: 30 mai. 2016.

PARENT, L.É.; KHIARI, L.; Pettigrew, A. Nitrogen diagnosis of Christmas needle greenness. **Canadian Journal of Plant Science**. v.85, p, 939-947, 2005. Disponível em: <https://doi.org/10.4141/P03-101>. Acesso em: 30 mai. 2016.

PARENT, L.É.; NATALE, W.; ZIADI, N. Compositional nutrient diagnosis of corn using the Mahalanobis distance as nutrient imbalance index. **Canadian Journal of Soil Science**, v. 89, p. 383-390, 2009. Disponível em: <https://doi.org/10.4141/cjss08050>. Acesso em: 30 mai. 2016.

PARENT, L.É.; ISFAN, D.; TREMBLAY, N.; KARAM, A. Multivariate nutrient diagnosis of the carrot crop. **Journal of the American Society for Horticultural Science**. v. 119, p. 420-426, 1994. Acesso em: 30 mai. 2016.

PARENT, L.É. Diagnosis of the nutrient compositional space of fruit crops. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 33, p. 321-334, 2011. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-29452011000100041>. Acesso em: 29 mai. 2016.

PARENT, S.É.; PARENT, L.E.; EGOZCUE, J.J.; ROZANE, D.E.; HERNANDES, A.; LAPOINTE, L.; HEBERT-GENTILE, V.; NAESS, K.; MARCHAND, S.; LAFOND, J.; JUNIOR MATTOS, D.; BARLOW, P.; NATALE, W. The plant ionome revisited by the nutrient balance concept. **Frontiers in Plant Science**, p. 1-10, 2013a. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.3389/fpls.2013.00039>. Acesso em: 29 mai. 2016.

PARENT, S.É.; PARENT, L.E.; ROZANE, D.E.; NATALE, W. Plant ionome diagnosis using sound balances: case study with mango (*Mangifera Indica*). **Frontiers in Plant Science**, v. 4, p. 1-12, 2013b. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.3389/fpls.2013.00449>. Acesso em: 29 mai. 2016.

PARTELLI, F.L.; DIAS, J.R.M.; VIEIRA, H.D.; WADT, P.G.S.; PAIVA JR, E. Avaliação nutricional de feijoeiro irrigado pelos métodos CND, DRIS e faixas de suficiência. **Revista Brasileira de Ciência Solo**, v. 38, p. 858-866, 2014. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-06832014000300017>. Acesso em: 30 mai. 2017.

PASSOS, F.A.; TRANI, P.E. **Calagem e adubação do morangueiro**. Instituto Agrônomo de Campinas, 2013. Disponível em: www.iac.sp.gov.br/imagem_informacoestecnologicas/89.pdf Acesso em: 1 jun. 2017.

PAULETTI, V.; MOTTA, A.C.V. **Manual de adubação e calagem para o estado do Paraná**. 1ª ed. Curitiba; v,482, p. 369-372, 2017.

PRÉMONT, V. **Irrigation, substrats et fertilisation dans la culture hors-sol du fraisier, des enjeux pour une production optimisée**. Université Laval, Québec, Canadá. 2015.

RAIJ VAN, B.; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J.A.; FURLANI, A.M.C.
Recomendações de Adubação e Calagem para o Estado de São Paulo. 2 ed.
 Campinas, Instituto Agrônômico e Fundação IAC; (Boletim Técnico, 100). 1997.

ROSS, S.M. **Introduction to probability and statistics for engineers and scientists**. New York: John Wiley and Sons, 1987.

ROZANE, D.E.; BRUNETTO, G.; MELO, G.W.B.; NATALE, W.; PARENT, S.E.; SANTOS, E.M.H.; ZALAMENA, J.; PARENT, L.E. Avaliação do estado nutricional de videiras pela Diagnose da Composição Nutricional - CND. In: MELO, G.W.B.; ZALAMENA, J.; BRUNETTO, G.; CERETTA, C.A. (Org.). **Calagem, adubação e contaminação em solos cultivados com videiras**. 2016a. p. 45-60. Disponível em: <http://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/156889/1/Avaliacao-do-estado-nutricional-de-videiras-pela-Diagnose-da-Composicao-Nutricional-CND.pdf>. Acesso em: 06 ago. 2017

ROZANE, D.E.; NATALE, W.; PARENT, L.E.; PARENT, S.E.; SANTOS, E.M.H.
CND-Goiaba. Universidade Estadual Paulista; Université Laval. BR5120130003792.
 2013a. Disponível em: www.registro.unesp.br/sites/cnd_goiaba/. Acesso em: 17 fev. 2017.

ROZANE, D.E.; BRUNETTO, G.; MELO, G.W.B.; NATALE, W.; PARENT, L.É.; PARENT, S.É.; SANTOS, E.M.H. **CND Uva**. Programa de computador: Instituto Nacional da Propriedade Industrial (aguardando o número de registro). Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho"; Universidade Federal de Santa Maria; Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária; Université Laval. 2015. Disponível em: www.registro.unesp.br/sites/cnd_uva/. Acesso em: 17 fev. 2017.

ROZANE, D.E.; NATALE, W.; PARENT, L.E.; PARENT, S.E.; SANTOS, E.M.H.
CND-Manga. Universidade Estadual Paulista; Université Laval. BR5120130003806.
 2013b. Disponível em: www.registro.unesp.br/sites/cnd_manga/. Acesso em: 17 fev. 2017.

ROZANE, D.E.; PARENT, L.E.; NATALE, W. Evolution of the predictive criteria for the tropical fruit tree nutritional status. **Científica**, v. 44, p. 102-112, 2016b. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.15361/1984-5529.2016v44n1p102-112>. Acesso em: 15 mai. 2016

ROZANE, E.; NATALE, W.; BRUNETTO, G.; CIOTTA, M.N.; NOWAKI, R.H.D.; MELO, G.W.B. Diagnose da Composição Nutricional (CND) como critério de predição do estado nutricional de pereiras. In: CIOTTA, M.N.; BRUNETTO, G.; COMIN, J.; PASA, M.S.; SETE, P.B (Orgs.). **I Workshop sobre frutificação e adubação de pereiras**. Epagri, 2017, p.120.

SANTOS, E.M.H. **Diagnose da composição nutricional para a cultura da atemoia**. 70 f. Dissertação (Mestrado em Ciência do solo). Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2016.

SILVA, G.G.C.; NEVES, J.C.L.; ALVAREZ, V.H.; LEITE, F.P. Diagnose nutricional do eucalipto pelo DRIS, M-DRIS e CND. **Scientia Agricola**, v. 61, p. 507-515, 2004.

Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1590/S0103-90162004000500008>. Acesso em: 12 jul. 2016.

SILVA, G.G.C.; NEVES, J.C.L.; ALVAREZ, V.H.; LEITE, F.P. Avaliação das universalidades das normas DRIS, M-DRIS e CND. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 29, p. 755-761, 2005. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-06832005000500011>. Acesso em: 24 jul. 2016.

TEDESCO, M.J.; GIANELLO, C.; ANGHINONI, I.; BISSANI, C.A.; CAMARGO, F.A.O.; WIETHÖLTER, S. **Manual de adubação e calagem para os Estados do Rio Grande do Sul e Santa Catarina**. 10 ed. Porto Alegre, 2004.

TOLOSANA-DELGADO, R.; VAN DENBOOGART, K.G. Linear models with compositions in R. In: PAWLOWSKY-GLAHN, V.; BUCCIANTI, A. (Ed.). **Compositional data analysis: Theory and applications**. Nova Iorque: John Wiley and Sons, 2011, p: 356-371.

URANO, E.M.O.; KURIHARA, C.H.; MAEDA, S.; VITORINO, A.C.T.; GONÇALVES, M.C.; MARCHETTI, M.C. Avaliação do estado nutricional da soja. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 41, p. 1421-1428, 2006. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-204X2006000900011> Acesso em: 15 mai. 2016

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/S010006832007000100007>. Acesso em: 15 mai. 2016.

WADT, P.G.S. **Os métodos da chance matemática e do sistema integrado de diagnose e recomendação (DRIS) na avaliação nutricional de plantios de eucalipto**. Tese Viçosa: Universidade Federal de Viçosa; 1996.

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/S0100-06832005000200008> Acesso em: 14 abr. 2016.

WADT, P.G.S.; ANGHINONI, I.; GUINDANI, R.H.P.; LIMA, A.S.T.; PUGA, A.P.; SILVA, G.S.; PRADO, R.M. Padrões nutricionais para lavouras arrozais 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://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/98498/1/24925.pdf>. Acesso em: 14 abr. 2016.

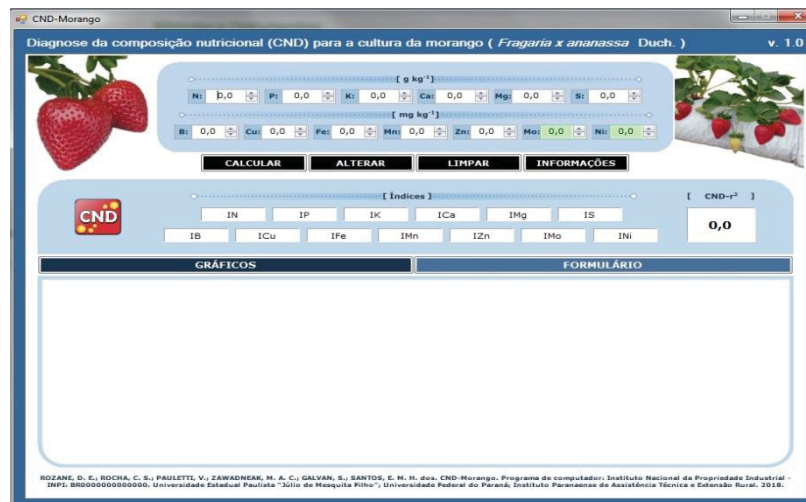
APÊNDICE - SOFTWARE CND-MORANGO

Como a metodologia CND foi eficiente no diagnóstico nutricional da cultura do morangueiro desenvolveu-se um software que está disponível gratuitamente no endereço <http://www.registro.unesp.br/sites/cnd/> para auxiliar técnicos e produtores que estão trabalhando com o cultivo do morango em sistema semi-hidropônico.

O programa está sendo registrado junto ao Instituto Nacional da Propriedade Industrial (INPI), e é necessário para impedir a cópia bem como garantir a gratuidade da distribuição do material.

A versão do *software* produzido com base na norma CND apresentará o logotipo com identidade visual de abertura (Figuras 10) semelhante aos consolidados CND-Goiaba, CND-Manga e CND-Uva (Rozane et al, 2013a; Rozane et al, 2013b; Rozane et al, 2015).

FIGURA 10 – IDENTIDADE VISUAL PADRÃO DO SOFTWARE CND-MORANGO



Para todas as versões dos softwares, são apresentados 11 campos destinados à inserção dos valores correspondentes aos nutrientes: nitrogênio, fósforo, potássio, cálcio, magnésio, enxofre, boro, cobre, ferro, manganês e zinco, determinados pela análise química de amostras foliares de morangueiros, emitida pelo laboratório credenciado.

As unidades inseridas para os valores dos nutrientes devem seguir o Sistema Internacional de Unidades (SI), sendo g kg^{-1} para macronutrientes e mg kg^{-1} para os micronutrientes. A exceção dos nutrientes Mo e do Ni, não devem ser

deixados campos sem preenchimento, bem como os valores inseridos não devem ser nulos.

No campo “Informações” o Software traz os esclarecimentos:

Para o sucesso na avaliação do estado nutricional pelo software CND-Morango, recomenda-se observar os seguintes pontos:

i) A amostragem deve ser feita para área homogênea da cultura.

ii) Este software foi desenvolvido para a cultivar Albion, de dia neutro, cultivada em *slabs*, seguindo o padrão de amostragem foliar descrito pela Tedesco (2004). Cada amostra composta deve conter 30 folíolos (sem pecíolo) recém-desenvolvidos a partir do ápice, e devem ser coletados no pleno florescimento (geralmente no período de novembro a janeiro). Amostrar uma folha por planta (alternar a posição cardinal de amostragem).

(iii) Os teores de Molibdênio (Mo) e Níquel (Ni) contemplam o banco de dados do CND-Morango, por não serem rotineiramente determinados nas análises foliares, a não indicação de seu(s) valor(es), implicará automaticamente pelo Software na adoção do teor médio observado na população de alta produtividade.

iv) Coletar apenas folhas (limbo), totalmente expandidas e saudáveis (sem a presença de doenças e não afetadas pelo ataque de insetos ou outros agentes).

v) As folhas amostradas deverão ser acondicionadas em sacos de papel e remetidas, o mais rápido possível, a um laboratório credenciado para realização das análises dos teores dos nutrientes nas folhas.

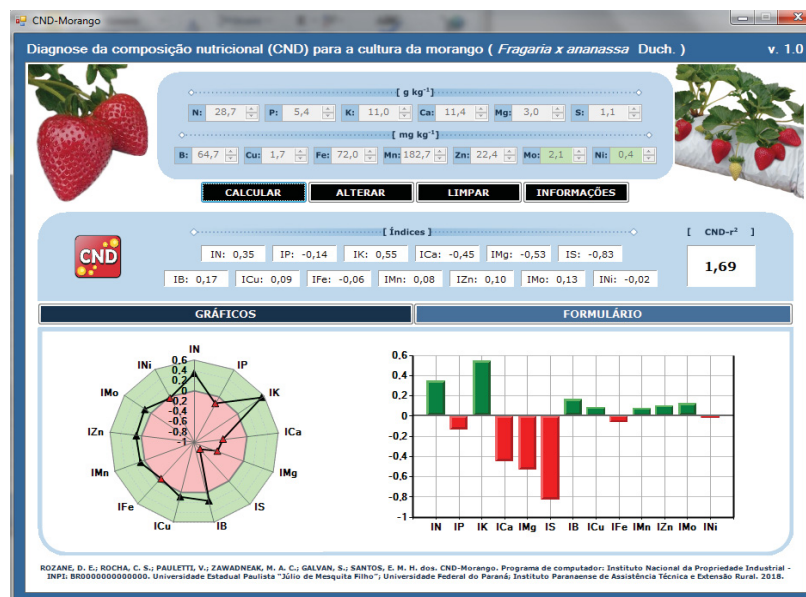
Caso seja possível, o procedimento adequado de preparo das folhas amostradas a serem encaminhadas ao laboratório deverá ser:

Após a coleta, as folhas deverão ser imediatamente lavadas com solução de detergente neutro 1 ml L^{-1} , posteriormente em água corrente, imersão em solução de HCl 30 mL L^{-1} , por 15 segundos, e, finalmente, com enxágue em água destilada. Em seguida, são colocadas a secar em sacos de papel, em estufa de circulação forçada de ar, a $65 \pm 5^\circ\text{C}$, até massa constante. Na sequência, as amostras são moídas em moinho tipo Willey (com malha de 2 mm). Encaminhar ao laboratório.

No rodapé são apresentados os nomes dos autores e instituições responsáveis pelo projeto, semelhante ao realizado para os softwares CND-Goiaba, CND-Manga, CND-Uva, CND-Atemoia, etc.

Nos campos destinados aos teores de nutrientes devem ser inseridos valores cujas casas decimais são separadas por vírgula, não sendo aceitas letras ou outros caracteres que não sejam números ou vírgula. Depois de inserido os valores de macro e micronutrientes, ao pressionar o botão “CALCULAR”, o software irá determinar os índices de balanço de todos os nutrientes e o valor de $CND-r^2$. Também irá gerar dois gráficos, sendo um do tipo radar e outro do tipo coluna, ambos representando o comportamento dos índices de balanço (Figura 11). O botão “INFORMAÇÕES” fornece dados relacionados ao uso do software, contendo texto introdutório sobre o uso do método diagnóstico CND em amostras foliares, e tutorial contendo explicações sobre as funcionalidades e a forma de interpretação dos resultados dos índices gerados pelo software CND-Morango.

FIGURA 11 – ÍNDICES NUTRIENTES E $CND-r^2$, E GRÁFICOS GERADOS PELO SOFTWARE CND-MORANGO



Campos sem dados ou com valores nulos são alertados por uma janela com os dizeres: “Atenção: Preencher o campo X”, onde X corresponde ao nutriente não informado. Se forem inseridos valores cuja a soma extrapole a quantidade correspondente a 1 kg de tecido vegetal, o software também emitira um alerta com os dizeres: "Atenção: Verificar se os valores foram devidamente preenchidos. A soma dos nutrientes não pode ultrapassar 1kg". Em caso de preenchimento equivocado de algum valor nutricional é possível corrigi-lo pressionando o botão “ALTERAR”. Por padrão, o software bloqueia os campos destinados aos valores dos

nutrientes, para evitar possíveis conflitos do sistema, como dados discordantes, ao ser gerado o formulário com todos os dados discriminados. Os softwares contam com uma guia denominada “FORMULÁRIO”. Essa área possui campos de: nome do proprietário, propriedade, endereço completo, forma de amostragem, o nome do responsável técnico, data e outras informações relevantes.

FIGURA 12 – GUIA FORMULÁRIO DO SOFTWARE CND-MORANGO

The image shows a web-based form interface with two tabs: 'GRÁFICOS' and 'FORMULÁRIO'. The 'FORMULÁRIO' tab is active. The form includes the following fields:

- Proprietário: [text input]
- Propriedade: [text input]
- Endereço: [text input]
- Bairro: [text input]
- Cidade: [text input]
- CEP: [text input]
- UF: [dropdown menu]
- Telefone: [text input]
- E-Mail: [text input]
- Amostragem: [text input]
- Responsável Técnico: [text input]
- Profissão: [text input]
- CREA: [dropdown menu]
- Nº: [text input]
- Local: [text input]
- Dia/Mês/Ano: [text input]
- RECEITA: [button]

Por meio do botão “RECEITA” deste mesmo formulário é possível gerar a receita com todas as informações inseridas pelo usuário, e os valores calculados pelo *software*, dos índices de balanço individual dos nutrientes e o índice de desequilíbrio CND-r², e seus gráficos (radar e coluna), que permitirão a sua impressão para armazenamento.

A interpretação dos dados visualizados no gráfico radar ou fertigrama é realizada pela localização dos pontos nos eixos que interceptam o centro da circunferência. Valores superiores a zero (acima do círculo vermelho) demonstram que o nutriente avaliado está em excesso na planta. Valores menores que zero (abaixo do círculo vermelho), demonstram que os nutrientes estão em falta. Pontos exatamente no círculo vermelho representam o equilíbrio. Para o gráfico de coluna a interpretação é mais simples. Consiste na identificação da cor e na observação da amplitude da barra onde os valores acima de zero (cor verde) indica o excesso do nutriente, valores abaixo de zero (cor vermelha) indica a falta e o valor zero indica que a quantidade do nutriente está adequada no tecido foliar.

Quanto mais próximos de zero estiverem os índices de balanço nutricional, mais equilibrado estarão os teores de nutrientes. O CND-r², por ser a soma do

quadrado dos índices dos nutrientes, quanto maior for seu número, pior será a condição nutricional da cultura avaliada, ou seja, o valor ideal é aquele mais próximo de zero.