

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA - UNESP
CÂMPUS DE JABOTICABAL

**QUALIDADE DOS PROGNÓSTICOS DO ESTADO NUTRICIONAL DE BORO
NA CULTURA DA SOJA**

Edilaine Istéfani Franklin Traspadini
Engenheira Agrônoma

2016

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA - UNESP

CÂMPUS DE JABOTICABAL

**QUALIDADE DOS PROGNÓSTICOS DO ESTADO NUTRICIONAL DE BORO
NA CULTURA DA SOJA**

Edilaine Istéfani Franklin Traspadini

Orientador: Prof. Dr. Renato de Mello Prado

Coorientador: Prof. Dr. Paulo Guilherme Salvador Wadt

Dissertação apresentada à
Faculdade de Ciências Agrárias e
Veterinárias – Unesp, Câmpus de
Jaboticabal, como parte das
exigências para a obtenção do
título de Mestre em Agronomia
(Ciências do Solo)

2016

T775q Traspadini, Edilaine Istéfani Franklin
Qualidade dos prognósticos do estado nutricional de boro na
cultura da soja / Edilaine Istéfani Franklin Traspadini. -- Jaboticabal,
2016
ix, 49 p. : il. ; 29 cm

Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual Paulista,
Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, 2016
Orientador: Renato de Mello Prado
Coorientador: Paulo Guilherme Salvador Wadt
Banca examinadora: Arthur Bernardo Cecílio Filho, Luiz Antonio
Junqueira Teixeira
Bibliografia

1. Acurácia. 2. Diagnose Foliar. 3. *Glycine max* L. I. Título. II.
Jaboticabal-Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias.

CDU 631.811:633.34

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

CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

**TÍTULO: QUALIDADE DOS PROGNÓSTICOS DO ESTADO NUTRICIONAL DE BORO
NA CULTURA DA SOJA**

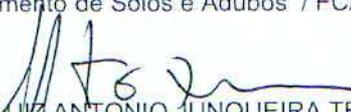
AUTORA: EDILAINE ISTÉFANI FRANKLIN TRASPADINI

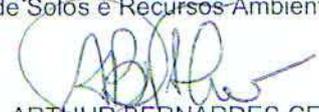
ORIENTADOR: RENATO DE MELLO PRADO

COORIENTADOR: PAULO GUILHERME SALVADOR WADT

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


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


Doutor LUIZ ANTONIO JUNQUEIRA TEIXEIRA
Centro de Solos e Recursos Ambientais / Instituto Agrônômico de Campinas / Campinas, SP


Prof. Dr. ARTHUR BERNARDES CECILIO FILHO
Departamento de Produção Vegetal / FCAV / UNESP - Jaboticabal

Jaboticabal, 22 de novembro de 2016.

DADOS CURRICULARES DO AUTOR

Edilaine Istéfani Franklin Traspadini nasceu em Rolim de Moura, Estado de Rondônia, no dia 31 de março de 1990. Estudou parte do Ensino Fundamental e Médio na Escola Agrícola Chico Mendes, no município de Novo Horizonte do Oeste-RO (2002 e 2003) e na escola Estadual Campos Sales, no município de São Francisco do Guaporé-RO (2009), respectivamente. cursou agronomia na Universidade Federal de Rondônia – UNIR, no município de Rolim de Moura-RO (2010 a 2014). Durante esse período, realizou várias pesquisas específicas das disciplinas. Além de pesquisas fora da grade curricular, como: Lâminas de irrigação com base na capacidade de campo, na cultura do cafeeiro (2011 a 2014); Aplicabilidade e eficiência do calcário líquido (2012 a 2013); Efeito de doses de potássio e fósforo sobre as características de desenvolvimento do cafeeiro (2013 a 2014); Monitoramento nutricional de 200 lavouras cafeeiras nos municípios de Nova Brasilândia do Oeste, Alta Floresta do Oeste, Alta Alegre do Oeste, no Estado de Rondônia (Iniciação Científica - 2013 a 2014). Desde último, originou o Trabalho de Conclusão de Curso, intitulado como Níveis Críticos, para cafeeiro canéforas, obtidos pela método da Distribuição Normal Reduzida (2014). Realizou estágio na Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária, auxiliando na implantação, coletas em campos e análises laboratoriais do experimento que avaliou a volatilização do nitrogênio, usando fontes com liberação lenta, simulando milímetros de precipitação (2014). Atualmente, é mestranda em Agronomia, no programa Ciências do Solo (UNESP). Participa do grupo de estudo em Nutrição de Plantas da Unesp - Genplant e realizou estágio de docência na disciplina Nutrição de Plantas para graduandos de Agronomia e Zootecnia.

Se temos de esperar, que seja para colher a semente boa que lançamos hoje no solo da vida. Se for para semear, então que seja para produzir milhões de sorrisos, de solidariedade e amizade.

Cora Coralina

Aos meus queridos pais Rosangela Franklin Traspadini e Natalino Traspadini, pelos ensinamentos, dedicação, apoio e, principalmente, pelo exemplo de vida.

Ofereço

Aos professores, orientadores e todos os profissionais que me inspiraram e motivaram a seguir os passos que me trouxeram até aqui e com a mesma vontade de seguir para mais longe.

Dedico

AGRADECIMENTOS

À Deus, pela vida e por estar sempre me guiando em minhas escolhas e por torná-las realidade.

À Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho – UNESP, Câmpus de Jaboticabal, pela oportunidade concedida para a realização do curso de Doutorado em Agronomia (Ciência do solo).

À Universidade Federal do Mato Grosso do Sul (UFMS), que auxiliou durante minha estada, em especial ao Prof. Cassiano Roque.

À Fundação Chapadão e a Fazenda Campo Bom, localizadas em Chapadão do Sul-MS, que auxiliaram na coleta de dados.

Aos orientadores, Renato de Mello Prado e Paulo Guilherme Salvador Wadt, pela oportunidade de trabalhar com profissionais tão exemplares e por todo aprendizado que me proporcionaram, durante esse período intenso.

Aos professores que, de algum modo especial, contribuíram para que estivesse aqui, desde a graduação até à pós-graduação.

Aos poucos e bons amigos que contribuíram, de forma direta ou indireta, com esta conquista. Em especial Edson Cardili, Thais Barros e Roberto Wassolowsk.

À minha família, em especial aos meus pais Rosangela e Natalino, que me apoia incondicionalmente nesta e todas as minhas escolhas.

E ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), que proporcionou apoio financeiro para a realização do experimento e para a realização do mestrado.

À todos os funcionários do Departamento de Solos e Adubos, em especial aos que conviveram com maior frequência durante este período: Cláudia e Gíbson.

À todos os professores dos Programas de Pós-Graduação em Agronomia (Ciência do Solo e Produção Vegetal) da UNESP de Jaboticabal. A todos os colegas do grupo GENPLANT, pela amizade e ajuda no desenvolvimento da pesquisa.

SUMÁRIO

Página

RESUMO.....	ii
ABSTRACT	iii
1 INTRODUÇÃO	1
2 REVISÃO DE LITERATURA	4
2.1 Seleção da população de referência	4
2.2 Nível Crítico	6
2.3 Sistema Integrado de Diagnose e Recomendação.....	10
2.3.1 Composição do banco de dados	12
2.3.2 Critérios para a seleção das relações para compor o índice DRIS.....	13
2.3.3 Transformação Logarítmica das relações bivariadas	15
2.4 Diagnose da Composição Nutricional.....	15
2.5 Teste de eficiência dos valores de referência.....	17
2.6 Prescient Diagnostic Analysis.....	18
3 MATERIAL E MÉTODOS	24
3.1 Valores de referência.....	25
3.2 Qualidade dos prognósticos	27
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	28
5 CONCLUSÃO.....	41
7 REFERÊNCIAS.....	42

QUALIDADE DOS PROGNÓSTICOS DO ESTADO NUTRICIONAL DE BORO NA CULTURA DA SOJA

RESUMO – A interpretação do estado nutricional da soja pode ser realizada por métodos uni, bi e multivariados, mas necessita de estudos sobre a acurácia dos diagnósticos produzidos. Diante disso, objetiva-se com esse estudo avaliar a qualidade dos prognósticos a partir da interpretação foliar pelo Nível Crítico, pelo DRIS e pelo CND, comparando o diagnóstico de boro com a resposta na produtividade da soja. O estudo foi realizado em área experimental e comercial na região de Chapadão do Sul-MS, Brasil. No experimento de calibração, foram usadas as doses 0; 300; 600; 1.200 e 1.800 g ha⁻¹ de B, em três pulverizações e cinco repetições. Na área experimental e em 140 lavouras comerciais, foi realizada amostragem foliar, determinando os teores nutricionais e estimado a produtividade. Apenas nas parcelas experimentais foi realizada a análise dos diagnósticos, através do confronto do diagnóstico com a resposta da planta na adição do nutriente. Cinco medidas de acurácia foram usadas para testar a eficiência dos métodos do NC (calibrado, da literatura distribuição normal reduzida (NC_{DNR})); DRIS (com três critérios de seleção das relações entre nutrientes), e o CND, que foram a acurácia total, acurácia para deficiência e suficiência, razão de deficiência e razão de eficiência, e o incremento líquido da produtividade. De maneira geral, os métodos testados obtiveram resultados abaixo do esperado ou na linha limite, sendo que somente os métodos NC (literatura e DNR), DRIS (pela transformação logarítmica das relações) e CND atingiram boa acurácia (70 a 80%). Ao considerar o incremento líquido da produtividade, somente dois métodos foram considerados eficientes: o DRIS (pela transformação logarítmica das relações) e o NC (calibrado). Sendo que o segundo obteve incremento na produtividade cinco vezes superior ao primeiro (22 kg ha⁻¹). Os critérios de seleção das relações bivariadas a compor o índice DRIS não apresentaram o mesmo desempenho nos prognósticos, desses apenas a transformação logarítmica resultou em ganhos produtivos devido a seus prognósticos. Os métodos DRIS e CND não apresentaram prognósticos iguais.

Palavras-chave: acurácia, diagnose foliar, *Glycine max* L.

QUALITY OF BORO NUTRITIONAL STATE PREDICTIONS ON SOYBEAN

ABSTRACT - The interpretation of the nutritional state of soybean can be performed by uni, bi and multivariate methods, but needs to study the accuracy of the diagnoses produced. Therefore, the objective of this study is to evaluate the quality of the prognoses from the foliar interpretation by the Critical Level, the DRIS and the CND comparing the diagnosis of boron with the response in soybean yield. The study was conducted in an experimental and commercial area in the region of Chapadão do Sul, MS, Brazil. In the calibration experiment were used doses 0, 100, 200, 400 and 600 g ha⁻¹ B, working with three sprayings and five repetitions. In the experimental area and in the 140 commercial fields was carried out foliar sampling to determine the nutritional content, and estimated productivity. Only in the experimental plots was carried out the analysis of diagnoses by comparing the diagnostic with the plant response in the addition of the nutrient. Five accuracy measures were used to test the efficiency of NC methods (calibrated, from reduced normal distribution literature (NC_{DNR})); DRIS (with three selection criteria of the relation between nutrients) and; the CND, which were the overall accuracy, accuracy and sufficiency for disability, rate of disability and rate of efficiency and the net increase of productivity. In general, the tested methods had results beneath expects or on the outline. Only the NC methods (literature and DNR), DRIS (by logarithmic transformation of relations) and CND achieved good accuracy (70-80%). When we considered the net increase, only two methods were efficient, the DRIS (by logarithmic transformation of relations) and NC (calibrated). The second one obtained a increment in productivity five times greater than the first one (22 kg ha⁻¹). The selection criteria of the relationships are compared with the results obtained by DRIS did not present the same performance in the prognoses, and only by logarithmic transformation resulted in productive gains due to their prognoses. The DRIS and CND methods did not present equal prognoses.

Keywords: Accuracy, leaf analysis, Glycine max L.

1 INTRODUÇÃO

A adequada interpretação da análise foliar na cultura da soja é importante para se obter diagnósticos de seu verdadeiro estado nutricional, que pode ser suficiente, deficiente ou excessivo. Essa informação deve orientar na tomada de decisão para uma adequada adubação, ou seja, aplicar o nutriente quando ele estiver em deficiência, ou não o fornecer quando em caso de excesso, e, assim, melhorar o estado nutricional e a produtividade da cultura.

Essas interpretações podem ser feitas usando o método Nível Crítico (NC), obtido em condições de calibração local (NC_c), ou pelo método da distribuição Normal Reduzida (NC_{DNR}) (MAIA; MORAIS; OLIVEIRA, 2001), e pelo método do Sistema Integrado de Diagnose e Recomendação (DRIS) (BEAUFILS, 1973) e, ainda pelo método da Diagnose da Composição Nutricional (CND) (PARENT; DAFFIR, 1992), sendo que os três últimos são obtidos a partir do levantamento nutricional de lavouras comerciais e, assim, dispensam a calibração local, que dispense mais tempo e recurso financeiro. Além disso, os métodos CND (multivariado) e DRIS (bivariado) foram desenvolvidos para melhorar a avaliação do estado nutricional pelo método NC (univariado), por adotarem o conceito do balanço nutricional.

Atualmente, as interpretações nutricionais da cultura da soja são obtidas do NC de referência (NC_R), disponíveis na literatura, que foram desenvolvidos nas décadas de 80 e 90 (CFS-GO, 1988; EMBRAPA, 1999; RIBEIRO; GUIMARÃES; ALVAREZ, 1999). No entanto, houve mudanças em vários aspectos relacionados ao sistema de produção da soja, como a introdução do sistema de semeadura direta, de materiais transgênicos, nas condições climáticas e em incrementos expressivos na produtividade. Essas mudanças, possivelmente, afetaram os teores foliares dos nutrientes, exigindo ajustes nos valores de referência.

Diante disso, vêm surgindo valores de referência (DRIS e CND) à cultura da soja, para diferentes regiões do País, como Paraná (HARGER; FIORETTO; RALISCH, 2003; ROMAGNOLI et al., 2009), Mato Grosso do Sul (MAEDA; RONZELLI JÚNIOR; LUCCHESI, 2004; URANO et al., 2006 e 2007), em

regiões de cerrado (HOOGERHEIDE, 2005), Rio Grande do Sul (CASTAMANN et al., 2012), Goiás (SOUZA, 2013), além de normas elaboradas da junção de amostras foliares oriundas do Mato Grosso do Sul e Mato Grosso (KURIHARA et al., 2013). No entanto, não foi aferida a eficiência desses valores de referência para o diagnóstico do verdadeiro estado nutricional das lavouras. Portanto, é importante inovar os estudos de diagnose foliar na cultura da soja a partir da medida do grau de acertos dos diagnósticos nutricionais, por qualquer método de interpretação, frente ao verdadeiro estado nutricional determinado pela resposta da planta à adubação.

Diante disso, o método Análise da Previsão de Diagnose, proposto por Beverly e Hallmark (1992), foi desenvolvido com a finalidade de avaliar a utilidade dos diagnósticos nutricionais, avaliando-se o grau de acerto dos prognósticos relacionados a cada diagnose realizada. Apesar da relevância prática desta metodologia, poucos trabalhos a utilizaram para avaliar a qualidade dos prognósticos, sendo os poucos exemplos sua aplicação, como os estudos com nutrição de citros (BEVERLY, 1992); alfafa, milho e trigo (BEVERLY, 1993a); soja (BEVERLY, 1993b); banana (TEIXEIRA; SANTOS; BATAGLIA, 2002), e feijão-caupi (MARTINS, 2015).

Esses trabalhos, principalmente o de Beverly (1993a), demonstraram que a qualidade do método diagnóstico variou entre diferentes culturas agrícolas, enquanto, Beverly (1993b), avaliando a eficiência dos prognósticos oriundos do método DRIS, concluiu que o mesmo não era eficiente em desenvolver valores de referência para realizar interpretações do estado nutricional da soja.

Entretanto, desde que este estudo foi desenvolvido, ocorreram modificações nos processos para obter o índice DRIS. A primeira consistiu na transformação logarítmica das relações bivariadas (BEVERLY, 1987). A segunda foi adotar critérios para selecionar as relações bivariadas dos nutrientes para compor os índices DRIS. Dentre esses critérios existe a razão entre variância (WALWORTH; SUMNER, 1987), o teste F (JONES, 1981), ou em adotar todas as relações indiscriminadamente (ALVAREZ; LEITE, 1999).

Além disso, surgiu o método CND, que passou a relacionar os nutrientes de modo multivariado. Na literatura, existem controvérsias sobre qual método é

o mais eficiente. Alguns autores consideram que o bivariado é o melhor método de diagnose do estado nutricional (BHUPAL; RAO, 2006; WADT; SILVA, 2010), enquanto, Parent (2011) considera o método multivariado. Entretanto, resultados demonstraram desempenho semelhante na avaliação do estado nutricional da mangueira, na região do Submédio São Francisco, pelas metodologias (POLITI et al., 2013).

Todas essas alterações no processo de diagnose, incluindo o número de amostras que compõem o banco de dados, podem influenciar positiva ou negativamente na qualidade do prognóstico, levando à necessidade de comparar esses métodos e critérios, e selecionar aquele que apresentar melhor desempenho. Salienta-se que a maneira ideal para se obter a real eficiência do método e compará-lo é por meio da acurácia dos métodos (BEVERLY; HALLMARK, 1992).

Além disto, estudos mostraram que a eficiência do método de interpretação pode ser diferente para cada nutriente diagnosticado, como ocorreu para N e K na cultura da banana (TEIXEIRA; SANTOS; BATAGLIA, 2002), P e K na cultura do feijão-caupi (MARTINS, 2015), e para N, P e K na cultura da soja (BEVERLY, 1993b). Esses resultados, associados às diferenças que existem entre macro e micronutriente, como a concentração (g kg^{-1} e mg kg^{-1} , respectivamente); a contribuição deles na produção total da planta, e a faixa de tolerância à toxicidade, podem ocasionar diferentes eficiências nos prognósticos de um método. Isso torna importante avaliar o desempenho dos métodos de interpretação para cada nutriente, principalmente para os micronutrientes, que ainda não possuem trabalhos com esse objetivo.

Frente ao exposto, é importante testar as seguintes hipóteses: a) A interpretação da análise foliar pelo método do NCc, na condições local, é mais eficiente que os demais métodos locais, usando lavouras comerciais (NC_{DNR} , DRIS e CND) com reduzido número de amostras foliares e do NC_{R} . b) A interpretação do DRIS, usando três critérios para selecionar as relações entre nutrientes a compor o índice DRIS, apresenta a mesma eficiência. c) O DRIS e o CND têm semelhantes prognósticos da análise nutricional de boro em cultivar de soja.

Assim, objetivou-se com este trabalho avaliar a qualidade dos prognósticos do Nível Crítico, DRIS e CND para a avaliação do estado nutricional da soja em boro e verificar se o critério adotado para selecionar as relações que compõem o índice DRIS irá influenciar na eficiência do método, e verificar se os métodos DRIS e CND apresentam os mesmos valores de referência de prognósticos.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 Seleção da população de referência

Os métodos de diagnose, de modo geral, consideram a premissa de que há forte relação entre o teor foliar e a produtividade da cultura, e, assim, relacionam esses fatores para obter o valor de referência (ORLANDO FILHO; ZAMBELLO, 1983).

Além disso, quando os valores de referência são obtidos de lavouras comerciais, pode-se trabalhar com todos os dados, independentemente da produtividade, como para a NC_{DRN} (MAIA; MORAIS; OLIVEIRA, 2001); ou usar as lavouras de referência, aquelas que possuem as lavouras de baixa e de alta ou de média produtividade (lavouras de referência), como é necessário para os métodos DRIS e CND (BEAUFILS, 1973; PARENT; DAFFIR, 1992).

Nos trabalhos existentes para soja, duas medidas principais foram adotadas, para classificar as lavouras consideradas como referência, que podem ser de modo arbitrário (MAEDA; RONZELLI JÚNIOR; LUCCHESI, 2004; SOUZA, 2013; KURIHARA et al., 2013) ou delimitando um limite produtivo, usando a média e o desvio-padrão da produtividade das lavouras monitoradas (HOOGERHEIDE, 2005; URANO et al., 2006; URANO et al., 2007; CASTAMAN et al., 2012).

De modo arbitrário, utilizando o método DRIS (MAEDA; RONZELLI JÚNIOR; LUCCHESI, 2004) e DRIS e FS (KURIHARA et al., 2013), em Mato Grosso do Sul, os autores estipularam que os limites da produtividade das lavouras eram de 3.500 e 3.600 kg ha⁻¹, respectivamente. Maeda, Ronzelli Júnior e Lucchesi (2004) não informaram quantas, das 87 lavouras

monitoradas, eram de alta produtividade, enquanto Kurihara et al. (2013) classificaram 96 (16%) das 608 lavouras monitoradas como de alta produtividade. De modo semelhante, Hoogerheide (2005), trabalhando com 111 amostras de soja, em Mato Grosso, estipulou que plantas que apresentaram produção acima de 3.500 kg ha^{-1} eram tidas como de alta produtividade, onde 39 lavouras (35%) eram de alta produtividade e foram usadas no cálculo das normas DRIS.

O mesmo procedimento foi adotado por Souza (2013), utilizando os métodos DRIS e CND, em 240 amostras de soja convencional e 260 amostras de soja transgênica para o Estado de Goiás. O autor predeterminou que lavouras com produção acima de 3.500 kg ha^{-1} seriam consideradas de alta produtividade. Foram classificadas como de alta produtividade 53 lavouras convencionais (22%) e 103 lavouras com soja transgênica (93%), e foram usadas para o cálculo da norma de referência em ambos os métodos.

Cabe salientar que nenhum desses autores justificou escolha do limite produtivo usado, de 3.500 kg ha^{-1} (MAEDA; RONZELLI JÚNIOR; LUCCHESI, 2004; SOUZA, 2013) ou de 3.600 kg ha^{-1} (KURIHARA et al., 2013).

Em estudo, Hoogerheide (2005), trabalhando com 111 amostras de soja, em Mato Grosso, selecionou 39 amostras de alta produtividade ($>3.500 \text{ kg ha}^{-1}$) e subdividiu-as em outros cinco grupos de alta produtividade: $\geq 3.600 \text{ kg ha}^{-1}$; $\geq 3.900 \text{ kg ha}^{-1}$; $\geq 4.200 \text{ kg ha}^{-1}$; $\geq 4.500 \text{ kg ha}^{-1}$ e $\geq 4.800 \text{ kg ha}^{-1}$. Ao relacionar com o IBN, verificou-se que, à medida que se aumentava o nível de seleção da população de referência, aumentava-se a relação entre o IBN e a produtividade. Assim, considerou-se que o nível $\geq 4.800 \text{ kg ha}^{-1}$ é o mais indicado para se obter as normas de referência.

O segundo processo para definir a população de referência, a partir da média e do desvio-padrão da produtividade das amostras, é o mais empregado e fácil de ser adotado. Entretanto, ainda existem dúvidas do quanto usar do desvio padrão, sendo que alguns trabalhos o usam todo (CASTAMAN et al., 2012); ou 0,5 (URANO et al., 2006 e 2007) do desvio-padrão.

Trabalhando com o método DRIS, a partir de 178 amostras de dois anos agrícolas, Castaman et al. (2012), consideraram que as amostras com teor de

óleo, no grão, acima do valor médio obtido, mais um desvio-padrão, seriam lavouras de alto teor de óleo no grão (lavouras de referência), sendo enquadrados nesse grupo 20% (37 amostras) das amostras totais.

De modo diferente, Urano et al. (2006 e 2007) classificaram a produtividade com base na média e no desvio-padrão de 111 lavouras de soja amostradas. Os autores consideraram que as lavouras com produtividade acima da média mais 0,5 do desvio-padrão (4.400 kg ha^{-1}) eram de alta produtividade, e 39 lavouras (35%) estavam nesse grupo, sendo utilizadas como referência para os cálculos das normas DRIS e CND.

Devido a essas diferenças, Serra et al. (2013) realizaram um estudo com algodoeiro, no Estado da Bahia, avaliando quatro critérios para o estabelecimento das subpopulações de alta produtividade: talhões com produtividade acima da média (1); produtividade acima da média + 2/3 desvio-padrão (2); produtividade acima da média + 1 desvio-padrão (3); e produtividade acima da média + 4/3 desvio-padrão (4). Os autores verificaram que as menores concordâncias entre as relações selecionadas para compor as normas foram obtidas entre os critérios 1 e 2 (23,64%), 1 e 3 (67,3%), e a máxima concordância deu-se com os critérios 3 e 4 (89,1%). Estes últimos apresentaram coeficientes de correlação, entre a produtividade e IBN, semelhantes, e foram superiores aos critérios 1 e 2. Os autores concluíram que os critérios de seleção têm influência significativa sobre a avaliação do estado nutricional das plantas.

2.2 Nível Crítico

Dentre os conceitos dados ao NC, o mais comumente empregado e tomado como princípio para os diagnósticos é que ele corresponde a 90% da máxima produtividade da cultura, assim plantas com teores foliares abaixo disso têm a produção ou o crescimento diminuídos (KURIHARA; MAEDA; ALVAREZ, 2005). Ainda o NC é conceituado como o teor do nutriente que separa populações de baixa e de alta probabilidade em resposta à adição do nutriente (MAIA; MORAIS; OLIVEIRA, 2001).

A partir desses conceitos, considera-se como deficientes ou suficientes plantas com teores foliares abaixo ou acima do teor do NC, tido como referência, respectivamente. Cabe destacar que este método é univariado, pois relaciona apenas um nutriente por vez, sem levar em conta a relação e a interação entre eles (GOTT et al., 2014).

O método convencional para obtenção desses valores de referência é através da execução de ensaios de calibração, no qual todas as condições no meio são controladas, e qualquer ganho ou redução da produtividade deve-se ao nutriente adicionado. Dentre as metodologias para se obter o NC, tem-se utilizar uma regressão quadrática entre os teores nutricionais e a produtividade, e considerar o teor que corresponde a 90% da produtividade como nível crítico (BRAGA, 1978).

O ideal é que os ensaios de calibração sejam averiguados em condições distintas (solo, clima, cultivares, disponibilidade hídrica), que torna o método oneroso e demorado. Devido a isso, normalmente, os ensaios não são repetidos em várias condições, tornando esses valores de referência bem restritos a certas condições (COELHO et al., 2013). Ou, em casos mais graves, os valores de referência, como os fornecidos pela Embrapa et al. (2010), são originados de informações de outros países (KURIHARA; MAEDA; ALVAREZ, 2005; KURIHARA et al., 2013). Esses fatores contribuíram para que a metodologia seja pouco empregada atualmente, e isso agrava-se quando se associa ao surgimento de ferramentas que dispensam a necessidade da experimentação, como o método da Distribuição Normal Reduzida (MAIA; MORAIS; OLIVEIRA, 2001).

Frequentemente, ensaios de calibração vêm sendo montados com propósitos diferentes, como analisar a influência de doses de N na nutrição mineral e na produtividade da noqueira-macadâmia (PERDONÁ et al., 2013) ou avaliar os efeitos do emprego de adubos minerais naturais e orgânicos sobre a diagnose foliar e a produção de frutos de pinheira (LEONEL; ARAÚJO; TECCHIO, 2015). Normalmente, esses trabalhos cumprem as funções pelas quais surgiram e são abandonados, sendo que seria mais válido que esses valores fossem utilizados para outros objetivos, como obter níveis críticos (COELHO et al., 2013). Mesmo que esses sejam para condições mais restritas,

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

Dentre os trabalhos mais recentes, Coelho et al. (2013) obtiveram Nível Crítico para a predição do estado de N na planta com base na produtividade relativa da batateira.

2.2.1 Distribuição Normal Reduzida

O método foi desenvolvido por Maia, Morais e Oliveira (2001), com a finalidade de substituir os NCs oriundos apenas de ensaios de calibração, utilizando em troca bancos de dados do levantamento nutricional de lavouras comerciais que, em condições de campo, podem representar melhor as lavouras e ser mais abrangentes, inversamente ao que ocorre pelo método convencional. Porém, segundo Maia, Morais e Oliveira (2001), os ensaios de calibração só poderiam ser substituídos houvesse uma grande quantidade de informações sobre o fator a ser analisado.

Os cálculos, por meio da Distribuição Normal Reduzida, baseiam-se na premissa de que há relação direta entre os teores dos nutrientes no tecido da planta com sua produtividade. Diante dessa premissa, o primeiro passo na obtenção do NC é determinar o quociente Q (Q) entre a produção (P) e o teor nutricional (n) (Equação 1).

A segunda premissa adotada por Maia, Morais e Oliveira (2001) baseia-se no conceito de que o nível crítico corresponde ao teor do nutriente que está associado com 90% da capacidade produtiva máxima de uma cultura. Assim, esse critério é adotado no próximo passo para obter o NC, em que o cálculo consiste no produto da relação entre os valores críticos da produtividade máxima (P(90)) e o do quociente Q (Q(90)) (Equação 2).

Para se obter esses valores críticos, é necessário calcular a média e o desvio-padrão para as produtividades (x_p e s_p , respectivamente) e para os valores de quocientes Q (x_q e s_q , respectivamente). Assim, a Equação 2 é simplificada na Equação 3, em que, P(90) é igual a $1,281552s_p + x_p$; Q(90) é igual a $1,281552s_q + x_q$; e 1,281552 corresponde ao valor da Tabela Z, que representa 90% dos dados.

$$Q = (P/n) \quad [1]$$

$$NC = P(90)/Q(90) \quad [2]$$

$$NC = [(1,281552sp + xp) / (1,281552sq + xq)] \quad [3]$$

A última premissa adotada pelos autores é que os dados devem apresentar normalidade de distribuição para serem adotados nos cálculos, caso contrário deve-se adotar a transformação logarítmica ou por raiz quadrada, como demonstrado por Maia et al. (2001).

Desde que desenvolvida em 2001, a metodologia foi empregada para obtenção de NC foliares em laranjeiras (CAMACHO et al., 2012), cana-de-açúcar (SANTOS; DONHA; MAGNO, 2013), palma-de-óleo (MATOS; FERNANDES; WADT, 2016) e, de modo inovador, foi usada para obter valores de NCs para cada atributo químicos do solo (pH, MO, P, Ca, Mg e V) (SOUZA et al., 2014). Ainda, os processos de cálculos foram demonstrados passo a passo em planilha eletrônica, a partir de dados de cafeeiros canéfora do Estado de Rondônia, por Traspadini et al. (2014).

Em lavouras comerciais de cana-de-açúcar foi comparado, por Santos, Donha e Magno (2013), os níveis críticos obtidos pelo Método da Distribuição Normal Reduzida com faixas de suficiência (FS) obtidas pelos métodos DRIS e CND para os nutrientes N, P, K, Ca, Mg, S, Cu, Mn e Zn. Obteve-se que os NC_{DNR} esteve sempre dentro das FS determinadas pelos métodos DRIS e CND, exceto para as faixas de Ca e Mn, pelos índices DRIS.

De modo semelhante, Camacho et al. (2012) compararam os níveis críticos pelo método NC_{DNR} com as FS, pelos métodos DRIS e CND, e com valores da literatura (não identificado) para os nutrientes N, P, K, Ca, Mg, Fe, Mn, Zn e Cu, em lavouras de laranja “Pera”. Assim como demonstrado por Santos, Donha e Magno (2013), o NC_{DNR} estavam dentro das FS obtidos pelos métodos DRIS e CND. Mas, ao comparar os NC_{DNR} , com os valores da literatura, todos se encontravam abaixo da FS, excetuando somente para Mg e Zn, que estavam acima e no limite da faixa, respectivamente.

Diante desses resultados, alguns autores (CAMACHO et al., 2012; SANTOS; DONHA; MAGNO, 2013 e SOUZA et al., 2014) recomendaram o uso da DNR para determinar o NC_R .

Porém, o NC tem sido criticado por não contabilizar as interações de nutrientes, uma vez que várias interações duplas foram identificadas em plantas (MARSCHNER; RÖMHELD; KISSEL, 1986), enquanto os métodos DRIS e CND adotam o balanço entre os nutrientes.

2.3 Sistema Integrado de Diagnose e Recomendação

O método DRIS pode ser considerado como a primeira tentativa para analisar o espaço composicional dos resultados analíticos da folha (PARENT, 2011).

Ao desenvolver o método, no ano de 1973, Beaufils tinha como principal ideia reproduzir as condições de campo em uma sala de informática, de forma idêntica ao que seria possível em laboratório, de modo que se tornasse viável analisar simultaneamente a influência específica de um grande número de plantas e os fatores externos e internos que influem em seu rendimento, a partir de conjuntos de dados restritos ou irrestritos, pré-selecionados, de condições desejáveis (BEAUFILS, 1973).

Assim, os resultados e as conclusões obtidos pelas pesquisas na sala de informática seriam sequencialmente ampliados para as condições de campo, e essas informações seriam mantidas para alimentar ou enriquecer o banco de dados com novas informações (BEAUFILS, 1973).

A aplicação dessa técnica traria melhorias no campo científico, associado a algumas vantagens como: o aumento da flexibilidade e da rapidez em realizar trabalhos, trazendo economia de tempo e dinheiro; a possibilidade de observar, estudar e corrigir problemas em tempo hábil ou instantaneamente; e ainda, ilimitada possibilidade para aprofundar nas pesquisas e ampliar a aplicação dos resultados (BEAUFILS, 1973).

O método foi proposto com a finalidade de minimizar as limitações que os métodos existentes apresentavam até o momento. Essas limitações estão listadas abaixo, conforme descrito por Beaufils (1973).

- A) Os fatores de tratamento envolvidos em experimentos, geralmente, não são isolados ou independentes; por exemplo, o fósforo é combinado como fosfatos.
- B) Os nutrientes não agem de imediato sobre a planta, pois sofre interações com o solo e com diversos fatores desconhecidos. Portanto, não se pode, em regra, estabelecer uma relação causal específica e clara do efeito entre cada fator de tratamento do solo e a resposta da planta ou da produtividade;
- C) Os resultados são obtidos para condições específicas de um local, que normalmente não são reproduzidas em outros locais em tempo hábil, pois o espaço e o tempo necessários para a replicação do experimento de campo tornam-se muito onerosos e demorados.

As limitações acima referidas podem tanto confundir os resultados, como restringir a experimentação, e, portanto, uma proporção sublinhada de ensaios de campo torna inútil senão enganosa.

Assim, aplicando o método DRIS, valores de referência podem ser obtidos a partir de uma base de dados mais rápida e flexível, segura e ampliada, podendo ser utilizada em condições sem restrição alguma, como em qualquer fase do desenvolvimento da planta, desde que possua boa representatividade no banco de dados (BEAUFILS, 1973).

Os cálculos DRIS consistem inicialmente em relacionar os nutrientes analisados, na planta ou no tecido, par a par. Ou seja, relacionar diretamente cada nutriente com todos os demais, de modo direto (A/B) e inverso (B/A). Por isso, permite minimizar os efeitos de diluição ou concentração de nutrientes nas amostras, resultantes do maior ou do menor acúmulo de matéria vegetal seca, por basear-se no equilíbrio das relações entre os nutrientes (KURIHARA; MAEDA; ALVAREZ, 2005).

Posteriormente, é feito o cálculo da função DRIS, que poder ser realizado de duas formas (Equações 4 e 5), conforme descrito por Jones (1982).

Quando: $S_i > M_i$,

$$F_i = ((S_i/M_i - 1)/(0.01 CV_i)) \quad [4]$$

Quando: $S_i < M_i$,

$$F_i = (1 - (M_i/S_i))/(0.01 CV_i) \quad [5]$$

Em que: M_i é a média das relações da população desejável (referência); S_i é o valor de uma relação qualquer (que deseja diagnosticar); CV é o coeficiente de variação (isto é, o desvio-padrão dividido pela média das amostras de referência), e 0,01 é um fator de sensibilidade (K), ou, como descrito por Parent (2011), é um fator para reduzir o número de casas decimais.

Assim, o valor da função F_i depende se o valor de S_i é maior ou menor do que o valor de M_i , sendo negativo ou positivo, respectivamente, ou próximo a zero, quando mais próximo o valor da amostra for do valor de referência (JONES, 1981). Quanto mais próximo estiver de zero, mais equilibrado o estado nutricional da amostra avaliada.

Os índices DRIS são obtidos pela soma de todas as funções das relações (F_i) possíveis de um nutriente (direta e inversa), dividido pelo número de funções de relações que entraram no somatório(n) (Equação 6).

$$\text{Índice DRIS} = [F_i(A/B) + \dots + F_i(A/Z)]/n \quad [6]$$

Sempre que o valor de uma amostra for muito baixo ou muito alto, a produtividade será afetada diretamente. Porém, mesmo que o valor se aproxime de zero, ainda podem obter baixos rendimentos, devido a um fator desconhecido (JONES, 1981).

2.3.1 Composição do banco de dados

De acordo com Sumner (1977), o DRIS difere radicalmente da abordagem clássica, pois, o banco de dados constitui do monitoramento de lavouras comerciais e, além disso, inclui informações de pequenas parcelas experimentais da área de cultivo. Cada ponto de amostragem é análogo a uma parcela experimental. O método DRIS baseia-se em um grande número de

observações, e pode ser visualizado como um grande experimento fatorial, em que todos os fatores atuam sobre o desempenho da cultura (BEAUFILS, 1973; SUMNER, 1977; RODRIGUEZ; RODRIGUEZ, 2002).

Para Serra et al. (2013), o banco de dados, a compor os cálculos do método DRIS, pode ser obtido de ampla variação nas condições ambientais e utilizar lavouras comerciais e experimentais, não havendo necessidade de controle, ou podem ser específicos para determinada condição ou espaço geográfico.

Independente de como o banco de dados é formado, o ideal é que haja uma quantidade relativamente grande de informações sobre o fator a ser analisado (BEAUFILS, 1973; MAIA; MORAIS; OLIVEIRA, 2001).

Isso se aplica ao método CND, que originou-se do método DRIS e segue alguns de seus princípios, como o de usar lavouras comerciais ao invés de apenas ensaios de calibração.

2.3.2 Critérios de seleção das relações bivariadas

De acordo com Beaufils (1973), a produtividade máxima de uma cultura somente ocorre quando valores de relações importantes se aproximarem do valor ótimo (valor médio das proporções numa população de referência) e que, nessas condições, a variância de uma importante relação é menor na população de alta do que na de baixa produtividade (JONES, 1981)

Um dos conceitos mais importantes do DRIS é que alguns parâmetros (relação entre nutrientes) são fatores importantes que influenciam na produtividade, enquanto outros têm pouca ou nenhuma influência sobre o mesmo. Parâmetros importantes são aqueles que apresentam maior razão entre as variâncias das populações de baixa e de alta produtividade (BEAUFILS, 1973). E esses parâmetros devem ser selecionados.

Seguindo esses conceitos, critérios de seleção das relações importantes para compor o índice DRIS foram originados, e denominados de Teste F, e Razão das Variâncias.

2.3.2.1 Teste F

O critério do Teste F foi desenvolvido por Jones (1981) e consiste em selecionar o parâmetro que tem maior variância entre a população de baixa para a de alta produtividade, tendo por base um valor tabelado como limite (F tabelado) (JONES, 1981).

Esse critério foi adotado em trabalhos desenvolvidos para cana-de-açúcar (JONES, 1981), cafeeiro (WADT et al., 1999) e para cupuaçueiros (DIAS et al., 2010).

2.3.2.2 Razão das Variâncias

O critério denominado de Razão das Variâncias também é chamado de Maior F, e foi proposto por Walworth e Sumner (1987). Recebe esses nomes porque o processo de obter a razão das variâncias é idêntico ao processo para obter o valor F, diferindo do método anterior pelo fato de que não se compara com o valor F tabelado.

A Razão das Variâncias é obtida pela divisão da variância das relações entre nutrientes das lavouras de baixa para alta produtividade. Então, compara-se esse valor da relação direta com o valor da relação inversa e seleciona-se aquele que for superior (WALWORTH; SUMNER, 1987).

Esse critério foi utilizado na cultura da soja (HOOGERHEIDE, 2005), arroz irrigado (GUINDANI; ANGHINONI; NACHTIGALL, 2009), cafeeiro (MAIA, 2012), algodoeiro (SERRA et al., 2013), tomateiro (SCUCUGLIA; CRESTE, 2015), em videira (TEIXEIRA et al., 2015) e em coqueiro (SALDANHA et al., 2015).

Ainda, é possível que nenhum critério seja adotado para selecionar e, então, todas as relações possíveis são consideradas no cálculo do índice DRIS (WADT et al., 1999).

Um estudo realizado por Mourão Filho e Azevedo (2003), com três porta-enxerto de Laranjeira “Valência”, comparou dois critérios de seleção das relações para os cálculos dos índices DRIS: Valor R (NICK, 1998) e Valor F (WALWORTH; SUMNER, 1987) e concluiu que o critério do valor R mostra-se mais eficiente que o valor F para a escolha da ordem da razão dos nutrientes

para a laranjeira Caipira e Trifoliata, e o valor F foi mais eficiente que o R para o limoeiro Cravo.

Em lavouras monitoradas de cafeeiro, Partelli et al. (2006) realizaram um estudo comparando diagnoses nutricionais pelos métodos DRIS e DRIS-M, sob quatro critérios de seleção das relações de nutrientes a serem utilizados no diagnóstico: todas as relações entre nutrientes; relações com maior razão de variância; relações com menor coeficiente de variação; e relação maior que um. Obtiveram que pelo teste do qui-quadrado, não houve diferença entre esses quatro critérios adotados para nenhum dos métodos de diagnose.

Esses trabalhos chegaram a resultados controversos, e mesmo que fossem concordantes, nenhum deles teve sua eficiência comprovada.

2.3.3 Transformação Logarítmica das relações bivariadas (DRIS)

A transformação logarítmica dos dados é um procedimento proposto por Beverly (1987), que tem a função de melhorar os padrões de distribuição das razões de concentrações dos nutrientes. Assim, possibilita que seja produzida a mesma variação em duas proporções entre nutriente, ou seja, a relação, entre dois nutrientes, a inversa é idêntica à relação inversa, porém uma negativa e outra positiva, em que $\log(X / Y) = -\log(Y / X)$ (AITCHISON, 1990). Diante disso, somente uma das relações pode ser usada no cálculo do índice DRIS.

2.4 Diagnose da Composição Nutricional

O método CND, desenvolvido por Parent e Dafir (1992), foi baseado na análise de dados de composição e na análise de componentes desenvolvidos por Aitchison (1982 e 1986), e em outros trabalhos desenvolvidos por Holland (1966) e Beverly (1987).

Foi verificado por Beverly (1987) que, quando é realizada a transformação logarítmica dos dados, esses tendem a apresentar melhor distribuição dos índices de nutrientes para gerar normas DRIS. Semelhantemente, Holland (1966) observou que, com o uso da transformação logarítmica, para linearizar as funções de dados originais, poderia melhorar a

compreensão da composição da folha, em comparação com qualquer ferramenta de diagnóstico uni e bivariado.

Ainda, de acordo com Aitchison (1986), todos os valores relativos dos componentes da análise de qualquer material totalizam-se a 1 (fração) ou a 100% (porcentagem) e que esse “todo” (1) é constituído pelo componente que tem conhecimento e por aqueles que são desconhecidos (R) (Equação 6).

$$S^R = [(X_1, \dots, X_R) : X_1 > 0, \dots, X_R > 0; X_1 + \dots + X_R = 1] \quad [6]$$

Nesta equação, dois fatores devem ser considerados: o primeiro é que, na fórmula, os componentes não conhecidos podem ser obtidos pela subtração da soma dos valores conhecidos a 1 ($R = 1 - \sum x_i$). Outro fator que deve ser considerado é garantir que os dados utilizados apresentem a mesma unidade para não haver erros de desproporção entre os nutrientes e sua representatividade no conteúdo total.

Além disso, Aitchison (1986) considera que há dependência entre os dados relativos da composição, uma vez que qualquer variação, em qualquer uma das partes de um todo, deve afetar os valores relativos de outras partes do conjunto.

Diante dessas informações, Parente e Dafir (1992), chegaram à equação que garante que todos os componentes sejam, simultaneamente, chamados de média geométrica. Que é produto de todos os membros do conjunto elevado a um, dividido pelo inverso do número de membros ($1/n$), onde, n é o número de nutrientes avaliados mais 1, cujo representa o R (Equação 8).

$$g(x) = (X_1 * \dots * X_R)^{(1/n)} \quad [8]$$

A noção de interação entre os nutrientes, descrita matematicamente acima, pode ser expandida para todos os componentes dos dados de composição, corrigindo qualquer nutriente (X_i) com a média geométrica ($g(x)$) de todos os nutrientes do banco de dados. Essa correção ocorre no processo denominado de Variáveis Multinutriente (Z_i), que consiste na logaritmização do quociente entre a concentração de cada nutriente (X_i) e a média geométrica ($g(x)$) (Equação 9).

$$Z_i = \log[X_i/g(X)] \quad [9]$$

A norma nutricional de referência é a média (z_i) e o desvio-padrão (s_{z_i}) dos valores de Z_i obtidos às amostras de alta produtividade. O diagnóstico das amostras de baixa produtividade é obtido ao relacionar Z_i com as normas (Equação 10).

$$I_{z_i} = (Z_i - z_i)/s_{z_i} \quad [10]$$

Assim, conforme descrito por Parent e Dafir (1992), o índice CND (I_{z_i}) consiste na distância entre determinado nutriente (X_i) de sua média geométrica $g(x)$ (Z_i), em relação a distância entre ele e a média geométrica $g(x)$ da população de referência (z_i e s_{z_i}). Quanto mais próximo a zero for o resultado, mais equilibrada estará a amostra diagnosticada.

Tanto no DRIS como no CND, é possível verificar a ordem de limitação dos nutrientes, pois os nutrientes com índices mais negativos são os mais limitantes, e aqueles com índices mais positivos estarão sujeitos ao excesso. Quando o índice do nutriente é negativo e positivo, mas se aproxima de zero, ou quando igual a zero, indica suficiência nutricional.

2.5 Teste de eficiência dos valores de referência

De acordo com Beverly e Hallmark (1992), a diagnose do estado nutricional incorreto conduz à aplicação desnecessária de nutrientes, ou à não aplicação, quando os mesmos são requeridos pela planta e o fornecimento resultaria em ganhos produtivos da cultura. Assim, demonstra a necessidade de testar a acurácia dos diagnósticos obtidos pelos métodos interpretativos, a fim de verificar essas falhas.

De acordo com Teixeira et al. (2015), o ideal é que normas preliminares desenvolvidas, independentemente do método, sejam validadas e comprovada a acurácia. Porém, raramente isso é realizado nos valores de referência desenvolvidos para culturas de importância econômica. E quando o fazem, adotam medidas que julgam suficientes, porém, na realidade, são consideradas inadequadas por comprovar a real eficiência de um método de diagnose

(WADT et al., 2016), e esses valores de referência são usados de forma indiscriminada e arbitrariamente.

Com a necessidade de obter um método eficaz e satisfatório para testar a eficiência dos métodos de diagnose e seus valores de referência, foi desenvolvido, por Beverly e Hallmark (1992), o método denominado de *Prescient Diagnostic Analysis* ou, como conhecido atualmente, de método da acurácia (WADT; LEMOS, 2010; WADT et al., 2016). O método consiste em confrontar os diagnósticos com a resposta na produtividade da planta a partir do fornecimento do mesmo nutriente (BEVERLY; HALLMARK, 1992).

2.6 Prescient Diagnostic Analysis

O primeiro passo ao aplicar essa metodologia é identificar os diagnósticos corretos e os falsos com base na resposta da planta, em forma de aumento na produtividade com a aplicação do nutriente avaliado, enquanto os demais são mantidos constantes (BEVERLY; HALLMARK, 1992). É considerado pelo autor que apenas os acréscimos ou decréscimos na produtividade da cultura acima de 10% seriam considerados minimamente como alteração da produtividade e entrariam no cálculo.

Seguindo a metodologia proposta por Beverly (1992), a planta foi considerada como verdadeiramente deficiente (deficiência fisiológica) de B quando o fornecimento deste nutriente, em relação a uma situação-controle, resultou em acréscimo na produtividade. Neste caso, diagnósticos de deficiência foram considerados verdadeiros se houve aumento da produtividade com a adição do nutriente (V_{DEF}) e falsos quando não houve aumento da produtividade (F_{DEF}). Por outro lado, quando a planta não aumentou a produtividade com a aplicação do nutriente, essa foi considerada como em estado de verdadeira suficiência (suficiência fisiológica). Neste caso, o diagnóstico de suficiência foi considerado como verdadeiro se a aplicação de B não aumentou a produtividade (V_{SUF}), e foi considerado falso se houve aumento da produtividade (F_{SUF}) (Tabela 1).

O ideal de um método de interpretação é que diminuam os casos de falsos diagnósticos e maximizem os verdadeiros diagnósticos. Porém, é

impossível eliminar totalmente os falsos diagnósticos, pois está sujeito a erros experimentais ou a fatores não experimentais (BEVERLY; HALLMARK, 1992).

Tabela 1 Esquema de classificação para os diagnósticos de nutrientes (BEVERLY; HALLMARK, 1992).

Classificação do diagnóstico	Código	Resposta do rendimento	Implicação
Verdadeira Deficiência	V _{DEF}	Sim	Aplicação do fertilizante, incremento na produção.
Falsa Deficiência	F _{DEF}	Não	Fertilizantes aplicados desnecessariamente.
Verdadeira Suficiência	V _{SUF}	Não	Nenhum fertilizante deve ser aplicado.
Falsa Suficiência	F _{SUF}	Sim	Fertilizantes necessários, mas não aplicados. Oportunidade perdida de produção.

Adaptado de Beverly e Hallmark (1992)

A produtividade diminui quando os diagnósticos são falsos, por dois motivos principais. Quando ocorrem diagnósticos de falsa suficiência, a produtividade não aumenta, pois o nutriente que estava deficiente não foi aplicado devido ao diagnóstico falso. Por outro lado, em casos de falsa deficiência, o nutriente é aplicado quando, na verdade, já estava em condições adequadas e isso pode manter a produtividade ou, na pior das hipóteses, diminuir a produtividade por efeito de toxidez na planta ou por influência na absorção de outros nutrientes exigidos pela planta. Neste último caso, além de diminuir os ganhos econômicos ao produtor, pode ocasionar danos ao meio ambiente devido à aplicação em excesso de algumas fontes de nutriente (BEVERLY; HALLMARK, 1992).

Com base na contagem do número de casos das quatro possibilidades de diagnóstico (Tabela 2), são calculadas três medidas para testar a eficiência dos métodos de interpretação: acurácia total; razão de deficiência, e o incremento líquido da produtividade (BEVERLY; HALLMARK, 1992).

A acurácia consistiu na soma do percentual de casos com verdadeiro diagnóstico e foi obtida pela Equação 10. A razão de deficiência (RD) consistiu no percentual de diagnósticos verdadeiros em relação ao total de diagnósticos de insuficiência, e foi obtida pela equação 11.

Tabela 2 Diagnoses pelo método e o verdadeiro estado nutricional fisiológico da cultura.

Contagem do número de casos	Estado nutricional fisiológico		Subtotais
	Responsivo	Não responsivo	
Deficiente	V_{DEF}	F_{DEF}	Σ_{DEF}
Suficiente	F_{SUF}	V_{SUF}	Σ_{SUF}
Subtotais	ΣR	ΣNR	$\Sigma\Sigma_{TOTAL}$

V_{DEF} Verdadeira deficiência, F_{DEF} Falsa deficiência, F_{SUF} Falsa suficiência, V_{SUF} Verdadeira suficiência, Σ_{DEF} Somatório de deficiência, Σ_{SUF} Somatório de suficiência, ΣR Somatório dos casos responsivos, ΣNR Somatório dos casos não responsivos, $\Sigma\Sigma_{TOTAL}$ somatório total.

O ideal é que a acurácia seja acima de 50%, e a razão de deficiência seja acima 1 (BEVERLY; HALLMARK, 1992). Em ambos os casos, valores abaixo disso indicam que os diagnósticos falsos prevalecem aos diagnósticos corretos, caso que deve ser evitado. Para o incremento líquido, qualquer ganho produtivo é considerado válido pelos autores do método.

$$Acc = [(V_{Def}) + (V_{Suf})] \quad [10]$$

$$RD = [(\%V_{Def})/(\%V_{Suf})] \quad [11]$$

$$Incremento = |P_{V_{DEF}}| + |P_{V_{SUF}}| - |P_{F_{DEF}}| - |P_{F_{SUF}}| \quad [12]$$

O incremento líquido da produtividade foi obtido pela equação 15. Em que, P é a produção acrescida ou decrescida relacionado a cada possibilidade de caso. Onde, soma ou subtrai a produtividade relacionada aos verdadeiros e aos falsos diagnósticos, respectivamente.

De acordo com Beverly (1993b), os cálculos da acurácia e a razão de deficiência não são completamente satisfatórios para avaliar os métodos de diagnose nutricional, e isso se deve ao fato do número de casos de deficiências ser diferente de o número de casos de suficiências. Além disso, a acurácia dos métodos de diagnose, quando diz respeito a estes dois casos, também não será a mesma. Beverly (1993b) exemplifica que um método que diagnostica de forma correta muitos casos suficientes, porém menos ou nenhum caso de

deficiência, teria elevada acurácia, mesmo que tenha falhado no objetivo primário da diagnose nutricional, que é identificar casos de deficiência.

Com base nisso, foram introduzidos ao método dois cálculos adicionais para distinguir entre a acurácia de suficiência (AccSuf) e a acurácia de deficiência (AccDef), os quais são utilizados na equação da razão de eficiência (RE) (Equações 13,14 e 15, respectivamente).

$$\text{AccDef} = [100 \times V_{\text{DEF}} / \sum \text{DEF}] \quad [13]$$

$$\text{AccSuf} = [100 \times V_{\text{SUF}} / \sum \text{SUF}] \quad [14]$$

$$\text{RE} = [\text{AccDef} / (\text{AccDef} + 100 - \text{AccSuf}) \times \text{AccDef}] \quad [15]$$

A AccDef e a AccSuf consistem no percentual da relação entre os acertos e os casos totais para cada caso específico de diagnose (deficiência e suficiência). A RE assemelha-se à razão de deficiência, mas, neste caso, considera e compensa a distribuição desproporcional do número de casos de deficiência e suficiência (BEVERLY, 1993b).

2.6.1 Aplicação do Método da acurácia

Apesar da importância de comprovar a eficiência de uma metodologia de diagnose nutricional, o método da acurácia apresentado no item anterior, foi pouco empregado nos trabalhos publicados atualmente (BEVERLY, 1992; BEVERLY, 1993a; BEVERLY, 1993b; TEIXEIRA; SANTOS; BATAGLIA, 2002; MARTINS, 2015).

Em Citrus, Bervely (1992) testou a eficiência dos métodos da FS e o DRIS, em que confrontou os diagnósticos obtidos para os nutrientes N, P e K com a resposta no rendimento da cultura. Obteve acurácia para o método da FS de 75%, 90% e 60% para N, P e K. Quanto ao método DRIS, a acurácia foi inferior, de 50% (N e P) e 60% (K), enquanto para a razão de deficiência, para a FS, foi de 1(N e P) e 1,5 (K), e para o DRIS, <1 (N e P) e 1,5 (K).

Com relação ao incremento líquido da produtividade, a FS foi superior, com cerca de 120 kg por planta nos diagnóstico de N e P, devido principalmente ao diagnóstico de F_{SUF}. O método DRIS apresentou acréscimo

da produtividade apenas para o K, enquanto para N e P houve decréscimo de 82 e 9 kg por planta, respectivamente. Isso está associado principalmente a F_{SUF} . Ambos os métodos apresentaram rendimento de 500 kg/planta para K, associado principalmente ao V_{DEF} .

Os métodos DRIS e FS também foram testados para as culturas de milho, trigo e alfafa (BEVERLY, 1993a), em que os diagnósticos dos nutrientes N, P, K e S foram confrontados com a resposta no rendimento dessas culturas.

Os resultados obtidos para o trigo consistem: Os métodos DRIS obtiveram valores de acurácia variando entre 80 e 90% para N, P e S, excetuando o K, com 67%. O método FS apresentou acurácia variando de 67 a 90% para N, P e K, excetuando o S, com 44% de acurácia. A razão de deficiência variou entre 1,5 a 6,1 e 1,5 a 7,0 para o método DRIS e FS, respectivamente. A resposta do rendimento líquido foi superior pelo método DRIS, (25,3 g/vaso) comparado a FS (14,9 g/vaso). Essa redução pela FS está associada aos casos de verdadeiro equilíbrio e baixa ineficiência em diagnosticar os casos de deficiência do enxofre.

Em milho, os resultados encontrados consistem em: A acurácia dos diagnósticos de N, P, K e S foram 54; 100; 83 e 45 % e 60; 93; 100 e 63% pelos métodos DRIS e FS, respectivamente, em que, para ambos os métodos, o N e o S demonstraram menor acurácia. A razão de deficiência foi de 0,8 para o DRIS e variou de 1,2 a 1,6 para a FS. A resposta do rendimento total foi de 46,03 e 77,66 para DRIS e FS, respectivamente, sendo que os nutrientes que menos contribuíram em rendimentos foram o N e o S para o método DRIS, devido, principalmente, a essa menor acurácia demonstrada anteriormente.

Pode-se observar com os resultados demonstrados para milho e trigo, por Beverly (1993a), que a acurácia de um método de diagnose, que está intimamente associada ao incremento líquido da produtividade, pode variar de acordo com a cultura, mostrando a necessidade de se testar a acurácia de cada valor de referência obtido para qualquer método e cultura, mesmo que seja esperada uma interação não apenas entre cultura, mas também entre as condições edafoclimáticas,

Cabe observar que, no trabalho desenvolvido por Beverly (1993a), nas ocorrências em que o nutriente só apresentou casos de diagnósticos V_{DEF} e nenhum caso de F_{DEF} , no momento do cálculo da razão de deficiência ($\%V_{DEF}/\%F_{DEF}$), nenhum valor foi colocado na tabela, já que, neste caso, o resultado do cálculo é zero. Mas, na verdade, nessa condição, o correto seria atribuir 100%, já que não houve falha no diagnóstico, mas, sim, no método.

Em bananeira, Teixeira, Santos e Bataglia (2002) utilizaram o método da acurácia para avaliar o desempenho de diagnósticos nutricionais para N e K estabelecidos a partir do critério de NC e DRIS. Encontraram, para os diagnósticos de K, desempenho equivalente entre os métodos NC e DRIS, com acurácia de 63%, razão de deficiências de 1,63 e incremento líquido da produtividade de 70 t ha^{-1} de banana.

Enquanto para os diagnósticos de N, o desempenho do DRIS foi superior ao critério de NC em todos os critérios analisados. O método DRIS apresentou acurácia de 69%, enquanto o NC, de 48%. Segundo os autores, isso se deve ao elevado percentual de diagnósticos de deficiência que não se confirmaram com aplicação de fertilizante nitrogenado (F_{DEF}). Entre as situações nas quais se diagnosticou deficiência de N por meio do DRIS, houve mais diagnósticos verdadeiros do que falsos, na proporção de 1,5:1 e pelo método NC, a proporção foi menor que 1. Esses fatores que atribuíram a resposta do rendimento líquido de 124 e 20 t ha^{-1} de banana, para os métodos DRIS e NC, respectivamente.

Em soja, Beverly (1993b) verificou a eficiência de diagnósticos de N, P e K obtidos por duas abordagens do método DRIS ($DRIS < 0$ e $DRIS < MS$) e pela FS, com cinco e dez semanas de amostragem de soja. Os resultados mostraram que todas as metodologias levaram a um incremento líquido produtivo negativo, excetuando somente os diagnósticos com amostragem de cinco semanas, por meio do $DRIS < 0$, com incremento de 4.050 kg ha^{-1} de soja, que apresentou razão de eficiência entre 30 e 50%. O método que apresentou maior redução no incremento foi o método FS, para cinco semanas de amostragem, com $-6.130 \text{ kg ha}^{-1}$ de soja, que apresentaram razão de eficiência igual a zero, aos três nutrientes avaliados. De acordo com Beverly (1993b), esses mesmos resultados poderiam ser atingidos com a adição dos nutrientes

em todas as lavouras, e assim se reduziriam tempo e recursos para os diagnósticos.

3 MATERIAL E MÉTODOS

O trabalho de pesquisa consistiu em dois estudos independentes, sendo um o monitoramento nutricional de 140 lavouras comerciais e o outro consistiu no ensaio de calibração com doses de B foliar, ambos realizados na cultura da soja, em Latossolo Vermelho-Amarelo, no município de Chapadão do Sul, no Estado do Mato Grosso do Sul. O clima da região é caracterizado, segundo Köppen, como do tipo tropical úmido (Aw), com estação chuvosa no verão e seca no inverno, e precipitação média anual de 1.850 mm.

No primeiro, foi realizado o monitoramento nutricional de 140 lavouras comerciais de soja distribuídas em várias áreas de cultivo no município, contendo as cultivares P98Y30, W791, M7739, CANCHEIRO, TEC7849, N7737, DESAFIO, M9144, SYN1288, BG4184, M7339 IPRO, AS3797 IPRO, M8210 IPRO, NS7670 e 98Y52. Em cada lavoura comercial, foi delimitada área de um hectare para a amostragem foliar e obter a produtividade.

No segundo estudo, foi instalado um ensaio de calibração em área experimental da Fundação Chapadão do Sul, adotando-se delineamento experimental em blocos casualizados, com cinco doses de boro: 0; 300; 600; 1.200 e 1.800 g ha⁻¹ de B, na forma de ácido bórico, e cinco repetições.

Neste ensaio, foi cultivada a soja cv. Desafio, com o plantio tendo sido realizado no dia 24-11- 2015, em solo com baixo teor de B (0,32 mg dm⁻³) (SOUZA; LOBATO, 2004), com extrator de água quente sob refluxo (BH₂O) (BERGER; TRUOG, 1939). No sulco de semeadura, foram aplicados 115 kg ha⁻¹ de MAP (11-52-00) e 100 kg ha⁻¹ de KCl em pré-semeadura, a lanço. Cada parcela experimental possuía 11,0 e 3,1 metros de comprimento e de largura, respectivamente, com sete linhas de plantio, sendo consideradas como úteis, para avaliar, as três linhas centrais. A área total do experimento foi de 863,5 m².

A dose de cada tratamento foi realizada em três aplicações foliares, que corresponderam a duas aplicações na fase vegetativa (V2 e V5) e uma aplicação no início do florescimento (R1), realizando-se a amostragem foliar 10 dias após a última aplicação de B. As aplicações foram realizadas no período da manhã, com temperatura próxima a 25°C, a umidade relativa do ar próximo a 80% e a velocidade do vento próximo a 7 km/h, que são consideradas adequadas (EMBRAPA, 2005). Para realizar o processo, foi utilizado pulverizador bomba de CO₂, com volume de calda de 150 L ha⁻¹, contendo 0,15% de surfactante (Triton X-114) e 1% de ureia, com a finalidade de melhorar a absorção do micronutriente.

Em ambos os estudos da pesquisa (na unidade comercial e na área útil da parcela), realizou-se amostragem de 25 folhas, feita aleatoriamente, a partir da coleta da 3ª folha com pecíolo, completamente expandida, no período de início do florescimento da planta (MALAVOLTA; VITTI; OLIVEIRA, 1997).

As folhas amostradas no experimento e de lavouras comerciais foram passadas em água deionizada, solução detergente (0,1%), solução ácido clorídrico (0,3%) e novamente em água deionizada. Posteriormente, foram secadas em estufa de circulação forçada em 60 a 70 °C até atingir peso constante, foram moídas e determinados os teores de N, P, K, Ca, Mg, S, Cu, Fe, Mn, Zn e B (BATAGLIA et al., 1983).

A colheita foi mecanizada e realizada em 05-04-2016, obtendo-se a produtividade (sacas por ha) dos talhões. Em cada parcela da área experimental, foram amostradas três linhas de cultivo, cada qual contendo oito metros, e delas estimadas as produtividades.

3.1 Valores de referência

Para o cálculo do DRIS, CND e DRN, foi usado o conjunto de dados das amostras comerciais e das parcelas experimentais (RODRIGUEZ; RODRIGUEZ, 2002).

Os teores foliares de todos os nutrientes e a produtividade das amostras foram usados para calcular os índices DRIS e CND. O teor de B e a produtividade das amostras foram utilizados para determinar o NC_{DNR}.

Entretanto, para calcular NC_c , foram usados somente o teor de B e a produtividade das parcelas experimentais (25 amostras).

Nos cálculos para obter valores de referência pelo DRIS e CND, foram utilizadas somente as lavouras de referências (alta produtividade), sendo consideradas de alta produtividade, as lavouras que apresentavam produtividade acima da média produtiva mais 0,25 de seu desvio-padrão. Para o cálculo do NC_{DNR} foram usadas conjuntamente as lavouras de alta e baixa produtividade.

As funções intermediárias para gerar os índices nutricionais para o DRIS foram calculadas seguindo a fórmula proposta originalmente por Beaufils (1973) e também pela fórmula original de Beaufils (1973), com transformação logarítmica, conforme proposto por Beverly (1987).

Para a seleção das relações DRIS, que comporiam o cálculo dos índices DRIS, foi aplicado o critério do teste F (JONES, 1981), na fórmula original e log transformada. O F tabelado foi obtido usando 105 e 58 graus de liberdade, ao nível de significância de 5%. O valor do F calculado foi obtido pela razão entre a variância (S^2) das subpopulações de baixa para alta produtividade, para cada relação direta e inversa do B com os demais nutrientes.

Outro critério utilizando foi o da razão entre variância (WALWORTH; SUMNER, 1987), selecionando a maior razão de variância, entre as subpopulações de baixa para alta produtividade, da relação direta ($f(X/Y)$) e inversa ($f(Y/X)$) dos nutrientes, sem teste estatístico, apenas seleção. O terceiro critério adotado foi selecionar todas as relações nutricionais, independentemente de seu valor para o teste F (ALVAREZ; LEITE, 1999).

O cálculo do índice CND foi realizado conforme Parent e Dafir (1992), e, neste caso, não cabe nenhuma seleção de relações nutricionais, pois para cada nutriente existe apenas uma relação com a respectiva média geométrica dos teores nutricionais na amostra. O índice DRIS (IN_{DRIS}) e o índice CND (IN_{CND}) foram calculados pelo somatório das funções selecionadas e dividido pelo número de casos (BEAUFILS, 1973; PARENT; DAFIR, 1992). O IBN para ambos os métodos foi calculado pela soma do IN absoluto obtido para todos os

nutrientes (ALVAREZ; LEITE, 1999) e o IBNm corresponde à razão do IBN e ao número de casos (WADT, 1996).

O NC_{DNR} foi obtido conforme Maia, Morais e Oliveira (2001), usando a transformação logarítmica para normalizar os dados. O NCc foi obtido apenas para o boro, onde os teores do nutriente foram correlacionados com os valores de produtividade e foi ajustado na função quadrática (BRAGA, 1976), sendo considerado como NC o teor de boro que correspondeu a 90% da produtividade máxima obtida (BATAGLIA; DECHEN; SANTOS, 1992).

Os diagnósticos pelo NCc, o NC_{DRN} e o NC_R (SOUZA; LOBATO, 2004) foram obtidos pela comparação entre o teor das parcelas e o valor de referência, sendo as amostras com teores de B, abaixo ou acima do NC consideradas deficientes ou suficientes, respectivamente. Mas para os métodos DRIS e CND foi utilizado o Potencial de Resposta à Adubação - PRA (WADT, 1996), para realizar os diagnósticos das parcelas. A planta foi considerada equilibrada quando o índice de um nutriente (IN_{DRIS} ou IN_{CND}), em módulo, foi menor que o IBNm, ou quando o índice IN_{DRIS} ou IN_{CND} estava acima de zero. E foram consideradas deficientes as lavouras que apresentavam IN_{DRIS} ou IN_{CND} negativo e com seu módulo maior que o IBNm.

3.2 Qualidade dos prognósticos

A avaliação da qualidade dos prognósticos para o estado nutricional do B nas parcelas experimentais foi realizada pelo cálculo da acurácia, da razão de deficiência e do incremento líquido da produtividade, conforme Beverly e Hallmark (1992), e pelo cálculo da acurácia de deficiência e de suficiência, e a razão de eficiência (BEVERLY, 1993b). Salienta-se que a fórmula apresentada pelo último autor da referida publicação (p. 1439) indica inconsistência na apresentação da mesma fórmula em outras partes do trabalho referenciado.

Os diagnósticos de deficiência e suficiência obtidos pelos métodos DRIS, CND e NC (DNR, calibrado e da literatura) foram confrontados com a resposta da planta ao rendimento, com o fornecimento do nutriente diagnosticado (B). Sendo que apenas acréscimos ou decréscimos de 10% na

produtividade foram considerados como suficientes para realizar o confronto entre o diagnóstico e o rendimento (BEVERLY, 1992).

Os cálculos das medidas de acurácia: Acurácia Total, Acurácia de Deficiência e de Suficiência, Razão de Deficiência e a Razão de Eficiência foram obtidas pela contagem de casos de cada categoria (BEVERLY, 1992, 1993b; BEVERLY; HALLMARK, 1992). No cálculo da razão da deficiência, quando o valor F_{DEF} for igual a zero, o indicador não foi considerado indefinido como sugerido por Beverly (1992), mas sim com valor 1, uma vez que quando $F_{DEF} = 0$ e $V_{DEF} > 0$, o valor 1 reflete melhor a condição de eficiência do método em diagnosticar corretamente 100% dos casos de deficiência verdadeira.

O incremento líquido da produtividade foi obtido pela equação: $\text{Incremento} = |P_{V_{DEF}}| + |P_{V_{SUF}}| - |P_{F_{DEF}}| - |P_{F_{SUF}}|$. Em que: P é a produção acrescida ou decrescida, relacionada a cada possibilidade de caso. Em que, soma ou subtrai a produtividade relacionada aos verdadeiros e aos falsos diagnósticos, respectivamente (BEVERLY; HALLMARK, 1992).

Para os teores de boro e a produtividade das parcelas experimentais em função das doses de B aplicadas, foi realizada a análise de regressão, ao nível de 5% de probabilidade (ASSISTAT BETA 7.7).

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Para separar alta e baixa produtividade, foi empregado o critério de considerar como alta produtividade aquelas unidades com produtividade acima da média + 0,25 de desvio-padrão (Tabela 3). Com base na Tabela Z, isso corresponde à estimativa de que aproximadamente 40,1% das lavouras deveriam ser consideradas como de alta produtividade, ou a 66 unidades amostrais; portanto, o número de lavouras de alta produtividade foi, ligeiramente, inferior ao valor esperado. Do total de amostras consideradas como de alta produtividade (Tabela 3), dezenove eram parcelas do experimento de calibração.

Tabela 3 Média e Desvio Padrão do teor de B e da produtividade das subpopulações de baixa e alta produtividade e do total das amostras de cultivares, de soja, cultivadas em Chapadão do Sul – MS.

	Baixa	Alta	Total
	Média		
Teor de B (mg kg ⁻¹)	54,6	80,3	64,3
Produtividade (sacas por ha)	54,2	67,9	59,3
	Desvio-padrão		
Teor de B (mg kg ⁻¹)	17,9	55,8	38,7
Produtividade (sacas por ha)	7,2	6,9	9,7
Número de amostras	106	59	165

O teor médio de B e a produtividade na subpopulação de alta produtividade foram 32 e 20% superiores à subpopulação de baixa produtividade, e 20 e 13% superiores à média do conjunto dos dados, porém nota-se o maior desvio-padrão para a subpopulação de alta produtividade, principalmente para o teor de B, que, na prática, resulta em teores de B mais elevados do que os demonstrados na Tabela 3.

Teores foliares de B inferiores aos encontrados neste estudo foram obtidos por Urano et al. (2007), trabalhando com 111 amostras de lavouras comerciais, cultivadas sob semeadura direta, na região sul do Estado de Mato Grosso do Sul, durante o ano agrícola de 2001/2002. Os Autores obtiveram teor médio de 42,7 e 42,6 mg kg⁻¹, e teor máximo de 61,0 e 59,7 mg kg⁻¹ para as subpopulações de alta e baixa produtividade, respectivamente.

Essa diferença pode estar associada à aplicação de B, realizada nas amostras do experimento de calibração, já que o conjunto de dados foi formado de amostras de lavouras comerciais e experimentais, e não há informação da aplicação B nas lavouras do estudo citado acima (URANO et al., 2007).

No ensaio de calibração, houve efeito significativo para a dose de B sobre a produtividade e sobre os teores foliares da soja. O teor de B teve efeito linear crescente, obtendo teor máximo de 232 mg kg⁻¹ (Figura 1A). A produtividade teve efeito quadrático, obtendo, na dose de 1.450 g de B ha⁻¹, sua máxima produtiva de 75 sacas por ha (Figura 2A).

A produção máxima obtida nas lavouras comerciais foi de 59 sacas por ha, com o teor foliar de 63,3 mg kg⁻¹ de B (Figura 2B); de 76 sacas por ha, com a dose de 275,7 mg kg⁻¹ de B, nas parcelas experimentais (Figura 1C), e de 80 sacas por ha, com a dose de 325,3 mg kg⁻¹ de B, nas 165 amostras totais (Figura 1D). Houve aumento de 22% e 77%, na produtividade e nos teores de B, das amostras experimentais para as lavouras comerciais.

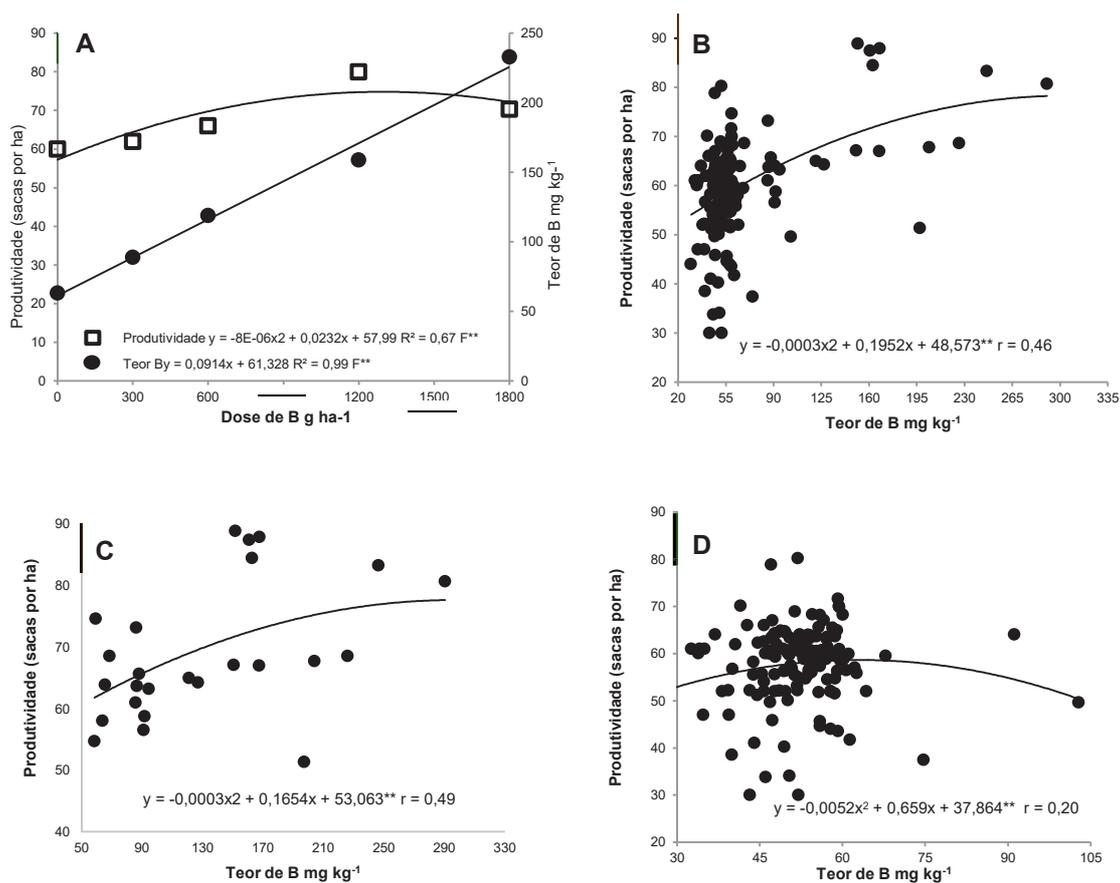


Figura 1 Influência de doses de boro, em aplicação foliar, no teor foliar e na produtividade (A); relação do teor foliar de boro com a produtividade das 165 amostras totais (B), das parcelas experimentais (C) e das lavouras comerciais (D), em cultivares de soja, em Chapadão do Sul-MS.

Apesar de ocorrer essa correlação positiva entre o teor e a produtividade, o aumento de 77% no teor de B, nas condições experimentais, pode estar associado ao acúmulo do nutriente e à dificuldade em se remover o B retido na cutícula foliar e, assim em superestimar seu valor na folha (BOARETTO; TIRITAN; MURAOKA, 1997).

Entretanto, o aumento no teor foliar de B na soja não deve ser ignorado, pois, Calonego et al. (2010) encontraram teores foliares de B de 114,8 mg kg⁻¹, com média mínima de 94,7 mg kg⁻¹ e média máxima de 131,7 mg kg⁻¹, para doses de até 2 kg B ha⁻¹.

O NC_C foi obtido por regressão quadrática (Figura 1C), determinando-se o teor de B correspondente a 90% da produtividade máxima. O teor do NC_C foi de 125 mg kg⁻¹, valor muito superior ao NC_R (21 mg kg⁻¹), para a cultura da soja, para regiões de Cerrado (SOUZA; LOBATO, 2004). Por outro lado, o valor do NC_{DNR}, que considerou tanto os dados das unidades experimentais como talhões comerciais, foi de 49 mg kg⁻¹, valor este ainda superior ao indicado pela literatura, porém, 39% inferior ao da calibração local.

A diferença obtida entre os valores de NC_{DNR} e de NC_R é esperada, embora, maior que os NCs comumente encontrados em outras culturas, como em uva, de 41,0 a 45 mg kg⁻¹, pelo método da DNR (TONIN et al., 2009) e referência (RAIJ et al., 1997), respectivamente; para cafeeiro, de 40,66 a 48 mg kg⁻¹, pelo método da DNR (MAIA et al., 2001) e de referência (BRAGANÇA; PREZOTTI; LANI, 2007), respectivamente; para laranja, de 27,4 a 36 mg kg⁻¹, pelo método da DNR (CAMACHO et al., 2012) e de referência (GPACC, 1996), respectivamente. Esses resultados, tanto para este trabalho, quanto para os acima citados, podem estar associados à diferença entre as cultivares, ao ano de realização do experimento e ao fato de que a NC_{DNR} utiliza lavouras comerciais, que apresentam maior variabilidade nos teores foliares.

Além disso, há diferença entre as calibrações do NC para soja, obtidas entre diferentes regiões, com as obtidas neste estudo. Como o NC de 20 mg kg⁻¹ para o Estado de Goiás (CFS-GO, 1988) e as FSs de 21 a 55 mg kg⁻¹ para o Estado do Paraná (EMBRAPA, 1999); de 40 a 60 mg kg⁻¹ para o Estado de Minas Gerais (RIBEIRO; GUIMARÃES; ALVAREZ, 1999), e de 21 a 55 mg kg⁻¹ para o Estado do São Paulo (RAIJ et al., 1997), todos com o mesmo procedimento de amostragem.

É possível notar que aumentou, em média, 500% o teor de NC_C obtido neste estudo em relação aos de outra região (CFS-GO, 1988; RAIJ et al., 1997; EMBRAPA, 1999; RIBEIRO; GUIMARÃES; ALVAREZ, 1999). Esse NC_C,

também, está acima de cada limite superior das FSs (NC para toxidez) citadas acima. Por último, nota-se que houve aumento na amplitude da FS, ou seja, com as doses crescentes de B utilizadas neste estudo não foi alcançado o NC de toxidez do nutriente, e a curva mantém-se estabilizada nas doses máximas (Figura 1C). Aumento na faixa de tolerância, também, foi observado para feijão, por Mariano et al. (2000), que obtiveram uma FS para B variando de 54 a 199 mg kg⁻¹.

Isso está associado às mudanças que ocorrem no sistema de produção da soja, como os materiais transgênicos, a semeadura direta e o incremento na produtividade, que estava em torno de 46 sacas por ha (EMBRAPA, 1999; RIBEIRO; GUIMARÃES; ALVAREZ, 1999) e atualmente são 75 sacas por ha (média obtida neste estudo). Isso provoca um aumento na absorção do nutriente, devido à maior exigência da planta para suprir essa demanda.

As normas DRIS e os respectivos valores de F foram apresentados somente para as relações envolvendo B, com e sem transformação logarítmica (Tabela 4).

Para as relações sem transformação, apenas as relações inversas de B com P e Mn apresentaram maior variância na população de baixa produtividade em relação à de alta produtividade; enquanto com a transformação logarítmica, nenhuma variância na subpopulação de baixa produtividade foi maior que a observada na de alta produtividade, ao nível de significância de 5% pelo teste F (Tabela 4).

Esses resultados demonstram que a maioria das relações bivariadas não apresentou alta variância na subpopulação de baixa produtividade em relação à subpopulação de alta produtividade. Isso porque, de acordo com Beaufils (1973), quando uma relação se aproximar de seus valores ideais para atingir rendimentos elevados, a variância dessa relação é menor entre as subpopulações de baixo e alto rendimento. Assim, lavouras balanceadas tendem a apresentar menores variâncias entre essas subpopulações.

Adotando-se o critério de escolher a relação com maior valor para F entre duas formas possíveis de expressão (razão entre variância), somente as relações inversas apresentam maior razão de variância entre a subpopulação

de baixa para a de alta produtividade (Tabela 4), possivelmente, por haver maior desequilíbrio dos demais nutrientes analisados.

Tabela 4 Relações bivariadas sem transformação e log transformadas do B com demais nutrientes de 165 amostras da soja cultivada em Chapadão do Sul – MS.

Relação DRIS	Relações Normais			Relações Log-transformadas		
	Média	Desvio	Valor F	Média	Desvio	Valor F
B/N	0,003	0,004	0,176 ^{ns}	-2,753	0,328	0,460 ^{X ns}
B/P	0,025	0,018	0,130 ^{ns}	-1,679	0,233	0,404 ^{X ns}
B/K	0,004	0,002	0,152 ^{ns}	-2,482	0,204	0,311 ^{X ns}
B/Ca	0,014	0,013	0,085 ^{ns}	-1,975	0,306	0,205 ^{X ns}
B/Mg	0,034	0,024	0,142 ^{ns}	-1,544	0,243	0,380 ^{X ns}
B/S	0,043	0,035	0,058 ^{ns}	-1,454	0,25	0,233 ^{X ns}
B/Cu	6,976	4,871	0,355 ^{ns}	0,727	0,39	0,897 ^{X ns}
B/Fe	0,764	0,747	0,100 ^{ns}	-0,295	0,392	0,325 ^{X ns}
B/Mn	1,877	1,283	0,200 ^{ns}	0,199	0,246	0,960 ^{X ns}
B/Zn	1,939	1,312	0,104 ^{ns}	0,216	0,236	0,351 ^{X ns}
N/B	700	355,36	0,678 ^{M ns}	2,753	0,328	0,460 ^{ns}
P/B	53,69	21,81	7,781 ^{M *}	1,679	0,233	0,404 ^{ns}
K/B	332,17	121,26	0,558 ^{M ns}	2,482	0,204	0,311 ^{ns}
Ca/B	114,89	59,76	0,445 ^{M ns}	1,975	0,306	0,205 ^{ns}
Mg/B	39,99	18,68	1,058 ^{M ns}	1,544	0,243	0,380 ^{ns}
S/B	32,41	13,34	0,653 ^{M ns}	1,454	0,25	0,233 ^{ns}
Cu/B	0,381	0,853	0,877 ^{M ns}	-0,727	0,39	0,897 ^{ns}
Fe/B	2,925	3,176	0,363 ^{M ns}	0,295	0,392	0,325 ^{ns}
Mn/B	0,736	0,416	3,059 ^{M *}	-0,199	0,246	0,960 ^{ns}
Zn/B	0,695	0,348	0,809 ^{M ns}	-0,216	0,236	0,351 ^{ns}

^M Representa a relação selecionada (entre direta e inversa) com maior F, entre a subpopulação de baixa para alta produtividade. * Representa a relação que foi significativamente superior ao F tabelado (1,47)^{NS} Representa as relações não significativas pelo teste F, ambos a 5% de probabilidade ^X Representa a relação log transformada selecionada, para o critério todas as relações.

Com a transformação logarítmica das relações dos nutrientes, ambas as formas de expressão resultam em variação de mesma magnitude (BEVERLY, 1987), e diferem apenas por uma possuir valor negativo, devido a isso, foi adotado somente a forma direta de expressão.

A relação da produtividade com o IBNm das 165 amostras monitoradas apresentou o mesmo comportamento, para todos os critérios testados do método DRIS (Figuras 2A, B, C, D e E). Cujos se assemelharam ao

comportamento do modelo teórico, enquanto o CND comportou-se mais distante do modelo teórico (Figura 2F).

No modelo teórico, em baixos valores de IBNm qualquer valor de produtividade pode ser esperado, e para altos valores de IBNm, somente valores de baixa produtividade são esperados (WADT et al., 2016). Somente a curva de regressão para as relações log-transformadas sem e com o Teste F (Figura 2E e D, respectivamente) expressaram, significativamente, decréscimo da produtividade à medida que aumentava o IBNm.

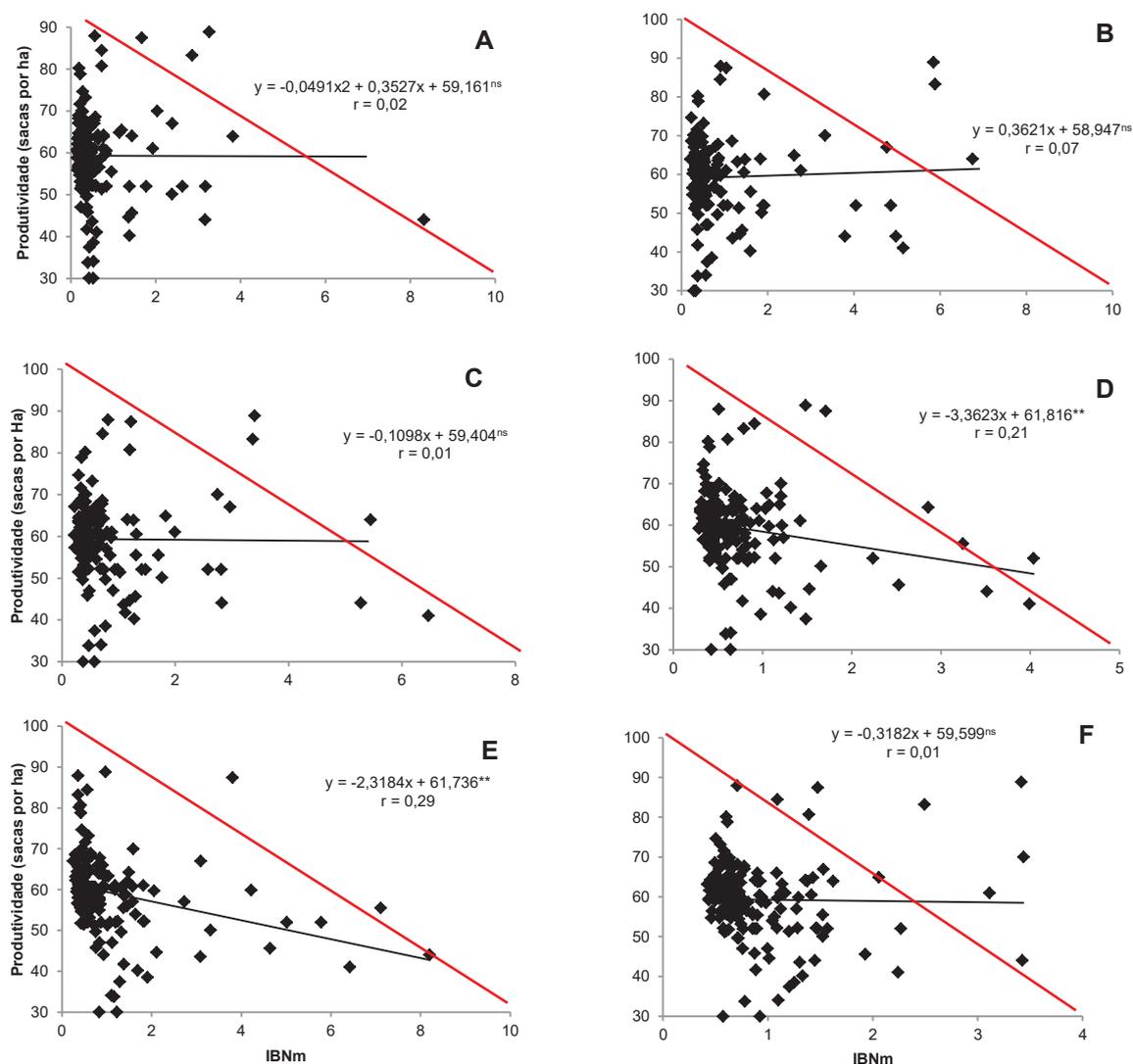


Figura 2 Relação da produtividade com o IBNm obtida pelo método DRIS, usando todas as relações normais (A); usando os critérios de seleção das relações bivariadas Razão de Variância (B) e Teste F (C); e com a Transformação Logarítmica dos dados sem (D) e com o Teste F (E); e o método CND usando as 165 amostras de cultivares de soja, em Chapadão do Sul – MS.

Com base no critério sugerido por Beverly e Hallmark (1992) para obter o verdadeiro estado nutricional, apenas quatro casos de deficiência foram identificados, sendo os demais dezesseis casos considerados como de suficiência (Tabela 5).

Tabela 5 Dose de boro, média do teor foliar de boro e da produtividade para cada dose aplicada, verdadeiro estado nutricional das parcelas (VEN) e diagnósticos de deficiência (DF) e suficiência (SF) obtidos pelos métodos de diagnose nutricional, testados.

Bloco	Dose g ha ⁻¹	Teor de B mg kg ⁻¹	Prod.	Diagnósticos ¹								
				DRIS					Nível Crítico			
				VEN	TRN	Maior F	Teste F	Log	CND	DNR	R	C
1	0	59,4	75	SF	DF	DF	DF	SF	SF	SF	SF	DF
	300	86,6	64	SF	DF	DF	DF	SF	SF	SF	SF	DF
	600	167,6	67	DF	SF	SF	DF	SF	SF	SF	SF	SF
	1200	160,9	87	SF	DF	DF	DF	SF	SF	SF	SF	SF
	1800	290,5	81	²	DF	DF	DF	SF	SF	SF	SF	SF
2	0	65,7	64	SF	DF	DF	SF	SF	SF	SF	SF	DF
	300	94,6	63	SF	DF	DF	DF	SF	SF	SF	SF	DF
	600	88,1	66	SF	DF	DF	DF	SF	SF	SF	SF	DF
	1200	150,8	67	SF	DF	DF	DF	SF	SF	SF	SF	SF
	1800	226,2	69	²	DF	DF	DF	SF	SF	SF	SF	SF
3	0	68,7	68	SF	DF	DF	DF	SF	SF	SF	SF	DF
	300	86,2	73	SF	DF	DF	DF	SF	SF	SF	SF	DF
	600	121,2	65	DF	SF	SF	SF	SF	SF	SF	SF	DF
	1200	167,8	87	SF	DF	DF	DF	SF	SF	SF	SF	SF
	1800	246,5	83	²	SF	DF	DF	SF	SF	SF	SF	SF
4	0	63,9	58	SF	DF	SF	SF	SF	SF	SF	SF	DF
	300	85,8	61	SF	DF	DF	DF	SF	SF	SF	SF	DF
	600	127,2	64	DF	DF	DF	DF	SF	SF	SF	SF	SF
	1200	151,8	88	SF	SF	SF	SF	SF	SF	SF	SF	SF
	1800	204,1	67	²	DF	DF	DF	SF	SF	SF	SF	SF
5	0	58,5	54	SF	DF	SF	SF	DF	SF	SF	SF	DF
	300	91,8	58	SF	DF	DF	DF	SF	SF	SF	SF	DF
	600	91,2	56	DF	DF	DF	DF	SF	SF	SF	SF	DF
	1200	162,9	84	SF	DF	DF	DF	SF	SF	SF	SF	SF
	1800	197,4	51	²	DF	DF	DF	SF	SF	SF	SF	SF

¹ Diagnósticos pelo método DRIS, pelos critérios de todas as relações normais (TRN); razão entre variância (Maior F); Teste F e as relações log transformadas (log) e para NC pela DNR; de referência (R), e pela calibração local (C) ² Não possui o VEN, pois para obter o diagnóstico, necessitaria de uma dose superior a ela.

Os métodos diagnósticos apresentaram desempenho diferente ao classificar as parcelas experimentais como deficientes ou suficientes, e essa diferença também ocorreu entre os critérios de cada método, destacando-se os critérios do método DRIS (Tabela 5).

Dado que o objetivo primário da diagnose é identificar os casos de verdadeira deficiência (BEVERLY, 1993b), o método DRIS foi o que obteve maior sucesso em indicar os casos de deficiência, porém com baixo acerto nos casos de verdadeira suficiência (Tabela 4). Quanto ao método do NC, somente pela calibração local houve acertos para os casos de verdadeira deficiência (Tabela 6). Os demais métodos não identificaram corretamente nenhum caso de V_{DEF} .

Tabela 6 Número de casos de diagnósticos verdadeiros para deficiência (V_{DEF}) e suficiência (V_{SUF}), e casos de falsos diagnósticos para deficiência (F_{DEF}) e suficiência (F_{SUF}) do boro, obtidos de 20 testes de resposta na produtividade de experimento montado com doses de boro em cultivar de soja, em Chapadão do Sul – MS.

Métodos diagnósticos		Número de Casos			
		Deficiência fisiológica		Suficiência fisiológica	
		V_{DEF}	F_{SUF}	F_{DEF}	V_{SUF}
		4		16	
DRIS ¹	TRN	2	2	15	1
	Maior F	2	2	13	3
	Teste F	3	1	12	4
CND	Log	0	4	1	15
		0	4	0	16
NC ²	DNR	0	2	11	5
	Referência	0	4	16	4
	Calibrado	2	2	11	5

¹ Valores obtidos para DRIS pelos critérios de todas as relações normais (TRN), critério da razão entre variância (MAIOR F), critério do teste F, e pelos critérios das relações log transformadas (log) ² Valores de NC obtidos pelo cálculo da Distribuição Normal Reduzida (DNR), pelo valor da referência e pelo cálculo da calibração experimental (calibrado).

Isso é esperado para os valores de NC_R , devido ao aumento no teor foliar de B que ocorreu na cultura. Assim, todos os teores estavam acima do NC_R . Entretanto, para o método CND, isso não se aplica, já que foi calculado a partir dos dados levantados no experimento e nas lavouras comerciais, que expressam as condições atuais da cultura.

O baixo desempenho da maioria dos métodos foi refletido nas medidas de acurácia analisadas (Tabela 7). A acurácia total, apenas os métodos DRIS, pelas relações log-transformadas e NCc apresentaram acurácia total com valores satisfatórios (Tabela 5), ou seja, estiveram acima do valor indicado de 50% (BEVERLY, 1992) ou, mais rigidamente, acima de 68% (BEVERLY, 1993b; WADT; LEMOS, 2010). Dentre os três NCs analisados, a maior acurácia obtida foi, igualmente, pelo método da NC_{DNR} e pelo NC_R (Tabela 7).

Tabela 7 Porcentagem dos casos identificados de diagnósticos verdadeiros para deficiência (V_{DEF}) e suficiência (V_{SUF}), e de falsos diagnósticos para deficiência (F_{DEF}) e suficiência (F_{SUF}); acurácia; razão de deficiência (RD); acurácia para deficiência (AccDef) e para suficiência (AccSuf); e razão de eficiência (RE), obtidas pelos métodos de diagnose nos diagnósticos do boro foliar em cultivar de soja, em Chapadão do Sul – MS.

		V_{DEF}	F_{DEF}	V_{SUF}	F_{SUF}	Acurácia	RD	AccDef	AccSuf	RE
DRIS	TRN	10	75	5	10	15	0,1	50	6	0,2
	Maior F	10	65	15	10	25	0,2	50	19	0,2
	Teste F	15	60	20	5	35	0,3	75	25	0,4
CND	Log	0	5	75	20	75	0,0	0	94	0,0
		0	0	80	20	80	1,0	0	100	0,0
NC	DNR	0	0	80	20	80	1,0	0	100	0,0
	Referência	0	0	80	20	80	1,0	0	100	0,0
	Calibrado	10	55	25	10	35	0,2	50	31	21

¹Valores obtidos para DRIS pelos critérios da seleção de todas as relações normais (TRN), critério da razão entre variância (Maior F), critério do teste F, e pelos critérios das relações log transformadas (Log) ² Valores de NC obtidos pelo cálculo da Distribuição Normal Reduzida (DNR), pelo valor da referência e pelo cálculo da calibração experimental (Calibrado).

Analisando a acurácia somente entre os critérios adotados para selecionar as relações do índice DRIS, a maior acurácia foi obtida quando usadas as relações log-transformadas (Tabela 7); em contrapartida, esse mesmo critério foi menos eficiente em diagnosticar o número de casos de V_{DEF} (Tabela 6), enquanto os demais critérios, mesmo com menor acurácia, tiveram maior sucesso nesse aspecto. Isso se deve ao fato de que a acurácia leva em conta não apenas os casos V_{DEF} , mas também os casos de V_{SUF} (BEVERLY; HALLMARK, 1992), sendo que a última teve grande influência sobre o valor da acurácia obtido para o critério da transformação logarítmica.

Nenhum dos métodos ou do critério adotado apresentou RD satisfatória, sendo a maior razão obtida pelos métodos CND, NC_{DNR} e NC_R (Tabela 7). Já que o indicado seria que o valor da razão de deficiência estivesse acima de 1 (BERVELY; HALLMARK, 1992), um valor abaixo disso significa que o número de erros está superior ao número de acertos para os diagnósticos de deficiência.

Se fossem considerados apenas os resultados obtidos para a acurácia e a razão de deficiência, poderia ser concluído que os métodos mais eficientes seriam o CND, DNR e NC_R . Porém, esses apresentaram incrementos negativos (Tabela 8). Entretanto, de acordo com Beverly (1993), somente a acurácia e a RD não são suficientes para avaliar os métodos de diagnóstico. O problema surge porque o número observado de casos de deficiência e de suficiência não é igual e, além disso, a acurácia dos métodos de diagnóstico com respeito a estes dois casos não é a mesma.

Ou seja, se um método que diagnostica corretamente muitos casos de suficientes e poucos casos de deficiência tivesse elevada acurácia, e fosse considerado “eficiente” quando, na verdade, falhou no objetivo primário do diagnóstico nutricional (identificar os casos de deficiência). Portanto, é necessário distinguir entre a AccDef aos casos de AccSuf (BEVERLY, 1993b).

Para AccDef e AccSuf, nenhum dos métodos analisados ultrapassou os limites estabelecidos por Beverly (1993), sendo essencial que um método de diagnose atinja, pelo menos, 50% de acurácia, tanto para os diagnósticos de deficiência como para os de suficiência. Na prática, é desejável que sejam detectadas todas as deficiências existentes, e nenhum diagnóstico falso positivo deve ser tolerado. Resultado semelhante foi obtido para a RE, e nenhum dos métodos atingiu o mínimo esperado para um método de diagnose (Tabela 7), que consiste na razão acima de 1 (BEVERLY, 1993).

Isso se confirma ao observar a AccDef e a AccSuf obtidas, em que os métodos que alcançaram maior acurácia total obtiveram zero ou nula acurácia para deficiência enquanto, a acurácia para suficiência foi elevada, ou seja, a elevada acurácia obtida por esses métodos estava associada aos diagnósticos verdadeiros de suficiência. Resultados semelhantes foram alcançados pela

soja (BEVERLY, 1993b), que obteve alta acurácia total (75%), associada apenas aos casos de acurácia para suficiência (100%) e nenhuma para acurácia de deficiência (0%) do fósforo. Porém os métodos que obtiveram baixa acurácia total apresentaram maiores acurácia de deficiência, assim como foi encontrado para soja, onde baixa acurácia total (25%) apresentou alta AccDef (72%) e baixa para AccSuf (0%) para o K.

Como a AccDef e a AccSuf não obtiveram valores satisfatórios, conseqüentemente, resultou em valores insatisfatórios para RE. Este método foi proposto por Beverly (1993) com a finalidade de melhorar o método anteriormente proposto, que consistia no cálculo da razão de deficiência (BEVERLY; HALLMARK, 1992).

Ao comparar os resultados entre essas medidas de acurácia (RD e RE), é possível verificar que, em alguns casos, não houve ou foi baixa a alteração entre elas, enquanto para os métodos que antes apresentam razão igual a 1, obteve-se RE igual a zero (Tabela 7). Resultados associados nessa correção da RE, consideram no cálculo a AccDef e a AccSuf, e não apenas a deficiência, como no método original.

Para o incremento da produtividade, todos os métodos apresentaram rendimento negativo, excetuando-se apenas os métodos DRIS (critério da transformação logarítmica das relações) e NC calibrado (Tabela 8).

De acordo com Beverly e Hallmark (1992), qualquer ganho produtivo é considerado como resultado satisfatório para a diagnose, sendo assim possível indicar que dois dos métodos testados podem ser usados para diagnose nutricional de lavouras de soja. Porém, deve-se analisar se o ganho obtido pelo incremento alcançado vai ser suficiente para cobrir as despesas originadas em todos os processos do monitoramento nutricional e, ainda, gerar lucro ao produtor. Considerando a média da produtividade atingida pelas parcelas experimentais de 4.140,0 kg ha⁻¹, o método DRIS, pelo critério da transformação logarítmica, e o NCc propiciaram aumento de 1 e 3% na produtividade, o que provavelmente não cobre o custo do processo de monitoramento nutricional.

Tabela 8 Rendimento para os casos de diagnósticos verdadeiros para deficiência (V_{DEF}) e suficiência (V_{SUF}), e falsos diagnósticos para deficiência (F_{DEF}) e suficiência (F_{SUF}); total e média das 20 parcelas usadas para testar a acurácia dos métodos a partir das doses de boro foliar na cultivar de soja, em Chapadão do Sul – MS.

		Rendimento					Média	
		V_{DEF}	F_{DEF}	V_{SUF}	F_{SUF}	Total	Sacas por ha	kg ha ⁻¹
DRIS ¹	TRN	52	-90	21	-43	-59	-3,0	-180
	Maior F	52	-83	28	-43	-45	-2,29	-137
	Teste F	73	-82	29	-23	-3	-0,17	-10
CND	Log	0	-4	107	-96	7	0,36	22
	DNR	0	0	83	-96	-13	-0,66	-40
NC ²	Referência	0	0	83	-96	-13	-0,66	-40
	Calibrado	45	-19	64	-51	39	1,94	116

¹Valores obtidos para DRIS pelos critérios usando todas as relações normais (TRN), critérios de seleção da Razão entre Variância (Maior F); Teste F, pela relações log-transformadas (Log).

² Valores de NC obtido pelo cálculo da Distribuição Normal Reduzida (DNR), pelo valor da referência e pelo cálculo da calibração experimental (Calibrado).

Porém, deve ser considerado que se trata de um micronutriente e que tem menor contribuição na produção da planta, comparado a um macronutriente. Assim, o incremento produtivo devido ao micronutriente, somado aos dos macronutrientes podem dar retorno econômico satisfatório. Por exemplo, Beverly (1993b) obteve incremento total de 4.050 kg ha⁻¹ de soja, para os nutrientes N, P e K (pelo método DRIS), ao somar o incremento obtido pelos diagnósticos corretos de B (22 kg ha⁻¹). Pelo mesmo método, haveria lucro, já que o processo de monitoramento já seria realizado para os demais nutrientes.

De maneira geral, deve ser considerada a necessidade de escolher não apenas pelo método de diagnose mais eficiente, mas também qual critério adotar. Isso porque o menor incremento foi obtido pelo método DRIS (usando todas as relações sem transformação), assim como o segundo melhor incremento obtido também foi pelo método DRIS (usando a transformação logarítmica).

Além disso, ao comparar os critérios da transformação logarítmica e maior F, que neste estudo, especificamente, correspondeu a selecionar apenas

as relações diretas ou as relações inversas, respectivamente, é possível verificar que, ao usar as relações diretas, a acurácia total e a AccDef foram maiores, devido ao grande número de diagnósticos V_{SUF} , enquanto foram de zero para RD, RE e AccDef, resultados praticamente opostos dos obtido quando usadas as relações inversas. Quando se associa isso aos valores de incremento, demonstram que usar as relações diretas seria o mais indicado, porém não satisfaz o objetivo primário da diagnose, ou seja, não identifica satisfatoriamente os casos de real deficiência, o que leva a conclusões controversas.

Essas controvérsias indicam que a metodologia proposta por Beverly e Hallmark (1992), para testar a eficiência de métodos de diagnose, ainda necessita de ajuste. Não apenas ele, mas também aos métodos de diagnose, em que a maioria apresentou eficiência insatisfatória para diagnose.

Vários fatores podem estar associados ao baixo desempenho dos métodos, como o número de amostras usadas no banco de dados (165 amostras), que pode ser insuficiente, pois quanto maior o banco de dados, melhor a representatividade amostral e menores serão os erros incontroláveis, principalmente para os métodos que usaram lavouras comerciais, as quais estão sujeitas a maiores interações do meio.

5 CONCLUSÃO

Os métodos NCc e o DRIS, pelo critério da transformação logarítmica, apresentaram incremento de rendimento, porém o segundo foi cinco vezes inferior ao NCc.

Os métodos que usam lavouras comerciais, no banco de dados, ainda necessitam de ajustes.

Os critérios de seleção das relações bivariadas a compor o índice DRIS não apresentaram o mesmo desempenho nos prognósticos, desses, apenas a transformação logarítmica resultou em ganhos produtivos devido a seus prognósticos.

Os métodos DRIS e CND não apresentaram prognósticos iguais.

7 REFERÊNCIAS

AITCHISON, J. The statistical analysis of compositional data. **Journal of the Royal Statistical Society**. v. 44, n. 2, p.139-177, 1982.

AITCHISON, J. **Statistical analysis of compositional data**. Chapman and Hall, New York, 1986.

AITCHISON, J. Relative variation diagrams for describing patterns of compositional variability. **Mathematical Geology**. V. 22, p. 487-511, 1990.

ALVAREZ, V. H.; LEITE, R. A. Fundamentos estatísticos das fórmulas usadas para cálculo dos índices DRIS. **Sociedade Brasileira de Ciência do Solo Bull**, v. 24, p. 20-25, 1999.

BATAGLIA, O. C.; DECHEN, A. R.; SANTOS, W. R. Princípios da diagnose foliar. In: ALVAREZ, V. H.; FONTES, L. E. F.; FONTES, M. P. F. (Ed) **O solo nos grandes domínios morfoclimáticos do Brasil e o desenvolvimento sustentado**. Viçosa, SBCS: UFV, DPS, 1996, p. 647-660.

BATAGLIA, O. C.; FURLANI, A. M. C.; TEIXEIRA, J. P. F.; FURLANI, P.R.; GALLO, J. R. **Métodos de análise química de plantas**. Campinas: Instituto Agrônomo, 1983. 48p (IAC. Boletim Técnico, 78).

BERGER, K.C.; TRUOG, E. Boron determination in soils and plants. **Industrial & Engineering Chemistry Analytica**. V. 11, p. 540-544, 1939.

BEAUFILS, E. R. Diagnosis and recommendation integrated system (DRIS). **Moscow University Soil Science Bulletin**, v. 1, p.132, 1973.

BEVERLY, R. B. Modified DRIS method for simplified nutrient diagnosis of 'Valencia' oranges. **Journal of Plant Nutrition**, V. 10, p. 1.401-1.408, 1987. Disponível em: <<http://www.online.com/doi/abs/10.1080/01904168709363619>>

_____. Prescient diagnostic analysis shows sufficiency range approach superior to DRIS for citrus. **Communications in Soil Science & Plant Analysis**, v. 23, n. 17-20, p. 2641-2649, 1992.

_____. Re-evaluation reveals weaknesses of DRIS and Sufficiency range diagnoses for wheat, corn and alfafa. **Communications in Soil Science & Plant Analysis**, v. 24, p. 5-6, 1993a. Disponível em: <<http://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/00103629309368816>>

_____. DRIS diagnoses of soybean nitrogen, phosphorus, and potassium status are unsatisfactory. **Journal of Plant Nutrition**, v. 16, n. 1, p.

431-447, 1993b. Disponível em: <<http://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/01904169309364625>>

BEVERLY, R. B.; HALLMALK, W. B. Prescient diagnostic analysis: a proposed new approach to evaluating plant nutrient diagnostic methods. **Communications in Soil Science & Plant Analysis**, v. 23, p. 2.633-2.640, 1992. Disponível em: <<http://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/00103629209368761>>

BHUPAL, G. R.; RAO, A. P. Identification of yield-limiting nutrients in mango through DRIS indices. **Communications in Soil Science & Plant Analysis**, v. 37, p. 1.761-1.774. 2006. Disponível em: <<http://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/00103620600710587>>

BOARETTO, A. E.; TIRITAN, C. S.; MURAOKA, T. Effects of foliar applications of boron on citrus fruit and on foliage and soil boron concentration. In: BELL, R. W.; RERKASEM, B. (eds.). **Boron in Soils and Plants**. Kluwer Academic Publishers, 1997. p.121-123.

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

BRAGANÇA, S. M.; PREZOTTI, L. C.; LANI, J. A. Nutrição do cafeeiro Conilon. In: FERRÃO, R. G.; FONSECA, A. F. A.; BRAGANÇA, S. M.; FERRÃO, M. A. G.; MUNER, L. H. **Café Conilon**. Vitória: Incaper, 2007. p. 297-327.

CALONEGO, J. C.; OCANI, K.; OCANI, M.; SANTOS, C. H. Adubação boratada foliar na cultura da soja. **Colloquium Agrariae**, v. 6, n. 2, p. 20-26, 2010.

CAMACHO, M. A.; SILVEIRA, M. V. D.; CAMARGO, R. A.; NATALE, W. Faixas normais de nutrientes pelos métodos ChM, DRIS e CND e Nível Crítico pelo método de Distribuição Normal Reduzida para laranjeira-pera. **Revista Brasileira de Ciências do Solo**, v. 36, p. 193-200, 2012. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1590/S0100-06832012000100020>>

CASTAMANN, A.; ESCOSTEGUY, P. A. V.; BERRES, D.; ZANELLA, S. Diagnosis and recommendation integrated system (DRIS) of soybean seed oil content. **Revista Brasileira de Ciências do Solo**, v. 36, p. 1.820-1.827, 2012. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1590/S0100-06832012000600016>>

CFS-GO - Comissão de Corretivos e Fertilizantes do Estado de Goiás. **Recomendação de corretivos e fertilizantes para o Estado de Goiás**. Goiânia. UFG/EMGOPA, 1988. p. 9-12.

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

CRESTE, J. E.; ECHER, F. R. Establishing standards for the integrated recommendation and diagnosis system (DRIS) for irrigated bean crops. **Communications in Soil Science and Plant Analysis**, v. 41, p. 1.921-1.933, 2010. Disponível em: < <http://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/00103624.2010.495803?journalCode=icss20>>

MATOS, G. S. B.; FERNANDES, A. R.; WADT, P. G. S. Níveis Críticos e Faixas de Suficiência de nutrientes derivados de métodos de avaliação do estado nutricional da palma-de-óleo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 51, n. 9, p. 1.557-1.567, 2016.

DIAS, J. R. M.; PEREZ, D. V.; SILVA, L. D.; LEMOS, C. D. O.; WADT, P. G. S. Normas DRIS para cupuaçuzeiro cultivado em monocultivo e em sistemas agroflorestais. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 45, p. 64-71, 2010. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1590/S0100-204X2010000100009>>

EMBRAPA - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Recomendações técnicas para a cultura da soja no Paraná 1999/2000**. Londrina: Embrapa: Soja, 1999, p. 79-81 (Embrapa: soja. Documentos, 131).

EMBRAPA – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Sistema de Produção de Ameixa-Europeia**. Conceição: Embrapa Uva e Vinho (Embrapa. Sistemas de Produção, 7) Disponível em: < <http://www.cnpuv.embrapa.br/publica/sprod/AmeixaEuropeia/>>

EMBRAPA - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Tecnologias de produção de soja**), Brasília: Embrapa: CEPAO, 2010. p. 255 (Embrapa:CEPAO. Sistemas de produção, 14).

GOTT, R. M.; AQUINO, L.; CARVALHO, A.; SANTOS, L.; NUNES, P.; COELHO, B. S. Índices diagnósticos para interpretação de análise foliar do milho. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola Ambiental**, v. 18, n. 11, p. 1.110-1.115, 2014.

GPACC - Grupo Paulista de Adubação e Calagem para Citros. **Recomendações de adubação e calagem para citros no Estado de São Paulo**. UNESP/FUNEP/EECB, 1996, p. 10-13 (Boletim Cetrícula, 3).

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

HARGER, N.; FIORETTO, R.; RALISCH, R. Avaliação nutricional da cultura da soja pelos métodos DRIS e Níveis de Suficiência. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 24, p. 219-224, 2003. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.5433/1679-0359.2003v24n2p219>>

HOLLAND, D. A. The interpretation of leaf analysis. **Journal of Horticultural Science**. v. 41, p. 311-329, 1966.

HOOGERHEIDE, H. C. **DRIS para avaliação do estado nutricional da soja em duas regiões do cerrado brasileiro**. 2005. 94f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2005.

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

KURIHARA, C.H.; VENEGAS, V. H.; NEVES, J. C. L.; NOVAIS, R. F.; STAUT, L. A. Faixas de suficiência para teores foliares de nutrientes em algodão e em soja, definidas em função de índices DRIS. **Revista Ceres**, v. 60 p. 412-419, 2013. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1590/S0034-737X2013000300015>>

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

LAHAV, E. Banana nutrition. In: GOWEN, S. (Ed). **Bananas and plantains**. London: Chapman & Hall, 1995. p.258-316.

LEONEL, S.; ARAÚJO, J. F.; TECCHIO, M. A. Biofertilização e adubação organomineral: concentração de nutrientes na folha e produtividade de frutos de pinheira. **Irriga**, v. 1, n. 1, p. 40, 2015.

MAEDA, S.; RONZELLI JÚNIOR, P.; LUCCHESI, L. A. C. Valores de referência do DRIS para a soja, cv. CD 202, para a região sul do Mato Grosso do Sul, Brasil. **Scientia Agrária**, v. 5, p. 1-2, 2004. Disponível em: <www.redalyc.org/html/995/99517145005>

MAIA, C. E. Época de amostragem foliar para diagnóstico nutricional em bananeira. **Revista Brasileira de Ciências do Solo**, v. 36, p. 859-864, 2012. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1590/S0100-06832012000300016>>

MAIA, C. E.; MORAIS, E. R.; OLIVEIRA, M. D. Nível crítico pelo critério da distribuição normal reduzida: uma nova proposta para interpretação de análise foliar. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola Ambient.**, v. 5, p. 235-238, 2001. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1590/S1415-43662001000200010>>

MALAVOLTA, E.; VITTI, G. C.; OLIVEIRA, A. S. **Avaliação do estado nutricional das plantas: princípios e aplicações**. 2. ed. Piracicaba: Potafos, p. 319, 1997.

MARIANO, E. D.; FAQUIN, V.; NETO, A. E. F.; ANDRADE, A. T.; MARIANO, I. O. Níveis Críticos de boro em solos de várzea para o cultivo do feijoeiro. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 35, p. 1.637-1.644, 2000. Disponível em: < <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-204X2000000800017>>

MARSCHNER, H.; RÖMHELD, V.; KISSEL, M. Different strategies in higher plants in mobilization and uptake of iron. **Journal Plant Nutrition**, v. 9, p. 695-713, 1986.

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

MOURÃO FILHO, F. A. A.; AZEVEDO, J. C. DRIS norms for 'Valencia' sweet orange on three rootstocks. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 38, p.85-93, 2003. Disponível em: < <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-204X2003000100012>>

NICK, J. A. **DRIS para cafeeiros podados**. 1998, 86f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba, 1998.

ORLANDO FILHO, J.; ZAMBELLO JÚNIOR., E. Diagnose foliar. In: ORLANDO FILHO, J. (ed) **Nutrição e adubação da cana-de-açúcar no Brasil**. Piracicaba: IAA/Planalsucar, 1983, p.125-152.

PARENT, L. E. Diagnosis of the nutrient compositional space of fruit crops. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 33, p. 321-333, 2011. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1590/S0100-29452011000100041>>

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

PARTELLI, F. L.; VIEIRA, H. D.; MONNERAT, P. H.; VIANA, A. P. Comparação de dois métodos DRIS para o diagnóstico de deficiências nutricionais do cafeeiro. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 41, p. 301-306, 2006. Disponível em: < <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-204X2006000200015>>

PERDONÁ, M. J.; MARTINS, A. N.; SUGUINO, E.; SORATTO, R. P. Nutrição e produtividade da noqueira-macadâmia em função de doses de nitrogênio. **esquisa Agropecuária Brasileira**, v.48, n.4, p.395-402, 2013. Disponível em: < <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-204X2013000400007>>

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

RAIJ, B. V.; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J. A.; FURLANI, A. M. C. **Recomendações de adubação e calagem para o Estado de São Paulo**. Campinas:IAC 1997, p. 36-37 (IAC. Boletim Técnico, 100).

RIBEIRO, A. C.; GUIMARÃES, P. T. G.; ALVAREZ, V. H. V. **Recomendações para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais: 5ª Aproximação**, Comissão de fertilidade do solo do Estado de Minas Gerais, 1999. p. 143-153.

RODRÍGUEZ, O.; RODRÍGUEZ, V. Documento: Desarrollo, determinación e interpretación de normas DRIS para el diagnóstico nutricional en plantas. Una revisión. **Revista de la Facultad de Agronomía**, v. 17, n. 6, 2000. Disponível em: < <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-204X2012000600013>>

ROMAGNOLI, L. M.; OLIVEIRA, F.; CASTRO, C.; SFREDO, G. **Normas DRIS para avaliação do estado nutricional de cultivares de soja convencional e transgênica**. In: Jornada Acadêmica da Embrapa: Soja, 2009. p. 229-233 (Embrapa Soja, Embrapa: Soja. Documentos, 297). Disponível em: < <http://www.alice.cnptia.embrapa.br/handle/doc/467305>>

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

SALDANHA, E. C. M.; da SILVA JÚNIOR, M. L.; OKUMURA, R. S.; WADT, P. G. S. Normas DRIS para a cultura do coqueiro híbrido no Estado do Pará. **Revista Caatinga**, v. 28, n. 4, p. 99-109, 2015.

SANTOS, E. F.; DONHA, R. M. A.; MAGNO, C. M. Faixas normais de nutrientes em cana-de-açúcar pelos métodos ChM, DRIS, CND e nível crítico pela Distribuição Normal Reduzida. **Revista Brasileira de Ciências do Solo**, v. 37, p. 1.651-1.658, 2013. Disponível em: < <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-06832013000600021>>

SCUCUGLIA, C. L.; CRESTE, J. E. Diagnosis and recommendation integrated system (DRIS) of tomato in greenhouse. **Horticultura Brasileira**, v. 32, n. 2, p. 200-204, 2014. Disponível em: < <http://dx.doi.org/10.1590/S0102-05362014000200014>>

SERRA, A. P.; MARCHETTI, M. E.; ROJAS, E. P.; MORAIS, H. S.; AMARAL CONRAD, V.; GUIMARÃES, F. C. N. Estabelecimento de normas DRIS para o algodoeiro com diferentes critérios de seleção da população de

referência. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 48, p.1.472-1.480, 2013. Disponível em: < <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-204X2013001100008>>

SOUZA, R. F. **Sistema integrado de diagnose e recomendação (DRIS) para a cultura da soja convencional e transgênica na região sudeste de Goiás**. 2013. 80 f. Tese (Doutorado em Agronomia) - Universidade Federal de Goiás, Goiânia, 2013.

SOUZA, H. A.; CAVALCANTE, A. C.; TONUCCI, R. G., POMPEU, R. C.; SOUZA, M. C.; MAIA, C. E. Níveis críticos para atributos do solo pela Distribuição Normal Reduzida em culturas anuais de subsistência. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 18, n. 4, p. 425-430, 2014. Disponível em: < <http://dx.doi.org/10.1590/S1415-43662014000400010>>

SOUZA, D. M. G. & LOBATO, E. **Cerrado**. Correções do solo e adubação. 2ª ed. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica. 2004, p. 318-326.

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

TEIXEIRA, L. A. J.; TECCHIO, M. A.; MOURA, M. F.; TERRA, M. M.; PIRES, E. J. P. Normas DRIS e Níveis Críticos de nutrientes para videira 'niagara rosada' cultivada na região de Jundiaí-SP. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 37, p. 247-255, 2015. Disponível em: < <http://dx.doi.org/10.1590/0100-2945-409/13>>

TONIN, T. A.; MUNIZ, A. S.; SCAPIM, C. A.; SILVA, M. A. G.; ALBRECHT, L. P.; CONRADO, T. V. Avaliação do estado nutricional das variedades de uva Itália e rubi no município de Marialva-PR. **Acta Scientiarum Agronomy**, V v. 31, p. 63-69, 2009. Disponível em: < <http://dx.doi.org/10.4025/actasciagron.v31i1.3698>>

TRASPADINI, E. I. F. T.; WADT, P. G. S.; DIAS, J. M.; SCHMIDT, R.; PEREZ, D. **Aplicação da Distribuição Normal Reduzida na definição de Nível Crítico**. Porto Velho: SBCS, 2014. p. 50.

URANO, E. O. M.; KURIHARA, C. H.; MAEDA, S.; VITORINO, A. C. T.; GONÇALVES, M. C.; MARCHETTI, M. E. Avaliação do estado nutricional da soja. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 41, p. 142-1428, 2006. Disponível em: < <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-204X2006000900011>>

URANO, E. O. M.; KURIHARA, C. H.; MAEDA, S.; VITORINO, A. C. T.; GONÇALVES, M. C.; MARCHETTI, M. E. Determinação de teores ótimos de nutrientes em soja pelos métodos Chance Matemática, Sistema Integrado de Diagnose e Recomendação e Diagnose da Composição Nutricional. **Revista**

Brasileira de Ciência do Solo, v. 31, p. 63-72, 2007. Disponível em: < <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-06832007000100007>>

WADT, P. G. S. **Os métodos da chance matemática e do sistema integrado de diagnose e recomendação (DRIS) na avaliação nutricional de plantios de eucaliptos**. 1996. 75f. Tese (Doutorado em Agronomia) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 1996.

WADT, P. G. S.; DIAS, J. R. M.; PEREZ, D. V.; LEMOS, O. C. Fórmulas DRIS para o diagnóstico nutricional de pomares de cupuaçueiros. **Bragantia**, v. 70, n. 3, p. 649-656, 2011. Disponível em: < <http://dx.doi.org/10.1590/S0006-87052011000300021>>

WADT, P. G. S.; LEMOS, C. Medidas de acurácia para diagnósticos nutricionais e seu impacto no manejo das adubações. In: PRADO, R. M.; CECÍLIO FILHO, A. B.; CORREIA, M. A. R.; PUGA, A. P. **Nutrição de plantas: diagnose foliar em hortaliças**. 1. ed. Jaboticabal: FCAV/CAPES/FAPESP /FUNDUNESP, 2010. p. 213-236. Disponível em: <http://www.nutricaoe plantas.agr.br/site/downloads/unesp_jaboticabal/livro_diagnosefoliaremhortalicas_cap10.pdf>

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

WADT, P. G., NOVAIS, R. D., ALVAREZ VENEGAS, V. H., & BRAGANÇA, S. M. (1999) Alternativas de aplicação do " DRIS" à cultura de café conilon (*Coffea canephora Pierre*). **Scientia Agricola**, v. 56, p. 83-92, 1999.

WALWORTH, J. L.; SUMNER, M. E. The diagnosis and recommendation integrated system (DRIS). **Advances in Soil Science**, v. 6, p. 149-188, 1987. Disponível em: < http://dx.doi.org/10.1007/978-1-4612-4682-4_4>