

UNIVERSIDADE FEDERAL DA GRANDE DOURADOS

**NORMAS DRIS E DIAGNÓSTICO NUTRICIONAL DE CANA-  
SOCA NA REGIÃO SUL DE GOIÁS**

FRANKLYN CLAWDY NUNES GUIMARÃES

Dourados

Mato Grosso do Sul – Brasil

2014

# **NORMAS DRIS E DIAGNÓSTICO NUTRICIONAL DE CANA- SOCA NA REGIÃO SUL DE GOIÁS**

FRANKLYN CLAWDY NUNES GUIMARÃES

Engenheiro Agrônomo

Orientadora: Prof.<sup>a</sup> Dra. Marlene Estevão Marchetti

Dissertação apresentada à Universidade Federal da Grande Dourados, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Agronomia – Produção Vegetal, para a obtenção do título de Mestre.

Dourados

Mato Grosso do Sul – Brasil

2014

**Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP).**

G963n	<p>Guimarães, Franklyn Clawdy Nunes. Normas DRIS e diagnóstico nutricional de cana-soca na região sul de Goiás. / Franklyn Clawdy Nunes Guimarães. – Dourados, MS : UFGD, 2014. 54f.</p> <p>Orientador: Profa. Dra. Marlene Estevão Marchetti. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Universidade Federal da Grande Dourados.</p> <p>1. Diagnose foliar. 2. Faixas de Beaufils. 3. Nutrição mineral. I. Título.</p> <p>CDD – 633.61</p>
-------	---

**Ficha catalográfica elaborada pela Biblioteca Central – UFGD.**

**©Todos os direitos reservados. Permitido a publicação parcial desde que citada a fonte.**

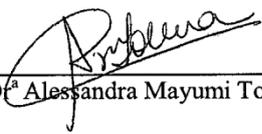
**NORMAS DRIS E DIAGNÓSTICO NUTRICIONAL DE CANA-  
SOCA NA REGIÃO SUL DE GOIÁS**

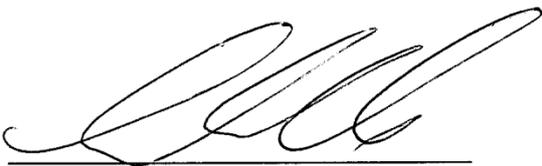
por

**FRANKLYN CLAWDY NUNES GUIMARÃES**

Dissertação apresentada como parte das exigências para a obtenção do título de Mestre em Agronomia.

Aprovada em 23/05/2014:

  
\_\_\_\_\_  
Prof.ª Dr.ª Alessandra Mayumi Tokura Alovise  
FCA/UFGD

  
\_\_\_\_\_  
Prof. Dr. Laércio Alves de Carvalho  
UEMS

  
\_\_\_\_\_  
Dr. Ademair Pereira Serra  
Co-Orientador – Embrapa CNPGC

  
\_\_\_\_\_  
Prof.ª Dr.ª Marlene Estevão Marchetti  
Orientadora - FCA/UFGD

  
\_\_\_\_\_  
Prof.ª. Dr.ª. Anamari Viegas de Araújo Motomiya  
UFGD/FCA

## **AGRADECIMENTOS**

A Deus, que todos os dias de minha vida me deu forças para nunca desistir.

Agradecer a minha mãe que sempre me orientou e apoiou em todas as decisões da minha vida, sem as quais não teria vencido mais essa etapa.

A Universidade Federal da Grande Dourados (UFGD), pelo apoio à minha participação no mestrado.

A minha orientadora Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Marlene Estevão Marchetti, por seu apoio e amizade, além de sua dedicação, fatores fundamentais para a conclusão deste trabalho.

Ao meu Co-Orientador, Pesquisador Dr. Ademar Pereira Serra, por seu apoio, além de sua dedicação, competência e especial atenção nas revisões e sugestões, fatores fundamentais para a conclusão deste trabalho.

À Usina Monte Verde, pelo apoio de disponibilizar sua estrutura para a coleta dos dados e por ter custeado as análises foliares que foram utilizadas neste trabalho.

A todos os professores do mestrado que de alguma forma contribuíram para minha formação.

Aos colegas do mestrado por terem compartilhado suas experiências e tempo durante esses dois anos.

## SUMÁRIO

<b>Resumo .....</b>	<b>10</b>
<b>Abstract .....</b>	<b>12</b>
<b>1. Introdução .....</b>	<b>13</b>
<b>2. Revisão de Literatura.....</b>	<b>16</b>
2.1. Diagnose foliar .....	16
2.2. Sistema integrado de Diagnose e Recomendação (DRIS) .....	17
2.3. Valores de referência ou Normas.....	18
2.4. Interpretação dos teores foliares por Faixas de Beaufils .....	19
<b>3. Material e Métodos .....</b>	<b>20</b>
3.1. Descrição das áreas.....	20
3.2. Amostragem e análise foliar.....	20
3.2. Avaliação da produtividade .....	20
3.4. Normas DRIS.....	21
3.5. Cálculo das funções DRIS .....	22
3.6. Concordância das normas DRIS .....	23
3.7. Avaliação da eficácia das normas DRIS.....	24
3.8. Faixas de Beaufils .....	24
3.9. Análises Estatísticas .....	25
<b>4. Resultados e Discussão.....</b>	<b>26</b>
4.1. Desenvolvimento das Normas DRIS.....	26
4.2. Desenvolvimento e validação das Faixas de Beaufils .....	41
<b>5. Conclusão.....</b>	<b>49</b>
<b>6. Referências .....</b>	<b>50</b>

## LISTA DE TABELAS

### Páginas

<b>Tabela 1.</b> Normas DRIS para cana-soca de primeiro ano, segundo ano e a norma geral (combinação de cana-soca de primeiro e segundo ano).....	28
<b>Tabela 2.</b> Concordância entre as relações bivariadas escolhidas para compor as normas DRIS específicas para cana-soca de primeiro e segundo ano e a norma geral (combinação das duas primeiras).....	30
<b>Tabela 3.</b> Comparação das médias das relações bivariadas das diferentes normas pelo teste t de student.....	32
<b>Tabela 4.</b> Resultados do teste de identidade de modelos analíticos (YIYj).....	35
<b>Tabela 5.</b> Pontos de equilíbrio nutricional obtidos com a norma 1 .....	45
<b>Tabela 6.</b> Faixas de Beaufils determinadas para a diagnose nutricional de soqueiras de cana de açúcar na região sul de Goiás.....	46
<b>Tabela 7.</b> Frequências de talhões diagnosticados em cada uma das faixas de Beaufils geradas para cana de açúcar na fase de soca na região sul de Goiás.....	47
<b>Tabela 8.</b> Cálculo do qui-quadrado, para as frequências observadas (%) de N, P, K, Ca, Mg, S, B, Zn, Cu, Mn e Fe, como nutriente em deficiência e excesso.....	48

## LISTA DE FIGURAS

### Páginas

- Figura 1.** Relação entre índice de balanço nutricional e produtividade do banco de dados da cana-soca primeiro ano, por meio da utilização de 3 normas DRIS; (A) normas geradas com a cana-soca primeiro ano, (B) normas geradas com a cana-soca segundo ano, (C) normas geradas com a combinação da cana-soca primeiro e segundo ano ..... 36
- Figura 2.** Relação entre índice de balanço nutricional e produtividade do banco de dados da cana-soca segundo ano, por meio da utilização de 3 normas DRIS; (A) normas geradas com a cana-soca primeiro ano, (B) normas geradas com a cana-soca segundo ano, (C) normas geradas com a combinação da cana-soca primeiro e segundo ano..... 37
- Figura 3.** Relação entre índice de balanço nutricional e produtividade do banco de dados da cana-soca primeiro e segundo ano, por meio da utilização de 3 normas DRIS; (A) normas geradas com a cana-soca primeiro ano, (B) normas geradas com a cana-soca segundo ano, (C) normas geradas com a combinação da cana-soca primeiro e segundo ano..... 38
- Figura 4.** Relação entre os teores de macronutrientes na população de referência e não referência dos talhões de cana-soca de primeiro ano e seus respectivos índices DRIS (I DRIS), gerados com a norma 1..... 39
- Figura 5.** Relação entre os teores de micronutrientes na população de referência e não referência dos talhões de cana-soca de primeiro ano e seus respectivos índices DRIS (I DRIS), gerados com a norma 1..... 40
- Figura 6.** Relação entre índice de balanço nutricional e produtividade do banco de dados da cana-soca primeiro e segundo ano, por meio da utilização de 3 normas DRIS; (A) normas geradas com a cana-soca primeiro ano, (B) normas geradas com a cana-soca segundo ano, (C) normas geradas com a combinação da cana-soca primeiro e segundo ano. .... 41

**Figura 7.** Relação entre os teores de macronutrientes na população de referência e não referência dos talhões de cana-soca de primeiro ano e seus respectivos índices DRIS (I DRIS), gerados com a norma 1..... 43

**Figura 8.** Relação entre os teores de micronutrientes na população de referência e não referência dos talhões de cana-soca de primeiro ano e seus respectivos índices DRIS (I DRIS), gerados com a norma 1..... 44

# **NORMAS DRIS E DIAGNÓSTICO NUTRICIONAL DE CANA-SOCA NA REGIÃO SUL DE GOIÁS**

**Autor:** Franklyn Clawdy Nunes Guimarães

**Orientadora:** Dr<sup>a</sup> Marlene Estevão Marchetti

## **RESUMO**

Normas DRIS foram desenvolvidas para a cultura da cana-de-açúcar e têm sido utilizadas com sucesso em algumas regiões produtoras. Para melhorar a acurácia dos diagnósticos obtidos com o DRIS podem ser desenvolvidas normas específicas para algumas condições de cultivo. Esse trabalho foi realizado com o objetivo de desenvolver, avaliar e validar normas DRIS gerais e específicas para cana-soca de primeiro e segundo ano, na região Sul de Goiás. Para tanto, foram coletadas 156 amostras foliares de lavouras comerciais de cana-de-açúcar (*Saccharum spp.*) no ano agrícola de 2012/2013, na região Sul de Goiás, Brasil. No desenvolvimento das normas as amostras foram divididas quanto à produtividade dos talhões. Foram considerados de alta produtividade os talhões com produtividade acima da média mais 2/3 de desvio padrão. As normas DRIS, compostas pela média e o coeficiente de variação das relações bivariadas entre todos os nutrientes na população de referência, foram calculadas utilizando o método do valor F. Em seguida, foram calculados os índices DRIS e, a partir desses valores, foram calculados o Índice de Balanço Nutricional (IBN) e o Índice de balanço nutricional médio (IBNm). Para comparação das normas calculou-se o percentual de relações bivariadas concordantes. Em seguida, os valores médios das relações bivariadas concordantes foram comparados pelo teste “t” ( $P < 0,05$ ) e foi realizado o teste de identidade de modelos. Por último, foram geradas faixas de Beaufils, a partir das normas DRIS obtidas, com as quais calculou-se a frequência de diagnósticos em cada classe de teor para cana-soca de primeiro ano. As normas específicas para cana-soca de primeiro e segundo ano se diferenciaram entre si e da norma geral obtida para as duas idades. As normas obtidas em talhões de primeiro ano apresentaram maior capacidade de discriminar o equilíbrio nutricional dos talhões de cana-soca. Com base nas faixas de Beaufils obtidas, os macronutrientes mais limitantes, por deficiência, foram K e P. Por sua vez, N e S foram aqueles que se apresentaram, com maior frequência, em

excesso. Zn e Cu foram micronutrientes mais limitantes por falta e Mn e B por excesso.

**Termos de indexação:** *Saccharum* spp., diagnose foliar, faixas de Beaufils, nutrição mineral.

# DRIS NORMS AND NUTRITIONAL ASSESS OF SUGARCANE RATOONS IN SOUTHERN REGION OF GOIÁS

Author: Franklyn Clawdy Nunes Guimarães

Adviser: PhD Marlene Estevão Marchetti

## ABSTRACT

DRIS norms were developed for sugarcane and have been successfully used in some productivity areas. In order to improve the diagnoses obtained with the DRIS method, specific norms can be developed for some specific conditions. This work was carried out aiming to develop, compare and assess general and specific DRIS norms for first and second ratoon sugarcane crop in southern region of Goiás, Brazil. With this purpose, leaf samples of 156 commercial sugarcane (*Saccharum* spp.) crops were collected in the year 2012/2013. For the development of the norms, the samples were divided according to the yield of the plots. The plots with yield above average productivity plus 2/3 of standard deviation were considered of high yield. DRIS norms, consisting of the mean and coefficient of variation of the dual relationships between all the nutrients in the reference population, were calculated using the method of F-value. The DRIS indices were calculated. From these values, the Nutritional Balance Index (NBI) and the average nutrient balance Index (BNIa) were determined. The percentage of concordant dual relationships was calculated. The values of the concordant dual relationships were compared by "t" test ( $P < 0.05$ ) and a model identity test was performed to compare the norms. Beauflis ranges were generated from the DRIS norms obtained, with which we calculated the frequency of plots in each class of nutrient content. Reference values for first and second ratoon sugarcane crop were different from each other and from the general norm obtained for the two development stage. The norms obtained in plots first ratoon sugarcane discriminated better the nutritional balance of ratoon sugarcane plots. Based on the Beauflis ranges obtained, the most limiting macronutrient, for deficiency were K and P. In turn, N and S were those more frequently in excess. Zn and Cu were the micronutrients most often lacking, while B and Mn were those in excess.

**Index terms:** *Saccharum* spp., leaf analysis, Beauflis ranges and mineral nutrition.

## 1. INTRODUÇÃO

O Brasil é o maior produtor mundial de cana de açúcar, com uma produção estimada para a safra 2013/2014 de 653,809 milhões de toneladas de cana em uma área de 8,810 milhões de ha (CONAB, 2014). Atualmente o país é responsável por, aproximadamente a metade do açúcar produzido no mundo (USDA, 2014) e é o segundo maior produtor mundial de etanol (MARIN & NASSIF, 2013). Além disso, a cana de açúcar é um insumo importante para alimentação animal no país, que possui o maior rebanho comercial de bovinos do mundo (ANUALPEC, 2012).

Diversos fatores interferem na produtividade dos cultivos de cana-de-açúcar, entre os quais se destaca, especialmente em condições tropicais, o suprimento de nutrientes para as plantas (NETO et al., 2006). Assim, as aplicações adequadas de corretivos e fertilizantes são fundamentais para garantir os bons rendimentos dessa cultura.

As recomendações de adubação para a cultura da cana-de-açúcar são normalmente baseadas na análise de solo, associada ao uso de valores de referência para sua interpretação (OLIVEIRA et al., 2007). Esses valores, que constam em manuais de recomendação de corretivos e fertilizantes, são derivados de trabalhos de calibração realizados em condições de campo. Apesar da boa aproximação das recomendações geradas com esse método, sua utilização não assegura o sucesso das adubações, pelo fato de muitos fatores alterarem o requerimento nutricional da cultura, bem como a capacidade de suprimento pelo solo (MARSCHNER, 1995). Como exemplo, podem-se citar eventos de seca, que reduzem o transporte de nutrientes, especialmente os de menor mobilidade, até as raízes das plantas, condição em que as plantas podem apresentar deficiência nutricional mesmo em um solo fértil (NOVAIS et al., 2007; MARSCHNER, 1995). Além disso, podem ocorrer eventuais problemas técnicos e operacionais, que modificam as práticas realizadas em relação às recomendadas. Desse modo, é necessário utilizar ferramentas adicionais para melhor ajuste das adubações.

Para avaliar a adequação do manejo nutricional das plantas e, se necessário, direcionar correções em fertilizações futuras, são utilizados métodos de diagnóstico nutricional, sendo a análise do tecido vegetal o mais usual.

O princípio fundamental desse método é o relacionamento entre o crescimento ou a produtividade vegetal e a composição mineral dos tecidos das plantas, que é variável, dependendo da parte ou órgão amostrado, das características de cada genótipo e sua interação com o ambiente (MARSCHNER, 1995). Assim, é necessário definir critérios de amostragem e escolher métodos apropriados para interpretação dos resultados obtidos, o que, muitas vezes, constitui uma das principais limitações para o diagnóstico nutricional de plantas (PARENT, 2011).

Existem diversos métodos de interpretação dos resultados de análise de tecido vegetal, como o método do nível crítico, método das faixas de suficiência, método de Kenworthy, sistema integrado de diagnose e recomendação (DRIS), dentre outros.

Os métodos mais utilizados são o do nível crítico e das faixas de suficiência. Esses métodos são de fácil aplicação e se baseiam na comparação do teor na amostra com um teor ou faixa de teores a partir do(a) qual o aumento da concentração do nutriente na folha não implica em ganhos de produtividade (MARSCHNER, 1995).

Normalmente, os níveis críticos ou faixas de suficiência são definidos em ensaios de calibração. Nessas condições, os diversos fatores associados às alterações das exigências nutricionais das plantas, como material genético, clima, características do solo etc., são controlados. Por isso, a utilização das normas assim definidas é limitada às condições estudadas e a sua aplicação generalizada pode implicar em erros de diagnóstico (SERRA et al., 2014). Esse tipo de abordagem requer, portanto, a implantação e manutenção de amplas redes experimentais, com ensaios de longa duração, notadamente para espécies perenes, cultivadas em larga escala, como a cana-de-açúcar, o que constitui a grande limitação desse método.

Outra desvantagem dos métodos anteriores é o fato de não considerarem as variações no equilíbrio entre os nutrientes, não sendo possível dessa forma, saber a ordem de requerimento nutricional da planta (BEAUFILS, 1973).

Uma alternativa para solução desses problemas é a definição de valores de referência (normas) a partir dos dados de monitoramento nutricional realizados em lavouras comerciais, bem como utilizar métodos que considerem o equilíbrio nutricional das plantas, como o DRIS, proposto por Beaufils (1973), que tem sido difundido nas últimas décadas.

Valores de referência ou normas DRIS obtidas a partir de plantios comerciais foram desenvolvidos para a cultura da cana de açúcar (ELWALI e GASCHO, 1984; REIS Jr. e MONERAT, 2003; MACCRAY et al., 2010; SANTOS et al., 2013).

Apesar da vantagem de representar as reais condições de campo, esses padrões, obtidos a partir de talhões comerciais, integram, muitas vezes, amplas variações de ambiente e manejo. Nesse contexto, embora alguns trabalhos sugiram que as normas DRIS sejam universais, conforme pressupunha Beaufils (1973), diversos autores têm proposto a implementação de normas regionais ou mais específicas, por serem geradas em condições mais homogêneas (ROCHA, 2008; SERRA et al., 2013), o que, de modo geral, tem melhorado a acurácia dos diagnósticos obtidos (REIS Jr. e MONNERAT, 2003; SILVA et al., 2005; SERRA et al., 2013). Apesar disso, as normas desenvolvidas para a cultura da cana-de-açúcar, mesmo quando específicas, ainda não consideram diversos aspectos que alteram a resposta fisiológica da planta.

Entre esses aspectos, é notável a influência da idade da lavoura (MARSCHNER, 1995), que, especialmente no caso da cana-de-açúcar, por tratar-se de cultura perene, está associada a variações na fisiologia da planta, que também são influenciadas pelas diferenças das práticas de manejo da cultura dadas em cada fase. Essas diferenças são mais acentuadas quando se compara cana-planta com cana-soca, especialmente, no que se referem à nutrição, pelas diferenças com relação à correção de solo e adubação.

Esse trabalho foi desenvolvido com o objetivo de desenvolver e avaliar normas DRIS gerais e específicas para cana-soca de primeiro e segundo ano, na região Sul de Goiás.

## 2. REVISÃO DE LITERATURA

### 2.1. Diagnose Foliar

A diagnose foliar é uma ferramenta para avaliação do estado nutricional das plantas. Tal ferramenta tem por finalidade auxiliar na identificação de limitações nutricionais das plantas por falta e/ou excesso e, dessa maneira, subsidiar recomendações de adubação e calagem para diferentes culturas agrícolas e florestais (MALAVOLTA et al., 1997).

Entre as técnicas de diagnose, destacam-se, como as mais utilizadas, a análise visual e a análise química do tecido vegetal (análise foliar).

A análise visual é baseada na observação de modificações na planta que ocorrem pela deficiência ou excesso de nutrientes em seus tecidos. Esses sintomas são muitas vezes utilizados para realização de correções ou ajustes nas fertilizações a serem realizadas. No entanto, quando essas alterações nas plantas se manifestam, seu metabolismo normalmente já foi alterado e sua produtividade, de modo geral, já foi comprometida (MARSCHNER et al., 1995).

A análise foliar, por sua vez, é baseada nas seguintes premissas (FAGERIA et al., 2009): A disponibilidade dos nutrientes no solo determina seu teor na planta, ou seja, há, de modo geral, relação entre a disponibilidade do nutriente no solo e seu teor na planta.

O teor dos nutrientes nas plantas relaciona-se com seu crescimento e/ou a produtividade. Embora outros tecidos das plantas possam ser utilizados para diagnose nutricional, como flores (MARTINEZ et al., 2003) e tronco, a folha é o órgão mais indicado para análise, por ser o principal compartimento metabólico da planta (MARSCHNER, 1995). Por isso, o conjunto de procedimentos para o diagnóstico nutricional de plantas baseado na análise de tecido vegetal tem sido denominado, de um modo amplo, diagnose foliar (SERRA, 2011).

Diversos fatores, associados à própria planta (ex.: genótipo, idade, região amostrada, etc.) e suas interações com o ambiente (ex.: ocorrência de pragas e doenças, alterações climáticas, diferenças de solo) podem influenciar a concentração de nutrientes nos tecidos vegetais (BEAUFILS, 1973; MALAVOLTA, 2006). Dessa maneira, é necessário estabelecer critérios de amostragem dos tecidos a serem

análises e utilizar métodos apropriados para interpretação dos resultados das análises obtidas.

Existem diversos métodos para interpretação dos resultados de análises foliares, entre os quais se pode citar o método do nível crítico, método das faixas de suficiência, método da diagnose da composição nutricional (CND) e o sistema integrado de diagnose e recomendação (DRIS) (BEAUFILS, 1973; WALWORTH e SUMNER, 1987; PARENT e DAFIR, 1992; SERRA et al., 2010)., dentre outros. Alguns desses métodos avaliam apenas a concentração individual de cada nutriente, como o método do nível crítico e das faixas de suficiência. Outros, por sua vez, consideram também as relações entre os nutrientes na planta, como é o caso do CND e do DRIS, sendo esse último utilizado nesse trabalho.

## **2.2.Sistema Integrado de Diagnose e Recomendação (DRIS)**

O Sistema Integrado de Diagnose e Recomendação, desenvolvido por Beaufils (1973), é um método para interpretação dos resultados de análises de tecido vegetal baseado no estabelecimento de relações bivariadas entre nutrientes.

Esse método não considera apenas o teor individual de cada nutriente no tecido foliar, mas também seu equilíbrio com os demais (BEAUFILS, 1973). Para tanto, são geradas funções para cada nutriente, que são denominadas funções DRIS. Essas funções, medem o afastamento das relações bivariadas dos nutrientes na amostra sob diagnose em relação aos valores dessas relações em uma população de referência (BEAUFILS, 1973).

A integração dos valores das funções DRIS, para cada nutriente, dá origem ao denominado índice DRIS, que expressa o equilíbrio de cada nutriente em relação aos demais.

Por meio do somatório do módulo dos índices DRIS obtidos para cada nutriente obtém-se o índice de balanço nutricional (IBN). A divisão do valor de IBN pelo número de nutrientes avaliados permite calcular o Índice de Balanço Nutricional Médio (IBNm), proposto por Beaufils (1973). Esses dois últimos índices indicam o estado geral de equilíbrio nutricional da planta.

Entre as vantagens do método DRIS pode-se citar: permite ordenar os nutrientes do mais deficiente ao mais excessivo; possibilita o cálculo de uma medida

combinada do equilíbrio nutricional de todos os nutrientes em avaliação, o que expressa o estado nutricional geral da planta; possibilita a identificação de limitações da produtividade por razões nutricionais (BALDOCK e SCHULTE, 1996, SERRA, 2011). Além disso, segundo Beaufils (1973), uma das grandes vantagens da utilização do DRIS é o fato de as relações entre nutrientes serem mais estáveis que o seu teor. Dessa maneira, o diagnóstico pelo DRIS estaria menos sujeito a efeitos de diluição e concentração associados, por exemplo, à idade da planta e aos fatores ambientais.

### **2.3. Valores de Referência ou Normas**

Para aplicação do Sistema Integrado de Diagnóstico e Recomendação, bem como de outros métodos de interpretação de análise foliar, é necessário o estabelecimento de valores de referência ou normas (MALAVOLTA et al., 1997). Para o método DRIS esses valores são formados pela média e o coeficiente de variação das relações bivariadas entre os teores de nutrientes na população de referência (BEAUFILS, 1973). Segundo Beaufils (1973) é desejável que a população utilizada na definição das normas DRIS apresente elevada variabilidade, de modo que seja possível contemplar amplas variações nas interações entre nutrientes e dos diversos fatores de produção. Apesar disso, têm sido adotados diferentes critérios para definição de normas DRIS (SERRA, 2011; WADT e DIAS, 2012), o que muitas vezes pode alterar significativamente a eficácia dos diagnósticos obtidos (WADT e DIAS, 2012; SERRA et al., 2013).

A utilização de populações que contemplam amplas variações nos teores foliares de nutrientes e suas relações tem como propósito assegurar maior amplitude de condições em que as normas podem ser utilizadas. Por outro lado, alguns trabalhos têm indicado também maior acurácia dos diagnósticos obtidos com normas geradas em condições específicas, comparativamente a normas gerais (DIAS et al. 2010). Contudo, ainda não há um consenso acerca dos procedimentos mais adequados para obtenção de normas DRIS.

Além desses aspectos, podem ser adotados diferentes métodos para definição das relações bivariadas que irão compor as normas, como os métodos das razões das variâncias (BEAUFILS, 1973; JONES, 1981 e LETZSCH, 1985) e a correlação entre relações bivariadas e produtividade (BEAUFILS, 1973).

Para Wadt e Dias (2012) as diferenças de abordagem na obtenção das normas DRIS têm implicações científicas e práticas. Esses mesmos autores argumentam que caso as normas específicas ou regionais melhorem o diagnóstico do estado nutricional das plantas será necessário empreender pesquisas para desenvolvimento de normas locais, o que demanda maior tempo e recursos financeiros. Por outro lado, no caso de maior adequação das normas genéricas, devem-se empreender esforços para a obtenção do maior volume de dados possível.

Normas DRIS já foram desenvolvidas para a cultura da cana-de-açúcar (ELWALI e GASCHO, 1984; REIS Jr. e MONERAT, 2003; SANTOS et al., 2013). Entretanto, ainda são poucos os estudos em que foram desenvolvidas normas específicas para essa cultura. Por isso, muitas vezes são utilizadas normas gerais, o que, em alguns casos pode prejudicar a acurácia dos diagnósticos obtidos.

#### **2.4. Interpretação dos teores foliares por Faixas de Beaufils**

As faixas de Beaufils consistem em intervalos de teores de nutrientes considerados adequados para uma cultura. Esses intervalos são determinados utilizando o método DRIS e são baseados no relacionamento entre os índices DRIS de cada nutriente e seu teor na planta (BEAUFILS, 1973).

A partir desses relacionamentos, são definidas classes de diagnóstico nutricional, obtidas a partir do teor ótimo de cada nutriente em uma população de referência, seguindo os seguintes critérios: faixa de deficiência = menor que  $-4/3$  de desvio padrão; tendência à deficiência = entre  $-4/3$  e  $-2/3$  de desvio padrão; suficiente = entre  $-2/3$  e  $2/3$  de desvio padrão; tendência ao excesso = entre  $2/3$  e  $4/3$  de desvio padrão e faixa de excesso = maior que  $4/3$  de desvio padrão. Faixas de Beaufils já foram desenvolvidas no Brasil para diversas culturas (URANO et al. 2007; FARNEZI et al., 2009; SERRA et al., 2012), entre as quais a cana de açúcar. Contudo, ainda há pouca informação acerca da geração dessas faixas a partir de normas específicas, notadamente para cana-soca na região sul de Goiás.

### **3. MATERIAL E MÉTODOS**

#### **3.1. Descrição das áreas**

O trabalho foi realizado com 156 amostras foliares de lavouras comerciais de cana-de-açúcar (*Saccharum* spp.) coletadas no ano agrícola de 2012/2013, na região Sul de Goiás, em torno das coordenadas geográficas: 18° 26' 54" Sul e 50° 26' 48" Oeste. As amostras foram colhidas em talhões de cana-soca de primeiro (47%) e segundo ano (53%) com as seguintes variedades: RB86-7515 (56 talhões), IAC87-3396 (6 talhões) e SP81-3250 (94 talhões). O solo predominante na região é LATOSSOLO VERMELHO Distroférico (SANTOS et al., 2006) e a altitude média é de 540 m.

#### **3.2. Amostragem e análise foliar**

Cada uma das 156 amostras compostas foi formada por 30 amostras simples, coletadas na porção mediana da folha + 3, sem a nervura central (MALAVOLTA, 2006). As amostras simples foram coletadas aleatoriamente em cada talhão comercial com área média de 20 ha.

Todas as amostras foram secas em estufa de circulação forçada de ar a 60°C, até peso constante e passadas em moinho com peneira de 20 mesh. Foram determinados os teores totais de N, P, K, Ca, Mg, S, B, Zn, Cu, Mn e Fe, conforme metodologia descrita em Malavolta et al. (1997).

#### **3.3. Avaliação da produtividade**

A produtividade de cana-de-açúcar foi avaliada pelo método de biometria (Centro de Tecnologia Canavieira CTC). Para tanto, foram pesados 20 perfilhos (colmos) e contados o número de perfilho em 10 metros. Com base nesses valores, foi obtido o número médio de perfilho (canas) por metro e o peso médio de cada perfilho. A partir desses dados e do espaçamento entre linhas adotado, foi estimada a produtividade de cada talhão, em t ha<sup>-1</sup>, utilizando a seguinte equação:

$$P = np \times ntm \times (mmc/1000)$$

sendo:

P = produtividade (t/ha)

np = número médio de perfilho por metro linear

ntm = número total de metros lineares em um ha (10.000 / espaçamento entre linhas)

mmc= massa média do perfilho (kg)

### **3.4.Normas DRIS**

Os teores totais de macronutrientes ( $\text{g kg}^{-1}$ ) e micronutrientes ( $\text{mg kg}^{-1}$ ) nas folhas e a produtividade de cana ( $\text{t ha}^{-1}$ ) foram utilizados para o desenvolvimento de normas DRIS para a região sul do estado de Goiás.

Foram desenvolvidas normas gerais (contemplando cana-soca de primeiro e segundo ano) e específicas (geradas para cada idade avaliada).

No desenvolvimento das normas, as amostras foram divididas em dois grupos: amostras advindas de talhões de alta (população de referência) e de baixa produtividade (população de não referência), sendo consideradas de alta produtividade os talhões com produtividade acima da média mais 2/3 de desvio padrão (SERRA et al., 2013). A normalidade dos dados de produtividade utilizados para geração das diferentes normas foi testada utilizando o teste Kolmogorov-Smirnov (CAMPOS, 1983).

Foram calculadas a média e o coeficiente de variação das relações bivariadas entre todos os nutrientes, considerando as relações diretas e inversas (ex.: A/B ou B/A), tanto para as populações de referência quanto de não referência. Para determinar quais relações, diretas ou inversas (A/B ou B/A), que compuseram cada norma foi utilizado o método das razões das variâncias (valor F) (JONES, 1981 e LETZSCH, 1985). Para tanto, foram calculadas as variâncias das relações bivariadas entre nutrientes nas populações de referência e não referência, sendo escolhidas aquelas que apresentavam a maior razão de variâncias, conforme o seguinte exemplo:

Se,

$$\left[ \frac{S^2 \left( \frac{A}{B} \right) \text{ baixa produtividade}}{S^2 \left( \frac{A}{B} \right) \text{ alta produtividade}} \right] > \left[ \frac{S^2 \left( \frac{B}{A} \right) \text{ baixa produtividade}}{S^2 \left( \frac{B}{A} \right) \text{ alta produtividade}} \right]$$

Então: a relação utilizada para compor as normas será A/B, do contrário, será B/A ( $S^2$  = variância da relação dual entre nutrientes).

### 3.5. Cálculo das funções DRIS

As funções DRIS foram calculadas de acordo com Beaufils (1973). As relações bivariadas de cada amostra (A/B) foram comparadas às normas DRIS (a/b), utilizando o seguinte procedimento de cálculo, considerou-se o fator de ajuste (K) = 1:

$$\text{Se } A/B < a/b: f \left( \frac{A}{B} \right) = \left[ 1 - \frac{a/b}{A/B} \right] \cdot \frac{100 \cdot K}{CV\%}$$

$$\text{Se } A/B = a/b: 0$$

$$\text{Se } A/B > a/b: f \left( \frac{A}{B} \right) = \left[ \frac{A/B}{a/b} - 1 \right] \cdot \frac{100 \cdot K}{CV\%}$$

Os valores dos índices DRIS para cada nutriente foram determinados conforme proposto por Beaufils (1973):

$$I_{DRIS A} = \frac{\sum f \left( \frac{A}{B} \right) - \sum f \left( \frac{B}{A} \right)}{n + m}$$

$n$  = número de funções DRIS calculadas utilizando a relação direta (A/B),

$m$  = número de funções DRIS calculadas utilizando a relação inversa (B/A).

O índice de balanço nutricional (IBN) foi calculado pela soma dos valores absolutos dos índices DRIS gerados para cada nutriente na amostra e o índice de balanço nutricional médio (IBNm) foi obtido por meio da divisão do valor de IBN pelo número de nutrientes avaliados (11), conforme as seguintes equações:

$$IBN = \sum |x_{indice\ DRIS}|$$

$$IBNm = \frac{\sum |x_{indice\ DRIS}|}{11}$$

### 3.6. Concordância das normas DRIS

A similaridade das normas obtidas foi avaliada, inicialmente, pela comparação das relações bivariadas diretas ou inversas (A/B ou B/A) escolhidas em cada norma.

Os valores médios das relações bivariadas escolhidas nas diferentes normas foram comparados pelo teste “t” a 1% de probabilidade. Em seguida, foi obtido o percentual de concordância entre as relações bivariadas escolhidas para compor as normas.

Também foi realizado o teste de identidade de modelos analíticos com a finalidade de identificar a existência de semelhança entre os IBN gerados pelas diferentes normas. Para tanto, foi utilizado o procedimento descrito por Leite & Oliveira (2002). Assim, para realizar o teste de identidade entre os IBN gerados por duas normas  $Y_1$  e  $Y_j$  ajustou-se o modelo  $Y_j = \beta_0 + \beta_1 Y_1 + e_i$  e foi estabelecida a hipótese  $H_0: \beta_0 = 0$  e  $\beta_1 = 1$ , que foi testada comparando-se a estatística  $F(H_0)$  de Graybill (1976) com o valor Tabelado  $F_{0,01}(2, n-2)$ , sendo o QMRes o quadrado médio do resíduo da regressão.

Foi estabelecido o seguinte critério para que houvesse identidade entre as normas:  $F(H_0)S < F_{0,01}(2, n-2)$ ,  $\bar{e} = 0$  (não-significativo) e  $r_{Y_j Y_1} > (1 - |\bar{e}|)$ , considerando o nível de significância de 1% pelo teste “t”, sendo:

$$r_{Y_j Y_1} = \frac{Cov(Y_j, Y_1)}{\sqrt{V(Y_j)V(Y_1)}}, \bar{e} = \frac{\sum Y_{ji}}{n}$$

Para testar a hipótese  $H_0: \bar{e} = 0$  a estatística  $t_{\bar{e}} = \frac{\bar{e} - 0}{S_{\bar{e}}}$  foi utilizada, considerando-se  $S_{\bar{e}} = \frac{S_e}{\sqrt{n}}$ , com  $n-1$  graus de liberdade e  $\alpha = 1\%$ . Dessa maneira, se  $t_{\bar{e}} > t_{\alpha}(n-1)$  a hipótese  $H_0$  deve ser rejeitada e, quando  $t_{\bar{e}} < t_{\alpha}(n-1)$ , deve ser aceita,

o que, nesse último caso, indica que a diferença entre os métodos é aleatória. Contudo, a decisão sobre a identidade dos métodos foi baseada também nos critérios  $F(H_0)$  e  $r_{Y_1Y_2}$ .

### **3.7. Avaliação da eficácia das normas**

Com o propósito de avaliar a eficácia das normas obtidas, os valores de IBN (índice de balanço nutricional) obtidos com cada uma das normas foram relacionados com as produtividades dos talhões de cana-soca de primeiro, segundo ano e sua combinação, por meio de regressão linear simples.

### **3.8. Faixas de Beaufils**

Após a avaliação das normas, foi selecionada aquela mais adequada para avaliação do estado nutricional de cana-soca no sul de Goiás, com a qual foram obtidas as Faixas de Beaufils para interpretação de análises de folhas. Para tanto, foi estabelecido, primeiramente, o relacionamento entre os índices DRIS de cada nutriente e seus respectivos teores foliares na subpopulação de alta produtividade, por meio de regressão. Na seleção dos modelos de regressão, foram escolhidos aqueles nos quais os coeficientes de regressão eram significativos até o nível de 1% de probabilidade e que apresentaram o maior coeficiente de determinação ajustado.

Após essa análise, foi estabelecido, utilizando as equações geradas, o teor ótimo de cada nutriente com base na norma escolhida. Esse teor, definido como ponto de equilíbrio nutricional, é aquele em que o índice de balanço nutricional é nulo, ou seja, é o teor em que o nutriente é considerado não limitante por falta ou excesso. Em seguida, para cada nutriente, foram definidas cinco classes de teores foliares, elencadas com base em seus valores de índices DRIS, de acordo com os seguintes intervalos dados em unidades de desvio padrão (s): menor que  $-4/3s$  = deficiente; entre  $-4/3$  e  $2/3s$  = tendência à deficiência; entre  $-2/3$  e  $2/3s$  = suficiente; entre  $2/3$  e  $4/3s$  = tendência à excessiva; maior que  $4/3s$  = excessiva (Beaufils, 1973).

Para avaliação das faixas de Beaufils geradas foram utilizados os resultados da análise foliar dos talhões de cana-soca de primeiro ano da usina ETH. Para tanto,

os teores foliares das amostras obtidas nesses talhões foram classificados de acordo com as faixas de Beaufils geradas para talhões de cana-soca de primeiro ano.

Em seguida, foi utilizado o teste de qui-quadrado ( $\chi^2$ ) de Pearson ( $P < 0,01$ ), com  $n-1$  graus de liberdade, sendo  $n$  = número de nutrientes avaliados, para validação dos diagnósticos obtidos.

Para aplicação desse teste, as frequências esperadas e observadas foram calculadas de acordo com as seguintes equações:

$$FE(\%) = \left[ \left( \frac{n^{\circ} \text{ total de talhões avaliados}}{n^{\circ} \text{ de nutrientes avaliados}} \right) / (n^{\circ} \text{ total de talhões avaliados}) \right] \cdot 100$$

$$FO(\%) = \left( \frac{n^{\circ} \text{ de talhões em que o nutriente foi (deficiente)}}{n^{\circ} \text{ total de nutrientes avaliados}} \right) \cdot 100$$

$$\chi^2 = \sum_{i=1}^k \left[ \frac{(FOi - FEi)^2}{FEi} \right]$$

### **3.9. Análises estatísticas**

As análises estatísticas foram conduzidas com o programa SPSS, para Windows, versão 11.0.0 (SPSS Inc., Chicago, IL, EUA). Os demais cálculos foram realizados com o uso da planilha do Excel (Microsoft Corporation, Redmond, WA, EUA).

## 4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 4.1. Desenvolvimento das normas DRIS

As normas DRIS específicas para cana-soca de primeiro e segundo ano, bem como a norma geral, obtida com a combinação dos dados de primeiro e segundo ano estão apresentadas na Tabela 1.

Dos 74 talhões de cana-soca de primeiro ano (produtividade média de 167 t ha<sup>-1</sup>), foram escolhidos 21 para compor a população de alta produtividade (média mais 2/3 de desvio padrão). Por sua vez, 29, dos 82 talhões de cana-soca de segundo ano (média de 144 t ha<sup>-1</sup>) foram escolhidos para compor a população de alta produtividade, seguindo o mesmo critério. Já para compor as normas gerais foram escolhidos 45 entre os 156 talhões (média de todos os talhões = 155,74 t ha<sup>-1</sup>).

Em uma análise inicial das normas, que deve ser avaliada com cautela, conjuntamente aos demais testes apresentados adiante, é possível observar que não houve concordância em todas as relações bivariadas que compuseram as normas. As normas também se diferenciaram quanto às médias das relações bivariadas concordantes.

Houve baixa concordância entre as relações bivariadas escolhidas para compor as normas 1 e 2 (43,6 %) e maior proximidade entre as normas 1 e 3 e 2 e 3 (69,1 %) (Tabela 2). Isso se deve, pelo menos em parte, às maiores diferenças entre os bancos de dados utilizados para o desenvolvimento das normas 1 e 2. Por sua vez, a maior concordância entre as normas 1 e 3 e 2 e 3, pode ser creditada à maior similaridade dos bancos de dados utilizados para a composição dessas normas. Ou seja, como os bancos de dados utilizados no desenvolvimento das normas um e dois foram utilizados em conjunto para desenvolvimento da norma 3, é de se esperar que essa apresente maior similaridade com as duas primeiras,

Além das diferenças nas relações bivariadas escolhidas para compor as normas 1 e 2, houve diferença entre as médias dessas relações concordantes, conforme observado para N/P, Mg/Ca, S/K, Z/N, Zn/P, Zn/K, Zn/Ca, Zn/B, Zn/Mn, Mn/N, Fe/Ca e Fe/B (Tabela 3). Diferenças entre médias das relações bivariadas também foram observadas entre as normas 1 e 3 para S/P, Mn/K e Mn/N e entre 2 e 3 para N/P, P/Fe, Mg/P, S/P, Zn/P, Zn/K, Zn/Mn, Mn/S e Mn/Fe (Tabela 3). Esses resultados sugerem variações na magnitude das relações entre nutrientes nas

populações de referência obtidas para geração de cada norma. Portanto, as normas obtidas diferiram não apenas quanto à concordância das relações escolhidas, mas também no que se refere ao valor das relações bivariadas concordantes, notadamente na comparação das normas 1 e 2 e 2 e 3.

Esses resultados estão de acordo com outras observações em diferentes culturas e condições de manejo (SANTOS et al., 2004; SILVA et al., 2005; ROCHA et al., 2007; SANTANA et al., 2008; DIAS et al., 2010; SERRA et al., 2013). Segundo Dias et al. (2013), essas variações são esperadas e estão associadas às distintas condições de crescimento às quais cada população de referência foi submetida.

Tabela 1. Normas DRIS para cana-soca de primeiro ano, segundo ano e a norma geral (combinação de cana-soca de primeiro e segundo ano).

Cana-soca ano 1			Cana-soca ano 2			Cana-soca ano 1 e 2		
	MEDIA	C.V.(%)		MEDIA	C.V.(%)		MEDIA	C.V.(%)
N/P	8,0105	12,17	N/P	9,4687	18,53	N/P	8,5363	17,71
N/K	1,1637	31,24	N/K	1,2008	24,89	N/K	1,1485	25,89
N/B	1,2873	23,90	N/Ca	6,5677	28,84	N/S	11,9524	16,21
N/Cu	2,2719	20,37	N/Mg	9,2778	22,46	N/B	1,3254	20,23
P/K	0,1446	24,80	N/S	11,2987	14,96	N/FE	0,1182	27,85
P/B	0,1613	22,58	N/B	1,3506	19,13	P/K	0,1358	23,06
P/Cu	0,2845	18,57	N/FE	0,1088	28,52	P/B	0,1587	23,24
K/B	1,1492	23,00	P/K	0,1282	21,88	P/FE	0,0144	33,59
K/Cu	2,0784	30,34	P/Ca	0,7283	37,22	Ca/N	0,1600	26,01
K/Mn	0,1642	27,06	P/Mg	1,0239	31,41	Ca/P	1,3617	31,84
Ca/N	0,1692	24,29	P/S	1,2211	18,67	Ca/K	0,1842	37,37
Ca/P	1,3327	18,98	P/B	0,1476	25,77	Ca/S	1,8933	26,39
Ca/K	0,1924	32,54	P/FE	0,0121	37,17	Ca/B	0,2105	33,03
Ca/S	2,0683	19,59	K/Ca	5,9423	42,25	Ca/Zn	0,1387	28,54
Ca/B	0,2156	32,42	Ca/Mn	0,0372	35,23	Ca/Cu	0,3640	37,52
Ca/Cu	0,3754	23,71	Mg/K	0,1395	42,58	Mg/N	0,1042	30,21
Mg/N	0,1032	38,69	Mg/Ca	0,7040	14,40	Mg/P	0,8871	34,49
Mg/P	0,8104	33,60	Mg/S	1,2774	27,48	Mg/K	0,1206	39,76
Mg/K	0,1201	45,34	Mg/Mn	0,0254	28,15	Mg/Ca	0,6638	23,64
Mg/Ca	0,6128	30,86	Mg/FE	0,0121	33,32	Mg/S	1,2364	31,80
Mg/S	1,2778	37,71	S/K	0,1068	23,06	Mg/B	0,1387	37,92
Mg/B	0,1343	47,73	S/Ca	0,5934	31,67	Mg/Mn	0,0217	43,88
Mg/Cu	0,2241	29,48	B/K	0,9176	28,86	S/P	0,7242	18,57
S/N	0,0820	15,74	B/Ca	5,0346	32,97	S/K	0,0958	16,46
S/P	0,6478	10,92	B/Mg	7,1137	28,52	S/B	0,1131	24,60
S/K	0,0917	16,08	B/S	8,7018	25,23	B/K	0,8909	28,21
S/B	0,1035	21,05	B/MN	0,1730	26,60	Zn/N	1,2207	30,17
S/Cu	0,1846	22,60	Zn/N	1,3994	26,78	Zn/P	10,5011	37,19
S/Mn	0,0147	24,07	Zn/P	13,3795	34,01	Zn/K	1,4000	38,32
B/CU	1,8523	27,79	Zn/K	1,6819	38,15	Zn/Mg	12,0782	26,67
Zn/N	1,1203	32,53	Zn/Ca	9,0383	34,07	Zn/S	14,3834	29,25
Zn/P	8,9179	34,12	Zn/Mg	12,7839	29,58	Zn/B	1,6353	40,11
Zn/K	1,2964	43,39	Zn/S	15,5318	23,10	Zn/Cu	2,9213	60,94
Zn/Ca	6,6629	23,62	Zn/B	1,9177	39,37	Zn/Mn	0,2583	48,33
Zn/Mg	11,4011	25,95	Zn/Mn	0,3232	40,02	Zn/FE	0,1445	43,13
Zn/S	13,9181	34,41	Zn/FE	0,1521		Cu/N	0,4742	29,95
Zn/B	1,4558	44,15	Cu/N	0,5146	43,54	Cu/P	4,0213	33,79
Zn/Cu	2,5026	40,66	Cu/P	4,8840	50,34	Cu/K	0,5492	40,53
Zn/Mn	0,2058	46,28	Cu/K	0,6175	47,36	Cu/Mg	4,7996	32,22
Zn/FE	0,1472	46,90	Cu/Ca	3,3901	51,59	Cu/S	5,6717	32,20
Mn/N	5,7521	17,05	Cu/Mg	4,8306	51,95	Cu/B	0,6178	31,30

Continua...

Continuação

Mn/P	46,2621	23,06	Cu/S	5,9312	48,18	Cu/Mn	0,0960	36,00
Mn/Ca	36,2575	31,45	Cu/B	0,6751	46,59	Cu/FE	0,0556	41,59
Mn/Mg	63,9467	36,97	Cu/Zn	0,3970	45,40	Mn/N	5,1545	22,81
Mn/B	7,2801	21,04	Cu/Mn	0,1125	41,19	Mn/P	43,8113	27,10
Mn/Cu	13,2484	29,49	Cu/FE	0,0535	49,38	Mn/K	5,9610	37,82
Fe/N	8,2643	27,44	Mn/N	4,6091	21,57	Mn/Ca	34,2017	32,06
Fe/P	65,9437	28,46	Mn/P	43,8409	29,65	Mn/S	62,2279	31,01
Fe/K	9,4822	37,49	Mn/K	5,6501	39,04	Mn/B	6,7255	24,26
Fe/Ca	51,5406	35,12	Mn/S	52,6931	30,34	Mn/FE	0,5997	30,74
Fe/Mg	90,3913	37,09	Mn/FE	0,4935	32,53	Fe/K	10,8088	48,99
Fe/S	102,1347	27,57	Fe/K	12,4352	48,71	Fe/Ca	60,6290	35,70
Fe/B	10,3487	24,92	Fe/Ca	64,5252	35,30	Fe/Mg	94,8312	36,31
Fe/CU	19,2283	41,20	Fe/S	117,1352	45,33	Fe/S	110,7589	38,58
Fe/MN	1,4343	20,04	Fe/B	13,3635	31,10	Fe/B	12,0670	33,34

As diferenças entre as normas, obtidas nos testes iniciais, foram corroboradas pelo teste de identidade de modelos (Tabela 4), que indicou diferença entre todas as normas geradas.

Isso sugere, em um primeiro momento, que para interpretação do estado nutricional de cana-soca de primeiro e segundo ano no sul do estado de Goiás o procedimento mais adequado seria utilizar as normas específicas para cada idade em detrimento à norma geral.

No entanto, como será discutido mais adiante, é necessário avaliar também a adequação dos diagnósticos obtidos a partir de cada norma, pois, conforme observou Serra (2013) os critérios adotados para obtenção das normas podem alterar sua capacidade de indicar o equilíbrio nutricional das plantas.

Tabela 2. Concordância entre as relações bivariadas escolhidas para compor as normas DRIS específicas para cana-soca de primeiro e segundo ano e a norma geral (combinação das duas primeiras).

Norma 1 vs. 2		Norma 1 vs. 3		Norma 2 vs. 3	
Norma 1	Norma 2	Norma 1	Norma 3	Norma 2	Norma 3
N/P	N/P	N/P	N/P	N/P	N/P
N/K	N/K	N/K	N/K	N/K	N/K
N/B	N/Ca <sup>≠</sup>	N/B	N/S <sup>≠</sup>	N/Ca <sup>≠</sup>	N/S
N/Cu <sup>≠</sup>	N/Mg <sup>≠</sup>	N/Cu <sup>≠</sup>	N/B	N/Mg <sup>≠</sup>	N/B
P/K	N/S <sup>≠</sup>	P/K	N/Fe <sup>≠</sup>	N/S	N/Fe
P/B	N/B	P/B	P/K	N/B	P/K
P/Cu <sup>≠</sup>	N/Fe <sup>≠</sup>	P/Cu	P/B	N/Fe	P/B
K/B <sup>≠</sup>	P/K	K/B <sup>≠</sup>	P/Fe <sup>≠</sup>	P/K	P/Fe
K/Cu <sup>≠</sup>	P/Ca <sup>≠</sup>	K/Cu <sup>≠</sup>	Ca/N	P/Ca <sup>≠</sup>	Ca/N <sup>≠</sup>
K/Mn <sup>≠</sup>	P/Mg <sup>≠</sup>	K/Mn <sup>≠</sup>	Ca/P	P/Mg <sup>≠</sup>	Ca/P <sup>≠</sup>
Ca/N <sup>≠</sup>	P/S <sup>≠</sup>	Ca/N	Ca/K	P/S <sup>≠</sup>	Ca/K <sup>≠</sup>
Ca/P <sup>≠</sup>	P/B	Ca/P	Ca/S	P/B	Ca/S <sup>≠</sup>
Ca/K <sup>≠</sup>	P/Fe <sup>≠</sup>	Ca/K	Ca/B	P/Fe	Ca/B <sup>≠</sup>
Ca/S <sup>≠</sup>	K/Ca <sup>≠</sup>	Ca/S	Ca/Zn <sup>≠</sup>	K/Ca <sup>≠</sup>	Ca/Zn <sup>≠</sup>
Ca/B <sup>≠</sup>	Ca/Mn <sup>≠</sup>	Ca/B	Ca/Cu	Ca/Mn <sup>≠</sup>	Ca/Cu <sup>≠</sup>
Ca/Cu <sup>≠</sup>	Mg/K	Ca/Cu	Mg/N	Mg/K <sup>≠</sup>	Mg/N <sup>≠</sup>
Mg/N <sup>≠</sup>	Mg/Ca	Mg/N	Mg/P	Mg/Ca	Mg/P <sup>≠</sup>
Mg/P <sup>≠</sup>	Mg/S	Mg/P	Mg/K	Mg/S	Mg/K <sup>≠</sup>
Mg/K	Mg/Mn <sup>≠</sup>	Mg/K	Mg/Ca	Mg/Mn	Mg/Ca
Mg/Ca	Mg/Fe	Mg/Ca	Mg/S	Mg/Fe <sup>≠</sup>	Mg/S
Mg/S	S/K	Mg/S	Mg/B	S/K	Mg/B <sup>≠</sup>
Mg/B <sup>≠</sup>	S/Ca <sup>≠</sup>	Mg/B	Mg/Mn <sup>≠</sup>	S/Ca <sup>≠</sup>	Mg/Mn
Mg/Cu <sup>≠</sup>	B/K <sup>≠</sup>	Mg/Cu <sup>≠</sup>	S/P	B/K	S/P <sup>≠</sup>
S/N <sup>≠</sup>	B/Ca <sup>≠</sup>	S/N <sup>≠</sup>	S/K	B/Ca <sup>≠</sup>	S/K
S/P <sup>≠</sup>	B/Mg <sup>≠</sup>	S/P	S/B	B/Mg <sup>≠</sup>	S/B <sup>≠</sup>
S/K	B/S <sup>≠</sup>	S/K	B/K <sup>≠</sup>	B/S <sup>≠</sup>	B/K
S/B <sup>≠</sup>	B/Mn <sup>≠</sup>	S/B	Zn/N	B/Mn <sup>≠</sup>	Zn/N
S/Cu <sup>≠</sup>	Zn/N	S/Cu <sup>≠</sup>	Zn/P	Zn/N	Zn/P
S/Mn <sup>≠</sup>	Zn/P	S/Mn <sup>≠</sup>	Zn/K	Zn/P	Zn/K
B/Cu <sup>≠</sup>	Zn/K	B/Cu <sup>≠</sup>	Zn/Mg	Zn/K	Zn/Mg
Zn/N	Zn/Ca	Zn/N	Zn/S	Zn/Ca <sup>≠</sup>	Zn/S
Zn/P	Zn/Mg	Zn/P	Zn/B	Zn/Mg	Zn/B
Zn/K	Zn/S	Zn/K	Zn/Cu	Zn/S	Zn/Cu <sup>≠</sup>
Zn/Ca	Zn/B	Zn/Ca <sup>≠</sup>	Zn/Mn	Zn/B	Zn/Mn
Zn/Mg	Zn/Mn	Zn/Mg	Zn/Fe	Zn/Mn	Zn/Fe
Zn/S	Zn/Fe	Zn/S	Cu/N <sup>≠</sup>	Zn/Fe	Cu/N
Zn/B	Cu/N <sup>≠</sup>	Zn/B	Cu/P <sup>≠</sup>	Cu/N	Cu/P
Zn/Cu <sup>≠</sup>	Cu/P <sup>≠</sup>	Zn/Cu	Cu/K <sup>≠</sup>	Cu/P	Cu/K
Zn/Mn	Cu/K <sup>≠</sup>	Zn/Mn	Cu/Mg <sup>≠</sup>	Cu/K	Cu/Mg
Zn/Fe	Cu/Ca <sup>≠</sup>	Zn/Fe	Cu/S <sup>≠</sup>	Cu/Ca <sup>≠</sup>	Cu/S
Mn/N	Cu/Mg <sup>≠</sup>	Mn/N	Cu/B <sup>≠</sup>	Cu/Mg	Cu/B
Mn/P	Cu/S <sup>≠</sup>	Mn/P	Cu/Mn <sup>≠</sup>	Cu/S	Cu/Mn
Mn/Ca <sup>≠</sup>	Cu/B <sup>≠</sup>	Mn/Ca	Cu/Fe <sup>≠</sup>	Cu/B	Cu/Fe
Mn/Mg <sup>≠</sup>	Cu/Zn <sup>≠</sup>	Mn/Mg <sup>≠</sup>	Mn/N	Cu/Zn <sup>≠</sup>	Mn/N
Mn/B <sup>≠</sup>	Cu/Mn <sup>≠</sup>	Mn/B	Mn/P	Cu/Mn	Mn/P
Mn/Cu <sup>≠</sup>	Cu/Fe <sup>≠</sup>	Mn/Cu <sup>≠</sup>	Mn/K <sup>≠</sup>	Cu/Fe	Mn/K
Fe/N <sup>≠</sup>	Mn/N	Fe/N <sup>≠</sup>	Mn/Ca	Mn/N	Mn/Ca <sup>≠</sup>
Fe/P <sup>≠</sup>	Mn/P	Fe/P <sup>≠</sup>	Mn/S <sup>≠</sup>	Mn/P	Mn/S
Fe/K	Mn/K <sup>≠</sup>	Fe/K	Mn/B	Mn/K	Mn/B <sup>≠</sup>
Fe/Ca	Mn/S <sup>≠</sup>	Fe/Ca	Mn/Fe <sup>≠</sup>	Mn/S	Mn/Fe
Fe/Mg <sup>≠</sup>	Mn/Fe <sup>≠</sup>	Fe/Mg	Fe/K	Mn/Fe	Fe/K
Fe/S	Fe/K	Fe/S	Fe/Ca	Fe/K	Fe/Ca
Fe/B	Fe/Ca	Fe/B	Fe/Mg	Fe/Ca	Fe/Mg <sup>≠</sup>

Continua...

Fe/Cu <sup>≠</sup> Fe/Mn <sup>≠</sup>	Fe/S Fe/B	Fe/Cu <sup>≠</sup> Fe/Mn <sup>≠</sup>	Fe/S Fe/B	Fe/S Fe/B	Fe/S Fe/B
Concordância na escolha da mesma relação dual entre as normas					
norma 1 vs. 2		norma 1 vs. 3		norma 2 vs. 3	
43,6%		69,1%		69,1%	

<sup>≠</sup>Relações não concordantes entre os dois métodos testados. Norma 1=Cana-soca primeiro ano; Norma 2=Cana-soca segundo ano; Norma 3=Cana-soca primeiro e segundo ano.

Tabela 3. Comparação das médias das relações bivariadas das diferentes normas pelo teste t de student.

Teste-t de médias entre as Normas 1 vs 2											
Relação	Média 1	Média 2	Teste-t	Relação	Média 1	Média 2	teste t	Relação	Média 1	Média 2	teste t
N/P	8,010461	9,468725	0,001219	S/K	0,091748	0,106789	0,016293	Zn/Mn	0,205818	0,323174	0,000955
N/K	1,163725	1,200848	0,694097	Zn/N	1,120288	1,399362	0,01147	Zn/FE	0,147169	0,152139	0,791108
N/B	1,287265	1,350633	0,433499	Zn/P	8,917866	13,37951	0,000298	Mn/N	5,752065	4,609062	0,000195
P/K	0,144586	0,128155	0,075222	Zn/K	1,29644	1,681888	0,032238	Mn/P	46,26206	43,84093	0,487701
P/B	0,1613	0,147603	0,207012	Zn/Ca	6,662938	9,038269	0,002201	Fe/K	9,482221	12,43524	0,051643
Mg/K	0,120078	0,139546	0,242363	Zn/Mg	11,40115	12,78389	0,169821	Fe/Ca	51,54056	64,52521	0,035595
Mg/Ca	0,612778	0,704034	0,03241	Zn/S	13,91809	15,53185	0,179102	Fe/S	102,1347	117,1352	0,244593
Mg/S	1,277771	1,277408	0,997548	Zn/B	1,45584	1,91773	0,027808	Fe/B	10,34875	13,36354	0,005094
Teste-t de médias entre as Normas 1 vs 3											
Relação	Média 1	Média 3	teste t	Relação	Média 1	Média 3	teste t	Relação	Média 1	Média 3	teste t
N/P	8,010461086	8,53629481	0,150	Mg/Ca	0,612777795	0,663830525	0,253	Zn/Mn	0,20581825	0,258307048	0,093
N/K	1,163724642	1,148482524	0,857	Mg/S	1,277771237	1,236419679	0,713	Zn/FE	0,147168792	0,144495536	0,876
N/B	1,287264799	1,325429509	0,609	Mg/B	0,134296006	0,138651156	0,771	Mn/N	5,752065202	5,154537335	0,047
N/Cu	2,271865079	2,324232884	0,780	Mg/Cu	0,224121315	0,236700497	0,597	Mn/P	46,26206147	43,81132709	0,423
P/K	0,144585792	0,135786114	0,314	S/N	0,081955419	0,085758236	0,283	Mn/Ca	36,25748147	34,20171892	0,486
P/B	0,161300315	0,158712733	0,791	S/P	0,647820567	0,72422204	0,017	Mn/Mg	63,94672252	54,30219645	0,101
P/Cu	0,28452381	0,277400353	0,747	S/K	0,091747638	0,095780044	0,327	Mn/B	7,280107024	6,725521436	0,195
K/B	1,149235233	1,202970325	0,494	S/B	0,10351144	0,113068033	0,170	Mn/Cu	13,2484127	11,76733285	0,167
K/Cu	2,078424036	2,161745551	0,719	S/Cu	0,18462585	0,201352413	0,411	Fe/N	8,264256083	9,263710661	0,199
K/Mn	0,164244567	0,189615289	0,122	S/Mn	0,014681835	0,017830238	0,036	Fe/P	65,94365756	80,82506589	0,102
Ca/N	0,169210223	0,160016634	0,404	B/CU	1,852324263	1,791916787	0,694	Fe/K	9,482221325	10,80877881	0,302
Ca/P	1,332657324	1,361709617	0,777	Zn/N	1,120287764	1,220661254	0,305	Fe/Ca	51,54056102	60,62898299	0,100
Ca/K	0,192399978	0,18421193	0,645	Zn/P	8,91786554	10,50113477	0,106	Fe/Mg	90,39125542	94,83116006	0,624
Ca/S	2,068343561	1,89334756	0,166	Zn/K	1,296440062	1,399984562	0,475	Fe/S	102,1347006	110,7588936	0,403

Ca/B	0,215634739	0,21054368	0,783	Zn/Ca	6,662938116	7,940472523	0,053	Fe/B	10,34874859	12,06696796	0,078
Ca/Cu	0,375402494	0,36397587	0,728	Zn/Mg	11,40114911	12,07823052	0,418	Fe/CU	19,22828798	21,06234007	0,398
Mg/N	0,103234876	0,104218263	0,914	Zn/S	13,91809381	14,38340508	0,690	Fe/MN	1,434258011	1,877918503	0,213
Mg/P	0,810398222	0,887102174	0,330	Zn/B	1,455839941	1,635331218	0,301	-	-	-	-
Mg/K	0,120077731	0,120647757	0,966	Zn/Cu	2,50260771	2,921294693	0,320	-	-	-	-

Teste-t de médias entre as Normas 2 vs 3

Relação	Média 2	Média 3	Teste t	Relação	Média 2	Média 3	Teste t	Relação	Média 2	Média 3	Teste t
N/P	9,469	8,536	0,018	Zn/P	13,380	10,501	0,005	Cu/FE	0,054	0,056	0,728
N/K	1,201	1,148	0,463	Zn/K	1,682	1,400	0,045	Mn/P	43,841	43,811	0,992
N/FE	0,109	0,118	0,224	Zn/Mg	12,784	12,078	0,393	Mn/K	5,650	5,961	0,561
P/K	0,128	0,136	0,290	Zn/B	1,918	1,635	0,093	Mn/Ca	29,972	34,202	0,098
P/B	0,148	0,159	0,216	Zn/Cu	3,447	2,921	0,277	Mn/S	52,693	62,228	0,030
P/FE	0,012	0,014	0,045	Zn/Mn	0,323	0,258	0,035	Mn/B	6,181	6,726	0,166
Ca/S	1,870	1,893	0,858	Zn/FE	0,152	0,144	0,608	Mn/FE	0,494	0,600	0,013
Ca/B	0,225	0,211	0,444	Cu/N	0,515	0,474	0,345	Fe/K	12,435	10,809	0,227
Mg/P	1,084	0,887	0,015	Cu/P	4,884	4,021	0,056	Fe/Ca	64,525	60,629	0,461
Mg/K	0,140	0,121	0,137	Cu/K	0,618	0,549	0,259	Fe/Mg	92,475	94,831	0,775
Mg/Ca	0,704	0,664	0,225	Cu/Mg	4,831	4,800	0,948	Fe/S	117,135	110,759	0,571
Mg/B	0,154	0,139	0,231	Cu/B	0,675	0,618	0,335	Fe/B	13,364	12,067	0,186
S/P	0,845	0,724	0,001	Cu/Mn	0,112	0,096	0,084	-	-	-	-

As relações entre o índice de balanço nutricional (IBN) e a produtividade dos talhões de cana-soca de primeiro e segundo ano, bem como desses anos em conjunto, são apresentadas nas Figuras 4, 5 e 6, respectivamente. Para todos os conjuntos de talhões estudados, as maiores produtividades estavam associadas aos menores valores de IBN, independentemente da norma utilizada, o que é coerente, haja vista que os menores valores de IBN indicam maior equilíbrio nutricional o que é condição necessária à obtenção de elevadas produtividades, embora outros fatores possam também alterar as respostas das plantas (MARSCHNER, 1995).

Houve relação linear entre os valores de IBN obtidos com as diferentes normas para os talhões de cana-soca de primeiro e segundo ano, avaliados separadamente e em conjunto. Isso significa que, apesar das diferenças entre as normas geradas, os diagnósticos obtidos com essas normas, representados pelos valores de IBN, não foram absolutamente distintos. Ou seja, houve correlação entre os diagnósticos obtidos com as diferentes normas, embora esses não fossem absolutamente iguais.

É importante ressaltar que esses resultados não desqualificam as análises anteriores, que indicam diferenças entre as normas, pois é preciso enfatizar que a existência de correlação entre duas ou mais variáveis não implica que essas sejam iguais.

Tabela 4. Resultados do teste de identidade de modelos analíticos<sup>1</sup> ( $YIY_j$ ).

Método		Parâmetros dos modelos			Erro médio	Parâmetros para avaliação da identidade			Conclusão
Padrão	Alternativo	$\beta_0$	$\beta_1$	$r_{Y_j Y_1}$	( $\bar{e}$ )	F(H <sub>0</sub> )	t $\bar{e}$	$r_{Y_j Y_1} \geq (1 -  \bar{e} )$	
Dados cana-soca ano 1									
IBN									
Norma 1	Norma 2	6,24691	0,41728**	0,7101	0,1678	72,858**	3,71**	Não	$Y_j \neq Y_1$
Norma 1	Norma 3	2,17360	0,69390**	0,9534	-0,0467	101,787**	2,586 <sup>ns</sup>	Sim	$Y_j \neq Y_1$
Norma 2	Norma 3	-2,14958	1,082903**	0,8743	-0,1349	24,971**	7,262**	Sim	$Y_j \neq Y_1$
Dados cana-soca ano 2									
Norma 1	Norma 2	3,35316	0,4522**	0,8217	-0,2463	331,961**	12,115**	Sim	$Y_j \neq Y_1$
Norma 1	Norma 3	-1,1707	0,6838**	0,9640	-0,2113	471,8439**	20,089**	Sim	$Y_j \neq Y_1$
Norma 2	Norma 3	-1,0450	1,1996**	0,9306	0,0783	21,0636**	4,823**	Sim	$Y_j \neq Y_1$
Dados cana-soca dos anos 1 e 2									
Norma 1	Norma 2	5,50555	0,3699**	0,6595	-0,0499	225,3223**	1,715 <sup>ns</sup>	Não	$Y_j \neq Y_1$
Norma 1	Norma 3	1,9965	0,6576**	0,9473	-0,1332	420,9050**	10,996**	Sim	$Y_j \neq Y_1$
Norma 2	Norma 3	-0,7073	1,0520**	0,8499	-0,0229	1,4266**	1,5616 <sup>ns</sup>	Sim	$Y_j \neq Y_1$

<sup>(1)</sup>Norma 1, cana-soca primeiro ano; <sup>(2)</sup>Norma 2, cana-soca segundo ano; <sup>(3)</sup>Cana-soca primeiro+segundo ano.

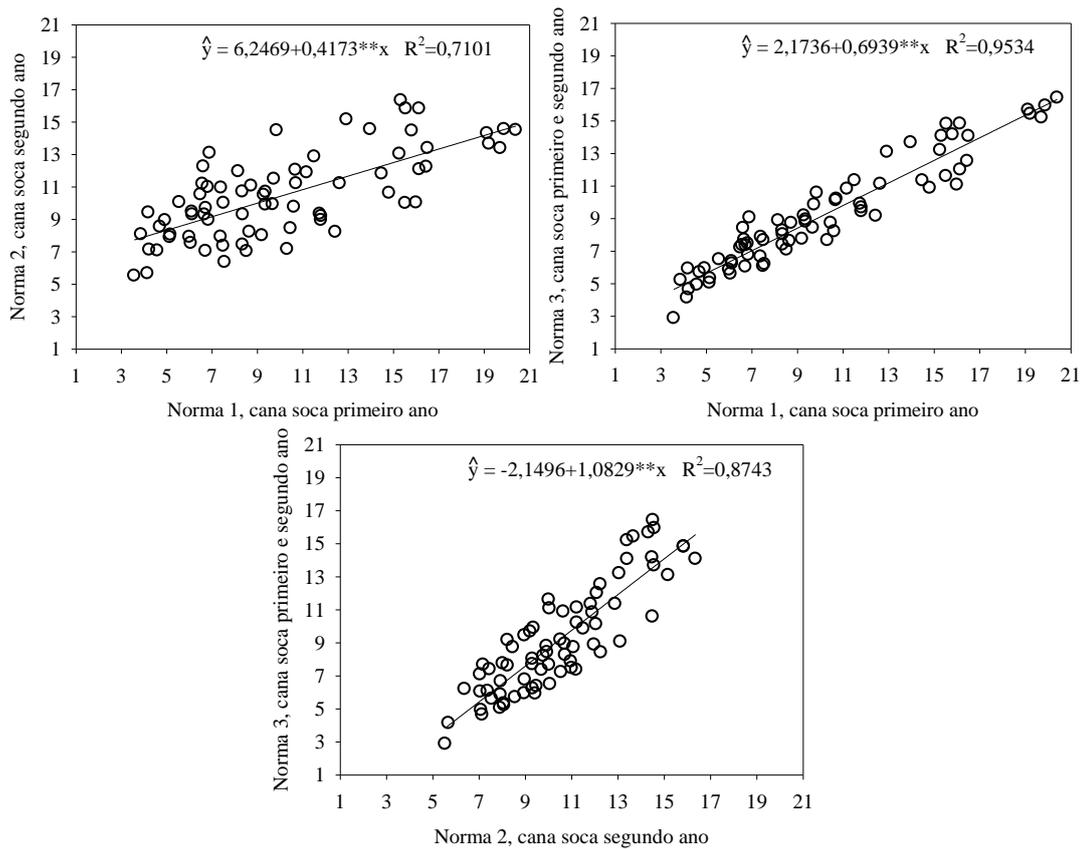


Figura 1. Relação entre índice de balanço nutricional e produtividade do banco de dados da cana-soca primeiro ano, por meio da utilização de 3 normas DRIS; (A) normas geradas com a cana-soca primeiro ano, (B) normas geradas com a cana-soca segundo ano, (C) normas geradas com a combinação da cana-soca primeiro e segundo ano.

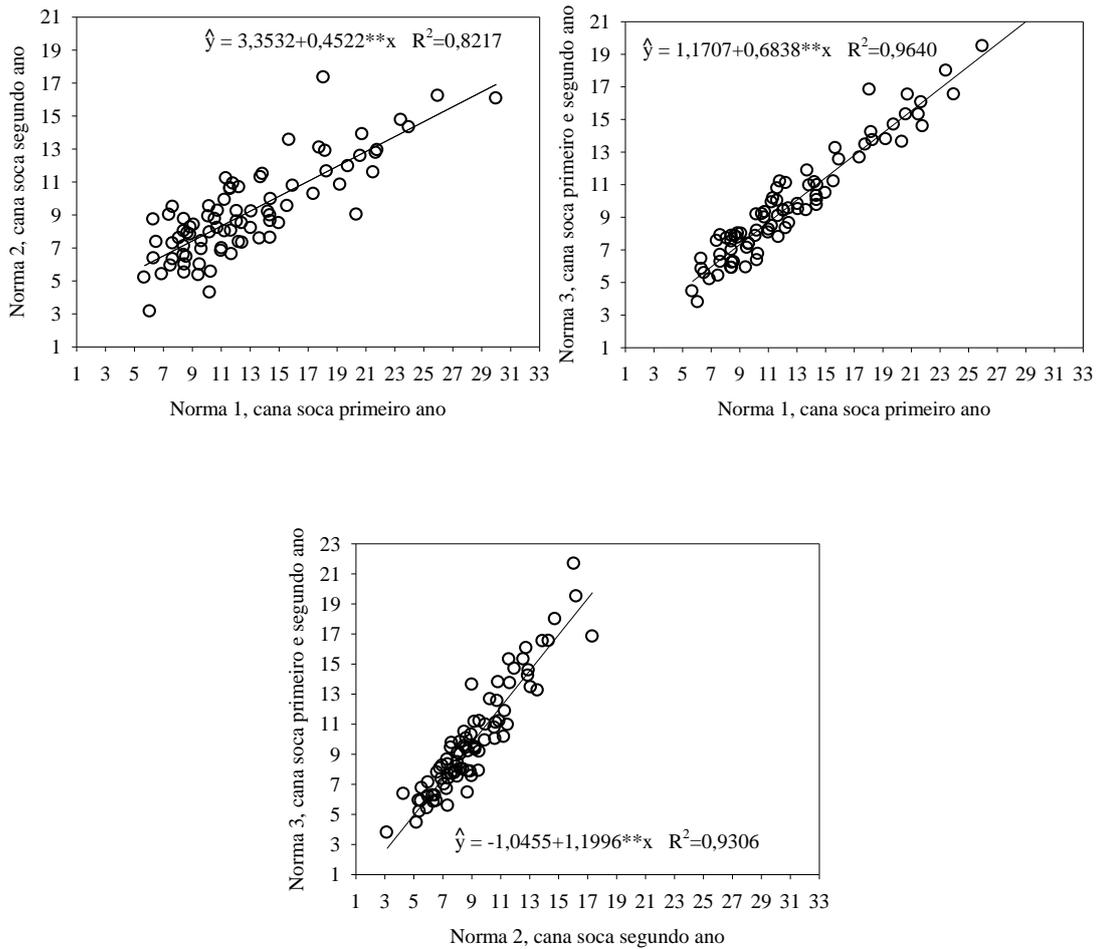


Figura 2. Relação entre índice de balanço nutricional e produtividade do banco de dados da cana-soca segundo ano, por meio da utilização de 3 normas DRIS; (A) normas geradas com a cana-soca primeiro ano, (B) normas geradas com a cana-soca segundo ano, (C) normas geradas com a combinação da cana-soca primeiro e segundo ano.

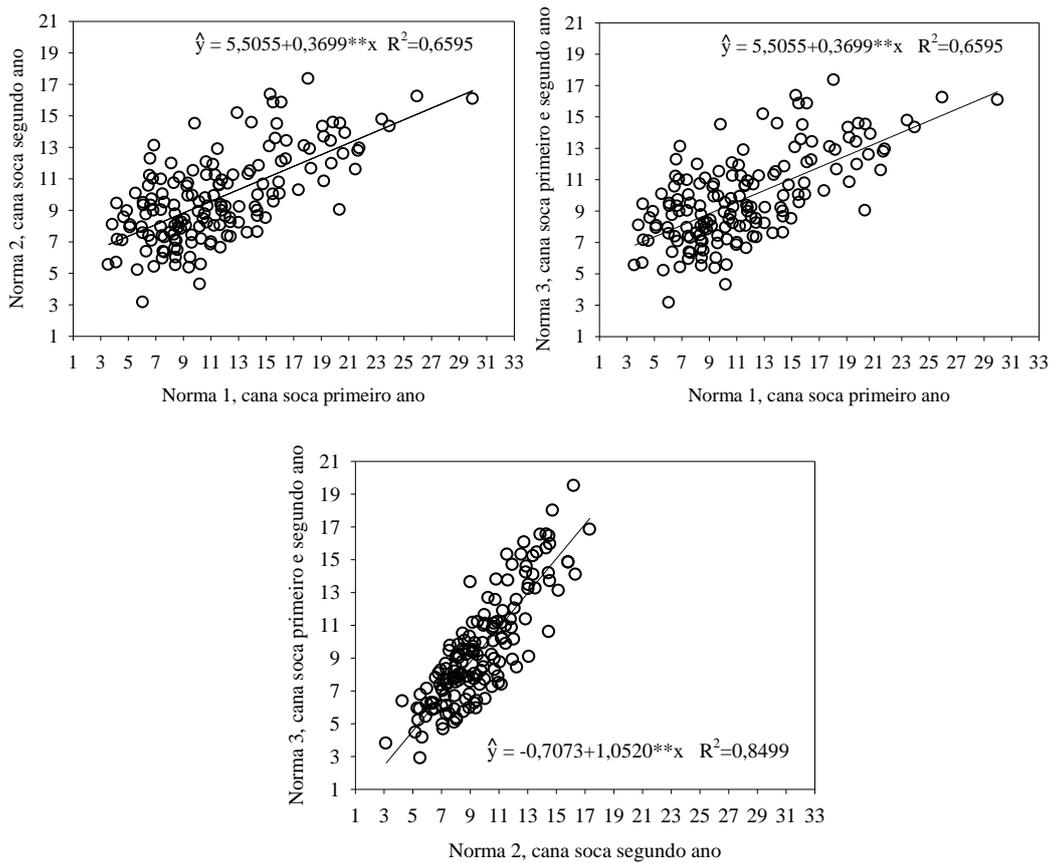


Figura 3. Relação entre índice de balanço nutricional e produtividade do banco de dados da cana-soca primeiro e segundo ano, por meio da utilização de 3 normas DRIS; (A) normas geradas com a cana-soca primeiro ano, (B) normas geradas com a cana-soca segundo ano, (C) normas geradas com a combinação da cana-soca primeiro e segundo ano.

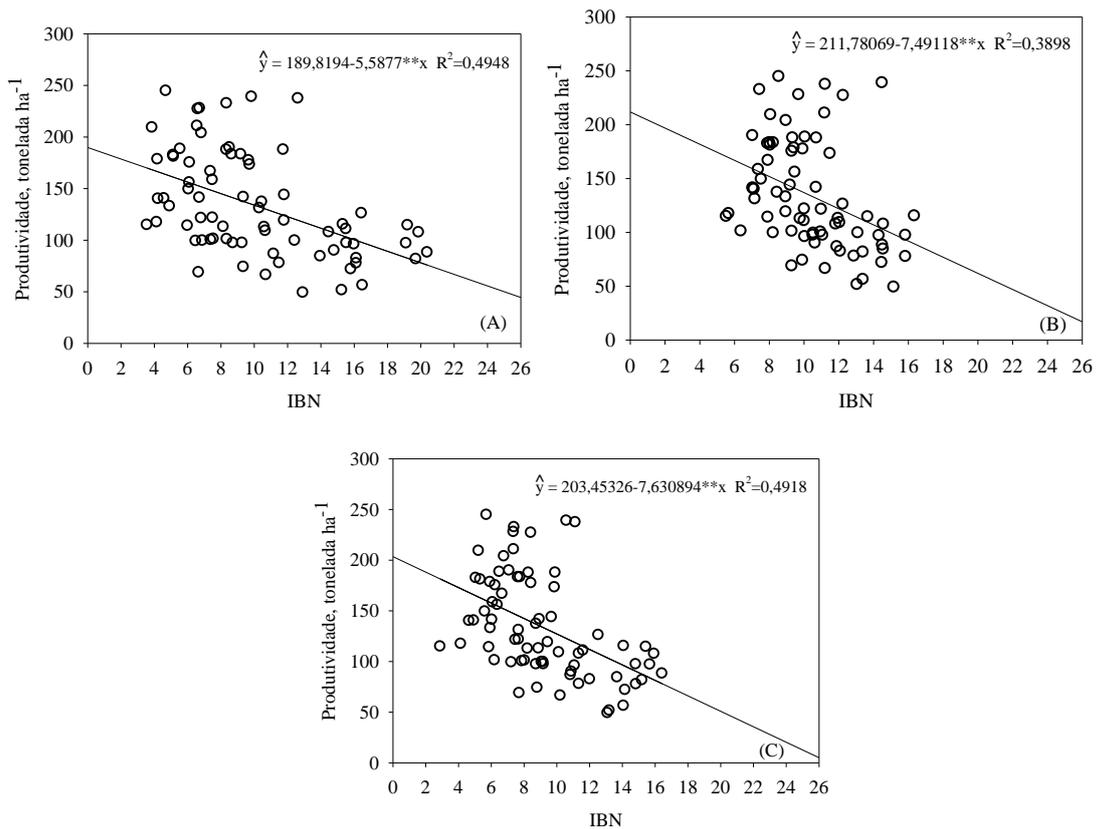


Figura 4. Relação entre índice de balanço nutricional e produtividade do banco de dados da cana-soca primeiro ano, por meio da utilização de 3 normas DRIS; (A) normas geradas com a cana-soca primeiro ano, (B) normas geradas com a cana-soca segundo ano, (C) normas geradas com a combinação da cana-soca primeiro e segundo ano.

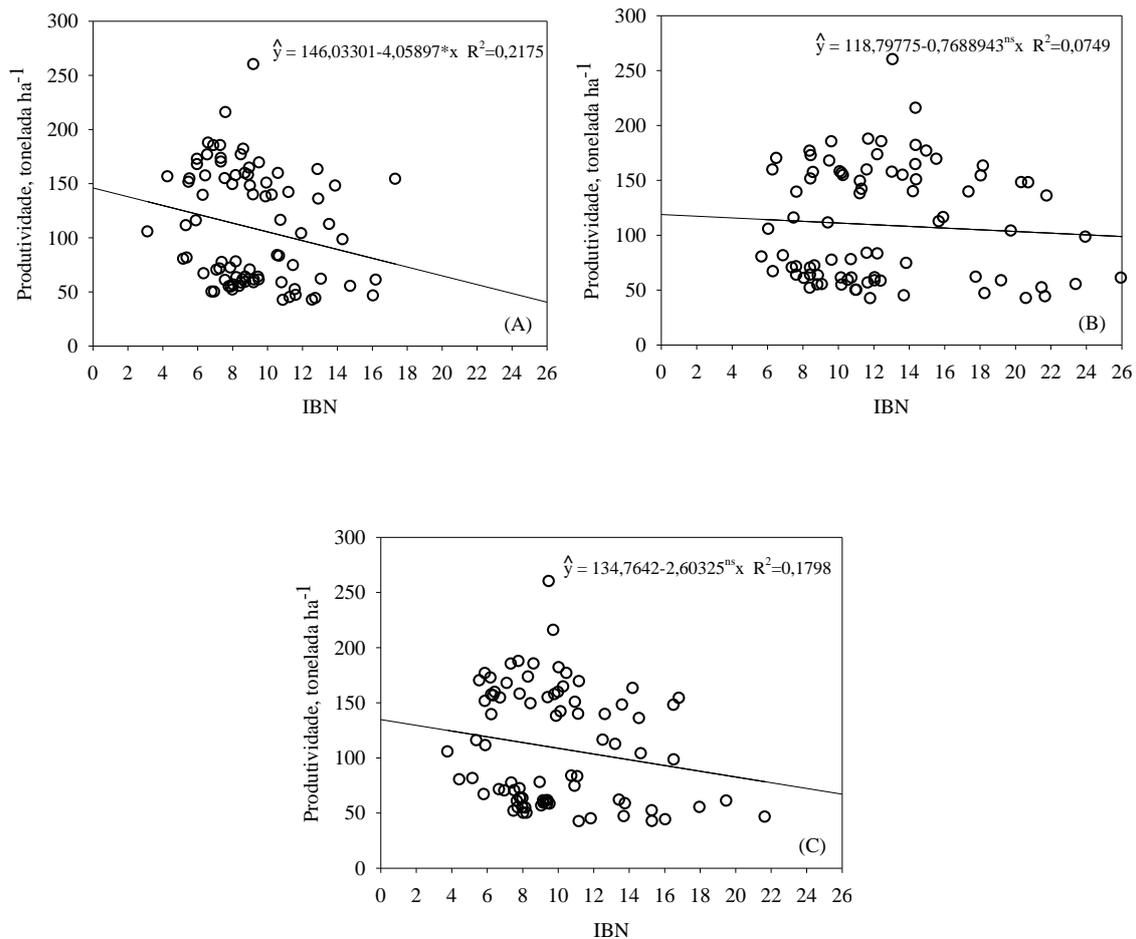


Figura 5. Relação entre índice de balanço nutricional e produtividade do banco de dados da cana-soca segundo ano, por meio da utilização de 3 normas DRIS; (A) normas geradas com a cana-soca primeiro ano, (B) normas geradas com a cana-soca segundo ano, (C) normas geradas com a combinação da cana-soca primeiro e segundo ano.

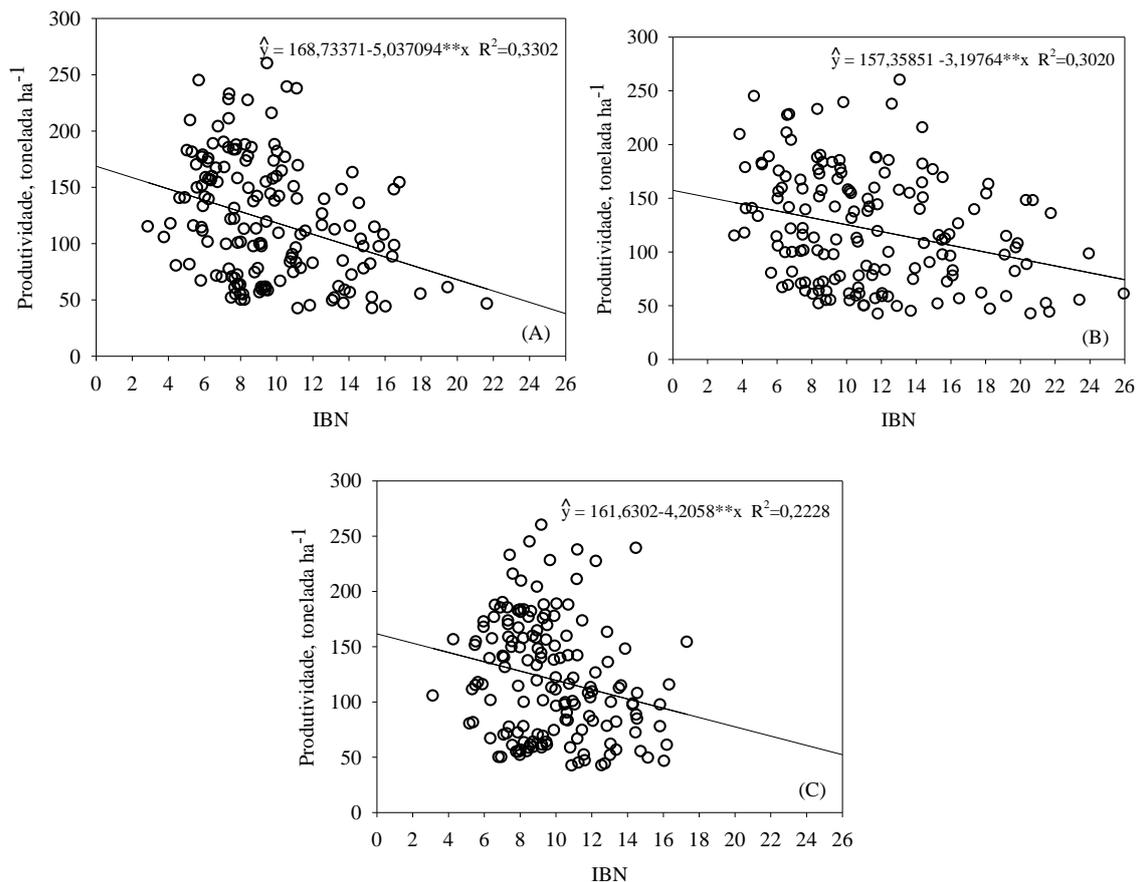


Figura 6. Relação entre índice de balanço nutricional e produtividade do banco de dados da cana-soca primeiro e segundo ano, por meio da utilização de 3 normas DRIS; (A) normas geradas com a cana-soca primeiro ano, (B) normas geradas com a cana-soca segundo ano, (C) normas geradas com a combinação da cana-soca primeiro e segundo ano.

#### 4.2. Desenvolvimento e validação das faixas de Beaufils

A relação entre os índices DRIS e seus respectivos teores foliares nos talhões de cana-soca avaliados foi linear e positiva para todos os 11 nutrientes avaliados (Figuras 6 e 7).

Reis Jr. et al (2002), Urano et al. (2007) e Serra et al (2012) também observaram aumento dos teores foliares de nutrientes com o aumento do valor do índice DRIS.

O relacionamento entre os índices DRIS de um nutriente e seus respectivos teores foliares podem ser indicativo de maior confiabilidade nas normas DRIS. Por sua vez, para Reis Jr. et al (2002), esse relacionamento deve ser uma premissa para utilização desse método de diagnóstico nutricional.

Com exceção dos nutrientes N e P, os valores de  $R^2$  foram superiores a 0,72, indicando um elevado relacionamento entre essas duas variáveis. Baixos valores de  $R^2$  também foram observados para N em estudos de Reis Jr. (2002) e Serra et al. (2012) e para P por Urano et al (2007). Santos et al. (2013), também observaram menores valores de  $R^2$  para N e P em relação aos demais nutrientes na cultura da cana de açúcar. Esses resultados indicam que outros fatores, podem estar influenciando os índices DRIS desses nutrientes (SERRA, 2011).

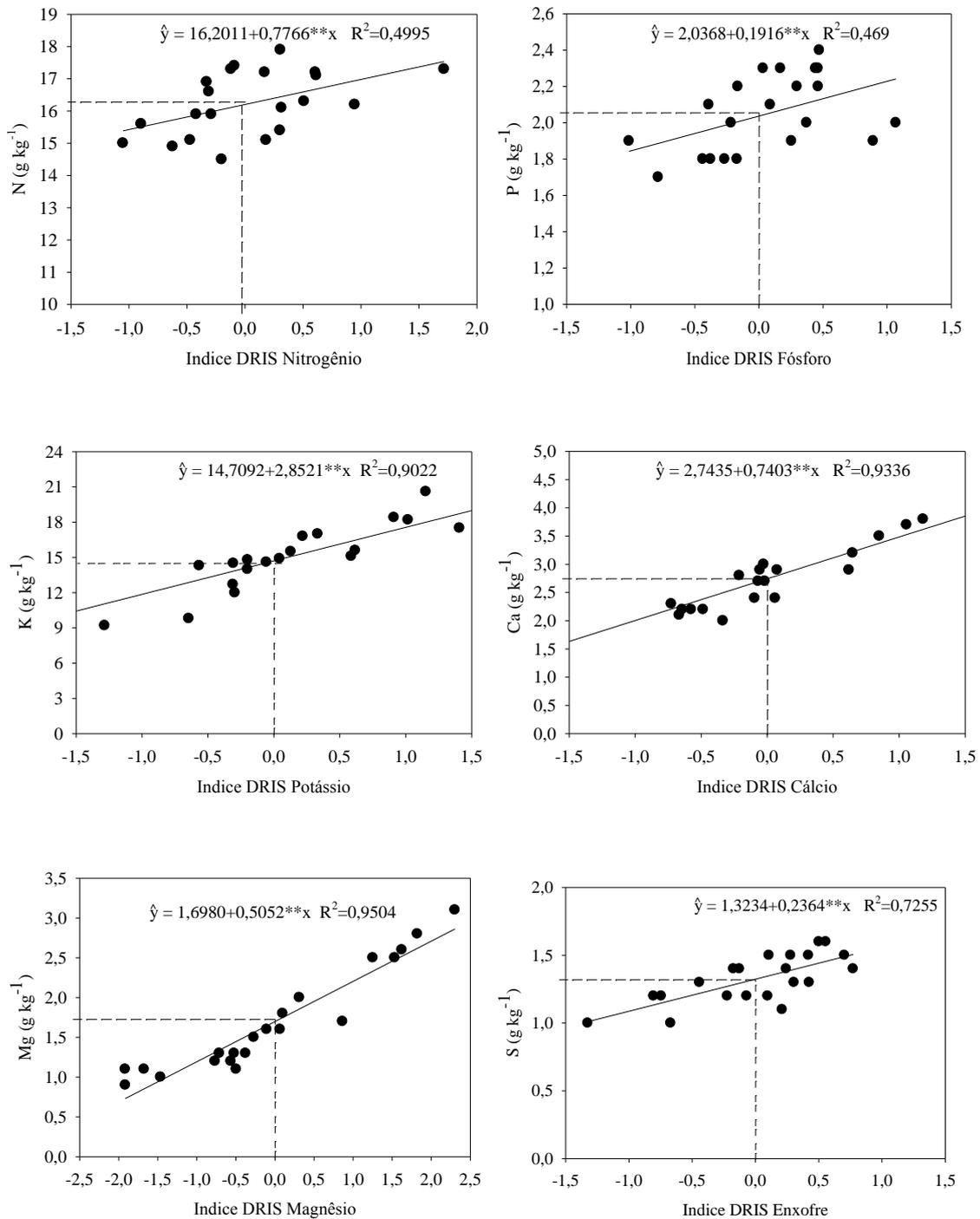


Figura 7. Relação entre os teores de macronutrientes na população de referência dos talhões de cana-soca de primeiro ano e seus respectivos índices DRIS (I DRIS), gerados com a norma 1.

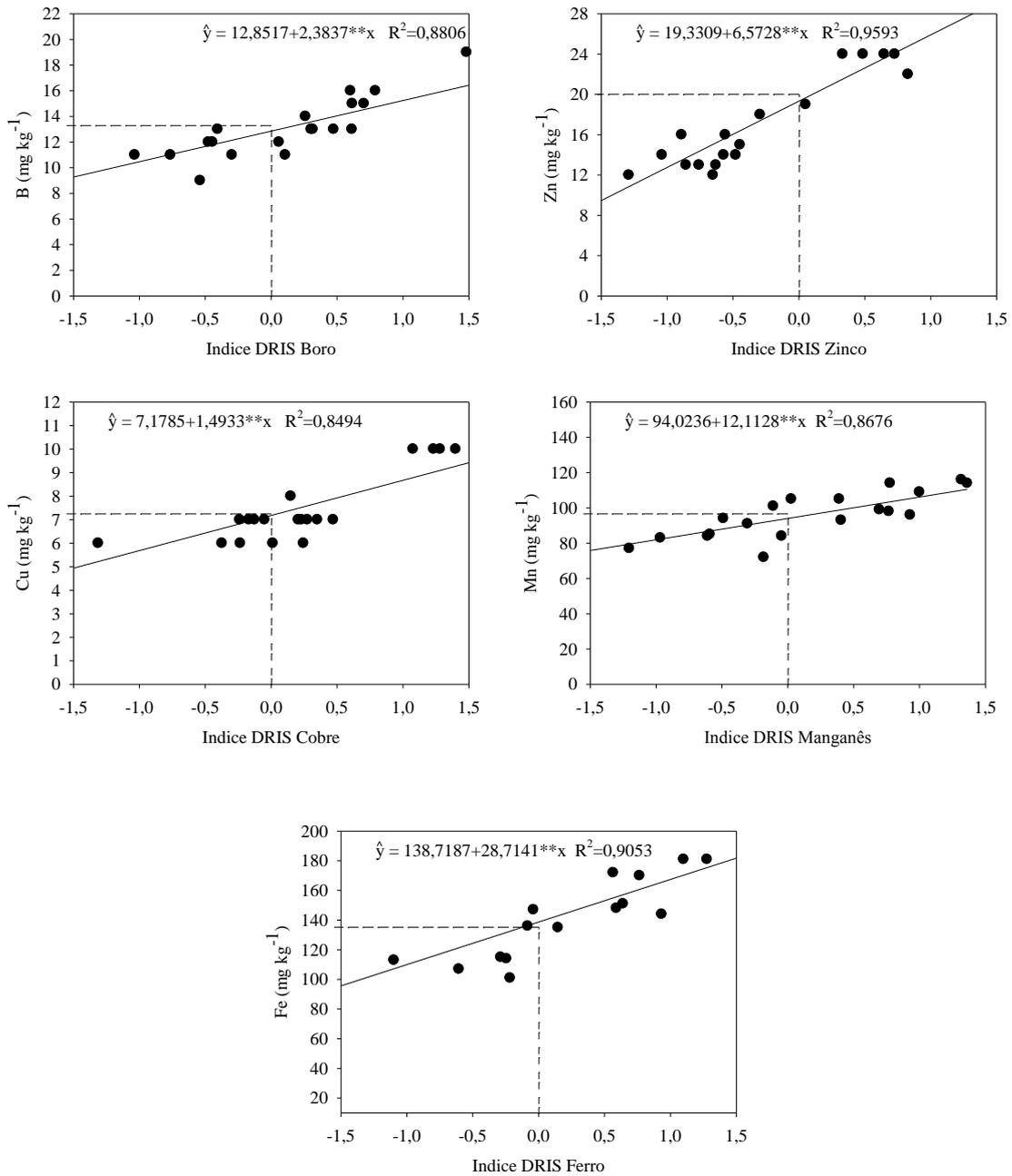


Figura 8. Relação entre os teores de micronutrientes na população de referência e não referência dos talhões de cana-soca de primeiro ano e seus respectivos índices DRIS (I DRIS), gerados com a norma 1.

A partir dos critérios definidos por Beaufils (1973), são consideradas nutricionalmente equilibradas, com relação a um dado nutriente, as lavouras cujo índice DRIS é nulo. Desse modo, com base nas relações entre os índices DRIS e os teores foliares dos nutrientes, foi possível obter o ponto de equilíbrio nutricional para cada nutriente definido para talhões de cana-soca na região Sul de Goiás (Tabela 5).

Os teores ótimos obtidos nesse trabalho foram superiores aos obtidos por Reis Jr. e Monnerat (2003) para todos os nutrientes avaliados, com exceção para Mg e S. Além disso, com exceção do P, o ponto de equilíbrio nutricional de nenhum dos nutrientes avaliados se enquadrou nas faixas de suficiência para diagnóstico nutricional de cana de açúcar definidas por Malavolta (1997). Essas diferenças evidenciam a importância do desenvolvimento de normas específicas para diagnóstico nutricional de plantas, o que, em muitos casos, pode melhorar os diagnósticos obtidos (DIAS et al. 2010; FERNANDES, 2010). Contudo, é necessário avaliar ainda as faixas de teores obtidas para cada nutriente, conjuntamente às demais análises realizadas, haja vista que a avaliação pontual dada pelo teor ótimo pode incorrer em erros, principalmente quando a variabilidade do teor do nutriente for elevada.

**Tabela 5.** Pontos de equilíbrio nutricional obtidos com a norma 1.

Nutrientes	Ponto de equilíbrio nutricional
N (g kg <sup>-1</sup> )	16,2
P (g kg <sup>-1</sup> )	2,04
K (g kg <sup>-1</sup> )	14,71
Ca (g kg <sup>-1</sup> )	2,74
Mg (g kg <sup>-1</sup> )	1,7
S (g kg <sup>-1</sup> )	1,32
B (mg kg <sup>-1</sup> )	12,9
Zn (mg kg <sup>-1</sup> )	19,3
Cu (mg kg <sup>-1</sup> )	7,2
Mn (mg kg <sup>-1</sup> )	94,02
Fe (mg kg <sup>-1</sup> )	138,7

As faixas de Beaufils obtidas para talhões de cana-soca na região sul de Goiás são apresentadas na Tabela 6. A partir dessas faixas, foram diagnosticados talhões de cana-soca de primeiro ano para a região sul de Goiás, sendo a frequência dos diagnósticos obtidos para cada classe apresentada na Tabela 7. O teste de qui-

quadrado (Tabela 8), por sua vez, permitiu rejeitar a hipótese de que os diagnósticos obtidos por meio das faixas de Beaufils geradas pudessem ser atribuídos ao acaso. Resultados semelhantes foram reportados por Urano et al (2007) para a cultura da soja e também por Serra et al. (2012) e Serra et al (2014), para cultura do algodoeiro.

As faixas obtidas nesse trabalho foram diferentes daquelas propostas por Raij et al.(1996), Malavolta et al.(1997) e Santos et al (2013), reforçando a importância do desenvolvimento de normas DRIS específicas para diagnóstico nutricional da cultura da cana de açúcar, o que também foi proposto por outros autores (Santos et al. 2013). Outro aspecto importante é a menor amplitude das faixas de suficiência geradas a partir de normas específicas, comparativamente às obtidas a partir de normas gerais, que pode auxiliar na melhoria da acurácia dos diagnósticos obtidos (Serra et al., 2010).

**Tabela 6.** Faixas de Beaufils determinadas para a diagnose nutricional de soqueiras de cana de açúcar na região sul de Goiás.

Nutriente	Deficiência	Tendência à deficiência	Suficiente	Tendência à excessiva	Excessiva
$\text{g kg}^{-1}$					
N	<15,5	15,5 – 15,9	15,9 - 16,5	16,5 – 16,9	>16,9
P	<1,9	1,9 – 2,0	2,0 – 2,1	2,1 – 2,2	>2,2
K	<10,8	10,8 - 12,7	12,7 – 16,7	16,7 – 18,6	>18,6
Ca	<1,9	1,9 - 2,3	2,3 – 3,2	3,2 – 3,6	>3,6
Mg	<1,0	1,0 - 1,3	1,3 – 2,1	2,1 – 2,5	>2,5
S	<1,1	1,1 - 1,2	1,2 – 1,4	1,4 – 1,5	>1,5
$\text{mg kg}^{-1}$					
B	<9,7	9,7 - 11,3	11,3 – 14,4	14,4 – 16,1	>16,1
Zn	<11,1	11,1 - 15,2	15,2 – 23,5	23,5 – 27,5	>27,5
Cu	<5,4	5,4 – 6,3	6,3 – 8,1	8,1 – 9,0	>9,0
Mn	<76,7	76,7 – 85,3	85,3 – 102,7	102,7 – 111,3	>111,3
Fe	<96,5	96,5 – 117,5	117,5 – 160,0	160,0 – 180,9	>180,9

**Tabela 7.** Frequências de talhões diagnosticados em cada uma das faixas de Beaufils geradas para cana de açúcar na fase de soca na região sul de Goiás.

	Deficiência	Tendência à deficiência	Suficiente	Tendência à excesso	Excesso
% de talhões					
N	12,73	3,64	14,55	0,00	69,09
P	81,82	7,27	7,27	1,82	1,82
K	87,27	5,45	7,27	0,00	0,00
Ca	1,82	0,00	20,00	18,18	60,00
Mg	0,00	3,64	34,55	16,36	45,45
S	0,00	0,00	18,18	10,91	70,91
B	18,18	16,36	21,82	5,45	38,18
Zn	67,27	30,91	1,82	0,00	0,00
Cu	76,36	14,55	7,27	1,82	0,00
Mn	21,82	5,45	14,55	7,27	50,91
Fe	40,00	45,45	12,73	1,82	0,00

Com base nas faixas de Beaufils geradas, os macronutrientes mais limitantes, por deficiência, para a maioria dos talhões, foram K e P. Por sua vez, N e S foram os macronutrientes que se apresentaram, com maior frequência, em excesso. Entre os micronutrientes, Zn e Cu foram os mais limitantes por falta e Mn e B por excesso.

**Tabela 8.** Cálculo do qui-quadrado, para as frequências observadas (%) de N, P, K, Ca, Mg, S, B, Zn, Cu, Mn e Fe, como nutriente em deficiência e excesso.

Nutrientes	-----Deficiências-----			-----Excessos-----		
	FO	FE	$(FO-FE)^2/E$	FO	FE	$(FO-FE)^2/FE$
N	12,73	9,09	1,45	69,09	9,09	396,00
P	81,82	9,09	581,82	1,82	9,09	5,82
K	87,27	9,09	672,36	0,00	9,09	9,09
Ca	1,82	9,09	5,82	60,00	9,09	285,09
Mg	0,00	9,09	9,09	45,45	9,09	145,45
S	0,00	9,09	9,09	70,91	9,09	420,36
B	18,18	9,09	105,09	38,18	9,09	9,09
Zn	67,27	9,09	372,36	0,00	9,09	9,09
Cu	76,36	9,09	497,82	0,00	9,09	9,09
Mn	21,82	9,09	17,82	50,91	9,09	192,36
Fe	40,00	9,09	105,09	0,00	9,09	9,09
Qui-quadrado	2377,82**			1490,55**		

FO e FE correspondem às frequências observada e esperada, respectivamente. \*\*,  $p < 0,01$ .

## 5. CONCLUSÃO

- As normas específicas para cana-soca de primeiro e segundo ano se diferenciaram entre si e da norma geral obtida para as duas idades. Apesar das diferenças entre as normas obtidas, houve relação positiva entre seus diagnósticos.
- As normas obtidas em talhões de primeiro ano apresentaram maior capacidade de discriminar o equilíbrio nutricional dos talhões de cana-soca.
- Com base nas faixas de Beaufils obtidas, os macronutrientes mais limitantes por deficiência, foram K e P. N e S foram os macronutrientes que se apresentaram, com maior frequência, em excesso.
- Zn e Cu foram micronutrientes mais limitantes por falta e Mn e B por excesso.

## 6. REFERÊNCIAS

- ANUALPEC. Anuário da pecuária brasileira. São Paulo: O Estado de São Paulo, 359p. 2012.
- BATAGLIA, O.C.; SANTOS, W.R.; QUAGGIO, J.A. Efeito de contaminações foliares na diagnose nutricional do cafeeiro pelo DRIS. In: SIMPÓSIO DE PESQUISA DOS CAFÉS DO BRASIL, 1, 2000, Poços de Caldas, MG. Resumos expandidos... Brasília: Embrapa Café e MinasPlan, 2000. v.1, p.1343-134
- BATAGLIA, O.C.; QUAGGIO, J.A.; SANTOS, W.R.; ABREU, M.F. Diagnose nutricional do cafeeiro pelo dris variando-se a constante de sensibilidade dos nutrientes de acordo com a intensidade e frequência de resposta na produção. *Bragantia*, v.63, n.2, p.253-263, 2004.
- BALDOCK, J.O.; SCHULTE, E.E. Plant analysis with standardized scores combines DRIS and sufficiency range approaches for corn. *Agronomy Journal*, v.88, n.3, p.448-456, 1996.
- BEAUFILS, E.R. Diagnosis and recommendation integrated system (DRIS): a general scheme for experimentation and calibration based on principles developed from research in plant nutrition. Pietermaritzburg: University of Natal, 1973. 132p. (Soil science bulletin, 1).
- CAMPOS, H. Estatística experimental não-paramétrica. Piracicaba: USP, 1983. 349p.
- COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO – CONAB. Acompanhamento da safra brasileira: Cana-de-açúcar, 2013/2014: Primeiro levantamento. Brasília, 2014. Disponível em: <http://www.conab.gov.br>. Acesso em: 17 ago. de 2014.
- COSTA, A. N. da. Uso do sistema integrado de diagnose e recomendação (DRIS), na avaliação do estado nutricional do mamoeiro (*Carica papaya L.*) no Estado do Espírito Santo. 1995. 94 f. Tese (Doutorado em Solos e Nutrição de Plantas) Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 1995.
- DIAS, J.R.M.; PEREZ, D.V.; SILVA, L.M. da; LEMOS, C. de 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.
- DIAS, J. R. M., TUCCI, C. A. F., WADT, P. G. S., PARTELLI, F. L., PEREZ, D. V., ESPINDULA, M. C., & TOMIO, D. B.. Anticipation of the period for foliar diagnosis in 'Pêra' orange tree in Amazon state, Brazil. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 48, 757-764, 2013.
- ELWALI, A. M. O.; GASCHO, G. J. Soil testing, foliar analysis, and DRIS as guide for sugarcane fertilization. *Agronomy Journal*, v. 76, p. 466-470, 1984.

GRAYBILL, F.A. Theory and application of the linear model. Belmonte: Wadsworth Publishing Company, 1976. 704p.

FAGERIA, N.K.; BARBOSA FILHO, M.P.; MOREIRA, A. & GUIMARÃES, C.M. Foliar fertilization of crop plants. *J. Plant Nutr.*, 32:1044-1064, 2009.

FARNEZI, M.M.M.; SILVA, E.B. & GUIMARÃES, P.T.G. Diagnose nutricional de cafeeiros da região do Alto Jequitinhonha (MG): Normas DRIS e faixas críticas de nutrientes. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, 33:969-978, 2009.

JONES, W.W. 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.

LETZSCH, W.S. Computer program for selection of norms for use in the diagnosis and recommendation integrated system (DRIS). *Communications in Soil Science and Plant Analysis*, v.16, p.339-347, 1985.

MCCRAY, J.M.; JI, S., POWELL, G.; MONTES, G.; PERDOMO, R. Sugarcane Response to DRIS-Based Fertilizer Supplements in Florida. *Journal of Plant Nutrition*, v.196, p.66-75, 2010.

MALAVOLTA, E.; VITTI, G.C. & OLIVEIRA, S.A. Avaliação do estado nutricional de plantas: Princípios e aplicações. Piracicaba, POTAFOS, 1997. 319p.

MALAVOLTA, E. Manual de nutrição mineral de plantas. São Paulo: Editora Agronômica Ceres, 2006. 638p.

MARIN, F. R.; NASSIF, DSP. Mudanças climáticas e a cana-de-açúcar no Brasil: fisiologia, conjuntura e cenário futuro. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v. 17, p. 232-239, 2013.

MARSCHNER, H. Mineral nutrition of higher plants. San Diego: Academic Press, 1995. 889 p.

MARTINEZ, H.E.P.; SOUZA, R.B.; BAYONA, J.A.; ALVAREZ V., V.H.; SANZ, M. Coffee-tree floral analysis as a mean of nutritional diagnosis. *Journal of Plant Nutrition*, v.26, p. 1467-1482, 2003.

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, 2004.

NETO, J. D., FIGUEREDO, J. L. D. C., CARLOS, H. D. A., DE AZEVEDO, H. M., & DE AZEVEDO, C. A. Resposta da cana-de-açúcar, primeira soca, a níveis de irrigação e adubação de cobertura. *R. Bras. Eng. Agríc. Ambiental*, v. 10(2), 283-288, 2006.

NICK, J. A. DRIS para cafeeiros podados. Piracicaba:Esalq, 1998. 86 p. Dissertação de Mestrado.

NOVAIS, R. F.; ALVAREZ, V. H.; BARROS, N. F.; FONTES, R. L. F.; CANTARUTTI, R. B.; NEVES, J. C. L. Fertilidade do solo. Viçosa, MG, Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2007. 1017p.

PARENT, L.E. Diagnosis of the nutrient compositional space of fruit crops. R. Bras. Frutic., 33:321-334. 2011.

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.

RAIJ, B.van; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J.A. & FURLANI, A.M.C. Recomendações de adubação e calagem para o Estado de São Paulo. 2.ed. Campinas, Instituto Agrônômico de Campinas, 1996. 285p.

RÖMHELD, V. Diagnosis of deficiency and toxicity of nutrients. In.: MARSCHNER, P. Marschner's mineral nutrition of higher plants. London: Academic Press, 2012. 672p.

SANTOS, E. F., DONHA, R. M. A., & MAGNO, C. M. Faixas normais de nutrientes em cana-de-açúcar pelos métodos CHM, DRIS e CND e nível crítico pela distribuição normal reduzida. Revista Brasileira de Ciência do Solo, v. 37, p.1651-1658, 2013.

OLIVEIRA, I. R., TEIXEIRA, D. D. B., PANOSSO, A. R., CAMARGO, L. A., JÚNIOR, J. M., PEREIRA, G. T. Modelagem geoestatística das incertezas da distribuição espacial do fósforo disponível no solo, em área de cana-de-açúcar. Revista Brasileira de Ciência do Solo, v. 37, 1481-1491, 2013.

OLIVEIRA, M. W., FREIRE, F. M., MACÊDO, G. A. R., & FERREIRA, J. J. Nutrição mineral e adubação da cana-de-açúcar. Informe Agropecuário, Belo Horizonte, n.28, v.239, 30-43, 2007.

REIS Jr., R.A.; CORRÊA, J.B.; CARVALHO, J.G. & GUIMARÃES, P.T.G. Diagnose nutricional de cafeeiros da região sul de Minas Gerais: Normas DRIS e teores foliares adequados. R. Bras. Ci. Solo, 26:801-808, 2002.

REIS JUNIOR, R. dos A.; MONNERAT, P. H. Norms establishment of the Diagnosis and Recommendation Integrated System (DRIS) for nutritional diagnosis of sugarcane. Pesquisa Agropecuária Brasileira, v. 38, p. 277-282, 2003.

ROCHA, A.C. da; LEANDRO, W.M.; ROCHA, A.O.; SANTANA, J. das G.; ANDRADE, J.W. de S. Normas DRIS para cultura do milho semeado em espaçamento reduzido na região de Hidrolândia, GO, Brasil. Bioscience Journal, v.23, p.50-60, 2007.

ROCHA, J.B.O. Diagnose nutricional de plantios jovens de eucalipto na região litorânea norte do Espírito Santo e Sul da Bahia. Viçosa, MG, UFV, 2008, 56 p. (Dissertação de Mestrado).

SANTANA, J. das G.; LEANDRO, W.M.; NAVES, R.V.; CUNHA, P.P. da. Normas DRIS para interpretação de análises de folhae solo, em laranjeira pêra, na região central de Goiás. Pesquisa Agropecuária Tropical, v.38, p.109-117, 2008.

SANTOS, A.L. dos; MONNERAT, P.H.; CARVALHO, A.J.C. de. Estabelecimento de normas DRIS para o diagnóstico nutricional do coqueiro-anão verde na região norte fluminense. Revista Brasileira de Fruticultura, v.26, p. 330-334, 2004.

SANTOS, E.F. DOS; DONHA, R. M. A.; ARAÚJO, C.M. M. DE; LAVRES JUNIOR, J., & CAMACHO, M. A.. Faixas normais de nutrientes em cana-de-açúcar pelos métodos ChM, DRIS e CND e nível crítico pela distribuição normal reduzida. Revista Brasileira de Ciência do Solo, 37, 1651-1658, 2013.

SILVA, G.G.C. da; NEVES, J.C.L.; ALVAREZ V., V.H.; LEITE, F.P. Avaliação da universalidade das normas DRIS, M-DRIS e CND. Revista Brasileira de Ciência do Solo, v.29, p.755-761, 2005.

SERRA, A.P.; MARCHETTI, M.E.; VITORINO, A.C.T.; NOVELINO, J.O.; CAMACHO, M.A. Determinação de faixas normais de nutrientes no algodoeiro pelos métodos CHM, CND e DRIS. Revista Brasileira de Ciência do Solo, v.34, p.105-113, 2010.

SERRA, A.P, NORMAS E FUNÇÕES DRIS PARA AVALIAÇÃO DO ESTADO NUTRICIONAL DO ALGODOEIRO (*Gossypium hirsutum* r latifolium). 2011. Tese de Doutorado. Universidade Federal da Grande Dourados.

SERRA, A.P.; MARCHETTI, M.E.; ROJAS, E.P.; VITORINO, A.C.T. Beaufile ranges to assess the cotton nutrient status in the southern region of Mato Grosso. Revista Brasileira de Ciência do Solo, v.36, p.171-182, 2012.

SERRA, A. P., MARCHETTI, M. E., ROJAS, E. P., MORAIS, H. S. D., CONRAD, V. D. A., &GUIMARÃES, F. C. N. Establishing DRIS norms for cotton with different selection criteria for the reference population. Pesquisa Agropecuária Brasileira, v.48, p.1472-1480, 2013..

USDA, 2014, Sugar: world markets and trade, Foreign Agricultural Service,USDA, disponível em: <http://www.fas.usda.gov>, acessado em: maio de 2014.

URANO, E. O. M., KURIHARA, C. H., MAEDA, S., VITORINO, A. C. T., GONÇALVES, M. C., & MARCHETTI, M. E. Determination of optimal nutrient contents for soybean by the mathematical chance, diagnosis and recommendation integrated system and compositional nutrient diagnosis methods. Revista Brasileira de Ciência do Solo, 31, 63-72, 2007.

WADT, P.G.S. Os métodos da chance matemática e do Sistema Integrado de Diagnóstico e Recomendação (DRIS) na avaliação nutricional de plantios de eucalipto. Viçosa - Mg, Universidade Federal de Viçosa, 1996. 123p. (Tese de Doutorado)

WADT, P.G.S.; NOVAIS, R.F.; ALVAREZ V., V.H.; BRAGANÇA, S.M. Alternativas de aplicação do "DRIS" à cultura de café Conilon (*Coffea canephora* Pierre). Scientia Agricola, v.56, p.188-199, 1999.

WADT, P.G.S.; NOVAIS, R.F.; ALVAREZ V., V.H.; BARROS, N.F.; DIAS, L.E. Uso de diferentes compartimentos da árvore nos índices DRIS e seus efeitos na avaliação da nutrição nitrogenada em Eucaliptos. Revista Árvore, v. 23, p. 259-270, 1999b. WADT, P.G. Se DIAS, J.R.M.. Normas DRIS regionais e inter-regionais na avaliação nutricional de café Conilon. Pesquisa Agropecuária Brasileira, v.47, p. 822-830, 2012.

WALWORTH, J.L.; SUMNER, M.E. The diagnosis and recommendation integrated system (DRIS). Advance in Soil Science, v.6, p.149-188, 1987.