

**LEILA CRUZ DA SILVA**

**DIAGNOSE NUTRICIONAL E POTENCIAL DE RESPOSTA A ADUBAÇÃO  
EM CANA-DE-AÇÚCAR (*Saccharum spp.*) NA REGIÃO DE  
TABULEIROS COSTEIROS EM ALAGOAS**

Tese apresentada à Universidade Federal Rural de Pernambuco, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Ciência do Solo, para obtenção do título de Doctor Scientiae.

Orientador

Prof. Fernando José Freire, Dr.

Co-orientador

Prof. Gilson Moura Filho, Dr.

**RECIFE**

**PERNAMBUCO - BRASIL**

**2011**

## FICHA CATALOGRÁFICA

S586d Silva, Leila Cruz da  
Diagnose nutricional e potencial de resposta a adubação  
em cana-de-açúcar (*Saccharum* spp.) na região de Tabuleiros  
Costeiros em Alagoas / Leila Cruz da Silva – 2011.  
135f. : il.

Orientador: Fernando José Freire  
Tese (Doutorado em Ciência do Solo) – Universidade  
Federal Rural de Pernambuco, Departamento de Agronomia,  
Recife, 2011.

Inclui Referências e Inclui Apêndice.

1. Diagnose foliar 2. Relações nutricionais 3. Coeficiente  
de assimetria I. Freire, Fernando José, orientador II. Título

CDD 581.13354

**DIAGNOSE NUTRICIONAL E POTENCIAL DE RESPOSTA A ADUBAÇÃO  
EM CANA-DE-AÇÚCAR (*Saccharum spp.*) NA REGIÃO DE  
TABULEIROS COSTEIROS EM ALAGOAS**

**LEILA CRUZ DA SILVA**

Tese defendida e aprovada em 23 de fevereiro de 2011 pela banca  
examinadora:

Orientador:



---

Prof. Dr. Fernando José Freire (DEPA/UFRPE)

Examinadores:



---

Dr. Fábio Cesar da Silva (EMBRAPA/CNPTIA-FATEC)



---

Dr. Maria de Fátima Cavalcanti Barros (DEPA/UFRPE)



---

Dr. Abel Washington de Albuquerque (CECA/UFAL)



---

Dr. Djalma Euzébio Simões Neto (EECAC/UFRPE)

*“Acredite que nenhum de nós, já nasceu com jeito pra super herói,  
nossos sonhos a gente é quem constrói, é vencendo os limites,  
escalando as fortalezas, conquistando o impossível pela fé”.*

Refrão do hino “campeão vencedor” de Jamile.

**A Deus ofereço este trabalho**

Á MEU BONDOSO E ETERNO DEUS,

Aos meus pais Milton Rodrigues da Silva e Erenice Cruz da Silva, irmãos, esposo e FAMILIARES agradeço pela paciência e compreensão nos dias que estive ausente, para cumprir essa última etapa do doutorado, desde já agradeço por tudo. Deus os abençoe, abundantemente!

**DEDICO**

## AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus por todas as coisas que me tens feito, tantas coisas que não pude contar e por tantas maravilhas que não pude esquadrinhar. Meu Deus! Muito obrigada.

A Universidade Federal Rural de Pernambuco em especial ao Programa de Pós – Graduação de Ciência do Solo pela aceitação, infra-estrutura e formação profissional oferecida, pelo quadro de professores e funcionários, em especial ao Prof. Dr. Fernando José Freire por aceitar ser meu orientador, fico muito agradecida.

Ao Prof. Dr. Gilson Moura Filho por ter me convidado para participar da equipe de trabalho Solos e Nutrição de Plantas/CECA/UFAL como orientador de iniciação científica durante a graduação, orientador do curso de mestrado em produção vegetal/CECA/UFAL, co-orientador do doutorado. Como verdadeiro amigo, prof. Dr. Gilson Moura Filho, Deus continue te abençoando hoje e sempre. Muito obrigada, pela sua disponibilidade, boa vontade e qualidades excelente como orientador e co-orientador. Agradeço também por acreditar em mim em muitas das minhas palavras, me dando liberdade para crescer.

A Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - CAPES pela bolsa concedida.

A Usina Coruripe pela equipe maravilhosa de trabalho, em especial ao Dr. Cícero Augusto (CIÇÃO), Técnico e amigão Carlos Ferreira, Eng. Agrônomo Pedro Carnaúba, Dr. Valdemir Tenório, Eraldo, Mizael, Diego, Ronaldo e aos assistentes que trabalharam no campo. Muito obrigada!

A Secretária do Programa de Pós-Graduação em Ciência do Solo Socorinho pela exemplar administração e por está sempre pronta a nos atender e pelo carinho e apoio.

Aos membros que compoem a banca examinadora Dr. Fernando José Freire, Dr. Fábio Cesar da Silva, Dr. Maria de Fátima Cavalcanti Barros, Dr. Abel Washington de Albuquerque, Dr. Djalma Elzábio Simões Neto, obrigada pelo aceite ao convite, para juntos somarmos estes conhecimentos adquiridos nos dias de nossas vidas.

Aos Professores do Programa de Pós-Graduação em Ciência do Solo pelos ensinamentos transmitidos ao longo do curso. Em especial a Prof<sup>a</sup> Fátima Barros que contribuiu na avaliação desse projeto. Que me fez crescer em sua amizade. “Fatinha”, com todo respeito, você é uma pessoa abençoada por Deus” muito obrigada por me ter como sua amiga.

Ao Dr. Djalma que participou da minha banca de qualificação, que Deus te faça sempre esse homem de coragem, batalhador, um excelente profissional, obrigada por tudo Dr. Djalma!

Aos amigos de turma pela amizade e convivência durante o curso, toda essa equipe maravilhosa do A ao Z, sem exceção. Em especial a Tâmara que morou comigo, saudades Tâmara! Uma excelente profissional, amiga, companheira, compreensiva, muito obrigada por tudo. A minha amiga Erika S. A. Graciano, que sempre me apoiou nas minhas viagens a Recife, me ouvindo nos momentos de desespero, angústias. Erika Deus te abençoe sempre.

A equipe de Solos e Nutrição de plantas: Adriano Moura, Willian, Danilo, Manuel, Fábio e Andrea Avelino pela amizade, carinho e convivência.

Aos meus pais que me deram oportunidade de chegar até aqui e aos meus irmãos agradeço ao apoio sempre dado. Ao meu esposo Enderson, pelas minhas ausências, na fase de maior dificuldade que estive passando, ele achava que sempre era demais.

E todas aquelas que não estão nomeadas aqui, que de alguma forma me apoiaram, sintam-se agradecidas por mim, porque se fosse citar uma por uma faltariam páginas, graças a Deus, sempre fui rodeada de pessoas queridas. Que Deus os abençoe! Para a meditação de todos que lêem esta Tese. Isaías 40:31 “Os que esperam no Senhor, adquirirão sempre novas forças, tomarão asas como de águia, correrão e não fatigarão, andarão e não desfalecerão”.

**Meu lema: “CONFIANÇA EM DEUS TRADUZ CERTEZA”**

## LISTA DE TABELAS

### CAPÍTULO 1

**Tabela 1** – Valores mínimos (Min), máximos (Max), medianos (Med), médias (Md), desvio-padrão (s), coeficiente de variação (CV), variância ( $s^2$ ), coeficiente de assimetria (Asim) e coeficiente de curtose (Curt) do rendimento agrícola (TCH) e teores foliares de 31 amostras do grupo de alta produtividade e 152 amostras do grupo de baixa produtividade de cana-de-açúcar, na safra 2008/2009 na região de Coruripe em Alagoas.....18

**Tabela 2** – Média (Md), coeficiente de variação (CV), coeficiente de assimetria (Asim), coeficiente de curtose (Curt), variância da população alta ( $s^2a$ ) e baixa ( $s^2b$ ), razão entre variâncias ( $s^2b/s^2a$ ), seleção e identificação da necessidade de transformação das relações entre os teores de nutrientes dos grupos de baixa e alta produtividade de cana-de-açúcar, na safra 2008/2009 na região de Coruripe, em Alagoas.....20

**Tabela 3** – Fator de transformação de Box-Cox, média (Md), desvio-padrão (s), coeficiente de variação (CV), coeficiente de assimetria (Asim) e coeficiente de curtose (Curt) das relações entre os nutrientes selecionadas como normas DRIS para cana-de-açúcar, na safra 2008/2009 na região de Coruripe, em Alagoas.....24

### CAPÍTULO 2

**Tabela 1** – Critérios para a interpretação dos valores dos índices DRIS baseada no método do potencial de resposta à adubação (PRA).....41

**Tabela 2** – Média (Md), desvio-padrão (s), coeficiente de variação (CV), de assimetria (Asim) e de curtose (Curt) das relações entre os nutrientes selecionadas como normas DRIS, obtidas pelo critério de relações com maior razão de variância (C1), para cana-de-açúcar, na safra 2008/2009 na região de Coruripe, em Alagoas.....43

**Tabela 3** – Fator de transformação de Box-Cox, média (Md), desvio-padrão (s), coeficiente de variação (CV), de assimetria (Asim) e de curtose (Curt) das relações entre os nutrientes selecionadas como normas DRIS, obtidas pelo critério de relações com maior razão de variância e menor coeficiente de assimetria com transformação parcial de Box e Cox (C2), para cana-de-açúcar, na safra 2008/2009 na região de Coruripe, em Alagoas.....44

**Tabela 4** – Média (Md), desvio-padrão (s), coeficiente de variação (CV), de assimetria (Asim) e de curtose (Curt) das relações entre os nutrientes selecionadas como normas DRIS, obtidas pelo critério de transformação logarítmica neperiana para todas as relações de nutrientes (C3), para cana-de-açúcar, na safra 2008/2009 na região de Coruripe, em Alagoas.....45.

**Tabela 5** – Média (Md), desvio-padrão (s), coeficiente de variação (CV), de assimetria (Asim) e de curtose (Curt) das relações entre os nutrientes selecionadas como normas DRIS, obtidas pelo critério de relações com maior razão de variância e menor coeficiente de assimetria com transformação Box e Cox para todas as relações de nutrientes (C4), para cana-de-açúcar, na safra 2008/2009 na região de Coruripe, em Alagoas.....46

**Tabela 6** - Frequência dos índices DRIS de nutrientes que apresentaram potencial de resposta à adubação (PRA) positivo (P), positivo ou nulo (PZ), nulo (Z), negativo ou nulo (NZ) e negativo (N), de acordo com a avaliação nutricional da cana-de-

açúcar, pelo uso de normas DRIS geradas a partir de quatro critérios (C1, C2, C3 e C4) e comparação das classes de diagnóstico pelo teste de razão de verossimilhança.....48

**Tabela 7** – Frequência dos índices DRIS de nutrientes que apresentaram potencial de resposta à adubação (PRA) na classe de deficiência [positivo (P) + positivo ou nulo (PZ)], Equilíbrio [nulo (Z)] e de excesso [negativo ou nulo (NZ) + negativo (N)], de acordo com a avaliação nutricional da cana-de-açúcar, pelo uso de normas DRIS geradas a partir de quatro critérios (C1, C2, C3 e C4) e comparação das classes de diagnóstico pelo teste de razão de verossimilhança.....50

**Tabela 8** – Percentagem de concordância nos diagnósticos nutricionais (deficiente, provavelmente deficiente, equilibrado, provavelmente excessivo e excessivo) obtidos a partir de normas DRIS para cana-de-açúcar geradas pelos quatro critérios (C1, C2, C3 e C4), na região de Coruripe, em Alagoas.....53

**Tabela 9** – Percentagem de concordância nos diagnósticos nutricionais (deficiente, equilibrado e excessivo) obtidos a partir de normas DRIS para cana-de-açúcar geradas pelos quatro critérios (C1, C2, C3 e C4), na região de Coruripe, em Alagoas.....54

### **CAPÍTULO 3**

**Tabela 1** – Fator de transformação de Box-Cox, média (Md), desvio-padrão (s) e coeficiente de variação (CV) das relações entre os nutrientes selecionadas como normas DRIS, para cana-de-açúcar, na safra 2008/2009 na região de Coruripe, em Alagoas, na subpopulação de alta produtividade.....65

- Tabela 2** – Fator de transformação de Box-Cox, média (Md), desvio-padrão (s) e coeficiente de variação (CV) dos teores de nutrientes selecionados como normas M-DRIS, para cana-de-açúcar, na safra 2008/2009 na região de Coruripe, em Alagoas, na subpopulação de alta produtividade.....66
- Tabela 3** – Média (Md), desvio-padrão (s), coeficiente de variação (CV) e de assimetria (Asim) das variáveis multinutrientes e média geométrica dos constituintes de massa seca (G), selecionados como normas CND, para cana-de-açúcar, na safra 2008/2009 na região de Coruripe, em Alagoas, na subpopulação de alta produtividade.....66
- Tabela 4** – Critérios para a interpretação dos valores dos índices DRIS baseada no método do potencial de resposta à adubação (PRA).....72
- Tabela 5** – Percentagem de concordância nos diagnósticos nutricionais (deficiente, provavelmente deficiente, equilibrado, provavelmente excessivo e excessivo) obtidos a partir de índices DRIS para cana-de-açúcar gerados pelos métodos (DRIS Beaufils, DRIS Jones, DRIS Elwali e Gascho, M-DRIS Beaufils, M-DRIS Jones e CND) na região de Coruripe, em Alagoas.....73
- Tabela 6** – Percentagem de concordância nos diagnósticos nutricionais (deficiente, equilibrado e excessivo) obtidos a partir de índices DRIS para cana-de-açúcar gerados pelos métodos (DRIS-Beaufils, DRIS Jones, DRIS Elwali e Gascho, M-DRIS Beaufils, M-DRIS Jones e CND) na região de Coruripe, em Alagoas.....73
- Tabela 7** – Potencial de resposta à adubação de nitrogênio, fósforo, potássio, cálcio, magnésio, enxofre, zinco, ferro, manganês, cobre e boro para cana-de-açúcar, obtido do diagnóstico nutricional realizado pelos métodos DRIS Beaufils, DRIS Jones, DRIS Elwali e Castro, M-DRIS Beaufils, M-DRIS Jones e CND e frequência

de concordância do diagnóstico dos diferentes métodos pelo teste de razão de verossimilhança na região de Coruripe em Alagoas.....76

**Tabela 8** – Estado nutricional agrupando o potencial de resposta à adubação nas classes deficiente, equilibrado e excessivo de nitrogênio, fósforo, potássio, cálcio, magnésio, enxofre, zinco, ferro, manganês, cobre e boro para cana-de-açúcar, obtido do diagnóstico nutricional realizado pelos métodos DRIS Beaufils, DRIS Jones, DRIS Elwali e Castro, M-DRIS Beaufils, M-DRIS Jones e CND e frequência de concordância do diagnóstico dos diferentes métodos pelo teste de razão de verossimilhança na região de Coruripe em Alagoas.....78

**Tabela 9** – Coeficiente de correlação simples entre teores de nutrientes e seus respectivos índices DRIS obtidos pelos métodos DRIS Beaufils, DRIS Jones, DRIS Elwali e Castro, M-DRIS Beaufils, M-DRIS Jones e CND em 183 amostras foliares de cana-de-açúcar na região de Coruripe em Alagoas.....80

#### **CAPÍTULO 4**

**Tabela 1** – Critérios para a interpretação dos valores dos índices DRIS baseada no método do potencial de resposta à adubação (PRA) .....93

**Tabela 2** – Teores de nitrogênio, fósforo, potássio, cálcio, magnésio e enxofre na folha (+3) de cana-de-açúcar nos ciclos de cana-planta e cana-soca considerados adequados por diferentes autores .....95

**Tabela 3** – Teores de boro, cobre, ferro, manganês e zinco na folha (+3) de cana-de-açúcar nos ciclos de cana-planta e cana-soca considerados adequados por diferentes autores.....95

<b>Tabela 4</b> – Valores de chance matemática (ChM) estabelecidos para diferentes classes de distribuição de nutrientes em amostras de folhas de cana-de-açúcar na região de Coruripe em Alagoas, na safra 2008/2009.....	98
<b>Tabela 5</b> – Modelos ajustados entre teores de nutrientes e índices DRIS, M-DRIS e CND em amostras de folhas de cana-de-açúcar para o grupo de alta produtividade na região de Coruripe em Alagoas.....	101
<b>Tabela 6</b> – Teor e faixa ótima de nutrientes pelos métodos ChM <sup>(1)</sup> , DRIS <sup>(2)</sup> , M-DRIS <sup>(3)</sup> e CND <sup>(4)</sup> , em amostras de folhas de cana-de-açúcar coletadas na região de Coruripe, Alagoas, na safra 2008/2009, em subpopulação de alta produtividade.....	102
<b>Tabela 7</b> – Frequência de amostras de canaviais da região de Coruripe, Alagoas, que apresentaram teores foliares deficientes, adequados e excessivos de nutrientes, segundo a diagnose obtida com os padrões de vários autores.....	105

**LISTA DE ABREVIATURA**

ASIM	Coeficiente de assimetria
CURT	Coeficiente de curtose
MIN	Mínimo
MAX	Máximo
MED	Mediano
MD	Média
s	Desvio-padrão
CV	Coeficiente de variação
s <sup>2</sup>	Variância
TCH	Tonelada de cana por hectare
C1	Relações de nutrientes com maior razão de variância
C2	Relações de nutrientes com maior razão de variância e menor coeficiente de assimetria com transformação parcial de Box e Cox
C3	Transformação logarítmica neperiana para todas as relações de nutrientes
C4	Relações de nutrientes com maior razão de variância e menor coeficiente de assimetria com transformação de Box e Cox para todas as relações de nutrientes
PRA	Potencial de resposta à adubação
G	Teste de razão de verossimilhança Qui-Quadrado
ChM	Método de Chance matemática
CND	Diagnose da composição nutricional
DB	DRIS Beaufils
DJ	DRIS Jones
DE	DRIS Elwali e Gascho
MDHB	MDRIS Hallmark Beaufils
MDHJ	MDRIS Hallmark Jones

**SUMÁRIO**

RESUMO GERAL	XV
GENERAL ABSTRACT	XVII
INTRODUÇÃO GERAL	1
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	6
CAPÍTULO 1	
ESTABELECIMENTO DE NORMAS DRIS PARA CANA-DE-AÇÚCAR NA REGIÃO DE CORURIFE EM ALAGOAS	
RESUMO	09
ABSTRACT	10
INTRODUÇÃO	11
MATERIAL E MÉTODOS	12
RESULTADOS E DISCUSSÃO	17
CONCLUSÕES	25
AGRADECIMENTOS	25
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	25
CAPÍTULO 2	
CRITÉRIOS PARA OBTENÇÃO DAS NORMAS DRIS PARA CANA-DE-AÇÚCAR NA REGIÃO DE CORURIFE EM ALAGOAS	
RESUMO	29
ABSTRACT	30
INTRODUÇÃO	31
MATERIAL E MÉTODOS	33
RESULTADOS E DISCUSSÃO	42
CONCLUSÕES	54
AGRADECIMENTOS	55
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	55

## CAPÍTULO 3

## COMPARAÇÃO DE MÉTODOS DRIS E CND PARA CANA-DE-AÇÚCAR NA REGIÃO DE CORURIFE EM ALAGOAS

RESUMO	60
ABSTRACT	61
INTRODUÇÃO	62
MATERIAL E MÉTODOS	63
RESULTADOS E DISCUSSÃO	72
CONCLUSÕES	80
AGRADECIMENTOS	81
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	81

## CAPÍTULO 4

## DETERMINAÇÃO DE TEORES ÓTIMOS DE NUTRIENTES EM CANA-DE-AÇÚCAR POR DIFERENTES MÉTODOS DE INTERPRETAÇÃO DA DIAGNOSE NUTRICIONAL NA REGIÃO DE CORURIFE EM ALAGOAS

RESUMO	84
ABSTRACT	85
INTRODUÇÃO	86
MATERIAL E MÉTODOS	87
RESULTADOS E DISCUSSÃO	95
CONCLUSÕES	107
AGRADECIMENTOS	107
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	107
CONSIDERAÇÕES GERAIS	111
APÊNDICE	112

## RESUMO GERAL

A diagnose foliar utilizando a concentração de nutrientes foi substituída pelas relações entre os nutrientes. O método DRIS possibilita realizar o diagnóstico nutricional de qualquer cultura. Ele se baseia no cálculo de índices para cada nutriente, que é avaliado em função da relação das razões dos teores de cada nutriente com os demais, comparando-os, dois a dois, com outras relações-padrão, cuja composição mineral é obtida de uma população de plantas altamente produtivas. Com isso foi conduzido um experimento na região de Coruripe, em Alagoas, objetivando estabelecer normas do Sistema Integrado de Diagnóstico e Recomendação (DRIS) visando o diagnóstico do estado nutricional da cana-de-açúcar, foram colhidas folhas definidas pelo sistema de kuipper (folha +3) retiradas diversas idades (1ª folha, 2ª folha e 3ª folha) e diversas variedades, a coleta foi feita no início da estação chuvosa que corresponde a primeira quizona do mês de abril e calculou o índice dos nutrientes por meio do método DRIS, utilizou quatro critérios para obtenção das normas: C1 - relações de nutrientes com maior razão de variância; C2 - relações de nutrientes com maior razão de variância e menor coeficiente de assimetria, parte com transformação de Box e Cox; C3 - todas as relações de nutrientes com transformação logarítmica neperiana; e C4 - relações de nutrientes com maior razão de variância e menor coeficiente de assimetria com transformação de Box e Cox para todas as relações de nutrientes. Foram também, avaliados os diagnósticos nutricionais quando as normas DRIS, foram estabelecidas por esses critérios e comparados o diagnóstico nutricional de cinco métodos diferentes de cálculo dos índices do DRIS e Diagnose da Composição Nutricional (CND), e, por último comparou-se os teores ótimos de nutrientes em cana-de-açúcar, que foram estimados por meio dos métodos Chance Matemática (ChM), (DRIS e M-DRIS) e CND. A metodologia de melhor calibração regional dos padrões de diagnose de cana-de-açúcar foram os métodos ChM, DRIS e CND. Entretanto, os valores nutricionais ótimos obtidos por esses métodos, para a maioria dos nutrientes, ficaram abaixo do recomendado pela literatura. Com isso, o estabelecimento das normas DRIS regional foi satisfatório para diagnosticar o estado nutricional da cana-de-açúcar que é fundamental importância para uma adequada condição nutricional. O critério de escolha das relações nutricionais com maior razão de variância para o estabelecimento das normas DRIS não se mostrou

satisfatório para avaliar o estado nutricional da cana-de-açúcar. As normas DRIS baseadas na maior razão de variância associada ao menor coeficiente de assimetria (C2 e C3) permitiram uma melhor seleção das relações entre os teores de nutrientes. No entanto, as normas que utilizaram os critérios C2, C3 e C4 para obtenção das normas DRIS, reduziram os coeficientes de assimetria e estabeleceram a normalidade dos dados, fornecendo diagnósticos nutricionais semelhantes entre si. Em relação aos métodos DRIS, a diagnose nutricional, dependendo do método DRIS utilizado para realizar a avaliação nutricional do canavial, pode conduzir a interpretações distintas, comprometendo as recomendações de fertilizantes. Os métodos DRIS Beaufils, DRIS Jones, M-DRIS Beaufils e M-DRIS Jones tendem pela concordância quanto ao diagnóstico nutricional da cana-de-açúcar na região de Coruripe, em Alagoas. O método CND foi discordante no diagnóstico nutricional de N e Mn, quando comparado a todos os demais métodos em estudo. Os métodos M-DRIS Beaufils e M-DRIS Jones apresentaram correlação mais elevada do que os outros métodos estudados neste trabalho. Com isso, o DRIS tem sido apontado como uma alternativa à interpretação do estado nutricional de plantas utilizando relações binárias entre nutrientes, apresentando como vantagens o fato de minimizar os efeitos de diluição e de concentração. Os métodos ChM, DRIS e CND mostraram-se adequados para a calibração de teores ótimos para a cultura da cana-de-açúcar, a partir de dados provenientes de monitoramento nutricional de lavouras comerciais na região de Coruripe em Alagoas. Entretanto, os valores nutricionais ótimos obtidos por esses métodos, para a maioria dos nutrientes, ficaram abaixo do recomendado pela literatura. Com isso, o estabelecimento das normas DRIS regional foi satisfatório para diagnosticar o estado nutricional da cana-de-açúcar.

Palavras-chave: DRIS, diagnose nutricional, cana-de-açúcar

## OVERALL ABSTRACT

An experiment was carried out in the region of Coruripe, Alagoas, aiming to establish DRIS norms for the diagnosis nutritional status of sugarcane, calculate the nutrient indexes by the DRIS method, utilizing four criteria in order to obtain the norms: C1 – nutrient relations with the highest variance ratio, C2 – nutrient relations with the highest variation ratio and the lowest coefficient of skewness with a partial Box and Cox transformation, C3 – every nutrient relation with a natural logarithm transformation and C4 – nutrient relations with the highest variance ratio and lowest coefficient of skewness with a Box and Cox transformation for all the nutrient relations.. It was also evaluated the nutritional diagnosis when the DRIS norms were established by these criteria and a comparison of the nutritional diagnosis of five different methods of indexes of calculating of the Diagnosis and Recommendation Integrated System (DRIS) and Compositional Nutrient Diagnosis(CND), and, finally compare the optimum nutritional contents specifically for the crop studied, estimated by the Mathematical Chance, Diagnosis and Recommendation Integrated System(DRIS and M-DRIS) and Compositional Nutritional Diagnosis(CND), from data coming from the nutritional monitoring of 183 sugarcane commercial lots in the period of 2008-2009. The agriculture yield (TCH) of these lots were determined The concentration of N, P, K, Ca, Mg, S, Fe, Cu, Mn, Zn and B were determined, totalizing 110 nutritional relationships. The databank was made up of 183 samples, with 31 of those coming from areas with a high yield (reference population with yield above 80 t ha<sup>-1</sup>) and 152 samples coming from areas with a low yield (less than 80 t ha<sup>-1</sup>). The groups with the higher yield were utilized in order to generate the DRIS norms. The DRIS norms that were based on the largest variance ratio, associated with the lowest coefficient of skewness, resulted in a better selection of the relation between nutrient concentrations. The Box-Cox transformation of the relations that had a high coefficient of variation and/or skewness resulted in ratio values with a normal distribution. Thus, of all those 110 relations, 55 were chosen as specific norms for the sugarcane culture, cultivated in the region of Coruripe-AL. The selection criteria of nutritional relations with a larger variance ratio for the establishment of DRIS norms weren't satisfactory to evaluate the sugarcane nutritional status in the region of Coruripe, Alagoas. The DRIS norms based on the highest variance ratio associated with the lowest coefficient of skewness (C2 e C3) made it possible to have a better selection

of the relation between the nutrient concentrations. However, the norms that used the C2, C3 and C4 criteria reduced the coefficient of skewness and established the normality of data, thus providing similar nutritional diagnoses among themselves. Regarding the DRIS methods, The nutritional diagnosis, depending on the chosen method used to make the nutritional evaluation of the crop, can lead to different interpretations,, compromising the recommendation of fertilizers. DRIS Beaufils', DRIS Jones', M-DRIS Beaufils' and M-DRIS Jones' methods tend to be consistent regarding the sugar cane nutritional diagnosis in the region of Coruripe, Alagoas. The CND method was not found in concordance with the N and Mn nutrients, compared to all the other methods verified in this study. M-DRIS Beaufils and M-DRIS Jones showed a higher correlation compared to the other methods studied in this work. The DRIS has been appointed as an alternative to the interpretation of the nutritional state of plants using dual relationships between nutrients, with the advantage in the fact that it minimizes the effects of dilution and concentration. While levels and critical ranges are univariate and bivariate on DRIS, the CND is a multivariate diagnosis method, which index, when tending to 0 shows a higher nutritional balance. The ChM, DRIS and CND methods proved to be promising for the calibration of optimal nutrient contents for the sugar cane crop, based on data coming from nutritional monitoring of commercial lots of sugar cane. However, the optimum nutritional contents obtained by these methods for most nutrients were below the recommended in the literature.

Keywords: DRIS, diagnosis nutritional, sugarcane

## INTRODUÇÃO GERAL

A cana-de-açúcar é uma das culturas agrícola mais importante para o estado de Alagoas. A implantação do Zoneamento Agroecológico da cana-de-açúcar para produção de etanol e açúcar é a base para desenvolvimento e ordenamento territorial da cultura no país, assim como, em Alagoas há 196.618,78 há indicados como de média a alta aptidão ao cultivo (EMBRAPA Solos, 2009). A cana-de-açúcar é uma importante fonte de renda e desenvolvimento, pois é a principal matéria-prima para a fabricação do açúcar e álcool (etanol), além de ser utilizada como forrageira na forma in natura.

Em Alagoas é a cultura de maior expressão econômica, estando presente em mais de 50 dos seus 102 municípios, sendo responsável por grande parte da geração de emprego e renda do Estado. Atualmente Alagoas é o maior produtor do Nordeste abaixo de PI, MA e BA e quinto do país, destacando-se por apresentar um alto nível tecnológico no processo de produção de açúcar e álcool.

O Estado de São Paulo continua sendo o maior produtor com 54,35% (4.397,5 mil hectares) seguido por Minas Gerais com 8% (647,7 mil hectares), Paraná com 7,5% (607,9 mil hectares), Goiás com 7,4% (601,2 mil hectares), Alagoas com 5,74% (464,6 mil hectare), Mato Grosso do Sul com 4,2% (339,7 mil hectares) e Pernambuco com 4,1% (334,2 mil hectares). Nos demais Estados Produtores as áreas são menores, mas, com bons índices de produtividade. (CONAB, 2011).

Apesar de o Brasil ser o país de maior produção mundial de cana-de-açúcar, ainda há vários problemas a serem solucionados, notadamente quanto ao manejo da adubação tanto na elevação do patamar de produtividade, como os estudos ambientais. A necessidade da cana-de-açúcar por nutrientes é suprida pelo fornecimento de fertilizantes. Desse modo, pode presumir que, em diversas condições esses fertilizantes ora sejam subestimados ora sejam superestimados. Com isso o estudo da eficiência nutricional na cultura da cana-de-açúcar é de extrema importância, pois os solos tropicais, em geral, possuem baixa capacidade de fornecimento dos nutrientes às plantas. Outro fator favorável ao uso eficiente dos adubos deve-se à menor possibilidade de contaminação de lençol freático e, ou, cursos d'água decorrente do uso de quantidades excessivas de fertilizantes. Estas preocupações tornam-se mais importantes quando se refere ao produtor rural que atua no mercado competitivo de economia globalizada e sob altos custos de produção.

O sistema Integrado de Diagnose e Recomendação (DRIS) é uma outra ferramenta de interpretação dos resultados de análise foliar, em que se utiliza as relações entre nutrientes, comparados dois a dois, o sistema fundamenta-se na premissa de que as relações entre nutrientes podem influenciar na disponibilidade de um nutriente em relação aos outros (Beaufils, 1973).

Dentre vários métodos de diagnose foliar, o nível crítico é o método tradicional que considera os teores de nutrientes individualmente (Bataglia et al., 1992). Para a maioria das culturas, geralmente não existe um determinado ponto de ótima produtividade, mas sim uma determinada faixa. Por isso, é conveniente se recomendar níveis de adubação suficientes para manter as concentrações de nutrientes um pouco acima do nível crítico, numa faixa de suficiência (Bataglia et al., 1992). Embora as faixas de suficiência tenham sido criadas para dar mais flexibilidade à diagnose, elas diminuem a precisão do diagnóstico porque os limites são amplos (Sumner, 1979).

As maiores vantagens do uso de níveis críticos e faixas de suficiência são: facilidades de interpretação dos dados, independência entre os índices; enquanto que as maiores desvantagens são: poucas categorias de diagnósticos, quando mais de um nutriente é classificado como deficiente e só podem ser utilizados em estágios específicos e em determinadas partes das plantas (Baldock & Schulte, 1996).

Outro método utilizado para diagnose foliar é a técnica originalmente desenvolvida por Beaufils (1973), o Sistema Integrado de Diagnose e Recomendação (DRIS), propõe o uso das relações entre nutrientes, como sendo a maneira mais adequada de obter-se um diagnóstico com mais exatidão do estado nutricional da planta, independente de fatores externos, tais como: solo, clima e variedade.

O DRIS foi desenvolvido como uma ferramenta de diagnóstico nutricional a partir de trabalhos com seringueiras (*Hevea brasiliensis*), nas décadas de 50 e 60 (Beaufils, 1973) e sua utilização tem sido feita em muitas espécies vegetais de importância agrícola.

Partindo desse princípio, modelos estatísticos têm sido ajustados para descrever o relacionamento entre índices DRIS e teores de nutrientes no tecido vegetal em eucalipto (Wadt et al., 1998), café (Reis Júnior et al., 2002), cana-de-açúcar (Reis Júnior & Monnerat, 2003) e soja (Kurihara, 2004), com a finalidade de aprimorar a interpretação de teores de nutrientes em tecidos vegetais.

De acordo com Silva (2009), o uso do conceito de DRIS na diagnose nutricional em lavouras tem um potencial amplo em cana-de-açúcar, em especial: no levantamento do estado nutricional das culturas; na confirmação de sintomas visíveis de carência de nutrientes; no diagnóstico de deficiência de nutrientes em plantas com e sem sintomas identificáveis.

Em amostras de tecidos vegetais, em que as relações binárias entre teores de nutrientes apresentam valores similares aos estabelecidos como normas, o índice DRIS para cada nutriente se aproxima de zero (Dara et al., 1992). Apesar de um valor de índice DRIS igual a zero ser considerado ótimo e todos os outros valores, sub ou supra-ótimos, erros experimentais, como os relacionados às determinações analíticas e pesagens, assim como limitações devidas ao tamanho da amostra, causam redução da confiabilidade da estimativa pontual do estado ótimo nutricional (Hartz et al., 1998). Em razão disso, esses autores sugerem a utilização de uma faixa ótima para avaliar os índices nutricionais. Kurihara (2004) considera equilibrado o índice de um nutriente cujo valor esteja localizado no intervalo de 2/3 desvios-padrão em relação ao índice DRIS igual a zero, obtido a partir da subpopulação de alta produtividade.

Cada relação entre nutrientes na população de alta produtividade constitui uma norma DRIS e tem sua respectiva média e coeficiente de variação. Índice DRIS negativo indica que o nutriente está abaixo do nível ótimo, enquanto índice positivo indica que o nutriente está acima do nível ótimo. Se o índice DRIS de um nutriente é igual a zero, este elemento está em equilíbrio com os outros nutrientes (Beaufils, 1973; Reis Jr. & Monnerat, 2002). Os índices dos nutrientes em uma amostra podem variar de positivos a negativos, mas o somatório destes índices sempre será igual a zero. O somatório dos valores absolutos destes índices forma o índice de equilíbrio nutricional (IEN), que expressa o equilíbrio nutricional da cultura amostrada. Quanto menor o IEN, menor será o desequilíbrio. Dessa forma, os teores de nutrientes associados a valores de índices DRIS nulos correspondem aos teores ótimos estimados em estudos de Wadt et al. (1998), Silva (2001), Reis Júnior et al. (2002), Reis Júnior & Monnerat (2003) e Kurihara (2004).

Visando uma interpretação melhor dos resultados dos índices DRIS, foi desenvolvido no Departamento de Solos da Universidade Federal de Viçosa (Wadt, 1996), o método do Potencial de Resposta à Adubação (PRA). Por este método, são definidas cinco classes de probabilidade de resposta à adubação, comparando-se o índice calculado para determinado nutriente e o índice de balanço nutricional médio

(IBNm). Essas informações servem para calibrar regionalmente os padrões de diagnose da cana-de-açúcar e complementar a adubação na mesma, vindo a proporcionar aumentos de produtividade.

O uso do DRIS ou de níveis críticos/faixas de suficiência na cana-de-açúcar para interpretação do estado nutricional e recomendação de adubação tem sido pouco empregada. Em termos de trabalhos científicos, nos últimos 10 anos surgiu uma tese relacionada ao DRIS, na região de Goytacazes (RJ). No entanto, pouca coisa foi aplicada desse trabalho, em condições de campo, devido, possivelmente, ao fato da equipe de trabalho envolvida na pesquisa não trabalhar com a cultura da cana ou região ter apenas uma área de 46,3 ha cultivados (safra 2010/2011), comparado a de Alagoas com 464,6 ha cultivados (safra 2010/2011) (CONAB, 2011). Nesse sentido, os níveis críticos determinados para a cultura, em áreas do Estado de São Paulo, têm sido utilizados para as recomendações de adubações foliares em outras regiões do País.

Apesar da literatura para outras culturas ter avançado no uso do DRIS e variações, praticamente o setor canavieiro tem baseado sua recomendação de adubação nas análises de solo e nas exportações de nutrientes pela cultura. Nesse sentido, basicamente, as adubações foliares tem sido baseadas nos teores dos nutrientes isolados e a quantidade de nutriente a ser aplicada tem sido feita pela exportação da cultura ou de forma empírica.

O setor canavieiro encontra-se em expansão no País, ficando a preocupação de aumentar novas áreas e não a produtividade. Nas áreas em que a expansão, praticamente, cessou, no caso, de algumas localidades do Nordeste, a preocupação com o crescimento de produção no sentido vertical aumentou. Nesse caso, o uso da adubação foliar passou a ser uma alternativa viável. Informações sobre os teores foliares, produtividades e respostas as aplicações dos nutrientes estão sendo desenvolvidas, juntamente com as Universidades Federais de Alagoas e Rural de Pernambuco.

À medida que o nível de tecnologia aumenta, a produtividade da cultura aumenta, seja ela, pelo manejo empregado, tais como: irrigação, variedades, adubação, etc., fica claro que o uso de métodos de interpretação da análise foliar que trabalhem com relações entre nutrientes passam a ser preferidos em detrimento dos teores isolados. Em áreas de baixas produtividades e que apresentam deficiências extremas, os teores dos nutrientes isolados passam a ter informações suficientes e praticamente semelhantes ao DRIS. Por serem mais fáceis de serem trabalhados são

preferidos. Outro fato importante, é que para gerar níveis críticos e relações entre os nutrientes para a cultura da cana se requer tempo e dinheiro. Praticamente, os programas relacionados com a cultura da cana-de-açúcar estão ligados a área de melhoramento de plantas, ficando as outras áreas com pouca prioridade.

Na literatura internacional são citadas normas para o DRIS para a região da África do Sul para solos minerais (Beaufils & Sumner, 1976) e para solos orgânicos da Flórida (Elwali & Gascho, 1983), apresentando uma similaridade entre os seus valores, apesar das características marcantes dos seus solos. Para a região dos Estados Unidos, Gascho (2009) apresenta valores tanto de normas DRIS quanto de níveis críticos e faixa de suficiência para recomendação de adubação para a cultura da cana-de-açúcar. O autor faz um comentário tênue no tocante a utilização dos dados relacionados com N, proveniente da região da Flórida, em que os teores de N encontrados nas variedades cultivadas são maiores do que em outras áreas.

Trabalhando com o uso do DRIS, para a região da África do Sul, Meyer (1981) conclui que para previsão de uma resposta da produção a aplicação de N, P e K, o DRIS se mostrou mais confiável do que o nível crítico dos nutrientes, quando utilizado na fase inicial da cultura. Mostrou-se também que é importante para detectar desequilíbrios nutricionais na cultura da cana.

Avaliando o uso do DRIS na região da Flórida, nas safras 2004/2005, 2005/2006 e 2006/2007, McCray et al. (2010) não encontraram respostas em produtividade de cana (TCH) e nem em produção de açúcar (TPH) para a complementação dos fertilizantes, conforme indicação dos índices DRIS. Atribuíram essas não respostas a coleta das folhas e complementação dos fertilizantes serem feitos no mesmo ciclo, no entanto, em época tardia, em que boa parte do ciclo da cultura já teria ocorrido. Sugeriram que essas complementações de adubações fossem feitas no próximo ciclo da cultura, logo após a colheita da cana.

Os objetivos deste trabalho foram: a) estabelecer normas DRIS para diagnóstico do estado nutricional da cana-de-açúcar (*saccharum spp.*) na região de Coruripe, em Alagoas. b) calcular os índices dos nutrientes por meio do método DRIS-Beaufils, utilizando-se quatro critérios para obtenção das normas: C1 - relações de nutrientes com maior razão de variância; C2 - relações de nutrientes com maior razão de variância e menor coeficiente de assimetria com transformação parcial de Box e Cox; C3 - todas as relações de nutrientes com transformação logarítmica neperiana; e C4 - relações de nutrientes com maior razão de variância e menor coeficiente de assimetria

com transformação de Box e Cox para todas as relações de nutrientes, avaliar os diagnósticos nutricionais com normas DRIS estabelecidas por esses critérios. c) comparar o diagnóstico nutricional de cinco métodos diferentes de cálculo dos índices DRIS e Diagnose da Composição Nutricional (CND) e por último d) comparar os teores ótimos de nutrientes especificamente para a cultura em estudo, estimados por meio dos métodos Chance Matemática (ChM), DRIS e M-DRIS e CND, a partir de dados provenientes do monitoramento nutricional de 183 talhões comerciais de cana-de-açúcar no período 2008-2009.

### REFERÊNCIAS BIBLIOGRAFICAS

BALDOCK, J.O.; SCHULTE, E.E. Plant analysis with standardized scores combines DRIS and sufficiency range approaches for corn. **Agronomy Journal**, Madison, v.88, p.448-456, 1996.

BATAGLIA, O.C.; DECHEN, A.R.; SANTOS, W.R. Diagnose visual e análise de plantas. In: REUNIÃO BRASILEIRA DE FERTILIDADE DO SOLO E NUTRIÇÃO DE PLANTAS, 20., Piracicaba, 1992. **Anais...** Piracicaba: SBCS, 1992. P.369-404.

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

BEAUFILS, E.R., SUMNER, M.E. Application of the Dris approach for calibrating soil and plant factors in their effects on yield of sugarcane. **Proceedings of the South Africa Sugar Technologists Association**, v.50, p.118-124. 1976.

COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO-CONAB. **Acompanhamento da Safra Brasileira: Cana-de-açúcar, safra 2010/2011**. Brasília: Conab 2011. 13 p.

DARA, S.T.; FIXEN, P.E., GELDERMAN, R.H. Sufficiency level and diagnosis and recommendation integrated system approaches for evaluating the nitrogen status of corn. **Agronomy Journal**, v.84, p.1006-1010, 1992.

ELWALI, A.M.O., GASCHO, G.J. Sugarcane response to P, K, and DRIS corrective treatments on Florida histosols. **Agronomy Journal**, v.75, p.79-83, 1983.

EMBRAPA SOLOS. Zoneamento Agroecológico da cana-de-açúcar no Brasil para produção de etanol e açúcar: seleção de terras potenciais para a expansão do seu cultivo. **Relatório Técnico**. Rio de Janeiro, RJ, 2008, 51p.

GASCHO, G.J. Reference sufficiency ranges – sugarcane. CAMPBELL, C.R. **Reference sufficiency ranges for plant analysis in the southern region of the United States**. Raleigh: North Carolina Department of Agriculture and Consumer Services Agronomic Division. 2009. p.35-38. (Southern Cooperative Series, Bulletin #394).

KURIHARA, C.H. **Demanda de nutrientes pela soja e diagnóstico de seu estado nutricional**. UFV: Viçosa, 2004. 101f. Tese (Doutorado) - Universidade Federal de Viçosa.

HARTZ, T.K.; MIYAO, E.M.; VALENCIA, J.G. DRIS evaluation of the nutritional status of processing tomato. **Hortscience**, Alexandria, v.33, n.5, p.830-832, 1998.

McCray, S.Ji.J.M.; POWELL, G. MONTES, G., PERDOMO, R. Sugarcane response to DRIS-based fertilizer supplements in Florida. **Journal Agronomy & Crop Science**, Flórida, v.196, p.66-75, 2010.

MEYER, J.H. An evaluation of Dris based on leaf analysis for sugarcane in South Africa. **Proceedings of the South Africa Sugar Technologists Association**, v.55, p.169-175. 1981.

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. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v.26, p.801-808, 2002.

REIS Jr., R.A.; MONNERAT, P.H. DRIS norms validation for sugarcane crop. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.38, p.379-385, 2003.

SUMNER, M.E. Interpretation of foliar analysis for diagnostic purposes. **Agronomy Journal**, v.71, p.343-348, 1979.

SILVA, F.C. **Manual de análises químicas em solos, plantas e fertilizantes**./editor técnico: Fábio Cesar da Silva, 2ª ed.rev.ampl. -Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica, 2009. 627p.

SILVA, G.G.C. **Diagnose nutricional do eucalipto pelo DRIS, M-DRIS e CND**. UFV: Viçosa, 2001. 132f. Dissertação (Mestrado em Ciência do Solo) – Universidade Federal de Viçosa.

WADT, P.G.S.; NOVAIS, R.F.; ALVAREZ V., V.H.; FONSECA, S.; BARROS, N.F.; DIAS, L.E. Três métodos de cálculo do DRIS para avaliar o potencial de resposta à adubação de árvores de eucalipto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.22, n.4, p.661-666, 1998.

## CAPÍTULO 1

### ESTABELECIMENTO DE NORMAS DRIS PARA CANA-DE-AÇÚCAR NA REGIÃO DE CORURIFE EM ALAGOAS

#### RESUMO

O Sistema Integrado de Diagnose e Recomendação (DRIS) é um método que baseia-se no cálculo de índices para cada nutriente, considerando sua relação com os demais. Envolve a comparação das relações de cada par de nutrientes encontrado em determinado tecido da planta, com as relações médias correspondentes às normas pré-estabelecidas a partir de uma população de referência. O objetivo do presente trabalho foi estabelecer normas DRIS para diagnóstico do estado nutricional da cana-de-açúcar (*saccharum spp.*) na região de Coruripe, em Alagoas. A coleta das amostras de folha foi realizada em 183 talhões de áreas comerciais de cana-de-açúcar na safra 2008/2009, registrando-se também o rendimento agrícola dessas áreas. Foram determinados os teores de N, P, K, Ca, Mg, S, Fe, Cu, Mn, Zn e B, perfazendo 110 relações nutricionais. O banco de dados foi composto por 183 amostras, sendo 31 correspondentes as áreas de alta produtividade (população de referência com TCH  $\geq 80$  t ha<sup>-1</sup>) e 152 para as áreas de baixa produtividade (TCH  $< 80$  t ha<sup>-1</sup>). O grupo de alta produtividade foi utilizado como referência para gerar as normas DRIS. As normas DRIS baseadas na maior razão de variância, associada ao menor coeficiente de assimetria, permitiram uma melhor seleção das relações entre os teores de nutrientes. A transformação de Box e Cox das relações que apresentaram coeficiente de variação alto e, ou, assimetria resultou em valores que se adequaram a uma distribuição normal. Sendo assim, das 110 relações de nutrientes, foram selecionadas 55 relações como normas específicas para a cultura da cana-de-açúcar na região de Coruripe, em Alagoas.

Palavras-chave: cana-de-açúcar, diagnose nutricional, coeficiente de assimetria

## ESTABLISHMENT OF DRIS NORMS FOR THE SUGARCANE CULTURE ON THE REGION CORURIBE – ALAGOAS REGION

### ABSTRACT

The Diagnosis and Recommendation Integrated System (DRIS) is a method based on the average relations between each nutrient, taking in consideration its relationship with all the other nutrients. It involves the comparison of the relations of each pair of nutrients found in a certain plant tissue, with the average ratios corresponding to the pre-established norms from a reference population. The objective of this study was to determine DRIS norms for nutritional diagnosis of the sugarcane (*Saccharum spp.*), on the region of Coruribe-AL. The leaf sample collection was conducted on 183 lots in commercial fields of sugar cane in the 2008/2009 harvest and the agricultural income of those areas was registered as well. The concentration of N, P, K, Ca, Mg, S, Fe, Cu, Mn, Zn and B were determined, totalizing 110 nutritional relationships. The databank was made up of 183 samples, with 31 of those coming from areas with a high yield (reference population with yield above 80 t ha<sup>-1</sup>) and 152 samples coming from areas with a low yield (less than 80 t ha<sup>-1</sup>). The groups with the higher yield were utilized in order to generate the DRIS norms. The DRIS norms that were based on the largest variance ratio, associated with the lowest coefficient of skewness, resulted in a better selection of the relation between nutrient concentrations. The Box-Cox transformation of the relations that had a high coefficient of variation and/or skewness resulted in ratio values with a normal distribution. Thus, of all those 110 relations, 55 were chosen as specific norms for the sugarcane culture, cultivated in the region of Coruribe-AL.

Keywords: sugarcane, nutritional diagnosis, coefficient of skewness

## 1. INTRODUÇÃO

O método DRIS possibilita realizar o diagnóstico nutricional de qualquer cultura. Ele se baseia no cálculo de índices para cada nutriente, que é avaliado em função da relação das razões dos teores de cada nutriente com os demais, comparando-os, dois a dois, com outras relações-padrão, cuja composição mineral é obtida de uma população de plantas altamente produtivas. De acordo com Reis Jr. (1999) e Reis Jr & Monnerat (2003), as normas DRIS são mais exatas e oferecem maior confiança na avaliação do estado nutricional das culturas quando desenvolvidas localmente. O diagnóstico nutricional através dos índices DRIS fornece também o Índice de Balanço Nutricional - IBN (Sumner, 1977), que possibilita verificar o equilíbrio nutricional da cultura agrícola, indicando que, quanto menor o seu valor, menor é o desequilíbrio nutricional da lavoura amostrada (Leite, 1993; Baldock & Schulte, 1996).

O primeiro passo para implementar o DRIS, ou outro sistema de diagnóstico nutricional, é o estabelecimento de valores-padrões ou normas (Walworth & Sumner, 1987; Bailey et al., 1997). Como o diagnóstico do método DRIS depende da definição das normas DRIS, muitos trabalhos têm discutido o universo de abrangência das normas, desde aquelas obtidas a partir de dados calibrados localmente, como também conclusões que sugerem normas DRIS regionais ou universais. Silva et al. (2005), avaliando a universalidade das normas DRIS, concluíram que é preferível a utilização de normas específicas em vez de normas universais. Da mesma forma, Rocha et al. (2007) destacaram a importância de obtenção de normas regionais e específicas para diferentes condições de cultivo. Por outro lado, Reis Jr. (2002) destacou a possibilidade de utilização de normas universais, desde que as condições de cultivo de ambas subpopulações (referência e amostra) sejam parecidas.

Para estabelecer normas DRIS, que efetivamente contribuam para um programa de monitoramento do estado nutricional, é necessário avaliar diferentes critérios para o estabelecimento dessas normas, posteriormente, indicá-las. Estas avaliações foram realizadas para algumas culturas no Brasil, como é o caso da seringueira (Bataglia & Santos, 1990), eucalipto (Wadt et al., 1998) e citros (Mourão Filho et al., 2002), dentre outras. A comparação entre os critérios de cálculo torna-se pertinente, uma vez que há concordância entre os autores sobre as possíveis diferentes interpretações, dependendo do tipo de procedimento utilizado no estabelecimento das normas DRIS. É necessário usar um banco de dados contendo informações que relacionem teores

foliares e produtividades. Segundo Payne et al. (1990), relações entre nutrientes que apresentam alta razão entre variâncias da população de alta e baixa produtividade conferem maior confiabilidade na diagnose nutricional. Esse mesmo critério de seleção de alta razão de variâncias para selecionar relações nutricionais foi estudado por Reis Jr. et al. (2002), Mourão Filho (2004) e Santana et al. (2008). Essa mesma atenção com a normalidade das relações de nutrientes na escolha da seleção da relação mais adequada foi também utilizada por Rathfon & Burger (1991) e por Ramakrishna et al. (2009), que selecionaram as relações de nutrientes que apresentaram além da relação das variâncias  $> 1,0$ , coeficiente de assimetria  $< 1,0$  e coeficiente de variação menor ou igual a 35%.

Assim, o objetivo deste trabalho foi estabelecer normas DRIS específicas para cana-de-açúcar na região de Coruripe em Alagoas por meio da seleção de relações nutricionais adequadas e referenciadas por uma população de plantas altamente produtivas.

## **2. MATERIAL E MÉTODOS**

Para estabelecimento das normas DRIS para cana-de-açúcar foi realizada amostragem de folhas em áreas comerciais da cultura na safra 2008/2009 no município de Coruripe em Alagoas, bem como registrado seu rendimento agrícola. A região apresenta clima quente e úmido, precipitação pluvial anual elevada (1.500 – 2.000 mm) e temperatura média anual de 28 °C (Souza et al., 2004). Os solos predominantes na região são os Argissolos Amarelos distróficos fragipânicos, Argissolos Acinzentados distróficos fragipânicos e duripânicos, Argissolos Amarelos distróficos latossólicos e Espodosolos Ferrocárbicos fragipânicos e duripânicos (Silva, 2010). A textura do horizonte A predominante é arenosa e do horizonte B é argilosa, com exceção dos Espodosolos. O relevo dominante na área é o plano a suave ondulado. Os solos dessa área são desenvolvidos de sedimentos Terciários da Formação Barreiras. Esses solos são caracterizados por apresentar baixa CTC, pobreza em bases trocáveis, baixos teores de P e teores elevados de Al trocável. Aliada à baixa CTC está associada à baixa capacidade de retenção de água. Com relação aos micronutrientes apresentam baixos teores de Zn, Cu e Mn.

A calagem foi realizada no plantio, usando o método de saturação por bases, visando elevá-la a 70%. A adubação de plantio foi feita com o seguinte manejo: a)

adubação de inverno usando como adubação verde a *Crotalaria spectabilis* associada a 42 kg ha<sup>-1</sup> de N, 60 kg ha<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, 144 kg ha<sup>-1</sup> de K<sub>2</sub>O, 0,48 kg ha<sup>-1</sup> de B, 0,84 kg ha<sup>-1</sup> de Cu, 2,52 kg ha<sup>-1</sup> de Mn e 0,84 kg ha<sup>-1</sup> de Zn; b) adubação de verão utilizando o resíduo proveniente da indústria sucro-alcooleira (20 t ha<sup>-1</sup> no fundo do sulco) associado a 30 kg ha<sup>-1</sup> de N, 30 kg ha<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, 72 kg ha<sup>-1</sup> de K<sub>2</sub>O, 0,24 kg ha<sup>-1</sup> de B, 0,42 kg ha<sup>-1</sup> de Cu, 1,26 kg ha<sup>-1</sup> de Mn e 0,42 kg ha<sup>-1</sup> de Zn.

A adubação da soqueira foi realizada do seguinte modo: a) até 4ª folha – 96 kg ha<sup>-1</sup> de N, 36 kg ha<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> e 144 kg ha<sup>-1</sup> de K<sub>2</sub>O; b) 5ª folha em diante - 90 kg ha<sup>-1</sup> de N e 140 kg ha<sup>-1</sup> de K<sub>2</sub>O.

As variedades cultivadas na região de coleta das folhas foram RB72454, RB75126, RB83594, RB845210, RB855113, RB855463, RB855536, RB867515, RB92579, RB93509, RB98710, SP75-3046, SP79-1011, SP81-3250, SP83-2847 e Co997. As cinco variedades predominantes na região de Coruripe na safra 2008/2009 foram RB92579, RB93509, RB867515, SP79-1011 e Co997.

A coleta das amostras de folhas de cana-de-açúcar foi realizada em áreas comerciais de cana-planta e cana-soca, perfazendo um total de 183 amostras. Cada amostra foi constituída de 30 folhas coletadas aleatoriamente em cada lote de cana, identificando-se o nome da fazenda, bloco, talhão, variedade e idade da folha (1ª, 2ª e 3ª planta). A coleta foi realizada no início da estação chuvosa, que compreende o período de elevada absorção de nutrientes para atender a fase de estabelecimento e crescimento para formação da colheita e, que para esse trabalho correspondeu ao mês de abril de 2009.

Foram coletadas folhas da posição +3, pelo sistema de Kuijper, sendo utilizados para análise química os 20 cm medianos, descartando-se a nervura central das plantas, conforme descrito por Malavolta et al. (1997) e Silva (2009).

As amostras de folhas foram submetidas à secagem em estufa a 65 °C com circulação forçada de ar por 72 h e passadas em moinho tipo Wiley, com peneiras de 20 mesh. O N nas folhas foi mineralizado em digestão sulfúrica e dosado utilizando-se o método micro Kjeldahl, segundo metodologia descrita por Malavolta et al. (1997). Os demais nutrientes foram mineralizados em digestão nítroperclórica e os extratos obtidos dosados pelos seguintes métodos: O P foi analisado colorimetricamente pelo método do molibdato; o K por fotometria de chama; o Ca, Mg, Mn, Zn, Fe e Cu por espectrofotometria de absorção atômica; o S por turbidimetria; e o B por digestão via seca pelo método da incineração. Todas as

análises químicas foram realizadas de acordo com os métodos propostos por Malavolta et al. (1997).

Após a obtenção dos dados de rendimento agrícola (TCH) das áreas em que foram determinados os teores foliares, montou-se um banco de dados que foi dividido em dois grupos: baixa ( $< 80 \text{ t ha}^{-1}$ ) e alta ( $\geq 80 \text{ t ha}^{-1}$ ) produtividade. O banco de dados foi composto por 183 amostras, sendo 31 correspondentes as áreas de alta produtividade (população de referência) e 152 as áreas de baixa produtividade. Foram determinados os valores mínimos (Min), máximos (Max), mediana (Med), média (Md), desvio-padrão (s), coeficiente de variação (CV), variância ( $s^2$ ), coeficiente de assimetria (Asim) e coeficiente de curtose (Curt) para os dados de produtividade agrícola e teores de nutrientes nos grupos de alta e baixa produtividade (Beiguelman, 2002). Foi utilizado o teste t de Student, para comparação das médias dos dados de produtividade e teores de nutrientes, entre os grupos de alta e baixa produtividade, levando em conta a homocedasticidade entre as variâncias, até 5% de probabilidade pelo teste F (Beiguelman, 2002).

Dados de produtividade foram registrados nos locais amostrados, quando a cana-de-açúcar atingiu o ponto de colheita, que, juntamente com seus respectivos teores foliares de nutrientes, formaram um banco de dados que foi utilizado para gerar as normas DRIS para a cana-de-açúcar, conforme descrito por Jones (1981) e Reis Jr. (1999).

Para cada grupo calculou-se todas as relações binárias entre os nutrientes para obtenção da média, desvio-padrão, coeficiente de variação, variância, coeficiente de assimetria, coeficiente de curtose, além da razão entre variâncias dos grupos de baixa e alta produtividade.

O critério de normalidade dos dados, para o grupo de alta produtividade, baseou-se na razão entre o coeficiente de assimetria -  $g_1$  (equação 1) e seu erro estimado -  $S_{g_1}$  (equação 2) de Fisher, comparado pelo teste t de Student a 10% de probabilidade (Beiguelman, 2002). Isso equivale a um coeficiente de assimetria  $|0,715|$ . Esse mesmo procedimento foi adotado para os valores de curtose, que se baseou também na razão entre o coeficiente de curtose -  $g_2$  (equação 3) e seu erro estimado -  $S_{g_2}$  (equação 4) de Fisher, comparado pelo teste t de Student a 10% de probabilidade. Isso equivale a um coeficiente de curtose  $|1,395|$ . Portanto, valores de coeficientes de assimetria e curtose, iguais ou menores que  $|0,715|$  e  $|1,395|$ , respectivamente, indicaram normalidade dos dados.

$$g_1 = \left\{ \frac{n}{(n-1)(n-2)} \sum_{i=1}^n \left( \frac{X_i - \bar{X}}{s} \right)^3 \right\} \quad (1)$$

$$S_{g_1} = \sqrt{\frac{6n(n-1)}{(n-2)(n+1)(n+3)}} \quad (2)$$

$$g_2 = \left\{ \frac{n(n+1)}{(n-1)(n-2)(n-3)} \sum_{i=1}^n \left( \frac{X_i - \bar{X}}{s} \right)^4 \right\} - \frac{3(n-1)^2}{(n-2)(n-3)} \quad (3)$$

$$S_{g_2} = \sqrt{\frac{24n(n-1)^2}{(n-3)(n-2)(n+3)(n+5)}} \quad (4)$$

em que:

$g_1$  = coeficiente de assimetria;

$n$  = tamanho da amostra;

$X_i$  = valor da relação binária entre os nutrientes observados;

$\bar{X}$  = média da relação binária entre os nutrientes observados;

$s$  = desvio-padrão da relação binária entre os nutrientes observados;

$S_{g_1}$  = Erro de assimetria;

$g_2$  = coeficiente de curtose; e

$S_{g_2}$  = Erro de curtose.

Para cada relação binária, na forma direta e inversa (N/P e P/N), a seleção da norma foi baseada na razão entre as variâncias (população baixa/população alta) e nos valores de coeficiente de assimetria. Isto é, foram escolhidas para compor as normas relações com maior razão de variância e com coeficiente de assimetria menor que |0,715|. Para as relações que foram selecionadas, e, mesmo assim, apresentaram valores assimétricos e, ou, coeficientes de variação maiores que 35%, se procedeu a transformação dos dados, aplicando o critério proposto por Box & Cox (1964), conforme a equação 5:

$$Y_i = \begin{cases} \frac{X_i^\lambda - 1}{\lambda}, \lambda \neq 0 \\ \ln X_i, \lambda = 0 \end{cases} \quad (5)$$

em que:

$Y_i$  = valor da relação binária entre os nutrientes transformados;

$X_i$  = valor da relação binária entre os nutrientes observados;

$\lambda$  = valor de transformação (2,0 a - 2,0)

Com diferentes valores  $\lambda$ , para os valores da relação binária entre os nutrientes observados, se selecionou o  $\lambda$  ideal pela estimativa de máxima verossimilhança (equação 6):

$$EMV = -\frac{n}{2} \ln \left( \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (Y_i - \bar{Y})^2 \right) + (\lambda - 1) \sum_{i=1}^n \ln X_i \quad (6)$$

em que:

EMV = estimativa da máxima verossimilhança;

n = tamanho da amostra;

$Y_i$  = valor da relação binária entre os nutrientes transformados;

$\bar{y}$  = média dos valores da relação binária entre os nutrientes transformados;

$\lambda$  = valor do lambda considerado; e

$X_i$  = valor da relação binária entre os nutrientes observados.

A função do estimador de máxima verossimilhança (EMV) é maximizar a probabilidade de que os dados transformados sejam provenientes de uma distribuição simétrica ou normal. A família de transformação de Box-Cox permite selecionar uma transformação que melhor resolve problema de não-normalidade e heterogeneidade de erros (Box & Cox, 1964; Draper & Cox, 1969; Peltier et al., 1998). O resultado é a redução do absoluto valor da assimetria, para quase zero. Os valores de  $\lambda > 1$  eliminam assimetria negativa, enquanto valores de  $\lambda$  entre  $0 < \lambda < 1$  eliminam assimetria positiva (Coleman & Swanson, 2007).

### 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os valores referentes aos CV obtidos para os teores de nutrientes nas folhas, tanto para o grupo de baixa produtividade, quanto para o grupo de alta produtividade, ficaram abaixo de 35%, com exceção para S e Mn, o que possibilitou a obtenção de normas DRIS confiáveis (Tabela 1). Considerando que, quanto menor o CV, menor será a amplitude dos valores dos teores dos nutrientes, tendo como consequência, melhores estimativas de cálculo dos índices DRIS (Walworth & Sumner, 1987; Rocha et al., 2007; Santana et al., 2008). O Mn, na maioria dos trabalhos, independente da cultura agrícola, tem sido o nutriente que tem apresentado um CV alto (Rocha et al., 2007; Urano et al., 2007; Santana et al., 2008; Farnezi et al., 2009; Ramakrishna et al., 2009). Assim, relações entre os nutrientes, envolvendo o Mn apresentam também um CV alto e, conseqüentemente, dificultam o estabelecimento da normalidade, podendo comprometer a confiabilidade da norma obtida.

No que se refere aos valores de coeficiente de assimetria, apenas os micronutrientes Zn (0,931;  $P < 0,05$ ) e Mn (1,268;  $P < 0,01$ ) apresentaram comportamento enviesados, com assimetria positiva (Tabela 1). Dessa maneira, o uso do CV isoladamente, como critério de seleção de norma, não é indicado, pois como constatado, o Zn apesar de apresentar um CV de 21,4%, apresentou dificuldade para o estabelecimento da normalidade.

Tabela 1 – Valores mínimos (Min), máximos (Max), medianos (Med), médias (Md), desvio-padrão (s), coeficiente de variação (CV), variância ( $s^2$ ), coeficiente de assimetria (Asim) e coeficiente de curtose (Curt) do rendimento agrícola (TCH) e teores foliares de 31 amostras do grupo de alta produtividade e 152 amostras do grupo de baixa produtividade de cana-de-açúcar, na safra 2008/2009 na região de Coruripe em Alagoas

Variável	Min	Max	Med	Md	s	CV	$s^2$	Asim	Curt	Prob <sup>(1)</sup>
Alta Produtividade ( $\geq 80$ t ha <sup>-1</sup> )										
TCH (t ha <sup>-1</sup> )	80,0	129,6	86,60	90,44	11,268	12,5	126,9691	1,735	3,579	< 0,01
N(g ha <sup>-1</sup> )	14,0	23,5	16,20	17,29	2,516	14,6	6,3289	0,594	-0,461	ns
P (g kg <sup>-1</sup> )	1,4	2,4	1,80	1,85	0,249	13,5	0,0619	0,515	-0,322	ns
K (g kg <sup>-1</sup> )	8,0	13,2	10,00	10,39	1,329	12,8	1,7652	0,334	-0,237	ns
Ca (g kg <sup>-1</sup> )	2,0	6,5	3,50	3,92	1,246	31,8	1,5536	0,546	-0,728	ns
Mg (g kg <sup>-1</sup> )	1,3	3,9	2,40	2,35	0,758	32,3	0,5752	0,236	-0,936	< 0,05
S (g kg <sup>-1</sup> )	0,7	2,5	1,20	1,29	0,517	40,1	0,2673	1,047	0,410	< 0,05
Zn (mg kg <sup>-1</sup> )	11,0	24,0	16,00	15,94	3,405	21,4	11,5957	0,931	0,460	ns
Fe (mg kg <sup>-1</sup> )	31,0	72,0	45,00	48,13	11,230	23,3	126,1161	0,610	-0,491	ns
Mn (mg kg <sup>-1</sup> )	6,0	63,0	17,00	22,45	15,161	67,5	229,8559	1,268	1,399	ns
Cu (mg kg <sup>-1</sup> )	3,0	6,0	4,00	4,39	0,989	22,5	0,9785	0,004	-0,997	ns
B (mg kg <sup>-1</sup> )	6,8	13,5	9,20	9,26	1,848	20,0	3,4152	0,552	-0,678	ns
Baixa Produtividade ( $\leq 80$ t ha <sup>-1</sup> )										
TCH (t ha <sup>-1</sup> )	34,1	79,7	64,35	62,30	12,333	19,8	152,0989	-0,558	-0,516	
N (g kg <sup>-1</sup> )	11,8	22,7	16,95	17,49	2,747	15,7	7,5468	0,177	-1,087	
P (g kg <sup>-1</sup> )	1,1	2,7	1,80	1,86	0,316	17,0	0,1001	0,362	0,139	
K (g kg <sup>-1</sup> )	5,6	14,8	10,00	9,88	1,545	15,6	2,3880	0,271	0,385	
Ca (g kg <sup>-1</sup> )	1,1	7,1	3,40	3,55	1,158	32,6	1,3412	0,470	0,243	
Mg (g kg <sup>-1</sup> )	1,0	3,9	2,10	2,12	0,479	22,6	0,2297	0,450	0,844	
S (g kg <sup>-1</sup> )	0,4	2,5	1,10	1,11	0,396	35,7	0,1564	0,771	0,727	
Zn (mg kg <sup>-1</sup> )	10,0	33,0	16,00	15,80	3,264	20,7	10,6535	1,336	4,493	
Fe (mg kg <sup>-1</sup> )	31,0	137,0	48,00	52,31	15,409	29,5	237,4468	1,991	6,657	
Mn (mg kg <sup>-1</sup> )	4,0	62,0	18,00	20,66	12,100	58,6	14,6412	1,183	1,327	
Cu (mg kg <sup>-1</sup> )	2,0	7,0	5,00	4,53	1,104	24,4	1,2178	-0,232	-0,075	
B (mg kg <sup>-1</sup> )	4,4	16,0	9,50	9,85	2,334	23,7	5,4494	0,387	-0,261	

<sup>(1)</sup> Probabilidade da significância pelo teste t de Student entre as médias (Md) dos teores de nutrientes e do rendimento agrícola do grupo de alta e baixa produtividade até 5%.

Esse comportamento foi constatado por Rathfon e Burger (1991), que tinham funções com pequeno CV (13%), e, no entanto, não constataram diferenças de variância entre as populações de alta e baixa produtividade. Por outro lado, tinham funções com CV mais alto (28%), apresentando diferenças significativas entre as variâncias nas populações.

Os teores médios dos nutrientes não apresentaram diferenças pelo teste t entre as populações de alta e baixa produtividade, com exceção do Mg e do S (Tabela 1). O

rendimento agrícola foi estatisticamente diferente entre os grupos. Reis Jr. (1999) constatou diferenças significativas, apenas para o rendimento agrícola e os teores foliares de P, K e S, para a cultura da cana-de-açúcar, na região de Campo dos Goytacazes/RJ.

Das 110 relações entre os nutrientes estudadas, 55 relações foram selecionadas para compor as normas DRIS para cana-de-açúcar, considerando os valores médios das razões de variância entre nutrientes, seus respectivos CV, Assim, Curt e  $s^2$  dos grupos de alta e baixa produtividade (Tabela 2).

Observou-se que, pelo menos uma das relações direta ou inversa derivadas dos nutrientes S e Mn com os demais nutrientes, apresentaram CV alto ( $> 35\%$ ) e, ou, assimétrico, fato esse anteriormente abordado na descrição dos teores médios dos nutrientes. Para os nutrientes Fe e Zn que apresentaram problemas de assimetria (Tabela 1), a constatação de CV alto e, ou, assimetria variou de 64 a 73% das relações derivadas com os demais nutrientes, respectivamente. A presença de relações com problemas de CV alto e, ou, assimétrico ocorreu também para outros nutrientes que não tinham apresentado esse comportamento nos seus teores individuais (Tabela 1 e 2). Um exemplo disso é a relação P/Ca (CV = 38,2%; Assim = 1,001). Esse não é um comportamento usual, porque a probabilidade de ocorrência de relações com CV alto e, ou, assimétrico é maior nas relações envolvidas com os nutrientes que apresentam CV alto e, ou, assimétrico nos seus teores individuais.

A escolha da relação binária, na forma direta ou inversa, foi baseada na maior razão entre as variâncias (população baixa/população alta), associada a um menor valor de coeficiente de assimetria ( $|0,715|$ ). Exemplificando, tem-se uma situação ideal para a relação P/K (CV = 16,2%; Assim = 0,376;  $s^2b/s^2a = 1,73$ ) e K/P (CV = 16,3%; Assim = 0,407;  $s^2b/s^2a = 1,37$ ). Percebe-se, que ambas as relações apresentaram CV baixos, simétricas e razão de variância  $> 1$ . No entanto, a relação P/K é selecionada por apresentar uma maior razão de variância, associada a um menor coeficiente de assimetria. Noutra situação, tem-se N/Fe (CV = 19,3%; Assim = - 0,489;  $s^2b/s^2a = 1,18$ ) e Fe/N (CV = 23,4%; Assim = 1,480;  $s^2b/s^2a = 2,75$ ). Nesse caso, ambas apresentaram razão de variância  $> 1$  e CV baixos, no entanto, a relação inversa apresentou-se assimétrica. Sendo assim, escolheu-se a relação N/Fe por atender os critérios de normalidade dos dados.

Tabela 2 – Média (Md), coeficiente de variação (CV), coeficiente de assimetria (Asim), coeficiente de curtose (Curt), variância da população de alta ( $s^2a$ ) e baixa ( $s^2b$ ) produtividade, razão entre variâncias ( $s^2b/s^2a$ ), seleção e identificação da necessidade de transformação das relações entre os teores de nutrientes dos grupos de baixa e alta produtividade de cana-de-açúcar, na safra 2008/2009 na região de Coruripe em Alagoas

Relação	Alta Produtividade					Baixa Produtividade					Seleção	Trans. <sup>(4)</sup>	
	Md	CV	Asim	Curt	$s^2a$	Md	CV	Asim	Curt	$s^2b$			$s^2b/s^2a$
N/P	9,467	18,2	-0,114	-0,719	2,9664	9,593	17,3	0,082	-0,310	2,7415	0,92	x	
P/N <sup>(2)</sup>	10,935	19,7	0,773	-0,192	4,6290	10,755	18,4	0,832	0,639	3,9104	0,84		
N/K <sup>(1)</sup>	16,869	18,0	0,479	-0,312	9,1796	18,078	20,9	0,603	0,522	14,2653	1,55		
K/N <sup>(1)</sup>	6,112	17,6	0,231	-0,534	1,1575	5,770	20,6	0,419	-0,164	1,4132	1,22	x	
N/Ca	4,784	29,1	0,333	-0,470	1,9409	5,486	40,0	2,177	7,980	4,8101	2,48	x	
Ca/N <sup>(2)</sup>	22,830	32,0	1,071	1,043	53,4057	20,519	32,2	0,379	-0,138	43,5365	0,82		
N/Mg	8,120	35,5	0,672	-0,884	8,2894	8,652	27,1	0,951	0,798	5,4982	0,66		
Mg/N <sup>(2)</sup>	13,770	31,9	-0,034	-1,469	19,2487	12,350	25,1	0,340	-0,142	9,6421	0,50	x	
N/S	15,073	34,0	0,333	-0,420	26,2800	17,523	33,9	0,628	-0,245	35,3898	1,35	x	
S/N <sup>(2)</sup>	7,524	39,3	1,283	1,625	8,7391	6,388	33,8	0,597	-0,263	4,6549	0,53		
N/Zn <sup>(2)</sup>	113,849	28,2	0,635	-0,459	1031,7905	115,278	25,4	0,297	-0,336	858,5357	0,83		
Zn/N <sup>(1)</sup>	9,459	27,5	0,544	0,377	6,7617	9,288	27,7	1,061	1,654	6,5994	0,98	x	
N/Fe <sup>(2)</sup>	37,233	19,3	-0,489	-0,097	51,5622	35,166	22,2	0,006	0,870	61,0283	1,18	x	
Fe/N <sup>(1)</sup>	28,042	23,4	1,480	1,952	42,9688	30,181	28,7	2,362	8,241	75,1842	1,75		
N/Mn <sup>(2)</sup>	111,895	59,7	1,073	1,048	4465,6137	115,393	61,1	1,655	2,833	4966,1994	1,11	x	x
Mn/N <sup>(1)</sup>	12,929	69,7	1,837	3,909	81,2148	11,603	51,9	0,856	0,179	36,2613	0,45		
N/Cu <sup>(1)</sup>	40,810	20,2	0,744	0,132	68,2820	41,130	33,0	2,321	6,797	184,1306	2,70		
Cu/N <sup>(2)</sup>	25,432	19,1	0,101	-0,514	23,6143	26,158	23,2	-0,571	0,005	36,8405	1,56	x	
N/B <sup>(1)</sup>	19,210	19,3	-0,217	-0,572	13,7732	18,427	20,2	0,309	0,662	13,8332	1,00	x	
B/N <sup>(1)</sup>	5,421	21,7	1,045	0,627	1,3905	5,667	22,5	1,504	4,311	1,6215	1,17		
P/K <sup>(2)</sup>	18,073	16,2	0,376	0,024	8,5886	19,106	20,2	0,685	0,836	14,8837	1,73	x	
K/P	5,675	16,3	0,407	-0,262	0,8537	5,443	19,8	0,454	-0,036	1,1668	1,37		
P/Ca <sup>(1)</sup>	5,267	38,2	1,001	1,505	4,0475	5,932	47,4	2,668	12,763	7,9060	1,95	x	x
Ca/P <sup>(1)</sup>	21,690	36,9	0,599	-0,463	63,9170	19,756	38,0	0,724	0,551	56,2963	0,88		
P/Mg <sup>(1)</sup>	8,680	32,3	0,270	-0,956	7,8745	9,171	27,9	1,245	2,646	6,5633	0,83	x	
Mg/P <sup>(1)</sup>	12,834	34,4	0,680	-0,491	19,4552	11,685	26,1	0,673	1,124	9,3226	0,48		
P/S <sup>(1)</sup>	16,568	39,3	0,136	-1,435	42,4410	18,910	39,9	0,892	0,503	57,0000	1,34	x	
S/P <sup>(1)</sup>	7,176	44,8	0,954	0,162	10,3466	6,147	39,2	0,845	0,675	5,8097	0,56		
P/Zn <sup>(3)</sup>	121,469	24,5	0,108	-0,764	887,4369	121,496	24,0	0,422	-0,201	851,8722	0,96	x	
Zn/P	8,766	26,6	0,819	0,168	5,4286	8,727	25,0	0,803	0,705	4,7571	0,88		
P/Fe <sup>(3)</sup>	40,707	28,4	0,771	0,893	133,1981	37,783	28,1	0,297	-0,035	112,6435	0,85		
Fe/P	26,485	27,9	0,548	-0,348	54,7635	28,991	35,6	2,549	11,291	106,5034	1,94	x	
P/Mn <sup>(3)</sup>	122,016	62,1	0,935	0,176	5739,4678	124,920	66,6	1,892	4,124	6922,0741	1,21	x	x
Mn/P	12,106	67,7	1,572	3,108	67,1478	11,200	57,7	1,340	2,179	41,7743	0,62		
P/Cu <sup>(2)</sup>	44,484	27,2	0,844	0,095	146,3978	43,836	34,5	1,903	4,707	229,2958	1,57		
Cu/P <sup>(1)</sup>	23,988	24,7	-0,011	-1,055	35,0640	24,910	26,7	-0,094	-0,419	44,3676	1,27	x	
P/B <sup>(2)</sup>	20,655	20,9	0,731	0,738	18,5854	19,709	25,4	0,732	0,786	25,1214	1,35		
B/P	5,040	20,3	0,409	0,348	1,0414	5,403	25,8	0,905	1,700	1,9416	1,86	x	
K/Ca <sup>(1)</sup>	29,466	35,8	0,394	-0,487	111,2916	31,706	45,5	1,777	4,449	208,4557	1,87	x	x
Ca/K <sup>(2)</sup>	38,890	39,9	0,999	0,200	240,7159	37,207	40,6	1,214	3,100	228,0020	0,95		
K/Mg	4,974	40,5	0,929	0,519	4,0480	4,981	33,6	1,071	1,720	2,8035	0,69		
Mg/K <sup>(2)</sup>	23,324	38,8	0,675	-0,020	82,0724	22,294	33,1	1,045	2,205	54,6054	0,67	x	x
K/S	9,423	44,3	0,544	-0,941	17,4672	10,132	41,3	0,998	0,711	17,4976	1,00	x	x
S/K <sup>(2)</sup>	12,935	46,4	0,927	0,408	36,0201	11,548	39,9	0,857	0,745	21,1781	0,59		
K/Zn <sup>(2)</sup>	68,307	26,3	0,324	-0,853	322,9533	64,739	23,2	0,444	0,237	226,2141	0,70		
Zn/K <sup>(1)</sup>	15,684	27,3	0,696	0,171	18,3234	16,325	24,6	1,001	1,490	16,1712	0,88	x	
K/Fe <sup>(2)</sup>	22,713	26,2	0,405	-0,514	35,4416	20,007	25,4	0,232	0,023	25,8193	0,73		
Fe/K	4,710	26,8	0,603	-0,202	1,5955	5,375	30,8	2,357	11,816	2,7358	1,71	x	

Continuação...

Tabela 2 - Cont...

Relação	Alta Produtividade					Baixa Produtividade					Seleção	Trans. <sup>(4)</sup>	
	Md	CV	Asim	Curt	s <sup>2</sup> a	Md	CV	Asim	Curt	s <sup>2</sup> b			s <sup>2</sup> b/s <sup>2</sup> a
K/Mn <sup>(2)</sup>	70,878	68,4	1,115	0,840	2353,7401	67,695	70,1	1,881	3,665	2253,8919	0,96	x	x
Mn/K <sup>(1)</sup>	22,214	68,8	1,137	0,969	233,8382	21,116	57,3	1,233	2,350	146,5219	0,63		
K/Cu <sup>(1)</sup>	25,142	31,2	1,045	0,089	61,3948	23,534	35,9	1,710	3,946	71,2158	1,16		
Cu/K <sup>(2)</sup>	43,070	26,3	-0,249	-1,009	128,2189	47,011	30,1	0,458	0,450	200,7957	1,57	x	
K/B <sup>(2)</sup>	115,697	19,9	0,070	-0,490	531,8176	106,178	29,5	0,960	1,168	982,3092	1,85	x	
B/K <sup>(1)</sup>	9,001	21,1	0,587	-0,808	3,5905	10,197	27,7	0,391	-0,438	7,9716	2,22		
Ca/Mg <sup>(1)</sup>	17,511	32,8	1,305	2,164	32,9717	17,134	32,2	0,532	0,325	30,5069	0,93		
Mg/Ca <sup>(1)</sup>	6,242	29,0	0,316	-0,227	3,2671	6,528	36,5	1,307	1,746	5,6892	1,74	x	
Ca/S <sup>(1)</sup>	32,847	36,0	0,951	0,632	139,4787	35,161	42,8	0,868	0,416	226,2896	1,62		
S/Ca <sup>(2)</sup>	34,183	34,4	0,787	1,092	138,5404	34,093	45,0	1,261	1,950	235,8462	1,70	x	x
Ca/Zn <sup>(2)</sup>	25,643	36,8	0,314	-0,935	89,0767	23,333	38,4	0,812	0,884	80,4070	0,90		
Zn/Ca <sup>(1)</sup>	44,966	39,7	0,748	-0,468	318,6560	50,137	44,4	1,636	3,336	495,3863	1,55	x	x
Ca/Fe <sup>(3)</sup>	84,188	34,7	0,975	1,317	855,5112	71,380	36,3	0,546	0,665	672,6167	0,79		
Fe/Ca	13,297	35,5	1,168	2,097	22,2820	16,410	48,9	2,484	8,462	64,2708	2,88	x	x
Ca/Mn <sup>(3)</sup>	257,571	74,4	2,045	5,155	36728,7440	246,281	80,8	2,357	7,360	39632,5504	1,08	x	x
Mn/Ca <sup>(1)</sup>	62,304	78,3	1,694	2,182	2377,0943	65,596	72,7	1,987	6,129	2276,2558	0,96		
Ca/Cu <sup>(2)</sup>	91,441	31,3	0,704	-0,273	820,2855	83,333	41,3	0,920	0,837	1183,0851	1,44		
Cu/Ca <sup>(1)</sup>	11,966	29,9	0,379	-0,567	12,7857	14,247	45,5	1,712	4,670	42,0892	3,29	x	
Ca/B <sup>(2)</sup>	43,747	37,0	0,980	0,767	262,6354	37,553	35,9	0,432	-0,114	181,2646	0,69		
B/Ca <sup>(1)</sup>	25,845	35,2	0,604	-0,204	82,7206	30,947	46,3	2,456	10,278	204,9829	2,48	x	x
Mg/S <sup>(1)</sup>	19,990	38,9	0,389	-1,048	60,3309	21,422	40,7	1,117	2,048	75,9465	1,26	x	x
S/Mg <sup>(2)</sup>	58,396	40,8	0,713	-0,362	568,1314	54,747	42,3	1,272	2,115	536,1458	0,94		
Mg/Zn <sup>(3)</sup>	154,247	39,0	0,659	0,291	3620,9029	139,451	30,1	0,851	2,096	1766,2774	0,49		
Zn/Mg	7,554	41,1	0,840	-0,081	9,6417	7,862	32,5	1,268	2,261	6,5176	0,68	x	x
Mg/Fe <sup>(3)</sup>	51,123	38,7	0,656	-0,403	390,5557	43,303	32,8	0,379	-0,330	201,7115	0,52		
Fe/Mg	22,524	37,7	0,546	-0,297	72,0603	26,014	38,1	1,424	2,542	98,0776	1,36	x	x
Mg/Mn <sup>(3)</sup>	144,894	58,0	1,341	2,830	7067,6373	143,618	69,8	2,333	8,003	10057,4646	1,42	x	x
Mn/Mg <sup>(1)</sup>	100,133	76,4	2,284	6,384	5853,4005	102,091	64,9	1,425	1,707	4396,2031	0,75		
Mg/Cu <sup>(2)</sup>	54,801	31,7	0,643	-0,054	301,5391	49,798	35,7	1,745	4,445	316,0227	1,05		
Cu/Mg <sup>(1)</sup>	20,059	31,0	0,435	-0,732	38,6967	22,229	30,7	0,595	0,669	46,5817	1,20	x	
Mg/B <sup>(2)</sup>	26,145	35,0	0,330	-1,094	83,7732	22,605	31,4	1,225	4,164	50,4885	0,60		
B/Mg	4,334	36,6	0,658	-0,452	2,5209	4,859	31,9	1,026	1,288	2,3976	0,95	x	x
S/Zn <sup>(3)</sup>	83,487	42,8	1,311	1,631	1277,5418	72,169	37,8	1,063	2,536	745,2230	0,58		
Zn/S	13,888	37,1	0,588	0,778	26,5231	15,976	40,7	1,368	2,364	42,2895	1,59	x	x
S/Fe <sup>(3)</sup>	27,341	35,5	0,692	0,710	94,0461	22,180	37,4	0,634	-0,035	68,9008	0,73		
Fe/10S	4,154	38,6	1,191	1,592	2,5727	5,217	40,8	1,174	1,279	4,5417	1,77	x	x
S/Mn <sup>(3)</sup>	81,368	78,1	2,624	9,003	4038,4549	72,065	66,8	2,063	6,047	2320,5952	0,57		
Mn/S	17,961	57,6	0,878	0,141	107,0231	20,324	70,0	2,152	6,320	202,4320	1,89	x	x
S/Cu <sup>(2)</sup>	29,446	32,7	1,623	2,628	92,8829	25,710	41,8	1,575	3,844	115,2365	1,24		
Cu/S <sup>(1)</sup>	36,772	25,7	-0,245	-0,248	89,0430	45,038	38,0	0,825	0,614	292,9085	3,29	x	
S/B <sup>(3)</sup>	145,888	45,9	0,972	0,348	4474,5420	118,942	43,4	1,015	0,806	2668,9820	0,60		
B/S	8,227	40,9	0,303	-1,001	11,3111	9,985	41,0	0,709	0,112	16,7723	1,48	x	x
Zn/Fe <sup>(2)</sup>	34,855	32,5	1,167	1,545	128,5882	32,079	30,6	1,084	2,921	96,1603	0,75		
Fe/Zn <sup>(1)</sup>	31,391	29,3	0,338	-0,447	84,8754	34,089	31,2	1,137	2,263	113,2223	1,33	x	
Zn/Mn <sup>(1)</sup>	10,418	63,4	0,840	-0,508	43,6870	10,520	66,5	2,194	6,751	49,0033	1,12	x	x
Mn/Zn <sup>(1)</sup>	14,186	64,0	1,337	2,822	82,3729	13,128	55,9	1,196	1,419	53,9330	0,65		
Zn/Cu <sup>(1)</sup>	38,651	35,6	1,133	1,581	189,6776	37,371	36,6	1,928	5,662	187,3674	0,99	x	x
Cu/Zn <sup>(2)</sup>	28,938	33,9	0,693	0,028	95,9680	29,585	29,2	0,201	0,057	74,3943	0,78		

Continuação...

Tabela 2 - Cont...

Relação	Alta Produtividade					Baixa Produtividade					Seleção	Trans. <sup>(4)</sup>	
	Md	CV	Asim	Curt	s <sup>2</sup> a	Md	CV	Asim	Curt	s <sup>2</sup> b			s <sup>2</sup> b/s <sup>2</sup> a
Zn/B <sup>(1)</sup>	17,900	30,3	1,083	1,457	29,5068	17,205	38,5	1,762	4,951	43,8933	1,49		
B/Zn <sup>(1)</sup>	6,052	27,9	0,341	-0,443	2,8480	6,524	31,8	0,301	-0,253	4,2963	1,51	x	
Fe/Mn <sup>(1)</sup>	31,451	60,3	0,495	-1,140	359,6768	34,341	62,3	1,313	1,348	457,2826	1,27	x	x
Mn/Fe <sup>(2)</sup>	48,566	71,3	1,387	1,733	1199,4001	40,539	55,6	0,881	0,322	507,3244	0,42		
Fe/Cu	11,369	30,0	1,979	5,328	11,6108	12,254	41,8	3,294	17,997	26,2584	2,26		
Cu/Fe <sup>(2)</sup>	9,388	23,2	-0,359	-0,302	4,7341	9,090	28,9	0,018	-0,213	6,8822	1,45	x	
Fe/B	5,392	30,4	0,689	-0,210	2,6918	5,571	38,5	2,595	9,952	4,5994	1,71	x	
B/Fe <sup>(2)</sup>	20,209	29,6	0,518	-0,121	35,7191	19,859	29,3	0,491	1,140	33,9703	0,95		
Mn/Cu <sup>(1)</sup>	51,839	68,1	1,477	1,851	1245,5298	45,997	54,7	1,250	1,655	632,8669	0,51		
Cu/Mn <sup>(2)</sup>	27,993	59,3	0,942	0,432	275,4260	29,212	61,6	1,900	4,369	324,2348	1,18	x	x
Mn/B <sup>(1)</sup>	25,113	75,7	1,942	4,090	361,6565	21,346	56,8	1,120	0,966	147,1390	0,41		
B/Mn <sup>(2)</sup>	61,088	64,6	1,076	0,480	1557,0382	65,185	66,7	2,188	6,623	1891,2202	1,21	x	x
Cu/B <sup>(2)</sup>	48,540	24,9	0,201	-0,706	146,2474	48,088	31,2	0,682	2,226	224,4822	1,53	x	
B/Cu <sup>(1)</sup>	21,963	26,9	0,950	1,147	34,9016	23,197	38,0	1,802	4,042	77,7901	2,23		

<sup>(1)</sup> Relação multiplicada por 10; <sup>(2)</sup> Relação multiplicada por 100; <sup>(3)</sup> Relação multiplicada por 1.000; <sup>(4)</sup> Transformação de Box-Cox.

A preocupação com a presença de assimetria nos dados tem sido argumentada por Beverly (1987), que sugeriu a transformação logarítmica para resolução desse problema e Ramakrishna et al. (2009), que optaram pela seleção das relações baseadas nos menores valores de coeficientes de assimetria ( $< 1,000$ ) e razão de variância  $> 1$ .

Outra situação encontrada para as relações foi a seguinte: P/Mn (CV = 62,1%; Asim = 0,936;  $s^2b/s^2a = 1,21$ ) e Mn/P (CV = 67,7%; Asim = 1,572;  $s^2b/s^2a = 0,62$ ). Ambas as relações apresentaram CV altos e assimétricos, no entanto, com razão entre variâncias diferentes. A escolha foi pela relação P/Mn, no entanto, a presença de CV alto e assimetria comprometem os cálculos do DRIS, porque o princípio de normalidade dos dados fica comprometido. Ramakrishna et al. (2009) segundo seu critério optariam pela exclusão dessa relação das normas, enquanto que outros autores (Reis Jr. et al., 2002; Mourão Filho, 2004; Santana et al., 2008) optariam pela presença dessa relação em função da maior razão entre as variâncias. Nesse caso, optou-se por transformar essa relação usando o método proposto por Box e Cox (1964), com diferentes valores de  $\lambda$  (equação 5), selecionando o  $\lambda$  ideal pela estimativa de máxima verossimilhança (equação 6). Com isso, se obteve a normalização dos dados para esta relação selecionada.

A escolha baseada somente na razão entre as variâncias das populações pode ocasionar a seleção de uma relação assimétrica, ou seja, com coeficiente de assimetria alto e significativo. Isto pode acarretar uma superestimativa dos índices negativos e

subestimativa dos índices positivos obtidos pelo DRIS. Isto é, favorecendo um diagnóstico de deficiência nutricional. Quando o coeficiente de assimetria é muito negativo, o inverso pode ocorrer.

As relações nutricionais selecionados pelos critérios utilizados permitiram uma escolha mais adequada das relações que formaram a norma padrão. Todas as relações selecionadas apresentaram distribuição normal, isto é, atenderam os critérios de normalidade, baseados nos coeficientes de assimetria e curtose associados a um baixo CV (Tabela 3).

Alguns autores como Beaufils (1973), Sumner (1977) e Beverly et al. (1986) defendem a criação de uma única norma para a aplicação do DRIS, independentemente da região, do tipo de solo ou da variedade cultivada. Entretanto, outros autores têm contestado esta idéia. Walworth (1987), trabalhando com milho e Leandro (1998) com soja, encontraram respostas diferenciadas para diferentes condições de solo. De acordo com os resultados desses autores, normas desenvolvidas local ou regionalmente, produzem maior exatidão no diagnóstico de deficiências ou desbalanços, do que aquelas produzidas em outras regiões. Reis Jr. & Monnerat (2002), comparando normas DRIS para cana-de-açúcar, de diferentes países (Brasil/RJ, África do Sul e Estados Unidos), concluíram que as normas utilizadas como universais geraram diagnósticos nutricionais diferentes. Silva et al. (2005), fazendo uma avaliação da universalidade das normas DRIS, M-DRIS e CND, concluíram que é preferível a utilização de normas específicas em vez de normas gerais.

Tabela 3 – Fator de transformação de Box-Cox, média (Md), desvio-padrão (s), coeficiente de variação (CV), coeficiente de assimetria (Asim) e coeficiente de curtose (Curt) das relações entre os nutrientes selecionadas como normas DRIS para cana-de-açúcar, na safra 2008/2009 na região de Coruripe em Alagoas

Relação	Fator	Md	s	CV	Asim	Curt	Relação	Fator	Md	s	CV	Asim	Curt
N/P	-	9,467	1,722	18,2	-0,114	-0,719	S/Ca <sup>(2)</sup>	0,20	5,041	0,693	13,7	0,023	-0,172
K/N <sup>(1)</sup>	-	6,112	1,076	17,6	0,231	-0,534	Zn/Ca <sup>(1)</sup>	-0,35	2,077	0,104	5,0	0,028	-1,072
N/Ca	-	4,784	1,393	29,1	0,333	-0,470	Fe/Ca	-0,10	2,232	0,265	11,9	-0,044	0,241
Mg/N <sup>(2)</sup>	-	13,770	4,387	31,9	-0,034	-1,469	Ca/Mn <sup>(3)</sup>	0,20	9,633	2,037	21,1	-0,008	-0,615
N/S	-	15,073	5,126	34,0	0,333	-0,420	Cu/Ca <sup>(1)</sup>	-	11,966	3,576	29,9	0,379	-0,567
Zn/N <sup>(1)</sup>	-	9,459	2,600	27,5	0,544	0,377	B/Ca <sup>(1)</sup>	0,20	4,490	0,675	15,0	0,009	-0,457
N/Fe <sup>(2)</sup>	-	37,233	7,181	19,3	-0,489	-0,097	Mg/S <sup>(1)</sup>	0,15	3,681	0,623	16,9	-0,048	-1,103
N/Mn <sup>(2)</sup>	0,15	6,565	1,221	18,6	-0,044	-0,408	Zn/Mg	-0,20	1,600	0,270	16,9	0,009	-0,654
Cu/N <sup>(2)</sup>	-	25,432	4,859	19,1	0,101	-0,514	Fe/Mg	0,10	3,569	0,520	14,6	-0,020	-0,969
N/B <sup>(1)</sup>	-	19,210	3,711	19,3	-0,217	-0,572	Mg/Mn <sup>(3)</sup>	0,30	11,000	2,562	23,3	0,001	0,229
P/K <sup>(2)</sup>	-	18,073	2,931	16,2	0,376	0,024	Cu/Mg <sup>(1)</sup>	-	20,059	6,221	31,0	0,435	-0,732
P/Ca <sup>(1)</sup>	-0,10	1,468	0,317	21,6	0,006	-0,607	B/Mg	-0,25	1,172	0,254	21,7	0,009	-1,132
P/Mg <sup>(1)</sup>	-	8,680	2,806	32,3	0,270	-0,956	Zn/S	0,40	4,544	1,074	23,6	-0,040	-0,164
P/S <sup>(1)</sup>	-	16,568	6,515	39,3	0,136	-1,435	Fe/10S	-0,25	1,141	0,257	22,5	0,027	-0,160
P/Zn <sup>(3)</sup>	-	121,469	29,790	24,5	0,108	-0,764	Mn/S	0,30	4,322	1,387	32,1	-0,001	-0,323
Fe/P	-	26,485	7,400	27,9	0,548	-0,348	Cu/S <sup>(1)</sup>	-	36,772	9,436	25,7	-0,245	-0,248
P/Mn <sup>(3)</sup>	0,10	5,894	1,018	17,3	0,002	-0,773	B/S	0,35	3,001	0,878	29,3	-0,070	-1,092
Cu/P <sup>(1)</sup>	-	23,988	5,921	24,7	-0,011	-1,055	Fe/Zn <sup>(1)</sup>	-	31,391	9,213	29,3	0,338	-0,447
B/P	-	5,040	1,021	20,3	0,409	0,348	Zn/Mn <sup>(1)</sup>	-0,05	2,027	0,580	28,6	-0,008	-0,932
K/Ca <sup>(1)</sup>	0,40	7,027	1,404	20,0	-0,033	-0,655	Zn/Cu <sup>(1)</sup>	-0,25	2,367	0,138	5,8	-0,078	-0,130
Mg/K <sup>(2)</sup>	0,10	3,612	0,534	14,8	-0,031	-0,590	B/Zn <sup>(1)</sup>	-	6,052	1,688	27,9	0,341	-0,443
K/S	0,10	2,406	0,564	23,4	-0,015	-0,925	Fe/Mn <sup>(1)</sup>	0,20	4,657	1,278	27,4	-0,079	-1,167
Zn/K <sup>(1)</sup>	-	15,684	4,281	27,3	0,696	0,171	Cu/Fe <sup>(2)</sup>	-	9,388	2,176	23,2	-0,359	-0,302
Fe/K	-	4,710	1,263	26,8	0,603	-0,202	Fe/B	-	5,392	1,641	30,4	0,689	-0,210
K/Mn <sup>(2)</sup>	0,00	4,035	0,698	17,3	-0,011	-0,962	Cu/Mn <sup>(2)</sup>	0,20	4,468	1,169	26,2	-0,008	-0,615
Cu/K <sup>(2)</sup>	-	43,070	11,323	26,3	-0,249	-1,009	B/Mn <sup>(2)</sup>	0,15	5,374	1,198	22,3	0,000	-0,411
K/B <sup>(2)</sup>	-	115,697	23,061	19,9	0,070	-0,490	Cu/B <sup>(2)</sup>	-	48,540	12,093	24,9	0,201	-0,706
Mg/Ca <sup>(1)</sup>	-	6,242	1,808	29,0	0,316	-0,227							

<sup>(1)</sup> Relação multiplicada por 10; <sup>(2)</sup> Relação multiplicada por 100; <sup>(3)</sup> Relação multiplicada por 1.000.

#### 4. CONCLUSÕES

1. A norma DRIS baseada na maior razão de variância associada ao menor coeficiente de assimetria permitiu uma melhor seleção das relações em estudo;
2. A transformação de Box e Cox das relações que apresentaram coeficiente de variação alto e, ou, assimetria resultou em valores de relação com distribuição normal;
3. Foi estabelecida norma DRIS específica para a cultura da cana-de-açúcar na região de Coruripe em Alagoas.

#### 5. AGRADECIMENTOS

A Universidade Federal Rural de Pernambuco pela oportunidade de poder ter realizado o curso de Doutorado. A Usina Coruripe por todo apoio oferecido para que este trabalho fosse realizado. A CAPES Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior, pela bolsa concedida.

#### 6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BAILEY, J.S.; BEATTIE, J.A.M.; KILPATRICK, D.J. The diagnosis and recommendation integrated system (DRIS) for diagnosing the nutrient status of grassland swards: I Model establishment. **Plant and Soil**, Dordrecht, v.197, p.127-135, 1997.

BALDOCK, J.O.; SCHULTE, E.E. Plant analysis with standardized scores combines DRIS and sufficiency range approaches for corn. **Agronomy Journal**, Madison, v.88, p.448-456, 1996.

BATAGLIA, O.C.; SANTOS, W.R. Efeito do procedimento de cálculo e da população de referência nos índices do sistema integrado de diagnose e recomendação (DRIS). **Revista Brasileira Ciência do Solo**, Campinas, v.14, p.339-344, 1990.

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

BEIGUELMAN, B. **Curso prático de bioestatística**. 5.ed.rev. Ribeirão Preto: FUNPEC, 2002. 272p.

BEVERLY, R.B. SUMNER, M. E.; LETZSCH, W. S.; Plank, C.O. Foliar diagnosis of soybean by DRIS. **Communications in Soil Science and Plant Analysis**, New York, v. 17, p. 237-256, 1986.

BOX, G.E.P.; COX, D.R. An analysis of transformation. **Journal of the Royal Statistical Society**, London, v.26, p.211-252, 1964.

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

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 Ciência do Solo**, Viçosa, v.33, p.969-978, 2009.

JONES, C.A. Proposed modifications for DRIS for interpreting plant analyses. **Communication in Soil Science and Plant Analysis**, New York, v.12, p.785-794, 1981.

LEANDRO, W.M. **Sistema Integrado de Diagnose e Recomendação (DRIS) para a cultura da soja (*Glycine max* L. Merrill) na região de Rio Verde-GO**. 1998. 157f. Tese (Doutorado em Agronomia, Produção Vegetal) – Escola de Agronomia e Engenharia de Alimentos, Universidade Federal de Goiás, Goiânia, 1998.

LEITE, R.A. **Avaliação do estado nutricional do cafeeiro conilon no Estado do Espírito Santo utilizando diferentes métodos de interpretação de análise foliar**. 1993. 87f. Tese (Doutorado em Solos e Nutrição de Plantas) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, 1993.

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

MOURÃO FILHO, F.A.A.; AZEVEDO, J.C.; NICK, J.A. Funções e ordem da razão dos nutrientes no estabelecimento de normas DRIS em laranja 'Valência'. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.37, p.185-192, 2002.

MOURÃO FILHO, F.A.A. DRIS: Concepts and applications on nutritional diagnosis in fruit crops. **Science Agricultura**, Piracicaba, v.61, p.550-560, 2004.

PAYNE, G.G.; REHCIGL, J.E.; STEPHENSON, R.L. Development of Diagnosis and Recommendation Integrated System norms for Bahiagrass. **Agronomy Journal**, Madison, v.28, p.930-934, 1990.

RAMAKRISHNA, A.; BAILEY, J.S.; KIRCHHOF, G. A preliminary diagnosis and recommendation integrated system (DRIS) model for diagnosing the nutrient status of sweet potato (*Ipomoea batatas*). **Plant and Soil**, New York, v.316, p.107-116, 2009.

RATHFON, R.A.; BURGER, J.A. Diagnosis and recommendation integrated system modifications for Frase Fir Christmas Trees. **Soil Science Society of America Journal**, Madison, v.55, p.1026-1031, 1991.

REIS JR., R.A. **Diagnose nutricional da cana-de-açúcar com o uso do Sistema Integrado de Diagnose e Recomendação (DRIS)**. 1999. 141f. Tese (Doutorado em Produção Vegetal) - Universidade Estadual do Norte Fluminense, Campos dos Goytacazes, 1999.

REIS JR., R.A. Dris norms universality in the corn crop. **Communication in Soil Science and Plant Analysis**, New York, v.33, p.711-735, 2002.

REIS JR., R.A.; CORRÊA, J.B.; CARVALHO, J.G.; GUIMARÃES, P.T.G. Estabelecimento de normas DRIS para o cafeeiro no Sul de Minas Gerais: 1ª aproximação. **Ciência Agrotécnica**, Lavras, v.26, p.269-282, 2002.

REIS JR., R.A.; MONNERAT, P.H. Sugarcane nutritional diagnosis with Dris norms established in Brazil, South Africa, and the United States. **Journal of Plant Nutrition**, New York, v.25, p.2831-2851, 2002.

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

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

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

SILVA, F.C. **Manual de análises químicas em solos, plantas e fertilizantes**./editor técnico: Fábio Cesar da Silva, 2ª ed.rev.ampl. -Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica, 2009. 627p.

SILVA, G.G.C.; 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**, Viçosa, v.29, p.755-761, 2005.

SILVA, L.C. **Diagnose nutricional e Potencial de Resposta à Adubação em cana-de-açúcar na Região de Tabuleiros Costeiros em Alagoas**. Recife-Pe: UFRPE, 2010. Exame de Qualificação (Doutorado em Solos) - Universidade Federal Rural de Pernambuco.

SOUZA, J.L.; MOURA FILHO, G.; LYRA, R.F.F. TEODORO, I.; SANTOS, E.A.; SILVA, J.L.; SILVA, P.R.T.; CARDIM, A.H.; AMORIN, E.C. Análise da precipitação pluvial e temperatura do ar na região do tabuleiro costeiro de Maceió, AL, período de 1972-2001. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, Santa Maria, v.12, p.131-141, 2004.

SUMNER, M.E. Use of the DRIS system in foliar diagnosis of crops at high yield levels. **Communication in Soil Science and Plant Analysis**, New York, v.8, p.251-268, 1977.

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**, Campinas, v.31, p.63-72, 2007.

WADT, P.G.S.; NOVAIS, R.F.; ALVAREZ V., V.H.; FONSECA, S.; BARROS, N.F.; DIAS, L.E. Três métodos de cálculo do DRIS para avaliar o potencial de resposta à adubação de árvores de eucalipto. **Revista Brasileira Ciência do Solo**, Viçosa, v.22, p.661-666, 1998.

WALWORTH, J.L.; SUMNER, M.E.; ISAAC, R.A.; PLANK, C.O. Preliminary DRIS norms for alfalfa in the Southeastern United States and a comparison with the Midwest norms. **Agronomy Journal**, Madison, v.78, p.1046-1052, 1986.

WALWORTH, J.L.; SUMNER, M.E. The diagnosis and recommendation integrated system (DRIS). In: STEWART, B.A. (Ed.). **Advances in Soil Science**. New York: Springer, v.6, p.149-188, 1987.

## CAPÍTULO 2

### CRITÉRIOS PARA OBTENÇÃO DAS NORMAS DRIS PARA CANA-DE-AÇÚCAR NA REGIÃO DE CORURIFE EM ALAGOAS

#### RESUMO

Para se utilizar o Sistema Integrado de Diagnose e Recomendação (DRIS) como método para diagnose nutricional de qualquer cultura, é necessário inicialmente se estabelecer normas que orientem o cálculo das relações duais entre os nutrientes. No estabelecimento dessas normas, diferentes critérios podem ser utilizados. Assim, esse trabalho teve como finalidade estabelecer normas DRIS em áreas de cana-de-açúcar no município de Coruripe em Alagoas, utilizando-se quatro critérios para obtenção dessas normas: C1 - relações de nutrientes com maior razão de variância; C2 - relações de nutrientes com maior razão de variância e menor coeficiente de assimetria com parte de transformação Box e Cox; C3 - todas as relações de nutrientes com transformação logarítmica neperiana; e C4 - relações de nutrientes com maior razão de variância e menor coeficiente de assimetria com transformação de Box e Cox para todas as relações de nutrientes, bem como avaliar os diagnósticos nutricionais obtidos pelo método DRIS-Beaufils, quando as normas DRIS forem estabelecidas pelos diferentes critérios. O banco de dados foi composto por 183 amostras, sendo 31 correspondentes as áreas de alta produtividade (população de referência com TCH  $\geq 80$  t ha<sup>-1</sup>) e 152 para as áreas de baixa produtividade (TCH  $< 80$  t ha<sup>-1</sup>). O critério de escolha das relações nutricionais com maior razão de variância para o estabelecimento das normas DRIS não se mostrou satisfatório para avaliar o estado nutricional da cana-de-açúcar na região de Coruripe em Alagoas. As normas DRIS baseadas na maior razão de variância associada ao menor coeficiente de assimetria (C2 e C3) permitiram uma melhor seleção das relações entre os teores de nutrientes. No entanto, as normas que utilizaram os critérios C2, C3 e C4 para obtenção das normas DRIS reduziram os coeficientes de assimetria e estabeleceram a normalidade dos dados, fornecendo diagnósticos nutricionais semelhantes entre si. Assim, diferentes critérios para estabelecimento das normas DRIS podem conduzir a diagnósticos distintos de avaliação nutricional.

Palavras-chave: diagnose nutricional, relações duais, DRIS

## **CRITERIA FOR OBTAINING DRIS NORMS FOR THE SUGARCANE CULTURE ON THE REGION OF CORURIFE-ALAGOAS**

### **ABSTRACT**

In order to use the Diagnosis and Recommendation Integrated System (DRIS) as a method to obtain the nutritional diagnosis in any culture, the first step is to establish norms to guide the calculation of dual relationships between nutrients. When establishing these norms, several criteria can be utilized. This study aimed to calculate the nutrients index using the DRIS-Beaufils' method in sugarcane fields in the region of Coruripe-AL. Four criteria were used in order to obtain the norms : C1 - relations with the highest variance ratio, C2 – relations with the highest variation ratio and the lowest coefficient of skewness with a partial Box and Cox transformation, C3 – every relation with a natural logarithm transformation and C4 - relations with the highest variance ratio and lowest coefficient of skewness with a total Box and Cox transformation and a comparison between all diagnostics generated by these criteria, when evaluating commercial lots of sugarcane, on Coruripe (AL). The databank collected was composed by 183 samples, 31 of those related to areas with a high yield (reference population with a yield above 80 t ha<sup>-1</sup>) and 152 samples related to the areas with a low yield (less than 80 t ha<sup>-1</sup>). The C1 criterion wasn't satisfactory enough to evaluate the nutritional status of the sugar cane in Coruripe-Alagoas. The DRIS norms based on the highest variance ratio associated with the lowest coefficient of skewness (C2 e C4) made it possible to have a better selection of the relation between the nutrient concentrations. However, the norms that used the C2, C3 and C4 criteria were satisfactory regarding the reduction of the coefficient of skewness and establishment of normalcy, thus providing similar nutritional diagnoses among themselves. So, different criteria for the interpretation of DRIS norms can lead to quite different diagnoses.

Keywords: nutricional diagnosis, dual relationships, DRIS

## 1. INTRODUÇÃO

O conhecimento da composição mineral das plantas é importante para que se possa avaliar seu estado nutricional, seu potencial de rendimento agrícola e se possa encontrar um adequado equilíbrio nutricional. Dentre os vários fatores ligados ao sistema de produção, a nutrição é de fundamental importância, pois, para alcançar alta produtividade é necessário que a planta esteja equilibrada nutricionalmente. O prognóstico da necessidade de adubação em qualquer cultura agrícola depende do balanço entre o requerido pela planta e a capacidade do solo em suprir os nutrientes necessários para essa requisição. Esse prognóstico é realizado convencionalmente por meio da interpretação da análise química do solo e pela avaliação do estado nutricional das plantas, que se realiza por interpretação da análise foliar.

A interpretação da análise foliar é realizada pela comparação da concentração dos nutrientes nas folhas com seus valores (níveis críticos, NC) ou faixas de valores (faixas de suficiência, FS) críticos, acima dos quais não se espera acréscimo na produtividade das plantas pelo aumento na disponibilidade dos nutrientes. Os métodos NC ou FS têm sido aplicados com sucesso em várias culturas, anuais ou perenes (Prado et al., 2008).

Diversos estudos têm demonstrado a natureza dinâmica da composição de nutrientes no tecido vegetal, em consequência de fatores como idade da planta (Beverly, 1993), condições climáticas (Walworth & Sumner, 1987), solo (Kurihara, 2004) e variedade (Orlando Filho & Haag, 1976). Além disso, variações no teor de um nutriente podem influenciar não somente o teor de outro nutriente no tecido vegetal, mas também o valor crítico deste (Bailey et al., 1997). Assim, a necessidade de uma combinação específica de teores de nutrientes, para a obtenção de produtividades mais elevadas, tem sido considerada em métodos como o Sistema Integrado de Diagnóstico e Recomendação (DRIS) (Wadt, 1996; Wadt et al., 1999; Reis Jr. & Monnerat, 2003; Kurihara, 2004).

O DRIS, preconizado por Beaufils (1973), é um método de diagnóstico nutricional que se baseia no cálculo de índices para cada par de nutrientes. Envolve a comparação das razões de cada par de nutrientes com as razões médias de uma população de referência, denominadas de normas DRIS (Dias et al., 2010b). O primeiro passo para implementar o DRIS, ou outro sistema de diagnóstico nutricional, é o estabelecimento de valores-padrões ou normas (Walworth & Sumner, 1987; Bailey et al., 1997). É necessário usar um banco de dados contendo informações que

relacionam teores foliares e produtividades. Segundo Payne et al. (1990), relações entre nutrientes que apresentam alta razão entre variâncias conferem maior segurança para a diagnose nutricional, essa mesma seleção de alta razão foi estudada por Reis Jr. et al. (2002), Mourão Filho (2004) e Santana et al. (2008). Essa mesma preocupação com a normalidade das normas empregadas nas escolhas das seleções foram consideradas por Rathfon & Burger (1991) e por Ramakrishna et al. (2009), que empregaram como critério de seleção as relações que apresentaram além da relação das variância  $> 1,0$ , o coeficiente de assimetria  $< 1,0$ , com coeficiente de variação menor ou igual a 35%.

O equilíbrio nutricional para um dado nutriente na planta é definido pelo método DRIS ocorre quando os valores dos índices estão mais próximos de zero. Quando os índices apresentam valores negativos pode-se assumir que ocorre deficiência do nutriente em relação aos demais, enquanto que valores positivos indicam excesso. Desta forma, é possível classificar os nutrientes em ordem de importância de limitação para uma adequada produção, bem como estabelecer um escalonamento da exigência nutricional pelas plantas, ou seja, hierarquizando as deficiências.

Estudos em que se utiliza esse método de diagnose foliar têm sido eficientes, pois a planta é o próprio extrator de nutrientes do solo, o que possibilita um diagnóstico nutricional direto (Beaufils, 1973). A correta interpretação de resultados de análises foliares proporciona informações que favorecem o uso racional de insumos, evita desperdício, melhora o equilíbrio nutricional das plantas e, conseqüentemente, proporciona aumento da produtividade. Portanto, preconiza-se a utilização de métodos que disponibilizem subsídios para um diagnóstico nutricional eficiente e prático, a partir de resultados analíticos das folhas de uma planta e, ou, lavoura (Partelli et al., 2005). A comparação entre as formas de cálculo torna-se pertinente, uma vez que há concordância entre os autores sobre as possíveis diferentes interpretações, dependendo do tipo de procedimento DRIS utilizado, principalmente daqueles relacionados com o estabelecimento de valores-padrões ou normas.

Segundo Urano et al. (2006), a compreensão dos princípios considerados por diferentes métodos de diagnose, bem como a comparação de seus resultados, é importante para utilização criteriosa dessas ferramentas de análise.

Sumner (1978) acrescenta que, quando a relação entre dois nutrientes encontra-se na faixa adequada, três possibilidades existem: a) tanto o numerador quanto o denominador estão em faixas adequadas; b) ambos, numerador e denominador estão em excesso; c) ambos, numerador e denominador estão em faixas insuficientes.

Quando a relação estiver acima de relação ótima, o numerador está na faixa ótima com o denominador na faixa insuficiente ou o numerador está em excesso e o denominador na faixa ótima. Quando a relação estiver abaixo da ótima, o numerador está na faixa ótima com o denominador em excesso ou o numerador está na faixa insuficiente e o denominador na faixa ótima.

Sendo assim, este trabalho teve como finalidade calcular os índices dos nutrientes por meio do método DRIS, utilizando-se quatro critérios para obtenção das normas, bem como avaliar os diagnósticos nutricionais quando as normas DRIS forem estabelecidas por esses critérios em lavouras comerciais de cana-de-açúcar, no município de Coruripe em Alagoas.

## 2. MATERIAL E MÉTODOS

Para estabelecimento das normas DRIS para cana-de-açúcar foi realizada amostragem de folhas em áreas comerciais da cultura na safra 2008/2009 no município de Coruripe em Alagoas, bem como registrado seu rendimento agrícola. A região apresenta clima quente e úmido, precipitação pluvial anual elevada (1.500 – 2.000 mm) e temperatura média anual de 28 °C (Souza et al., 2004). Os solos predominantes na região são os Argissolos Amarelos distróficos fragipânicos, Argissolos Acinzentados distróficos fragipânicos e duripânicos, Argissolos Amarelos distróficos latossólicos e Espodosolos Ferrocárbicos fragipânicos e duripânicos (Silva, 2010). A textura do horizonte A predominante é arenosa e do horizonte B é argilosa, com exceção dos Espodosolos. O relevo dominante na área é o plano a suave ondulado. Os solos dessa área são desenvolvidos de sedimentos Terciários da Formação Barreiras. Esses solos são caracterizados por apresentar baixa CTC, pobreza em bases trocáveis, baixos teores de P e teores elevados de Al trocável. Aliada à baixa CTC está associada à baixa capacidade de retenção de água. Com relação aos micronutrientes apresentam baixos teores de Zn, Cu e Mn.

A calagem foi realizada no plantio, usando o método de saturação por bases, visando elevá-la a 70%. A adubação de plantio foi feita com o seguinte manejo: a) adubação de inverno usando como adubação verde a *Crotalaria spectabilis* associada a 42 kg ha<sup>-1</sup> de N, 60 kg ha<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, 144 kg ha<sup>-1</sup> de K<sub>2</sub>O, 0,48 kg ha<sup>-1</sup> de B, 0,84 kg ha<sup>-1</sup> de Cu, 2,52 kg ha<sup>-1</sup> de Mn e 0,84 kg ha<sup>-1</sup> de Zn; b) adubação de verão utilizando o resíduo proveniente da indústria sucro-alcooleira (20 t ha<sup>-1</sup> no fundo do sulco)

associado a 30 kg ha<sup>-1</sup> de N, 30 kg ha<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, 72 kg ha<sup>-1</sup> de K<sub>2</sub>O, 0,24 kg ha<sup>-1</sup> de B, 0,42 kg ha<sup>-1</sup> de Cu, 1,26 kg ha<sup>-1</sup> de Mn e 0,42 kg ha<sup>-1</sup> de Zn.

A adubação da soqueira foi realizada do seguinte modo: a) até 4ª folha – 96 kg ha<sup>-1</sup> de N, 36 kg ha<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> e 144 kg ha<sup>-1</sup> de K<sub>2</sub>O; b) 5ª folha em diante - 90 kg ha<sup>-1</sup> de N e 140 kg ha<sup>-1</sup> de K<sub>2</sub>O.

As variedades cultivadas na região de coleta das folhas foram RB72454, RB75126, RB83594, RB845210, RB855113, RB855463, RB855536, RB867515, RB92579, RB93509, RB98710, SP75-3046, SP79-1011, SP81-3250, SP83-2847 e Co997. As cinco variedades predominantes na região de Coruripe na safra 2008/2009 foram RB92579, RB93509, RB867515, SP79-1011 e Co997.

A coleta das amostras de folhas de cana-de-açúcar foi realizada em áreas comerciais de cana-planta e cana-soca, perfazendo um total de 183 amostras. Cada amostra foi constituída de 30 folhas coletadas aleatoriamente em cada lote de cana, identificando-se o nome da fazenda, bloco, talhão, variedade e idade da folha (1ª 2ª e 3ª planta). A coleta foi realizada no início da estação chuvosa, que compreende o período de elevada absorção de nutrientes para atender a fase de estabelecimento e crescimento para formação da colheita em que corresponde ao mês de abril.

Foram coletadas folhas da posição +3, pelo sistema de Kuijper, sendo utilizados para análise química os 20 cm medianos, descartando-se a nervura central das plantas, conforme descrito por Malavolta et al. (1997) e Silva (2009).

As amostras de folhas foram submetidas à secagem em estufa a 65 °C com circulação forçada de ar por 72 h e passadas em moinho tipo Wiley, com peneiras de 20 mesh. O N nas folhas foi mineralizado em digestão sulfúrica e dosado utilizando-se o método de micro Kjeldahl, segundo metodologia descrita por Malavolta et al. (1997). Os demais nutrientes foram mineralizados em digestão nítroperclórica e os extratos obtidos dosados pelos seguintes métodos: O P foi analisado colorimetricamente pelo método do molibdato; o K por fotometria de chama; o Ca, Mg, Mn, Zn, Fe e Cu por espectrofotometria de absorção atômica; o S por turbidimetria; e o B por digestão via seca pelo método da incineração. Todas as análises químicas foram realizadas de acordo com os métodos propostos por Malavolta et al. (1997).

Após a obtenção dos dados de rendimento agrícola (TCH) das áreas em que foram determinados os teores foliares, montou-se um banco de dados que foi dividido em dois grupos: baixa (< 80 t ha<sup>-1</sup>) e alta (≥ 80 t ha<sup>-1</sup>) produtividades. O banco de

dados foi composto por 183 amostras, sendo 31 correspondentes as áreas de alta produtividade (população de referência) e 152 as áreas de baixa produtividade. Foram determinados os valores mínimos (Min), máximos (Max), mediana (Med), média (Md), desvio-padrão (s), coeficiente de variação (CV), variância ( $s^2$ ), coeficiente de assimetria (Asim) e coeficiente de curtose (Curt) para os dados de produtividade agrícola e teores de nutrientes nos grupos de alta e baixa produtividade (Beiguelman, 2002). Foi utilizado o teste t de Student, para comparação das médias dos dados de produtividade e teores de nutrientes, entre os grupos de alta e baixa produtividade, levando em conta a homocedasticidade entre as variâncias, até 5% de probabilidade pelo teste F (Beiguelman, 2002).

Dados de produtividade foram registrados nos locais amostrados, quando a cana-de-açúcar atingiu o ponto de colheita, que, juntamente com seus respectivos teores foliares de nutrientes, formaram um banco de dados que foi utilizado para gerar as normas DRIS para a cana-de-açúcar.

Para cada grupo calculou-se todas as relações binárias entre os nutrientes para obtenção da média, desvio-padrão, coeficiente de variação, variância, coeficiente de assimetria, coeficiente de curtose, além da razão entre variâncias dos grupos de baixa e alta produtividade.

Os cálculos dos índices dos nutrientes foram realizados por meio do DRIS (Beaufils, 1973), utilizando-se quatro critérios para obtenção das normas: C1 - relações com maior razão de variância; C2 - relações com maior razão de variância e menor coeficiente de assimetria com transformação parcial de Box e Cox (1964); C3 - todas as relações com transformação logarítmica neperiana; e C4 - relações com maior razão de variância e menor coeficiente de assimetria com transformação Box e Cox (1964) para todas as relações.

Os coeficientes de assimetria ( $g_1$ ) para todas as normas foram determinados de acordo com Fisher e descritos por Beiguelman (2002), conforme equação 1. O coeficiente ( $g_1$ ) é igual a zero quando a distribuição é normal, seguindo distribuição simétrica. Indicará assimetria positiva quando  $g_1 > 0$  e, ao contrário, um alongamento da cauda da distribuição à esquerda da média, isto é, assimetria negativa quando  $g_1 < 0$ . O coeficiente ( $g_1$ ), que estima o valor paramétrico ( $y_1$ ), tem distribuição normal em amostras grandes, sendo seu erro estimado ( $Sg_1$ ) por intermédio da equação 2.

Para verificar se o valor de  $g_1$  se desvia significativamente de zero, calcula-se a razão entre  $g_1$  e  $Sg_1$ , realizando-se um teste t de Student (t) que deve ser comparado a

um t calculado com 30 graus de liberdade com nível de significância de até 10% ( $t_c = 1,697$ ).

Um valor de t igual ou maior que 1,697 indicará que  $g_1$  é significativamente maior do que zero (assimetria positiva), ao passo que um valor de t igual ou inferior a 1,697 indicará que  $g_1$  é significativamente menor do que zero (assimetria negativa), determinando-se 0,715 como limite crítico para  $g_1$  com nível de significância de 10% .

A curtose é o grau de concentração dos valores de uma variável contínua em torno da média, tomando-se a curva normal (curva mesocúrtica) como referência. Assim, quando há um excesso de valores próximos a média, propiciando uma forma pontuda ao gráfico representativo da distribuição, diz-se que tal distribuição é leptocúrtica. Quando ocorre o oposto, isto é, um achatamento da curva representativa da distribuição, diz-se que ela é platicúrtica, de acordo com Beiguelman (2002).

Para investigar o tipo de curtose, Fisher elaborou um coeficiente ( $g_2$ ), calculado conforme equação 3. O coeficiente ( $g_2$ ), que estima o valor paramétrico ( $y_1$ ), tem distribuição normal em amostras grandes, sendo seu erro estimado ( $Sg_2$ ) por intermédio da equação 4. O coeficiente da curtose é igual a zero na curva normal, positiva na curva leptocúrtica ( $g_2 > 0$ ) e negativa na curva platicúrtica ( $g_2 < 0$ ).

Para verificar se o valor de  $g_2$  se desvia significativamente de zero, calcula-se a razão entre  $g_2$  e  $Sg_2$ , realizando-se um teste t de Student (t) que deve ser comparado a um t calculado com 30 graus de liberdade com nível de significância de até 10% ( $t_c = 1,697$ ).

Um valor de t igual ou maior que 1,697 indicará que  $g_2$  é significativamente maior do que zero (distribuição leptocúrtica), ao passo que um valor de t igual ou inferior que 1,697 indicará que  $g_2$  é significativamente menor do que zero (distribuição platicúrtica), determinando-se 1,395 como limite crítico para  $g_2$ , com nível de significância de 10%.

A verificação da normalidade da distribuição dos dados foi feita com base nos coeficientes de assimetria e curtose conforme as equações 1, 2, 3 e 4.

$$g_1 = \left\{ \frac{n}{(n-1)(n-2)} \sum_{i=1}^n \left( \frac{X_i - \bar{X}}{s} \right)^3 \right\} \quad (1)$$

$$Sg_1 = \sqrt{\frac{6n(n-1)}{(n-2)(n+1)(n+3)}} \quad (2)$$

$$g^2 = \left\{ \frac{n(n+1)}{(n-1)(n-2)(n-3)} \sum_{i=1}^n \left( \frac{X_i - \bar{X}}{s} \right)^4 \right\} - \frac{3(n-1)^2}{(n-2)(n-3)} \quad (3)$$

$$S_{g^2} = \sqrt{\frac{24 n (n-1)^2}{(n-3)(n-2)(n+3)(n+5)}} \quad (4)$$

em que:

$g_1$  = coeficiente de assimetria;

$n$  = tamanho da amostra;

$X_i$  = valor da relação binária entre os nutrientes observados;

$\bar{X}$  = média da relação binária entre os nutrientes observados;

$s$  = desvio-padrão da relação binária entre os nutrientes observados;

$S_{g_1}$  = Erro de assimetria;

$g_2$  = coeficiente de curtose; e

$S_{g_2}$  = Erro de curtose.

Critérios utilizados para obtenção das normas DRIS

a) Relações de nutrientes com maior razão de variância (C1)

As seleções entre as relações diretas e inversas, como por exemplo, N/P e P/N foram feitas em função das relações que obtiveram maior razão de variâncias entre os grupos da população de baixa e alta produtividade ( $s_b^2/s_a^2$ ), conforme descrito por Walworth et al. (1986), Hartz et al. (1998) e Reis Jr. et al. (2002).

b) Relações de nutrientes com maior razão de variância e menor coeficiente de assimetria com transformação parcial de Box e Cox (1964) (C2)

Para cada relação binária, na forma direta e inversa (N/P e P/N), a seleção da norma (população de referência) foi baseada na razão entre as variâncias (população baixa/população alta) e os coeficientes de assimetria. Isto é, relações com maior razão de variância e com um coeficiente de assimetria menor que  $|0,715|$ . Para as relações que foram selecionadas, e, mesmo assim, apresentaram valores assimétricos e, ou, coeficientes de variação maiores que 35%, se procedeu a transformação dos dados, aplicando-se o critério proposto por Box & Cox (1964), conforme a equação 5:

$$Y_i = \begin{cases} \frac{X_i^\lambda - 1}{\lambda}, & \lambda \neq 0 \\ \ln X_i, & \lambda = 0 \end{cases} \quad (5)$$

em que:

$Y_i$  = valor da relação binária entre os nutrientes transformados;

$X_i$  = valor da relação binária entre os nutrientes observados;

$\lambda$  = valor de transformação (2,0 a -2,0)

Com diferentes valores  $\lambda$ , para os valores da relação binária entre os nutrientes observados, se selecionou o  $\lambda$  ideal pela estimativa de máxima verossimilhança (equação 6):

$$EMV = -\frac{n}{2} \ln \left( \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (Y_i - \bar{Y})^2 \right) + (\lambda - 1) \sum_{i=1}^n \ln X_i \quad (6)$$

em que:

EMV = estimativa da máxima verossimilhança;

$n$  = tamanho da amostra;

$Y_i$  = valor da relação binária entre os nutrientes transformados;

$\bar{Y}$  = média dos valores da relação binária entre os nutrientes transformados;

$\lambda$  = valor do lambda considerado; e

$X_i$  = valor da relação binária entre os nutrientes observados.

A função do estimador de máxima verossimilhança (EMV) é maximizar a probabilidade de que os dados transformados sejam provenientes de uma distribuição simétrica ou normal. A família de transformação de Box-Cox permite selecionar uma transformação que melhor resolve problema de não-normalidade e heterogeneidade de erros (Box & Cox, 1964; Draper & Cox, 1969; Peltier et al., 1998). O resultado é a redução do absoluto valor da assimetria, para quase zero. Os valores de  $\lambda > 1$  eliminam assimetria negativa, enquanto os valores de  $\lambda$ , entre  $0 < \lambda < 1$  eliminam assimetria positiva (Coleman & Swanson, 2007).

c) Todas as relações de nutrientes com transformação logarítmica neperiana (C3)

Todas as relações diretas e inversas da população de alta produtividade foram transformadas por função logarítmica neperiana (Beverly, 1987; Alvarez V. & Leite, 1999).

d) Relações de nutrientes com maior razão de variância e menor coeficiente de assimetria com transformação Box e Cox (1964) para todas as relações de nutrientes (C4)

Adotou-se o mesmo procedimento de seleção do item b (C2), no entanto, se procedeu a transformação dos dados para todas as relações selecionadas, conforme critério proposto por Box e Cox (1964).

#### Cálculo dos índices de diagnose do DRIS

Foram calculadas as funções DRIS pela fórmula proposta por Beaufils (1973), atualizada por Maia (1999), expressa pela relação (A/B) para amostra e (a/b) para a população de alta produtividade ou de referência. Desta forma calculou-se a função f(A/B) de acordo com os critérios descritos nas equações 7, 8 e 9:

a) Para  $A/B > a/b$

$$f(A/B) = \left( \frac{(A/B) - (a/b)}{s(a/b)} \right) k \quad (7)$$

b) Para  $A/B = a/b$

$$f(A/B) = 0 \quad (8)$$

c) Para  $A/B < a/b$

$$f(A/B) = \left( \frac{(A/B) - (a/b)}{s(a/b)} \right) k \left( \frac{(a/b)}{(A/B)} \right) \quad (9)$$

em que,

f(A/B) = função da relação entre nutrientes;

A/B = relação entre os nutrientes da amostra;

a/b = relação entre os nutrientes da população de referência;

s = desvio-padrão da relação entre os nutrientes da população de referência;

k = constante de sensibilidade com valor igual a 10;

Com o resultado de cada função, calculou-se o índice DRIS para cada elemento conforme equação 10:

$$\text{Índice } A = \frac{\sum_{i=1}^n f(A/Bi) - \sum_{i=1}^m f(Bi/A)}{n + m} \quad (10)$$

em que,

Índice A = índice DRIS do nutriente “A”;

$\sum_{i=1}^n f(A/Bi)$  = Somatório das funções em que o nutriente “A” encontra-se no numerador;

$\sum_{i=1}^m f(Bi/A)$  = Somatório das funções em que o nutriente “A” encontra-se no

denominador;

n = número de funções em que o nutriente se encontra no numerador da relação;

m = número de funções em que o nutriente se encontra no denominador da relação;

Com as normas estabelecidas e depois de calculados os índices DRIS dos nutrientes, calculou-se o índice de balanço nutricional médio (IBNm), que consistiu no somatório dos valores absolutos dos índices DRIS obtidos para cada nutriente, dividido pelo número de nutrientes que compõem o IBNm (z), conforme a equação 11:

$$IBNm = \frac{1}{z} \sum_{i=1}^z |\text{Índice } Ai| \quad (11)$$

A interpretação dos índices DRIS foi realizada pelo método do potencial de resposta à adubação (PRA), a partir de cinco classes (Wadt, 2005). Este método é baseado na comparação do módulo do índice DRIS de cada nutriente (Índice N) com o valor do índice de balanço nutricional médio (IBNm). Nesse caso, se verifica se o desequilíbrio atribuído a um determinado nutriente é maior ou menor que o desequilíbrio atribuído à média de todos os nutrientes (Tabela 1) (Wadt et al., 1998).

Tabela 1 – Critérios para a interpretação dos valores dos índices DRIS baseada no método do potencial de resposta à adubação (PRA)<sup>(1)</sup>

Estado nutricional	Potencial de resposta à adubação	Critério
Deficiente e limitante	Positiva, com alta probabilidade (P)	1. Índice $N < 0$ 2. $ \text{Índice } N  > \text{IBNm}$ 3. Índice $N$ é o índice de menor valor
Provavelmente deficiente	Positiva ou nula, com baixa probabilidade (PZ)	1. Índice $N < 0$ 2. $ \text{Índice } N  > \text{IBNm}$
Equilibrado	Nula (Z)	1. $ \text{Índice } N  \leq \text{IBNm}$
Provavelmente excessivo	Negativa, com baixa probabilidade (NZ)	1. Índice $N > 0$ 2. $ \text{Índice } N  > \text{IBNm}$
Excessivo	Negativa, com alta probabilidade (N)	1. Índice $N > 0$ 2. $ \text{Índice } N  > \text{IBNm}$ 3. Índice $N$ é o índice de maior valor

<sup>(1)</sup> Wadt et al. (1998) e Wadt (2005). Índice  $N$  = índice DRIS do nutriente; IBNm = índice de balanço nutricional médio.

Foram obtidos pelo PRA nas cinco classes: positiva (P), positiva ou nula com baixa probabilidade (PZ), nula (Z), negativa com baixa probabilidade (NZ) e negativa com alta probabilidade (N) os nutrientes que estavam deficientes, provavelmente deficientes, equilibrados, provavelmente excessivos e excessivos, segundo o diagnóstico produzido pelas normas DRIS obtidas por cada um dos critérios de seleção de relações de nutrientes utilizados. Esse mesmo procedimento foi adotado quando se optou por apenas três classes de interpretação. Nesse caso, o estado nutricional foi identificado como deficiente (P + PZ), equilibrado (Z) e excessivo (NZ + N).

Em seguida, avaliou-se o grau de concordância entre os diagnósticos obtidos pelo uso dos diferentes critérios utilizados no estabelecimento das normas DRIS. Se, para um dado nutriente, o diagnóstico (deficiente, equilibrado ou excessivo) foi o mesmo entre os dois critérios distintos, ele foi considerado concordante. Se o diagnóstico foi distinto, ele foi considerado não concordante. Computou-se, então, a percentagem de diagnósticos concordantes, para o total dos critérios avaliados. Por fim, calculou-se a frequência com que cada nutriente foi identificado como tendo respostas à adubação nas classes P, PZ, Z, NZ e N e nas três classes (P + PZ, Z e NZ + N).

Em seguida, procedeu-se a comparação entre as classes observadas pelos quatro critérios pelo Teste de Razão de Verossimilhança Qui-Quadrado, conhecido também como teste G (equação 12). Esse teste é usado em fenômenos biológicos, na avaliação de qualidade de ajuste em estatística multivariada, com regressão logística e independência em tabelas de contingência (Wilks, 1935; Sokal & Rohlf, 1994). A avaliação desse teste foi calculada com o auxílio do Microsoft Excel<sup>TM</sup>.

$$G = 2 \sum_{i=1}^k f_o \ln \left( \frac{f_o}{f_e} \right) \quad (12)$$

em que,

$G$  = teste de Razão de Verossimilhança Qui-Quadrado (teste G);

$f_o$  = frequência observada;

$f_e$  = frequência esperada;

K = número de classes.

### 3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

As normas DRIS para a cultura da cana-de-açúcar, para a região de Coruripe, em Alagoas, pelos quatro critérios utilizados encontram-se nas Tabelas 2, 3, 4 e 5.

Os valores médios das razões entre nutrientes do grupo de alta produtividade, juntamente com seus respectivos coeficientes de variação, de assimetria e de curtose, obtidos pelo critério de relações com maior razão de variância (C1) estão na Tabela 2. Constata-se que 41,8% (23 relações de 55 selecionadas) apresentaram assimetria positiva, o que certamente comprometerá a confiabilidade da norma selecionada. A presença de assimetria positiva favorece, para o nutriente que se encontra no numerador da relação binária, uma maior tendência para o diagnóstico nutricional deficiente, enquanto que, para o nutriente que se encontra no denominador, uma maior tendência para o diagnóstico nutricional de excesso. Assim, é provável que se obtenha índice DRIS mais negativo para o nutriente do numerador, indicando uma maior probabilidade de resposta à adubação positiva, isto é, superestimando a ocorrência de diagnose deficiente. Por outro lado, para o nutriente presente no denominador, é provável que se obtenha índice DRIS mais positivo, indicando uma maior probabilidade de resposta à adubação negativa, isto é, superestimando a ocorrência de diagnose de excesso. O inverso ocorre para o caso de constatação de assimetria negativa. Vale salientar, que isso vai depender da quantidade de relações assimétricas apresentadas para um determinado nutriente. Esse exemplo é facilmente verificado para o Mn, que apresentou cerca de 90% de suas relações selecionadas (nove em 10 relações) assimétricas (Tabela 2) e com ele no denominador. A ocorrência de assimetria positiva indica que o conjunto de dados se concentrou em valores menores que a média, sendo esta enviesada para a direita da curva.

Tabela 2 – Média (Md), desvio-padrão (s), coeficiente de variação (CV), de assimetria (Asim) e de curtose (Curt) das relações entre os nutrientes selecionadas como normas DRIS, obtidas pelo critério de relações com maior razão de variância (C1), para cana-de-açúcar, na safra 2008/2009 na região de Coruripe em Alagoas

Relação	Md	s	CV	Asim	Curt	Relação	Md	s	CV	Asim	Curt
N/P	9,467	1,722	18,2	-0,114	-0,719	S/Ca <sup>(2)</sup>	34,183	11,770	34,4	0,787 <sup>Δ</sup>	1,092
N/K <sup>(1)</sup>	16,869	3,030	18,0	0,479	-0,312	Zn/Ca <sup>(1)</sup>	44,966	17,851	39,7	0,748 <sup>Δ</sup>	-0,468
N/Ca	4,784	1,393	29,1	0,333	-0,470	Fe/Ca	13,297	4,720	35,5	1,168**	2,097*
N/Mg	8,120	2,879	35,5	0,672	-0,884	Ca/Mn <sup>(3)</sup>	257,571	191,647	74,4	2,045**	5,155**
N/S	15,073	5,126	34,0	0,333	-0,420	Cu/Ca <sup>(1)</sup>	11,966	3,576	29,9	0,379	-0,567
Zn/N <sup>(1)</sup>	9,459	2,600	27,5	0,544	0,377	B/Ca <sup>(1)</sup>	25,845	9,095	35,2	0,604	-0,204
Fe/N <sup>(1)</sup>	28,042	6,555	23,4	1,480**	1,952*	Mg/S <sup>(1)</sup>	19,990	7,767	38,9	0,389	-1,048
N/Mn <sup>(2)</sup>	111,895	66,825	59,7	1,073*	1,048	Zn/Mg	7,554	3,105	41,1	0,840 <sup>Δ</sup>	-0,081
N/Cu <sup>(1)</sup>	40,810	8,263	20,2	0,744 <sup>Δ</sup>	0,132	Fe/Mg	22,524	8,489	37,7	0,546	-0,297
B/N <sup>(1)</sup>	5,421	1,179	21,7	1,045*	0,627	Mg/Mn <sup>(3)</sup>	144,894	84,069	58,0	1,341**	2,830**
P/K <sup>(2)</sup>	18,073	2,931	16,2	0,376	0,024	Cu/Mg <sup>(1)</sup>	20,059	6,221	31,0	0,435	-0,732
P/Ca <sup>(1)</sup>	5,267	2,012	38,2	1,001*	1,505 <sup>Δ</sup>	B/Mg	4,334	1,588	36,6	0,658	-0,452
P/Mg <sup>(1)</sup>	8,680	2,806	32,3	0,270	-0,956	Zn/S	13,888	5,150	37,1	0,588	0,778
P/S <sup>(1)</sup>	16,568	6,515	39,3	0,136	-1,435	Fe/10S	4,154	1,604	38,6	1,191**	1,592*
P/Zn <sup>(3)</sup>	121,469	29,790	24,5	0,108	-0,764	Mn/S	17,961	10,345	57,6	0,878*	0,141
Fe/P	26,485	7,400	27,9	0,548	-0,348	Cu/S <sup>(1)</sup>	36,772	9,436	25,7	-0,245	-0,248
P/Mn <sup>(3)</sup>	122,016	75,759	62,1	0,935*	0,176	B/S	8,227	3,363	40,9	0,303	-1,001
P/Cu <sup>(2)</sup>	44,484	12,099	27,2	0,844 <sup>Δ</sup>	0,095	Fe/Zn <sup>(1)</sup>	31,391	9,213	29,3	0,338	-0,447
B/P	5,040	1,021	20,3	0,409	0,348	Zn/Mn <sup>(1)</sup>	10,418	6,610	63,4	0,840 <sup>Δ</sup>	-0,508
K/Ca <sup>(1)</sup>	29,466	10,549	35,8	0,394	-0,487	Zn/Cu <sup>(1)</sup>	38,651	13,772	35,6	1,133*	1,581*
K/Mg	4,974	2,012	40,5	0,929*	0,519	B/Zn <sup>(1)</sup>	6,052	1,688	27,9	0,341	-0,443
K/S	9,423	4,179	44,3	0,544	-0,941	Fe/Mn <sup>(1)</sup>	31,451	18,965	60,3	0,495	-1,140
Zn/K <sup>(1)</sup>	15,684	4,281	27,3	0,696	0,171	Fe/Cu	11,369	3,407	30,0	1,979**	5,328**
Fe/K	4,710	1,263	26,8	0,603	-0,202	Fe/B	5,392	1,641	30,4	0,689	-0,210
K/Mn <sup>(2)</sup>	70,878	48,515	68,4	1,115*	0,840	Cu/Mn <sup>(2)</sup>	27,993	16,596	59,3	0,942*	0,432
Cu/K <sup>(2)</sup>	43,070	11,323	26,3	-0,249	-1,009	B/Mn <sup>(2)</sup>	61,088	39,459	64,6	1,076*	0,480
B/K <sup>(1)</sup>	9,001	1,895	21,1	0,587	-0,808	B/Cu <sup>(1)</sup>	21,963	5,908	26,9	0,950*	1,147
Mg/Ca <sup>(1)</sup>	6,242	1,808	29,0	0,316	-0,227						

<sup>(1)</sup> Relação multiplicada por 10; <sup>(2)</sup> Relação multiplicada por 100; <sup>(3)</sup> Relação multiplicada por 1000. \*, \*\* e <sup>Δ</sup> Significativo pelo teste t a 5, 1 e 10% de probabilidade, respectivamente.

À medida que as normas foram trabalhadas com os critérios de associar a seleção das relações, a maior razão de variância com um menor valor de assimetria e transformando os dados tanto para as relações que apresentaram dificuldade no estabelecimento da normalidade (C2), quanto para todas as relações, independente ou não da normalidade (C4), como também com a utilização de todas as relações transformadas por função logarítmica (C3), se favoreceu a normalidade dos dados (Tabelas 3, 4 e 5). Ocorreu normalidade para todas as relações selecionadas para os critérios C2 e C4 (transformação Box e Cox, 1964), e para o critério C3 (transformação logaritmo neperiano), restou apenas 5,4% de dados assimétricos (N/Fe, Fe/N, S/Cu, Cu/S, Fe/Cu e Cu/Fe). Observou-se, que para o Mn, esses três critérios (C2, C3 e C4) forneceram diagnósticos semelhantes, indicando uma maior ocorrência de respostas

positivas à adubação com esse nutriente, reduzindo a ocorrência de valores positivos, sendo diferentes, estatisticamente, em relação ao C1 (Tabelas 6 e 7). Vale salientar, que na região canavieira de Alagoas, o nutriente mais utilizado na adubação foliar tem sido o Mn.

Tabela 3 – Fator de transformação de Box-Cox, média (Md), desvio-padrão (s), coeficiente de variação (CV), de assimetria (Asim) e de curtose (Curt) das relações entre os nutrientes selecionadas como normas DRIS, obtidas pelo critério de relações com maior razão de variância e menor coeficiente de assimetria com transformação parcial de Box e Cox (C2), para cana-de-açúcar, na safra 2008/2009 na região de Coruripe em Alagoas

Relação	Fator	Md	s	CV	Asim	Curt	Relação	Fator	Md	s	CV	Asim	Curt
N/P	-	9,467	1,722	18,2	-0,114	-0,719	S/Ca <sup>(2)</sup>	0,20	5,041	0,693	13,7	0,023	-0,172
K/N <sup>(1)</sup>	-	6,112	1,076	17,6	0,231	-0,534	Zn/Ca <sup>(1)</sup>	-0,35	2,077	0,104	5,0	0,028	-1,072
N/Ca	-	4,784	1,393	29,1	0,333	-0,470	Fe/Ca	-0,10	2,232	0,265	11,9	-0,044	0,241
Mg/N <sup>(2)</sup>	-	13,770	4,387	31,9	-0,034	-1,469	Ca/Mn <sup>(3)</sup>	0,20	9,633	2,037	21,1	-0,008	-0,615
N/S	-	15,073	5,126	34,0	0,333	-0,420	Cu/Ca <sup>(1)</sup>	-	11,966	3,576	29,9	0,379	-0,567
Zn/N <sup>(1)</sup>	-	9,459	2,600	27,5	0,544	0,377	B/Ca <sup>(1)</sup>	0,20	4,490	0,675	15,0	0,009	-0,457
N/Fe <sup>(2)</sup>	-	37,233	7,181	19,3	-0,489	-0,097	Mg/S <sup>(1)</sup>	0,15	3,681	0,623	16,9	-0,048	-1,103
N/Mn <sup>(2)</sup>	0,15	6,565	1,221	18,6	-0,044	-0,408	Zn/Mg	-0,20	1,600	0,270	16,9	0,009	-0,654
Cu/N <sup>(2)</sup>	-	25,432	4,859	19,1	0,101	-0,514	Fe/Mg	0,10	3,569	0,520	14,6	-0,020	-0,969
N/B <sup>(1)</sup>	-	19,210	3,711	19,3	-0,217	-0,572	Mg/Mn <sup>(3)</sup>	0,30	11,000	2,562	23,3	0,001	0,229
P/K <sup>(2)</sup>	-	18,073	2,931	16,2	0,376	0,024	Cu/Mg <sup>(1)</sup>	-	20,059	6,221	31,0	0,435	-0,732
P/Ca <sup>(1)</sup>	-0,10	1,468	0,317	21,6	0,006	-0,607	B/Mg	-0,25	1,172	0,254	21,7	0,009	-1,132
P/Mg <sup>(1)</sup>	-	8,680	2,806	32,3	0,270	-0,956	Zn/S	0,40	4,544	1,074	23,6	-0,040	-0,164
P/S <sup>(1)</sup>	-	16,568	6,515	39,3	0,136	-1,435	Fe/10S	-0,25	1,141	0,257	22,5	0,027	-0,160
P/Zn <sup>(3)</sup>	-	121,469	29,790	24,5	0,108	-0,764	Mn/S	0,30	4,322	1,387	32,1	-0,001	-0,323
Fe/P	-	26,485	7,400	27,9	0,548	-0,348	Cu/S <sup>(1)</sup>	-	36,772	9,436	25,7	-0,245	-0,248
P/Mn <sup>(3)</sup>	0,10	5,894	1,018	17,3	0,002	-0,773	B/S	0,35	3,001	0,878	29,3	-0,070	-1,092
Cu/P <sup>(1)</sup>	-	23,988	5,921	24,7	-0,011	-1,055	Fe/Zn <sup>(1)</sup>	-	31,391	9,213	29,3	0,338	-0,447
B/P	-	5,040	1,021	20,3	0,409	0,348	Zn/Mn <sup>(1)</sup>	-0,05	2,027	0,580	28,6	-0,008	-0,932
K/Ca <sup>(1)</sup>	0,40	7,027	1,404	20,0	-0,033	-0,655	Zn/Cu <sup>(1)</sup>	-0,25	2,367	0,138	5,8	-0,078	-0,130
Mg/K <sup>(2)</sup>	0,10	3,612	0,534	14,8	-0,031	-0,590	B/Zn <sup>(1)</sup>	-	6,052	1,688	27,9	0,341	-0,443
K/S	0,10	2,406	0,564	23,4	-0,015	-0,925	Fe/Mn <sup>(1)</sup>	0,20	4,657	1,278	27,4	-0,079	-1,167
Zn/K <sup>(1)</sup>	-	15,684	4,281	27,3	0,696	0,171	Cu/Fe <sup>(2)</sup>	-	9,388	2,176	23,2	-0,359	-0,302
Fe/K	-	4,710	1,263	26,8	0,603	-0,202	Fe/B	-	5,392	1,641	30,4	0,689	-0,210
K/Mn <sup>(2)</sup>	0,00	4,035	0,698	17,3	-0,011	-0,962	Cu/Mn <sup>(2)</sup>	0,20	4,468	1,169	26,2	-0,008	-0,615
Cu/K <sup>(2)</sup>	-	43,070	11,323	26,3	-0,249	-1,009	B/Mn <sup>(2)</sup>	0,15	5,374	1,198	22,3	0,000	-0,411
K/B <sup>(2)</sup>	-	115,697	23,061	19,9	0,070	-0,490	Cu/B <sup>(2)</sup>	-	48,540	12,093	24,9	0,201	-0,706
Mg/Ca <sup>(1)</sup>	-	6,242	1,808	29,0	0,316	-0,227							

<sup>(1)</sup> Relação multiplicada por 10; <sup>(2)</sup> Relação multiplicada por 100; <sup>(3)</sup> Relação multiplicada por 1000.

Tabela 4 – Média (Md), desvio-padrão (s), coeficiente de variação (CV), de assimetria (Asim) e de curtose (Curt) das relações entre os nutrientes selecionadas como normas DRIS, obtidas pelo critério de transformação logarítmica neperiana para todas as relações de nutrientes (C3), para cana-de-açúcar, na safra 2008/2009 na região de Coruripe em Alagoas

Relação	Md	s	CV	Asim	Curt	Relação	Md	s	CV	Asim	Curt
N/P	2,231	0,189	8,5	-0,450	-0,601	K/Mn <sup>(2)</sup>	4,035	0,698	17,3	-0,011	-0,962
P/N <sup>(2)</sup>	2,374	0,189	8,0	0,448	-0,600	Mn/K <sup>(1)</sup>	2,873	0,698	24,3	0,011	-0,962
N/K <sup>(1)</sup>	2,810	0,178	6,3	0,121	-0,609	K/Cu <sup>(1)</sup>	3,182	0,288	9,1	0,647	-0,630
K/N <sup>(1)</sup>	1,795	0,178	9,9	-0,124	-0,609	Cu/K <sup>(2)</sup>	3,725	0,287	7,7	-0,648	-0,631
N/Ca	1,523	0,302	19,8	-0,336	-0,211	K/B <sup>(2)</sup>	4,731	0,205	4,3	-0,296	-0,846
Ca/N <sup>(2)</sup>	3,082	0,302	9,8	0,336	-0,212	B/K <sup>(1)</sup>	2,177	0,205	9,4	0,296	-0,847
N/Mg	2,036	0,342	16,8	0,344	-1,299	Ca/Mg <sup>(1)</sup>	2,817	0,303	10,8	0,436	0,107
Mg/N <sup>(2)</sup>	2,569	0,342	13,3	-0,344	-1,298	Mg/Ca <sup>(1)</sup>	1,789	0,303	16,9	-0,437	0,108
N/S	2,653	0,361	13,6	-0,434	-0,221	Ca/S <sup>(1)</sup>	3,433	0,347	10,1	0,151	-0,239
S/N <sup>(2)</sup>	1,952	0,361	18,5	0,433	-0,223	S/Ca <sup>(2)</sup>	3,475	0,347	10,0	-0,153	-0,239
N/Zn <sup>(2)</sup>	4,698	0,277	5,9	0,117	-0,516	Ca/Zn <sup>(2)</sup>	3,175	0,386	12,2	-0,219	-1,029
Zn/N <sup>(1)</sup>	2,210	0,277	12,5	-0,117	-0,517	Zn/Ca <sup>(1)</sup>	3,733	0,386	10,3	0,219	-1,030
N/Fe <sup>(2)</sup>	3,597	0,211	5,9	-0,987*	0,712	Ca/Fe <sup>(3)</sup>	4,377	0,341	7,8	-0,062	0,255
Fe/N <sup>(1)</sup>	3,311	0,211	6,4	0,986*	0,711	Fe/Ca	2,531	0,341	13,5	0,061	0,260
N/Mn <sup>(2)</sup>	4,542	0,622	13,7	-0,265	-0,278	Ca/Mn <sup>(3)</sup>	5,322	0,701	13,2	-0,167	0,143
Mn/N <sup>(1)</sup>	2,366	0,622	26,3	0,266	-0,277	Mn/Ca <sup>(1)</sup>	3,888	0,701	18,0	0,169	0,143
N/Cu <sup>(1)</sup>	3,690	0,196	5,3	0,319	-0,381	Ca/Cu <sup>(2)</sup>	4,470	0,306	6,8	0,171	-0,749
Cu/N <sup>(2)</sup>	3,218	0,196	6,1	-0,319	-0,380	Cu/Ca <sup>(1)</sup>	2,438	0,306	12,6	-0,170	-0,749
N/B <sup>(1)</sup>	2,936	0,204	6,9	-0,627	-0,169	Ca/B <sup>(2)</sup>	3,716	0,357	9,6	0,151	-0,390
B/N <sup>(1)</sup>	1,669	0,204	12,2	0,627	-0,170	B/Ca <sup>(1)</sup>	3,192	0,357	11,2	-0,151	-0,390
P/K <sup>(2)</sup>	2,882	0,162	5,6	-0,027	-0,298	Mg/S <sup>(1)</sup>	2,919	0,402	13,8	-0,131	-1,066
K/P	1,723	0,162	9,4	0,028	-0,290	S/Mg <sup>(2)</sup>	3,989	0,403	10,1	0,131	-1,066
P/Ca <sup>(1)</sup>	1,594	0,372	23,3	0,082	-0,542	Mg/Zn <sup>(3)</sup>	4,963	0,399	8,0	-0,160	-0,705
Ca/P <sup>(1)</sup>	3,011	0,372	12,4	-0,082	-0,541	Zn/Mg	1,944	0,400	20,6	0,160	-0,707
P/Mg <sup>(1)</sup>	2,108	0,336	15,9	-0,201	-1,017	Mg/Fe <sup>(3)</sup>	3,863	0,384	9,9	0,078	-0,976
Mg/P <sup>(1)</sup>	2,497	0,336	13,5	0,200	-1,017	Fe/Mg	3,045	0,384	12,6	-0,078	-0,976
P/S <sup>(1)</sup>	2,725	0,426	15,6	-0,329	-1,035	Mg/Mn <sup>(3)</sup>	4,808	0,620	12,9	-0,542	0,345
S/P <sup>(1)</sup>	1,880	0,426	22,7	0,329	-1,036	Mn/Mg <sup>(1)</sup>	4,402	0,620	14,1	0,542	0,347
P/Zn <sup>(3)</sup>	4,769	0,255	5,3	-0,339	-0,648	Mg/Cu <sup>(2)</sup>	3,956	0,314	7,9	0,068	-0,839
Zn/P	2,139	0,255	11,9	0,340	-0,646	Cu/Mg <sup>(1)</sup>	2,952	0,314	10,6	-0,068	-0,843
P/Fe <sup>(3)</sup>	3,669	0,279	7,6	0,045	-0,351	Mg/B <sup>(2)</sup>	3,202	0,361	11,3	-0,133	-1,074
Fe/P	3,239	0,279	8,6	-0,043	-0,348	B/Mg	1,403	0,361	25,7	0,133	-1,072
P/Mn <sup>(3)</sup>	4,614	0,643	13,9	-0,116	-0,702	S/Zn <sup>(3)</sup>	4,347	0,392	9,0	0,419	-0,161
Mn/P	2,294	0,643	28,0	0,116	-0,701	Zn/S	2,561	0,392	15,3	-0,419	-0,162
P/Cu <sup>(2)</sup>	3,762	0,260	6,9	0,399	-0,754	S/Fe <sup>(3)</sup>	3,247	0,363	11,2	-0,260	-0,129
Cu/P <sup>(1)</sup>	3,146	0,260	8,3	-0,402	-0,749	Fe/10S	1,359	0,363	26,7	0,259	-0,128
P/B <sup>(2)</sup>	3,008	0,204	6,8	0,160	-0,016	S/Mn <sup>(3)</sup>	4,192	0,626	14,9	0,490	0,259
B/P	1,598	0,204	12,8	-0,161	-0,020	Mn/S	2,716	0,626	23,0	-0,490	0,261
K/Ca <sup>(1)</sup>	3,318	0,377	11,4	-0,323	-0,572	S/Cu <sup>(2)</sup>	3,339	0,286	8,6	0,926*	0,625
Ca/K <sup>(2)</sup>	3,590	0,377	10,5	0,323	-0,572	Cu/S <sup>(1)</sup>	3,568	0,286	8,0	-0,928*	0,630
K/Mg	1,529	0,393	25,7	0,110	-0,570	S/B <sup>(3)</sup>	4,888	0,437	8,9	0,285	-0,958
Mg/K <sup>(2)</sup>	3,076	0,394	12,8	-0,111	-0,570	B/S	2,020	0,438	21,7	-0,286	-0,957
K/S	2,145	0,456	21,3	-0,090	-0,869	Zn/Fe <sup>(2)</sup>	3,505	0,305	8,7	0,358	-0,095
S/K <sup>(2)</sup>	2,460	0,456	18,5	0,090	-0,869	Fe/Zn <sup>(1)</sup>	3,403	0,305	9,0	-0,358	-0,092
K/Zn <sup>(2)</sup>	4,190	0,267	6,4	-0,141	-0,659	Zn/Mn <sup>(1)</sup>	2,147	0,646	30,1	0,042	-0,973
Zn/K <sup>(1)</sup>	2,718	0,267	9,8	0,139	-0,658	Mn/Zn <sup>(1)</sup>	2,458	0,646	26,3	-0,042	-0,971
K/Fe <sup>(2)</sup>	3,089	0,265	8,6	-0,093	-0,679	Zn/Cu <sup>(1)</sup>	3,598	0,340	9,4	0,151	-0,007
Fe/K	1,516	0,265	17,5	0,092	-0,679	Cu/Zn <sup>(2)</sup>	3,310	0,341	10,3	-0,151	-0,006

Continuação...

Tabela 4 - Cont...

Relação	Md	s	CV	Asim	Curt	Relação	Md	s	CV	Asim	Curt
Zn/B <sup>(1)</sup>	2,844	0,288	10,1	0,308	-0,147	B/Fe <sup>(2)</sup>	2,964	0,299	10,1	-0,109	-0,577
B/Zn <sup>(1)</sup>	1,761	0,288	16,4	-0,309	-0,144	Mn/Cu <sup>(1)</sup>	3,753	0,626	16,7	0,259	-0,541
Fe/Mn <sup>(1)</sup>	3,248	0,674	20,8	-0,260	-0,997	Cu/Mn <sup>(2)</sup>	3,155	0,627	19,9	-0,260	-0,540
Mn/Fe <sup>(2)</sup>	3,660	0,674	18,4	0,260	-0,997	Mn/B <sup>(1)</sup>	2,999	0,670	22,3	0,236	-0,240
Fe/Cu	2,396	0,259	10,8	1,055*	1,448*	B/Mn <sup>(2)</sup>	3,909	0,670	17,1	-0,236	-0,240
Cu/Fe <sup>(2)</sup>	2,210	0,259	11,7	-1,055*	1,447*	Cu/B <sup>(2)</sup>	3,851	0,257	6,7	-0,312	-0,355
Fe/B	1,642	0,299	18,2	0,109	-0,576	B/Cu <sup>(1)</sup>	3,057	0,258	8,4	0,311	-0,356

<sup>(1)</sup> Relação multiplicada por 10; <sup>(2)</sup> Relação multiplicada por 100; <sup>(3)</sup> Relação multiplicada por 1000. \*, \*\* e Δ Significativo pelo teste t a 5, 1 e 10% de probabilidade, respectivamente.

Tabela 5 – Média (Md), desvio-padrão (s), coeficiente de variação (CV), de assimetria (Asim) e de curtose (Curt) das relações entre os nutrientes selecionadas como normas DRIS, obtidas pelo critério de relações com maior razão de variância e menor coeficiente de assimetria com transformação Box e Cox para todas as relações de nutrientes (C4), para cana-de-açúcar, na safra 2008/2009 na região de Coruripe em Alagoas

Relação	Fator	Md	s	CV	Asim	Curt	Relação	Fator	Md	s	CV	Asim	Curt
N/P	1,15	10,695	2,406	22,5	-0,062	-0,708	S/Ca <sup>(2)</sup>	0,20	5,041	0,693	13,7	0,023	-0,172
K/N <sup>(1)</sup>	0,30	2,386	0,304	12,7	-0,015	-0,625	Zn/Ca <sup>(1)</sup>	-0,35	2,077	0,104	5,0	0,028	-1,072
N/Ca	0,45	2,226	0,594	26,7	-0,021	-0,437	Fe/Ca	-0,10	2,232	0,265	11,9	-0,044	0,241
Mg/N <sup>(2)</sup>	1,00	12,770	4,387	34,4	-0,034	-1,469	Ca/Mn <sup>(3)</sup>	0,20	9,633	2,037	21,1	-0,008	-0,615
N/S	0,50	5,653	1,337	23,7	-0,037	-0,509	Cu/Ca <sup>(1)</sup>	0,30	3,621	0,634	17,5	-0,006	-0,764
Zn/N <sup>(1)</sup>	0,15	2,629	0,386	14,7	-0,027	-0,453	B/Ca <sup>(1)</sup>	0,20	4,490	0,675	15,0	0,009	-0,457
N/Fe <sup>(2)</sup>	1,85	447,407	150,037	33,5	-0,089	-0,380	Mg/S <sup>(1)</sup>	0,15	3,681	0,623	16,9	-0,048	-1,103
N/Mn <sup>(2)</sup>	0,15	6,565	1,221	18,6	-0,044	-0,408	Zn/Mg	-0,20	1,600	0,270	16,9	0,009	-0,654
Cu/N <sup>(2)</sup>	0,70	12,281	1,847	15,0	-0,023	-0,511	Fe/Mg	0,10	3,569	0,520	14,6	-0,020	-0,969
N/B <sup>(1)</sup>	1,35	39,640	10,342	26,1	-0,078	-0,621	Mg/Mn <sup>(3)</sup>	0,30	11,000	2,562	23,3	0,001	0,229
P/K <sup>(2)</sup>	0,05	3,100	0,187	6,0	-0,011	-0,288	Cu/Mg <sup>(1)</sup>	0,10	3,440	0,421	12,2	-0,016	-0,865
P/Ca <sup>(1)</sup>	-0,10	1,468	0,317	21,6	0,006	-0,607	B/Mg	-0,25	1,172	0,254	21,7	0,009	-1,132
P/Mg <sup>(1)</sup>	0,35	3,158	0,698	22,1	-0,034	-1,064	Zn/S	0,40	4,544	1,074	23,6	-0,040	-0,164
P/S <sup>(1)</sup>	0,50	5,980	1,639	27,4	-0,074	-1,321	Fe/10S	-0,25	1,141	0,257	22,5	0,027	-0,160
P/Zn <sup>(3)</sup>	0,65	33,058	5,591	16,9	-0,047	-0,794	Mn/S	0,30	4,322	1,387	32,1	-0,001	-0,323
Fe/P	0,10	3,830	0,386	10,1	0,022	-0,396	Cu/S <sup>(1)</sup>	1,25	72,389	22,952	31,7	-0,083	-0,303
P/Mn <sup>(3)</sup>	0,10	5,894	1,018	17,3	0,002	-0,773	B/S	0,35	3,001	0,878	29,3	-0,070	-1,092
Cu/P <sup>(1)</sup>	0,80	14,555	3,153	21,7	-0,086	-1,027	Fe/Zn <sup>(1)</sup>	0,50	9,087	1,654	18,2	0,009	-0,412
B/P	0,30	2,059	0,329	16,0	0,009	-0,027	Zn/Mn <sup>(1)</sup>	-0,05	2,027	0,580	28,6	-0,008	-0,932
K/Ca <sup>(1)</sup>	0,40	7,027	1,404	20,0	-0,033	-0,655	Zn/Cu <sup>(1)</sup>	-0,25	2,367	0,138	5,8	-0,078	-0,130
Mg/K <sup>(2)</sup>	0,10	3,612	0,534	14,8	-0,031	-0,590	B/Zn <sup>(1)</sup>	0,45	2,727	0,630	23,1	0,001	-0,418
K/S	0,10	2,406	0,564	23,4	-0,015	-0,925	Fe/Mn <sup>(1)</sup>	0,20	4,657	1,278	27,4	-0,079	-1,167
Zn/K <sup>(1)</sup>	-0,20	2,093	0,155	7,4	0,039	-0,745	Cu/Fe <sup>(2)</sup>	1,50	18,891	6,512	34,5	-0,090	-0,672
Fe/K	-0,20	1,303	0,195	15,0	-0,009	-0,691	Fe/B	-0,10	1,510	0,253	16,8	0,048	-0,572
K/Mn <sup>(2)</sup>	0,00	4,035	0,698	17,3	-0,011	-0,962	Cu/Mn <sup>(2)</sup>	0,20	4,468	1,169	26,2	-0,008	-0,615
Cu/K <sup>(2)</sup>	1,25	88,422	28,670	32,4	-0,152	-1,051	B/Mn <sup>(2)</sup>	0,15	5,374	1,198	22,3	0,000	-0,411
K/B <sup>(2)</sup>	0,75	45,530	7,055	15,5	-0,030	-0,629	Cu/B <sup>(2)</sup>	0,50	11,827	1,749	14,8	-0,042	-0,643
Mg/Ca <sup>(1)</sup>	0,50	2,945	0,730	24,8	-0,045	-0,249							

<sup>(1)</sup> Relação multiplicada por 10; <sup>(2)</sup> Relação multiplicada por 100; <sup>(3)</sup> Relação multiplicada por 1000.

Esse mesmo comportamento foi verificado para os micronutrientes Cu e Fe (Tabelas 2, 3, 4 e 5) que apresentaram relações assimétricas positivas, no entanto, em percentuais menores, com 60 e 40%, respectivamente. Apesar da não constatação de diferenças significativas entre os quatro critérios (Tabelas 6 e 7), os seus valores

individuais nas classes empregadas (P, PZ, Z, NZ e N) como também, no agrupamentos delas, em três classes, revelaram claramente essa tendência de enviesamento dos valores, para os nutrientes empregados. Para o caso do Fe, que apresentou relações assimétricas positivas, com predominância no numerador, constatou-se uma concentração de valores nas classes deficiente (P) e provavelmente deficiente (PZ) (Tabela 6) e deficiente (P + PZ) (Tabela 7) pelo critério C1. O inverso ocorreu quando se trabalhou com os demais critérios (C2, C3 e C4) que usaram relações transformadas. Percebeu-se um comportamento oposto ao ocorrido com o Mn. O Cu seguiu o mesmo comportamento do Mn (Tabelas 2, 3, 4 e 5), apesar de não apresentar diferenças significativas (Tabelas 6 e 7).

Tabela 6 - Frequência dos índices DRIS de nutrientes que apresentaram potencial de resposta à adubação (PRA) positivo (P), positivo ou nulo (PZ), nulo (Z), negativo ou nulo (NZ) e negativo (N), de acordo com a avaliação nutricional da cana-de-açúcar, pelo uso de normas DRIS geradas a partir de quatro critérios (C1, C2, C3 e C4) e comparação das classes de diagnóstico pelo teste de razão de verossimilhança<sup>(1)</sup>

Critérios	Potencial de Resposta à Adubação					Teste de Razão de Verossimilhança Qui-Quadrado (G)		
	P	PZ	Z	NZ	N	C2	C3	C4
Nitrogênio								
C1	5	7	147	17	7	1,70 <sup>ns</sup>	1,61 <sup>ns</sup>	2,38 <sup>ns</sup>
C2	8	9	138	18	10	-	1,17 <sup>ns</sup>	0,29 <sup>ns</sup>
C3	5	7	140	19	12	-	-	2,08 <sup>ns</sup>
C4	8	11	136	19	9	-	-	-
Fósforo								
C1	9	22	124	16	12	2,99 <sup>ns</sup>	0,98 <sup>ns</sup>	6,02 <sup>ns</sup>
C2	9	22	121	11	20	-	1,15 <sup>ns</sup>	9,80*
C3	7	21	125	14	16	-	-	9,60*
C4	16	30	120	10	7	-	-	-
Potássio								
C1	25	20	117	9	12	0,86 <sup>ns</sup>	0,87 <sup>ns</sup>	8,13 <sup>Δ</sup>
C2	24	21	114	13	11	-	1,39 <sup>ns</sup>	5,57 <sup>ns</sup>
C3	26	21	119	9	8	-	-	11,33*
C4	15	16	115	20	17	-	-	-
Cálcio								
C1	20	24	97	17	25	1,33 <sup>ns</sup>	1,65 <sup>ns</sup>	1,21 <sup>ns</sup>
C2	20	21	107	14	21	-	1,35 <sup>ns</sup>	0,53 <sup>ns</sup>
C3	23	27	100	12	21	-	-	0,80 <sup>ns</sup>
C4	20	25	104	15	19	-	-	-
Magnésio								
C1	22	17	117	23	4	1,66 <sup>ns</sup>	0,97 <sup>ns</sup>	2,81 <sup>ns</sup>
C2	22	22	117	17	5	-	0,13 <sup>ns</sup>	0,38 <sup>ns</sup>
C3	22	20	118	18	5	-	-	0,56 <sup>ns</sup>
C4	22	21	121	14	5	-	-	-
Enxofre								
C1	32	25	89	17	20	0,99 <sup>ns</sup>	2,05 <sup>ns</sup>	0,48 <sup>ns</sup>
C2	32	27	92	12	20	-	1,10 <sup>ns</sup>	0,29 <sup>ns</sup>
C3	37	26	93	12	15	-	-	0,66 <sup>ns</sup>
C4	33	26	92	14	18	-	-	-
Zinco								
C1	17	19	117	19	11	1,46 <sup>ns</sup>	2,26 <sup>ns</sup>	2,00 <sup>ns</sup>
C2	16	15	118	18	16	-	0,86 <sup>ns</sup>	0,27 <sup>ns</sup>
C3	14	19	116	16	18	-	-	1,72 <sup>ns</sup>
C4	16	13	122	17	15	-	-	-
Ferro								
C1	11	13	126	12	21	1,77 <sup>ns</sup>	4,37 <sup>ns</sup>	4,08 <sup>ns</sup>
C2	10	11	120	18	24	-	1,07 <sup>ns</sup>	0,70 <sup>ns</sup>
C3	7	9	120	19	28	-	-	0,36 <sup>ns</sup>
C4	8	11	116	20	28	-	-	-
Manganês								
C1	20	10	90	19	44	9,79*	8,26 <sup>Δ</sup>	8,29 <sup>Δ</sup>
C2	18	20	103	17	25	-	1,46 <sup>ns</sup>	0,26 <sup>ns</sup>
C3	20	14	109	15	25	-	-	1,56 <sup>ns</sup>
C4	20	20	100	16	27	-	-	-

Continuação...

Tabela 6 - Cont...

Critérios	Potencial de Resposta à Adubação					Teste de Razão de Verossimilhança Qui-Quadrado (G)		
	P	PZ	Z	NZ	N	C2	C3	C4
							Cobre	
C1	17	8	103	36	19	1,45 <sup>ns</sup>	2,69 <sup>ns</sup>	1,74 <sup>ns</sup>
C2	22	11	97	33	20	-	3,10 <sup>ns</sup>	0,11 <sup>ns</sup>
C3	17	8	104	27	27	-	-	2,65 <sup>ns</sup>
C4	21	12	97	32	21	-	-	-
							Boro	
C1	13	19	113	22	16	3,66 <sup>ns</sup>	4,30 <sup>ns</sup>	4,66 <sup>ns</sup>
C2	12	13	107	26	25	-	0,06 <sup>ns</sup>	0,30 <sup>ns</sup>
C3	12	12	107	27	25	-	-	0,12 <sup>ns</sup>
C4	13	11	107	28	24	-	-	-

<sup>(1)</sup> C1 = relações de nutrientes com maior razão de variância; C2 = relações de nutrientes com maior razão de variância e menor coeficiente de assimetria com transformação parcial de Box e Cox (1964); C3 = todas as relações de nutrientes com transformação logarítmica neperiana; e C4 = relações de nutrientes com maior razão de variância e menor coeficiente de assimetria com transformação Box e Cox (1964) para todas as relações de nutrientes. <sup>ns</sup> Não-significativo. <sup>Δ</sup>, \* e \*\* Significativo pelo Teste (G) a 10, 5 e 1% de probabilidade, respectivamente.

Tabela 7 - Frequência dos índices DRIS de nutrientes que apresentaram potencial de resposta à adubação (PRA) na classe de deficiência [positivo (P) + positivo ou nulo (PZ)], Equilíbrio [nulo (Z)] e de excesso [negativo ou nulo (NZ) + negativo (N)], de acordo com a avaliação nutricional da cana-de-açúcar, pelo uso de normas DRIS geradas a partir de quatro critérios (C1, C2, C3 e C4) e comparação das classes de diagnóstico pelo teste de razão de verossimilhança<sup>(1)</sup>

Critérios	Classes			Teste de Razão de Verossimilhança Qui-Quadrado (G)		
	Deficiência	Equilíbrio	Excessivo	C2	C3	C4
Nitrogênio						
C1	12	147	24	1,46 <sup>ns</sup>	1,06 <sup>ns</sup>	2,33 <sup>ns</sup>
C2	17	138	28	-	1,03 <sup>ns</sup>	0,13 <sup>ns</sup>
C3	12	140	31	-	-	1,80 <sup>ns</sup>
C4	19	136	28	-	-	-
Fósforo						
C1	31	124	28	0,19 <sup>ns</sup>	0,23 <sup>ns</sup>	5,72 <sup>ns</sup>
C2	31	121	31	-	0,23 <sup>ns</sup>	7,09*
C3	28	125	30	-	-	8,17*
C4	46	120	17	-	-	-
Potássio						
C1	45	117	21	0,24 <sup>ns</sup>	0,48 <sup>ns</sup>	7,08*
C2	45	114	24	-	1,35 <sup>ns</sup>	5,39 <sup>ns</sup>
C3	47	119	17	-	-	10,96**
C4	31	115	37	-	-	-
Cálcio						
C1	44	97	42	1,23 <sup>ns</sup>	1,51 <sup>ns</sup>	1,10 <sup>ns</sup>
C2	41	107	35	-	1,19 <sup>ns</sup>	0,24 <sup>ns</sup>
C3	50	100	33	-	-	0,36 <sup>ns</sup>
C4	45	104	34	-	-	-
Magnésio						
C1	39	117	27	0,81 <sup>ns</sup>	0,44 <sup>ns</sup>	1,66 <sup>ns</sup>
C2	44	117	22	-	0,07 <sup>ns</sup>	0,30 <sup>ns</sup>
C3	42	118	23	-	-	0,43 <sup>ns</sup>
C4	43	121	19	-	-	-
Enxofre						
C1	57	89	37	0,45 <sup>ns</sup>	1,96 <sup>ns</sup>	0,45 <sup>ns</sup>
C2	59	92	32	-	0,56 <sup>ns</sup>	0,00 <sup>ns</sup>
C3	63	93	27	-	-	0,56 <sup>ns</sup>
C4	59	92	32	-	-	-
Zinco						
C1	36	117	30	0,63 <sup>ns</sup>	0,38 <sup>ns</sup>	0,92 <sup>ns</sup>
C2	31	118	34	-	0,08 <sup>ns</sup>	0,19 <sup>ns</sup>
C3	33	116	34	-	-	0,47 <sup>ns</sup>
C4	29	122	32	-	-	-
Ferro						
C1	24	126	33	1,43 <sup>ns</sup>	4,22 <sup>ns</sup>	3,79 <sup>ns</sup>
C2	21	120	42	-	0,96 <sup>ns</sup>	0,57 <sup>ns</sup>
C3	16	120	47	-	-	0,34 <sup>ns</sup>
C4	19	116	48	-	-	-
Manganês						
C1	30	90	63	6,05*	7,25*	5,76 <sup>ns</sup>
C2	38	103	42	-	0,44 <sup>ns</sup>	0,11 <sup>ns</sup>
C3	34	109	40	-	-	0,98 <sup>ns</sup>
C4	40	100	43	-	-	-

Continuação...

Tabela 7 - Cont...

Critérios	Frequência			Teste de Razão de Verossimilhança Qui-Quadrado (G)		
	Deficiência	Equilíbrio	Excessivo	C2	C3	C4
					Cobre	
C1	25	103	55	1,32 <sup>ns</sup>	0,01 <sup>ns</sup>	1,32 <sup>ns</sup>
C2	33	97	53	-	1,36 <sup>ns</sup>	0,00 <sup>ns</sup>
C3	25	104	54	-	-	1,36 <sup>ns</sup>
C4	33	97	53	-	-	-
					Boro	
C1	32	113	38	2,93 <sup>ns</sup>	3,50 <sup>ns</sup>	3,50 <sup>ns</sup>
C2	25	107	51	-	0,03 <sup>ns</sup>	0,03 <sup>ns</sup>
C3	24	107	52	-	-	0,00 <sup>ns</sup>
C4	24	107	52	-	-	-

<sup>(1)</sup> C1 = relações de nutrientes com maior razão de variância; C2 = relações de nutrientes com maior razão de variância e menor coeficiente de assimetria com transformação parcial de Box e Cox (1964); C3 = todas as relações de nutrientes com transformação logarítmica neperiana; e C4 = relações de nutrientes com maior razão de variância e menor coeficiente de assimetria com transformação Box e Cox (1964) para todas as relações de nutrientes. <sup>ns</sup> Não-significativo. <sup>Δ, \* e \*\*</sup> Significativo pelo Teste (G) a 10, 5 e 1% de probabilidade, respectivamente.

Os coeficientes de variação (CV) das relações nutricionais selecionadas para as normas pelos critérios empregados foram bastante variáveis (Tabelas 2, 3, 4 e 5). Pelo C1, os valores variaram de 16,2% (P/K) a 74,4% (Ca/Mn). Para as relações que apresentaram assimetria, esses valores variaram entre 20,2% (N/Cu) a 74,4% (Ca/Mn). No entanto, ocorreram casos em que os valores foram simétricos, porém o CV foi > 35%. Nesse caso, o uso do CV como critério de indicação de valores simétricos, sem levar em consideração, os coeficientes de assimetria, parece não ser apropriado. Os demais critérios empregados (C2, C3 e C4) proporcionaram redução nos valores de CV, o que certamente melhora a confiabilidade dos dados e das normas geradas por esses critérios. Segundo Payne et al. (1990), relações entre nutrientes que apresentam alta razão entre variâncias conferem maior segurança para a diagnose nutricional. Essa mesma seleção baseada na alta razão de variância foi estudada por Reis Jr. et al. (2002), Santana et al. (2008) e Mourão Filho (2004).

Bailey et al. (1997) afirmaram que as relações entre nutrientes definidas como normas DRIS para *grassland swards* que apresentaram alta razão  $S_b/S_a$  e pequeno CV poderiam ser de elevada importância para a produção desta cultura. Portanto, relações entre nutrientes apresentando elevada razão de variância ( $S_b/S_a$ ) e pequeno CV no grupo de alta produtividade, possivelmente, indicam que a obtenção de alta produtividade estaria associada a uma pequena variação em torno da média desta relação. Assim sendo, a grande razão de variância ( $S_b/S_a$ ) e pequeno CV encontrados para determinar relações entre nutrientes, provavelmente, estabelecem que o equilíbrio

entre estes pares de nutrientes é fundamental para produção adequada da cana-de-açúcar. Esse mesmo comportamento foi descrito por Reis Jr. (1999), ao trabalhar com cana-de-açúcar, na região de Campos de Goytacazes/RJ.

O uso da transformação logaritmo neperiano proporcionou ganhos de normalidade para o conjunto de dados, no entanto, algumas relações ainda apresentaram-se assimétricas, mesmo após a transformação (Tabela 4). Esse mesmo comportamento foi constatado por Urano et al. (2006), apesar de trabalhar com teste de normalidade lillifors. Beverly (1987), ao propor o uso da transformação dos dados em logaritmo neperiano, com o objetivo de reduzir os valores de assimetria e normalizar os dados, também encontrou em uma das relações apresentadas no trabalho, valores de assimetria  $> 1$ , mesmo após a transformação, no entanto, não comentou sobre a significância do mesmo. Nos trabalhos apresentados sobre DRIS, normalmente pouca importância tem-se dado a normalidade dos dados, resumindo seus resultados a apresentação dos valores de média e CV. Vale salientar, que esse critério, é o mais fácil de ser utilizado, pois só considera a população de referência ou de alta produtividade para produzir a norma DRIS.

Essa mesma preocupação com a normalidades dos dados das normas foi considerada por Rathfon & Burger (1991) e por Ramakrishna et al. (2009), que selecionaram as relações que apresentaram além da razão entre as variância  $> 1,0$ , o coeficiente de assimetria  $< 1,0$ , com CV menor ou igual a 35%.

Porcentagem de concordância nos diagnósticos nutricionais (deficiente, provavelmente deficiente, equilibrado, provavelmente excessivo e excessivo) obtidos a partir de normas DRIS geradas pelos quatro critérios (C1, C2, C3 e C4) na população de alta e baixa produtividade, na região de Coruripe em Alagoas, encontram-se na Tabela 8. Diferentes critérios para a interpretação das normas DRIS podem conduzir a distintos diagnósticos nutricionais. O critério C1 se mostrou o de maior probabilidade de diagnosticar desequilíbrio nutricional, particularmente para Mn, Cu e B, por apresentar discordância com os demais critérios no diagnóstico nutricional desses nutrientes. Para Ca e S, a discordância do C1 só aparece quando confrontada com o diagnóstico do critério C3 (Tabela 8). Por outro lado, comparando os critérios C2, C3 e C4 a concordância do diagnóstico nutricional, na sua maioria, foi superior a 90% para todos os critérios avaliados (Tabela 8). Esse mesmo comportamento foi constatado quando se trabalhou com os dados agrupados em três classes de diagnóstico nutricional (Tabela 9).

A diagnose realizada pelo critério C1, em relação aos demais critérios, fez com que se rejeita-se a hipótese de que as percentagens de concordância nos diagnósticos nutricionais, observadas para todos os nutrientes, eram iguais entre si, o que indica que os critérios foram sensíveis para diagnosticar diferenças de probabilidade de resposta positiva à adubação para os nutrientes avaliados (Tabelas 8 e 9).

Tabela 8 - Percentagem de concordância nos diagnósticos nutricionais (deficiente, provavelmente deficiente, equilibrado, provavelmente excessivo e excessivo) obtidos a partir de normas DRIS para cana-de-açúcar geradas pelos quatro critérios (C1, C2, C3 e C4), na região de Coruripe em Alagoas<sup>(1)</sup>

Nutrientes	C1 X C2	C1 X C3	C1 X C4	C2 X C3	C2 X C4	C3 X C4	Média
	-----%-----						
N	92,9	94,5	91,8	95,1	94,5	92,9	93,6
P	94,0	90,7	94,5	94,0	97,8	92,9	94,0
K	91,8	92,9	93,4	92,0	95,1	92,9	93,0
Ca	91,8	87,4	90,2	92,3	97,3	92,9	92,0
Mg	94,0	94,5	91,8	92,2	97,8	95,1	94,2
S	92,3	85,8	90,7	89,6	97,3	92,3	91,3
Zn	90,7	90,7	90,7	93,4	96,7	95,6	93,0
Fe	91,8	84,2	85,2	89,6	92,3	92,9	89,3
Mn	75,4	77,6	75,4	93,4	97,3	92,9	85,3
Cu	85,8	88,5	86,3	88,0	95,1	85,8	88,3
B	85,8	84,7	84,2	94,5	95,1	94,0	89,7
Média	89,7	88,3	88,6	92,2	96,0	92,7	91,3

<sup>(1)</sup> C1 = relações de nutrientes com maior razão de variância; C2 = relações de nutrientes com maior razão de variância e menor coeficiente de assimetria com transformação parcial de Box e Cox (1964); C3 = todas as relações de nutrientes com transformação logarítmica neperiana; e C4 = relações de nutrientes com maior razão de variância e menor coeficiente de assimetria com transformação de Box e Cox (1964) para todas as relações de nutrientes.

Tabela 9 - Percentagem de concordância nos diagnósticos nutricionais (deficiente, equilibrado e excessivo) obtidos a partir de normas DRIS para cana-de-açúcar geradas pelos quatro critérios (C1, C2, C3 e C4), na região de Coruripe em Alagoas<sup>(1)</sup>

Nutrientes	C1 X C2	C1 X C3	C1 X C4	C2 X C3	C2 X C4	C3 X C4	Média
	-----%-----						
N	95,1	96,2	94,0	96,2	96,2	94,5	95,4
P	97,3	95,1	97,3	96,7	98,9	95,6	96,8
K	94,0	96,7	95,6	94,0	97,3	95,6	95,5
Ca	93,4	90,7	92,9	94,0	98,4	95,6	94,2
Mg	94,5	95,1	92,3	96,2	97,8	95,1	95,2
S	95,1	91,3	95,1	95,1	100,0	95,1	95,3
Zn	94,0	96,2	95,1	95,6	97,8	97,8	96,1
Fe	93,4	88,0	88,5	94,5	95,1	97,3	92,8
Mn	84,2	85,2	85,8	95,6	98,4	95,1	90,7
Cu	91,3	95,1	90,2	92,9	97,8	91,8	93,2
B	89,1	88,0	88,5	96,7	97,3	97,3	92,8
Média	92,9	92,5	92,3	95,2	97,7	95,5	94,4

<sup>(1)</sup> C1 = relações de nutrientes com maior razão de variância; C2 = relações de nutrientes com maior razão de variância e menor coeficiente de assimetria com transformação parcial de Box e Cox (1964); C3 = todas as relações de nutrientes com transformação logarítmica neperiana; e C4 = relações de nutrientes com maior razão de variância e menor coeficiente de assimetria com transformação Box e Cox (1964) para todas as relações de nutrientes.

#### 4. CONCLUSÕES

1. O critério de escolha das relações nutricionais com maior razão de variância para o estabelecimento das normas DRIS não se mostrou satisfatório para avaliar o estado nutricional da cana-de-açúcar na região de Coruripe em Alagoas;
2. Os critérios utilizados para obtenção das normas DRIS reduziram os coeficientes de assimetria e estabeleceram a normalidade dos dados, fornecendo diagnósticos nutricionais semelhantes entre si;

### 3. AGRADECIMENTOS

A Universidade Federal Rural de Pernambuco pela oportunidade de poder ter realizado o curso de Doutorado. A Usina Coruripe por todo apoio oferecido para que este trabalho fosse realizado. A CAPES Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior, pela bolsa concedida.

### 4. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALVAREZ, V., V.H.; LEITE, R.A. Fundamentos estatísticos das fórmulas usadas para cálculo dos índices DRIS. **Boletim Informativo da Sociedade Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v.24, 9.20-25, 1999.

BAILEY, J.S.; BEATTIE, J.A.M.; KILPATRICK, D.J. The diagnosis and recommendation integrated system (DRIS) for diagnosing the nutrient status of grassland swards: I Model establishment. **Plant and Soil**, Dordrecht, v.197, p.127-135, 1997.

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

BEIGUELMAN, B. **Curso prático de bioestatística**, Ribeirão Preto, SP: Fundação de Pesquisas Científicas de Ribeirão Preto, 2002.

BEVERLY, R.B. Comparison of DRIS and alternative nutrient diagnostic methods for soybean. **Journal of Plant Nutrition**, New York, v.10, p.901-920, 1987.

BEVERLY, R.B. DRIS diagnoses of soybean nitrogen, phosphorus, and potassium status are unsatisfactory. **Journal of Plant Nutrition**, New York, v.16, p.1431-1447, 1993.

BOX, G.E.P.; COX, D.R. An analysis of transformation. **Journal of the Royal Statistical Society**, London, v.26, p.211-252, 1964. CANTERELLA, H. Nitrogênio. In: NOVAIS, R.F.; ALVAREZ V., V.H.; BARROS, N.F.; FONTES, R.L.F.; CANTARUTTI, R.B.; NEVES, J.C.L. (Ed.). **Fertilidade do solo**. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2007. p.375-470.

COLEMAN, C.D.; SWANSON, D.A. On MAPE-R as a measure of cross-sectional estimation and forecast accuracy. **Journal of economic and social measurement**, New York, v.32, p.219-233, 2007.

DIAS, J.R.M.; WADT, P.G.S.; LEMOS, C.O.; DELARMELINDA, E.A.; SOLINO, J.S.; TAVELLA, L.B. Relações nutricionais log-tranformadas para avaliação nutricional de cupuaçueiros comerciais. **Revista Acta Amazônica**, Manaus, v.40, n.1, p.37-42, 2010b.

DRAPER, N.R.; COX, D.R. On distributions and their transformation to normality. **Journal of the Royal Statistical Society Serie B**, New Zealand, v.31, p.472-478, 1969.

HARTZ, T.K.; MIYAO, E.M.; VALENCIA, J.G. DRIS evaluation of the nutritional status of processing tomato. **Hortscience**, Alexandria, v.33, n.5, p.830-832, 1998.

JONES, C.A. Proposed modifications of the Diagnosis and Recommendation Integrated System (DRIS) for interpreting plant analysis. **Communications in Soil Science and Plant Analysis**, New York, v.12, p.785-794, 1981.

ORLANDO F<sup>o</sup>. J.; HAAG, H.P. Levantamento do estado nutricional de N, P, K, Ca, Mg e S em 16 variedades da cana-de-açúcar (*saccharum spp.*) pela análise foliar. **Brasil Açúcareiro**, Piracicaba, v.88, p.11-27, 1976.

KURIHARA, C.H. **Demanda de nutrientes pela soja e diagnose de seu estado nutricional**. 2004. 101p. Tese (Doutorado) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa.

MAIA, C.E. Análise crítica da fórmula original de Beaufils no cálculo dos índices DRIS: a constante de sensibilidade. In: WADT, P.G.S.; MALAVOLTA, E. (Org.). **Monitoramento nutricional para a recomendação de adubação de culturas**. Piracicaba: Potafos, 1999. 1 CD-ROM.

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

MOURÃO FILHO, F.A.A.; AZEVEDO, J.C.; NICK, J.A. Funções e ordem da razão dos nutrientes no estabelecimento de normas DRIS em laranja 'Valência'. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.37, p.185-192, 2002.

PAYNE, G.G.; RECHCIGL, J.E.; STEPHENSON, R.L. Development of Diagnosis and Recommendation Integrated System norms for Bahiagrass. **Agronomy Journal**, Madison, v.28, p.930-934, 1990.

PARTELLI, F.L.; VIEIRA, H.D.; COSTA, A.N. Diagnóstico nutricional em cafeeiro conilon orgânico e convencional no Espírito Santo, utilizando o DRIS. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.35, p.1456-1460, 2005.

PARTELLI, F.L.; VIEIRA, H.D.; MONNERAT, P.H.; VIANA, A.P. Estabelecimento de normas DRIS em cafeeiro conilon orgânico e convencional no Estado do Espírito Santo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v.30, p.443-451, 2006.

PELTIER, M.R.; WILCOX, C.J.; SHARP, D.C. Thecnical note: Application of the Box e Cox data transformation to animal science experiments. **Journal of Animal Science**, Flórida, v.76, p.847-849, 2008.

PRADO, R.M.; ROZANE, D.E.; VALE, D.W. ; CORREIA, M.A.R.; SOUZA, H.A. **Nutrição de plantas: diagnose foliar em grandes culturas**. Jaboticabal: Unesp, 2008. 301p.

RAMAKRISHNA, A.; BAILEY, J.S.; KIRCHHOF, G. A preliminary diagnosis and recommendation integrated system (DRIS) model for diagnosing the nutrient status of sweet potato (*Ipomoea batatas*). **Plant and Soil**, New York, v.316, p.107-116, 2009.

RATHFON, R.A.; BURGER, J.A. Diagnosis and recommendation integrated system modifications for Frase Fir Christmas Trees. **Soil Science Society of America Journal**, Madison, v.55, p.1026-1031, 1991.

REIS JR., R.A. **Diagnose nutricional da cana-de-açúcar com o uso do Sistema Integrado de Diagnose e Recomendação (DRIS)**. 1999. 141f. Tese (Doutorado em Produção Vegetal) - Universidade Estadual do Norte Fluminense, Campos dos Goytacazes, 1999.

REIS JR., R.A.; CORRÊA, J.B.; CARVALHO, J.G.; GUIMARÃES, P.T.G. Estabelecimento de normas DRIS para o cafeeiro no Sul de Minas Gerais:1ª aproximação. **Ciência Agrotécnica**, Lavras, v.26, p.269-282, 2002.

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

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

SILVA, F.C. **Manual de análises químicas em solos, plantas e fertilizantes.**/editor técnico: Fábio Cesar da Silva, 2ª ed.rev.ampl. -Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica, 2009. 627p.

SILVA, L.C. **Diagnose nutricional e Potencial de Resposta à Adubação em cana-de-açúcar na Região de Tabuleiros Costeiros em Alagoas.** Recife-Pe: UFRPE, 2010. Exame de Qualificação (Doutorado em Solos) - Universidade Federal Rural de Pernambuco.

SOKAL, R.R.; ROHLF, F.J. **Biometry:** the principles and practices of statistics in biological research. 3. ed. New York: Freeman, 1994. 880p.

SOUZA, J.L.; MOURA FILHO, G.; LYRA, R.F.F. TEODORO, I.; SANTOS, E.A.; SILVA, J.L.; SILVA, P.R.T.; CARDIM, A.H.; AMORIN, E.C. Análise da precipitação pluvial e temperatura do ar na região do tabuleiro costeiro de Maceió, AL, período de 1972-2001. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, Santa Maria, v.12, p.131-141, 2004.

SUMNER, M.E. Use of the DRIS system in foliar diagnosis of crops at high yield levels. **Communication in Soil Science and Plant Analysis**, New York, v.8, p.251-268, 1977.

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**, Brasília, v.41, p.1421-1428, 2006.

WADT, P.G.S. **Os métodos da chance matemática e do sistema integrado de diagnose e recomendação (DRIS) na avaliação nutricional de plantios de eucalipto.** 1996. 123p. Tese (Doutorado) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa.

WADT, P.G.S.; NOVAIS, R.F.; ALVAREZ V, V.H.; FONSECA, S.; BARROS, N.F.; DIAS, L.E. Três métodos de cálculo do Dris para avaliar o potencial de resposta à adubação de árvores de eucalipto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.22, p.661-666, 1998.

WADT, P.G.S.; NOVAIS, R.F.; ALVAREZ VENEGAS, V.H.; BARROS, N.F.; DIAS, L.E. Variações no estado nutricional de eucaliptos por influência do material genético e da idade da árvore. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.34, p.1797-1803, 1999.

WADT, P.G.S. Relationships between soil class and nutritional status of coffee plantations. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v.29, p.227-234, 2005.

WALWORTH, J.L.; SUMNER, M.E. Foliar diagnosis: a review. In: TINKER, B.P. (Ed.) **Advances in plant nutrition**. New York: Elsevier, 1986. p.193-241.

WALWORTH, J.L.; SUMNER, M.E. The diagnosis and recommendation integrated system (DRIS). In: STEWART, B.A. (Ed.). **Advances in Soil Science**. New York: Springer, v.6, p.149-188, 1987.

WILKS, S.S. The likelihood test of independence in contingency tables. **The annals of mathematical statistics**, Beachwood, v.6, p.190-196, 1935.

## CAPÍTULO 3

### COMPARAÇÃO DE MÉTODOS DRIS E CND PARA CANA-DE-AÇÚCAR NA REGIÃO DE CORURIBE EM ALAGOAS

#### RESUMO

No Nordeste o cultivo da cana-de-açúcar sempre se destacou em razão de sua importância social e econômica e representa a principal cultura da região. Particularmente em Alagoas, as inovações tecnológicas desse cultivo vêm sendo adotadas com mais persistência e perseverança, o que tem causado aumento significativo de produtividade, tornando o estado de Alagoas referência nordestina em produção de cana-de-açúcar. Esse trabalho teve como finalidade comparar o diagnóstico nutricional de cinco métodos diferentes de cálculo dos Índices do Sistema Integrado de Diagnóstico e Recomendação (DRIS) e Diagnóstico da Composição Nutricional (CND) na avaliação de lavouras comerciais de cana-de-açúcar, no município de Coruripe em Alagoas. O banco de dados foi composto por 183 amostras, sendo 31 correspondentes às áreas de alta produtividade (população de referência com  $TCH \geq 80 \text{ t ha}^{-1}$ ) e 152 para as áreas de baixa produtividade ( $TCH < 80 \text{ t ha}^{-1}$ ). O grupo de alta produtividade foi utilizado como referência para gerar as normas DRIS. Os índices DRIS foram calculados pelos métodos DRIS Beaufils, DRIS Jones, DRIS Elwali e Gascho, M-DRIS Beaufils, M-DRIS Jones, como também índices CND. A diagnose nutricional, dependendo do método DRIS utilizado para realizar a avaliação nutricional do canavial, pode conduzir a interpretações distintas, comprometendo as recomendações de fertilizantes. Os métodos DRIS Beaufils, DRIS Jones, M-DRIS Beaufils e M-DRIS Jones tendem pela concordância quanto ao diagnóstico nutricional da cana-de-açúcar na região de Coruripe em Alagoas. O método CND foi discordante no diagnóstico nutricional de N e Mn, quando comparado a todos os demais métodos estudados. Os métodos M-DRIS Beaufils e M-DRIS Jones apresentaram correlação mais elevada do que os outros métodos estudados neste trabalho.

Palavras-chave: cana-de-açúcar, diagnose nutricional, DRIS

## COMPARISON OF DRIS METHODS DRIS E CND FOR THE SUGARCANE IN THE REGION OF CORURIFE-ALAGOAS

### ABSTRACT

In the Northeast, the sugarcane production has always stood out because of its social and economic importance and because it is the principal crop of the region. However, the constant increase of technical packages capable of modernizing the agricultural production in the northeast has been culturally rejected by the major producers in the region. Especially in Alagoas, sugar cane technological innovation is being taken with more persistence and perseverance, which has caused a significant increase in productivity, thus making the State of Alagoas a reference in the sugarcane production. With that in mind, this work aimed to compare the nutritional diagnosis of 5 different methods of calculating the indexes of the Diagnosis and Recommendation Integrated System (DRIS) and Compositional Nutrient Diagnosis (CND), in the evaluation of sugarcane commercial fields in the city of Coruripe in Alagoas. The data bank was composed by 183 samples, 31 of those corresponding to areas with a higher yield (reference population with  $TCH \geq 80 \text{ t ha}^{-1}$ ) and 152 corresponding to areas with a lower yield ( $TCH < 80 \text{ t ha}^{-1}$ ). The group with a higher yield was used as a reference in order to generate the dris norms. The DRIS indexes were calculated by DRIS Beaufils', DRIS Jones', DRIS Elwali and Gascho's, M-DRIS Beaufils', M-DRIS Jones' methods, and as CND indexes as well. The nutritional diagnosis, depending on the chosen method used to make the nutritional evaluation of the crop, can lead to different interpretations,, compromising the recommendation of fertilizers. The DRIS Beaufils', DRIS Jones', M-DRIS Beaufils' and M-DRIS Jones' methods tend to be consistent regarding the the sugar cane nutritional diagnosis in the region of Coruripe, Alagoas. The CND method was not found in concordance with the N and Mn nutrients, compared to all the other methods verified in this study. M-DRIS Beaufils and M-DRIS Jones showed a slightly higher correlation compared to the other methods studied in this work.

Keywords: sugarcane, nutritional diagnosis, DRIS

## 1. INTRODUÇÃO

Atualmente o Brasil é o maior produtor de açúcar de cana do mundo. A produção do açúcar no Estado de Alagoas tende a crescer e, para isso, a utilização de moderna tecnologia agrícola tornar-se-á indispensável. Devido à contribuição da diagnose foliar no auxílio da interpretação de desequilíbrios nutricionais das culturas, diversas metodologias foram sugeridas para interpretar os resultados da análise foliar, juntamente com a análise do solo.

Estudos em que se utiliza a diagnose foliar têm sido eficientes, pois a planta é o próprio extrator de nutrientes do solo, o que possibilita um diagnóstico nutricional direto (Beaufils, 1973). A correta interpretação de resultados de análises foliares proporciona informações que favorecem o uso racional de insumos, evita desperdício, melhora o equilíbrio nutricional das plantas e, conseqüentemente, proporciona aumento da produtividade. Portanto, preconiza-se a utilização de métodos que disponibilizem subsídios para um diagnóstico nutricional eficiente e prático, a partir de resultados analíticos das folhas de uma planta (Partelli et al., 2005).

A principal premissa para a utilização de uma das metodologias, que é a do método DRIS (Sistema Integrado de Diagnose e Recomendação), preconiza relações duais entre os nutrientes, diagnosticando melhor o equilíbrio nutricional do que o teor do nutriente individualmente (Jones, 1981). O DRIS preconizado por Beaufils (1973) é um método de diagnose nutricional que se baseia no cálculo de índices para cada par de nutrientes. Envolve a comparação das razões de cada par de nutrientes com as razões médias de uma população de referência (Dias et al., 2010b).

Para Baldock & Schult (1996) o método DRIS baseia-se no conceito do balanço nutricional, ou de equilíbrio entre os nutrientes nos tecidos das plantas, apresentando índices para cada nutriente, denominados índices DRIS e que, são avaliados pela relação entre as razões dos teores de cada elemento com os demais, obtidos de amostras provenientes de plantas altamente produtivas (Bataglia et al., 2004; Partelli et al., 2006). Segundo Urano et al. (2006), a compreensão dos princípios considerados por diferentes métodos de diagnose, bem como a comparação de seus resultados de interpretação, é importante para utilização criteriosa dessas ferramentas de análise.

Este trabalho teve como objetivo avaliar e comparar métodos DRIS e CND para a diagnose nutricional da cana-de-açúcar na região de Coruripe em Alagoas, visando estabelecer padrões, identificar e hierarquizar as limitações nutricionais e comparar as diversas metodologias de interpretação de análise foliar.

## 2. MATERIAL E MÉTODOS

Para estabelecimento das normas DRIS para cana-de-açúcar foi realizada amostragem de folhas em áreas comerciais da cultura na safra 2008/2009 no município de Coruripe em Alagoas, bem como registrado seu rendimento agrícola. A região apresenta clima quente e úmido, precipitação pluvial anual elevada (1.500 – 2.000 mm) e temperatura média anual de 28 °C (Souza et al., 2004). Os solos predominantes na região são os Argissolos Amarelos distróficos fragipânicos, Argissolos Acinzentados distróficos fragipânicos e duripânicos, Argissolos Amarelos distróficos latossólicos e Espodossolos Ferrocárbicos fragipânicos e duripânicos (Silva, 2010). A textura do horizonte A predominante é arenosa e do horizonte B é argilosa, com exceção dos Espodossolos. O relevo dominante na área é o plano a suave ondulado. Os solos dessa área são desenvolvidos de sedimentos Terciários da Formação Barreiras. Esses solos são caracterizados por apresentar baixa CTC, pobreza em bases trocáveis, baixos teores de P e teores elevados de Al trocável. Aliada à baixa CTC está associada à baixa capacidade de retenção de água. Com relação aos micronutrientes apresentam baixos teores de Zn, Cu e Mn.

A calagem foi realizada no plantio, usando o método de saturação por bases, visando elevá-la a 70%. A adubação de plantio foi feita com o seguinte manejo: a) adubação de inverno usando como adubação verde a *Crotalaria spectabilis* associada a 42 kg ha<sup>-1</sup> de N, 60 kg ha<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, 144 kg ha<sup>-1</sup> de K<sub>2</sub>O, 0,48 kg ha<sup>-1</sup> de B, 0,84 kg ha<sup>-1</sup> de Cu, 2,52 kg ha<sup>-1</sup> de Mn e 0,84 kg ha<sup>-1</sup> de Zn; b) adubação de verão utilizando o resíduo proveniente da indústria sucro-alcooleira (20 t ha<sup>-1</sup> no fundo do sulco) associado a 30 kg ha<sup>-1</sup> de N, 30 kg ha<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, 72 kg ha<sup>-1</sup> de K<sub>2</sub>O, 0,24 kg ha<sup>-1</sup> de B, 0,42 kg ha<sup>-1</sup> de Cu, 1,26 kg ha<sup>-1</sup> de Mn e 0,42 kg ha<sup>-1</sup> de Zn.

A adubação da soqueira foi realizada do seguinte modo: a) até 4ª folha – 96 kg ha<sup>-1</sup> de N, 36 kg ha<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> e 144 kg ha<sup>-1</sup> de K<sub>2</sub>O; b) 5ª folha em diante - 90 kg ha<sup>-1</sup> de N e 140 kg ha<sup>-1</sup> de K<sub>2</sub>O.

As variedades cultivadas na região de coleta das folhas foram RB72454, RB75126, RB83594, RB845210, RB855113, RB855463, RB855536, RB867515, RB92579, RB93509, RB98710, SP75-3046, SP79-1011, SP81-3250, SP83-2847 e Co997. As cinco variedades predominantes na região de Coruripe na safra 2008/2009 foram RB92579, RB93509, RB867515, SP79-1011 e Co997.

A coleta das amostras de folhas de cana-de-açúcar foi realizada em áreas comerciais de cana-planta e cana-soca, perfazendo um total de 183 amostras. Cada amostra foi constituída de 30 folhas coletadas aleatoriamente em cada lote de cana, identificando-se o nome da fazenda, bloco, talhão, variedade e idade da folha. A coleta foi realizada no início da estação chuvosa, que compreende o período de elevada absorção de nutrientes para atender a fase de estabelecimento e crescimento para formação da colheita em que corresponde ao mês de abril.

Foram coletadas folhas da posição +3, pelo sistema de Kuijper, sendo utilizados para análise química os 20 cm medianos, descartando-se a nervura central das plantas, conforme descrito por Malavolta et al. (1997) e Silva (2009).

As amostras de folhas foram submetidas à secagem em estufa a 65 °C com circulação forçada de ar por 72 h e passadas em moinho tipo Wiley, com peneiras de 20 mesh. O N nas folhas foi mineralizado em digestão sulfúrica e dosado utilizando-se o método de micro Kjeldahl, segundo metodologia descrita por Malavolta et al. (1997). Os demais nutrientes foram mineralizados em digestão nítroperclórica e os extratos obtidos dosados pelos seguintes métodos: O P foi analisado colorimetricamente pelo método do molibdato; o K por fotometria de chama; o Ca, Mg, Mn, Zn, Fe e Cu por espectrofotometria de absorção atômica; o S por turbidimetria; e o B por digestão via seca pelo método da incineração. Todas as análises químicas foram realizadas de acordo com os métodos propostos por Malavolta et al. (1997).

Dados de produtividade foram registrados nos locais amostrados, quando a cana-de-açúcar atingiu o ponto de colheita, que, juntamente com seus respectivos teores foliares de nutrientes, formaram um banco de dados que foi utilizado para gerar as normas DRIS, M-DRIS e CND para a cana-de-açúcar (Tabela 1, 2 e 3).

Tabela 1 – Fator de transformação de Box-Cox, média (Md), desvio-padrão (s) e coeficiente de variação (CV) das relações entre os nutrientes selecionadas como normas DRIS para cana-de-açúcar, na safra 2008/2009 na região de Coruripe em Alagoas, na subpopulação de alta produtividade

Relação	Fator	Md	s	CV	Asim	Curt	Relação	Fator	Md	s	CV	Asim	Curt
N/P	-	9,467	1,722	18,2	-0,114	-0,719	S/Ca <sup>(2)</sup>	0,20	5,041	0,693	13,7	0,023	-0,172
K/N <sup>(1)</sup>	-	6,112	1,076	17,6	0,231	-0,534	Zn/Ca <sup>(1)</sup>	-0,35	2,077	0,104	5,0	0,028	-1,072
N/Ca	-	4,784	1,393	29,1	0,333	-0,470	Fe/Ca	-0,10	2,232	0,265	11,9	-0,044	0,241
Mg/N <sup>(2)</sup>	-	13,770	4,387	31,9	-0,034	-1,469	Ca/Mn <sup>(3)</sup>	0,20	9,633	2,037	21,1	-0,008	-0,615
N/S	-	15,073	5,126	34,0	0,333	-0,420	Cu/Ca <sup>(1)</sup>	-	11,966	3,576	29,9	0,379	-0,567
Zn/N <sup>(1)</sup>	-	9,459	2,600	27,5	0,544	0,377	B/Ca <sup>(1)</sup>	0,20	4,490	0,675	15,0	0,009	-0,457
N/Fe <sup>(2)</sup>	-	37,233	7,181	19,3	-0,489	-0,097	Mg/S <sup>(1)</sup>	0,15	3,681	0,623	16,9	-0,048	-1,103
N/Mn <sup>(2)</sup>	0,15	6,565	1,221	18,6	-0,044	-0,408	Zn/Mg	-0,20	1,600	0,270	16,9	0,009	-0,654
Cu/N <sup>(2)</sup>	-	25,432	4,859	19,1	0,101	-0,514	Fe/Mg	0,10	3,569	0,520	14,6	-0,020	-0,969
N/B <sup>(1)</sup>	-	19,210	3,711	19,3	-0,217	-0,572	Mg/Mn <sup>(3)</sup>	0,30	11,000	2,562	23,3	0,001	0,229
P/K <sup>(2)</sup>	-	18,073	2,931	16,2	0,376	0,024	Cu/Mg <sup>(1)</sup>	-	20,059	6,221	31,0	0,435	-0,732
P/Ca <sup>(1)</sup>	-0,10	1,468	0,317	21,6	0,006	-0,607	B/Mg	-0,25	1,172	0,254	21,7	0,009	-1,132
P/Mg <sup>(1)</sup>	-	8,680	2,806	32,3	0,270	-0,956	Zn/S	0,40	4,544	1,074	23,6	-0,040	-0,164
P/S <sup>(1)</sup>	-	16,568	6,515	39,3	0,136	-1,435	Fe/10S	-0,25	1,141	0,257	22,5	0,027	-0,160
P/Zn <sup>(3)</sup>	-	121,469	29,790	24,5	0,108	-0,764	Mn/S	0,30	4,322	1,387	32,1	-0,001	-0,323
Fe/P	-	26,485	7,400	27,9	0,548	-0,348	Cu/S <sup>(1)</sup>	-	36,772	9,436	25,7	-0,245	-0,248
P/Mn <sup>(3)</sup>	0,10	5,894	1,018	17,3	0,002	-0,773	B/S	0,35	3,001	0,878	29,3	-0,070	-1,092
Cu/P <sup>(1)</sup>	-	23,988	5,921	24,7	-0,011	-1,055	Fe/Zn <sup>(1)</sup>	-	31,391	9,213	29,3	0,338	-0,447
B/P	-	5,040	1,021	20,3	0,409	0,348	Zn/Mn <sup>(1)</sup>	-0,05	2,027	0,580	28,6	-0,008	-0,932
K/Ca <sup>(1)</sup>	0,40	7,027	1,404	20,0	-0,033	-0,655	Zn/Cu <sup>(1)</sup>	-0,25	2,367	0,138	5,8	-0,078	-0,130
Mg/K <sup>(2)</sup>	0,10	3,612	0,534	14,8	-0,031	-0,590	B/Zn <sup>(1)</sup>	-	6,052	1,688	27,9	0,341	-0,443
K/S	0,10	2,406	0,564	23,4	-0,015	-0,925	Fe/Mn <sup>(1)</sup>	0,20	4,657	1,278	27,4	-0,079	-1,167
Zn/K <sup>(1)</sup>	-	15,684	4,281	27,3	0,696	0,171	Cu/Fe <sup>(2)</sup>	-	9,388	2,176	23,2	-0,359	-0,302
Fe/K	-	4,710	1,263	26,8	0,603	-0,202	Fe/B	-	5,392	1,641	30,4	0,689	-0,210
K/Mn <sup>(2)</sup>	0,00	4,035	0,698	17,3	-0,011	-0,962	Cu/Mn <sup>(2)</sup>	0,20	4,468	1,169	26,2	-0,008	-0,615
Cu/K <sup>(2)</sup>	-	43,070	11,323	26,3	-0,249	-1,009	B/Mn <sup>(2)</sup>	0,15	5,374	1,198	22,3	0,000	-0,411
K/B <sup>(2)</sup>	-	115,697	23,061	19,9	0,070	-0,490	Cu/B <sup>(2)</sup>	-	48,540	12,093	24,9	0,201	-0,706
Mg/Ca <sup>(1)</sup>	-	6,242	1,808	29,0	0,316	-0,227							

<sup>(1)</sup> Relação multiplicada por 10; <sup>(2)</sup> Relação multiplicada por 100; <sup>(3)</sup> Relação multiplicada por 1000.

Tabela 2 – Fator de transformação de Box-Cox, média (Md), desvio-padrão (s) e coeficiente de variação (CV) dos teores de nutrientes selecionados como normas M-DRIS para cana-de-açúcar, na safra 2008/2009 na região de Coruripe em Alagoas, na subpopulação de alta produtividade

Variável	Fator	Md	s	CV
N (g kg <sup>-1</sup> )	-	17,290	2,516	14,6
P (g kg <sup>-1</sup> )	-	1,850	0,249	13,5
K (g kg <sup>-1</sup> )	-	10,390	1,329	12,8
Ca (g kg <sup>-1</sup> )	-	3,920	1,246	31,8
Mg (g kg <sup>-1</sup> )	-	2,350	0,763	32,5
S (g kg <sup>-1</sup> ) <sup>(1)</sup>	-0,6	1,283	0,082	6,4
Zn (mg kg <sup>-1</sup> )	-1,0	0,935	0,013	1,4
Fe (mg kg <sup>-1</sup> )	-	48,100	11,230	23,4
Mn (mg kg <sup>-1</sup> )	-0,1	2,504	0,492	19,6
Cu (mg kg <sup>-1</sup> )	-	4,400	0,989	22,5
B (mg kg <sup>-1</sup> )	-	9,300	1,848	19,9

<sup>(1)</sup> Valor do S foi multiplicado por 10 antes de proceder à transformação Box e Cox.

Tabela 3 – Média (Md), desvio-padrão (s), coeficiente de variação (CV) e de assimetria (Asim) das variáveis multinutrientes e média geométrica dos constituintes de massa seca (G), selecionados como normas CND para cana-de-açúcar, na safra 2008/2009 na região de Coruripe em Alagoas, na subpopulação de alta produtividade

Variável	Md	s	CV	Asim
G	589,945	77,775	13,2	0,131
V <sub>N</sub>	3,375	0,127	3,8	0,529
V <sub>P</sub>	1,144	0,172	15,0	0,346
V <sub>K</sub>	2,868	0,206	7,2	0,548
V <sub>Ca</sub>	1,852	0,265	14,3	0,249
V <sub>Mg</sub>	1,339	0,266	19,9	-0,103
V <sub>S</sub>	0,722	0,299	41,4	0,573
V <sub>Zn</sub>	-3,625	0,244	6,7	-0,150
V <sub>Fe</sub>	-2,525	0,209	8,3	0,445
V <sub>Mn</sub>	-3,469	0,568	16,4	0,206
V <sub>Cu</sub>	-4,920	0,168	3,4	-0,890*
V <sub>B</sub>	-4,166	0,200	4,8	0,170

\* Significativo a 5% de probabilidade pelo teste t. Os demais coeficientes não são significativos até 10% de probabilidade.

## Procedimentos para cálculo dos métodos DRIS

O cálculo dos índices DRIS foi realizado utilizando-se os seguintes métodos: DRIS Beaufils, DRIS Jones, DRIS Elwali e Gascho, M-DRIS Beaufils e M-DRIS Jones, bem como calculou-se também os índices CND.

Foram calculadas as funções DRIS pela fórmula proposta por Beaufils (1973), atualizada por Maia (1999), expressa pela relação (A/B) para amostra, (a/b) para a população de alta produtividade ou de referência, (s) para o desvio-padrão da relação entre os nutrientes da população de referência e (k) constante de sensibilidade com valor igual a 10. Desta forma calculou-se a função f(A/B) de acordo com os critérios descritos nas equações 5, 6 e 7:

d) Para  $A/B > a/b$

$$f(A/B) = \left( \frac{(A/B) - (a/b)}{s(a/b)} \right) k \quad (5)$$

e) Para  $A/B = a/b$

$$f(A/B) = 0 \quad (6)$$

f) Para  $A/B < a/b$

$$f(A/B) = \left( \frac{(A/B) - (a/b)}{s(a/b)} \right) k \left( \frac{(a/b)}{(A/B)} \right) \quad (7)$$

O método de Jones (1981) baseia-se na equação 8:

$$f(A/B) = \left( \frac{(A/B) - (a/b)}{s(a/b)} \right) k \quad (8)$$

O método Elwali e Gascho (1984) estabelece uma modificação no cálculo da função, que consiste em considerar como balanceada, a relação entre dois nutrientes que estiver dentro da faixa entre  $a/b \pm s_{(a/b)}$  (equações 9, 10 e 11) e os procedimentos para os cálculos são os mesmos propostos por Beaufils (1973).

a) Para  $A/B > a/b + s_{(a/b)}$

$$f(A/B) = \left( \frac{(A/B) - (a/b)}{s(a/b)} \right) k \quad (9)$$

b) Para  $a/b - s_{(a/b)} \leq A/B \leq a/b + s_{(a/b)}$

$$f(A/B) = 0 \quad (10)$$

c) Para  $A/B < a/b - s_{(a/b)}$

$$f(A/B) = \left( \frac{(A/B) - (a/b)}{s(a/b)} \right) k \left( \frac{(a/b)}{(A/B)} \right) \quad (11)$$

O método do M-DRIS (Hallmark et al., 1987) além de considerar as relações entre os nutrientes incorpora os teores dos nutrientes nos seus cálculos. Adotaram-se duas situações envolvendo nos cálculos as considerações feitas por Beaufils (1973) e Jones (1981) para as relações entre os nutrientes (equações 5, 6, 7 e 8) e para os teores dos nutrientes (equações 12, 13, 14 e 15) conforme método adotado.

M-DRIS Beaufils para o teor do nutriente:

a) Para  $A > a$

$$f(A) = \left( \frac{A - a}{s(a)} \right) k \quad (12)$$

b) Para  $A = a$

$$f(A) = 0 \quad (13)$$

c) Para  $A < a$

$$f(A) = \left( \frac{A - a}{s(a)} \right) k \left( \frac{a}{A} \right) \quad (14)$$

M-DRIS Jones para o teor do nutriente:

$$f(A) = \left( \frac{A - a}{s(a)} \right) k \quad (15)$$

em que,

$f(A)$  = função do teor do nutriente;

$A$  = teor do nutriente da amostra;

$a$  = teor do nutriente da população de referência (norma);

$s(a)$  = desvio-padrão do teor do nutriente da população de referência (norma);

$k$  = constante de sensibilidade com valor igual a 10.

Com o resultado de cada função M-DRIS calculou-se o índice DRIS para cada nutriente (equação 16), mostrando que além das relações entre nutrientes, utilizou-se também o teor do nutriente:

$$\text{Índice } A = \frac{\sum_{i=1}^n f(A/Bi) - \sum_{i=1}^m f(Bi/A) + f(A)}{n + m + 1} \quad (16)$$

em que,

Índice A = índice DRIS do nutriente “A”;

$\sum_{i=1}^n f(A/Bi)$  = Somatório das funções em que o nutriente “A” encontra-se no numerador;

$\sum_{i=1}^m f(Bi/A)$  = Somatório das funções em que o nutriente “A” encontra-se no denominador;

$f(A)$  = função do teor de nutriente;

$n$  = número de funções em que o nutriente se encontra no numerador da relação;

$m$  = número de funções em que o nutriente se encontra no denominador da relação.

Com o resultado de cada cálculo da função DRIS, se calculou o índice DRIS (equação 17) para todos os métodos DRIS, com exceção do método M-DRIS.

$$\text{Índice } A = \frac{\sum_{i=1}^n f(A/Bi) - \sum_{i=1}^m f(Bi/A)}{n + m} \quad (17)$$

Depois de calculados os índices DRIS dos nutrientes se calculou o índice de balanço nutricional médio (IBNm), que consiste no somatório dos valores absolutos dos índices DRIS obtidos para cada nutriente, dividido pelo número de nutrientes que compõem o IBNm, descrito como (z), conforme a equação 18:

$$IBNm = \frac{1}{z} \sum_{i=1}^z |\text{Índice } Ai| \quad (18)$$

Para os procedimentos de cálculo do método CND (Parent & Dafir, 1992), utilizou-se os teores foliares dos talhões da população de referência e calculou-se o  $V_i$ , que corresponde as variáveis multinutriente do nutriente  $A_i$  (N, P, K, Ca, Mg, S, Cu, B, Zn, Mn e Fe), de acordo com as equações 19, 20 e 21.

$$R = 10^6 \text{ mg kg}^{-1} - \sum_{i=1}^d A_i \quad (19)$$

$$G = (N \cdot P \cdot K \cdot \dots \cdot R)^{\left(\frac{1}{d+1}\right)} \quad (20)$$

$$V_i = \ln(A_i / G) \quad (21)$$

em que:

R = valor do complemento para  $10^6 \text{ mg kg}^{-1}$  da composição nutricional total em relação a soma dos teores dos nutrientes;

$A_i$  = teor do nutriente em estudo,  $\text{mg kg}^{-1}$ ;

G = média geométrica das concentrações dos constituintes da massa da matéria seca;

d = número dos nutrientes envolvidos na diagnose;

$V_i$  = variável multinutriente do nutriente  $A_i$ .

O índice CND foi calculado pela diferença entre a variável multinutriente do talhão avaliado ( $V_i$ ) e na média da população de referência ( $V_a$ ), dividido pelo desvio-padrão desta variável na população de referência ( $s(a)$ ), conforme equação 22:

$$I_A = \frac{(V_i - V_a)}{s(a)} \quad (22)$$

A interpretação dos índices DRIS, M-DRIS e CND foram realizadas pelo método do potencial de resposta à adubação (PRA), a partir de cinco classes (Wadt, 2005). Este método é baseado na comparação do módulo do índice DRIS de cada nutriente (Índice N) com o valor do índice de balanço nutricional médio (IBNm). Nesse caso, se verifica se o desequilíbrio atribuído a um determinado nutriente é maior ou menor que o desequilíbrio atribuído à média de todos os nutrientes (Tabela 4) (Wadt et al., 1998).

Foram obtidas pelo PRA cinco classes: positiva (P), positiva ou nula com baixa probabilidade (PZ), nula (Z), negativa com baixa probabilidade (NZ) e negativa com alta probabilidade (N) os nutrientes que estavam deficientes, provavelmente deficientes, equilibrados, provavelmente excessivos e excessivos, segundo o diagnóstico produzido pelos diferentes métodos de diagnóstico nutricional. Esse mesmo procedimento foi adotado quando se optou por apenas três classes de interpretação. Nesse caso, o estado nutricional foi identificado como deficiente (P + PZ), equilibrado (Z) e excessivo (NZ + N).

Em seguida, avaliou-se o grau de concordância entre os diagnósticos obtidos pelo uso dos diferentes métodos utilizados para cálculo dos índices DRIS. Se, para um dado nutriente, o diagnóstico (deficiente, equilibrado ou excessivo) foi o mesmo entre os dois métodos distintos, ele foi considerado concordante. Se o diagnóstico foi distinto, ele foi considerado não concordante. Computou-se, então, a percentagem de diagnósticos concordantes, para o total dos métodos avaliados. Por fim, calculou-se a frequência com que cada nutriente foi identificado como tendo respostas à adubação nas classes P, PZ, Z, NZ e N e nas três classes (P + PZ, Z e NZ + N).

Em seguida, procedeu-se a comparação entre as classes observadas pelos diferentes métodos de cálculo dos índices DRIS e CND pelo Teste de Razão de Verossimilhança Qui-Quadrado, conhecido também como teste G (equação 23). Esse teste é usado em fenômenos biológicos, na avaliação de qualidade de ajuste em estatística multivariada, com regressão logística e independência em tabelas de contingência (Wilks, 1935; Sokal & Rohlf, 1994). A avaliação desse teste foi calculada com o auxílio do Microsoft Excel<sup>TM</sup>.

$$G = 2 \sum_{i=1}^k fo \ln \left( \frac{fo}{fe} \right) \quad (23)$$

em que,

$G$  = teste de Razão de Verossimilhança Qui-Quadrado (teste G)

$fo$  = frequência observada;

$fe$  = frequência esperada;

$K$  = número de classes.

Tabela 4 – Critérios para a interpretação dos valores dos índices DRIS baseada no método do potencial de resposta à adubação (PRA)<sup>(1)</sup>

Estado nutricional	Potencial de resposta à adubação	Critério
Deficiente e limitante	Positiva, com alta probabilidade (P)	1. Índice N < 0 2.  Índice N  > IBNm 3. Índice N é o índice de menor valor
Provavelmente deficiente	Positiva ou nula, com baixa probabilidade (PZ)	1. Índice N < 0 2.  Índice N  > IBNm
Equilibrado	Nula (Z)	1.  Índice N  ≤ IBNm
Provavelmente excessivo	Negativa, com baixa probabilidade (NZ)	1. Índice N > 0 2.  Índice N  > IBNm
Excessivo	Negativa, com alta probabilidade (N)	1. Índice N > 0 2.  Índice N  > IBNm 3. Índice N é o índice de maior valor

<sup>(1)</sup> Wadt et al. (1998) e Wadt (2005). Índice N = índice DRIS do nutriente; IBNm = índice de balanço nutricional médio.

### 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Ao se comparar os diagnósticos nutricionais dos diferentes métodos utilizados para obtenção dos índices DRIS e CND por meio do PRA, observou-se concordância superior a 90% entre os diagnósticos produzidos pelo método DRIS Beaufils, DRIS Jones, M-DRIS Beaufils e M-DRIS Jones. Entretanto, quando os diagnósticos obtidos pelos métodos DRIS Jones, DRIS Elwali e Gascho e CND foram comparados entre si, a concordância foi inferior a 90%. Os métodos DRIS Beaufils e M-DRIS Beaufils apresentaram diagnóstico concordante para 95,6% dos resultados analisados (Tabela 5).

Considerando apenas as três classes de interpretação do PRA, observou-se que a concordância do diagnóstico nutricional do método DRIS Beaufils com M-DRIS Beaufils passou a ser ainda maior do que na interpretação mais ampla do PRA, chegando a ser de 96,6%. Para os métodos DRIS Elwali e Gascho e CND a concordância entre os diagnósticos nutricionais ficou abaixo de 90% (Tabela 6). Os nutrientes que proporcionaram menores valores de concordância foram N, Mn e Cu, tanto para as cinco classes, quanto para as três classes (Tabela 5 e 6).

Tabela 5 - Percentagem de concordância nos diagnósticos nutricionais (deficiente, provavelmente deficiente, equilibrado, provavelmente excessivo e excessivo) obtidos a partir de índices DRIS gerados pelos métodos DRIS Beaufils, DRIS Jones, DRIS Elwali e Gascho, M-DRIS Beaufils, M-DRIS Jones e CND para cana-de-açúcar na região de Coruripe em Alagoas

Nutrientes	DBxDJ	DBxDE	DBxMDHB	DBxMDHJ	DBxCND	DJxDE	DJxMDHB	DJxMDHJ	DJxCND	%						Média
										DEXMDHB	DEXMDHJ	DEXCND	MDHBxMDHJ	MDHBxCND	MDHJxCND	
N	94,5	89,6	97,3	92,9	80,3	86,9	95,6	95,1	78,1	89,1	87,4	78,7	95,1	79,8	78,7	87,9
P	92,3	90,2	95,6	93,4	86,9	85,2	90,7	91,3	86,3	89,1	86,9	83,1	95,1	85,8	82,5	89,0
K	91,3	90,7	93,4	88,5	94,0	88,0	92,3	92,9	91,3	91,3	86,3	87,4	95,1	92,3	90,2	91,0
Ca	91,3	89,1	94,5	89,1	88,0	83,1	89,1	95,6	91,3	88,5	84,7	84,7	90,2	89,1	91,3	89,3
Mg	95,1	87,4	96,7	95,6	94,0	88,0	94,0	95,1	93,4	89,6	88,5	85,8	95,6	95,1	92,9	92,5
S	91,8	89,1	96,7	88,5	87,4	86,9	92,9	94,5	91,3	89,1	86,3	86,3	90,6	88,5	88,5	89,9
Zn	94,0	90,7	94,5	93,4	90,7	91,3	94,0	94,0	91,8	90,7	89,6	91,3	95,6	92,3	90,7	92,3
Fe	94,5	90,7	95,1	92,3	91,3	89,1	92,9	93,4	92,3	92,3	89,1	87,4	92,9	88,5	86,9	91,2
Mn	90,2	80,9	95,6	90,2	83,6	78,1	90,2	97,8	84,2	84,7	79,8	88,5	91,3	86,9	85,8	87,2
Cu	84,2	86,3	95,6	85,2	79,8	83,6	84,7	94,0	86,9	85,2	83,6	80,3	87,4	80,3	86,3	85,6
B	93,4	86,9	96,2	88,5	88,0	89,1	92,9	90,7	89,1	89,1	86,3	85,2	91,3	89,1	86,9	89,5
Média	92,1	88,3	95,6	90,7	87,6	86,3	91,8	94,0	88,7	89,0	86,2	85,3	92,8	88,0	87,3	89,6

Tabela 6 - Percentagem de concordância nos diagnósticos nutricionais (deficiente, equilibrado e excessivo) obtidos a partir de índices DRIS gerados pelos métodos DRIS Beaufils, DRIS Jones, DRIS Elwali e Gascho, M-DRIS Beaufils, M-DRIS Jones e CND para cana-de-açúcar na região de Coruripe em Alagoas

Nutrientes	DBxDJ	DBxDE	DBxMDHB	DBxMDHJ	DBxCND	DJxDE	DJxMDHB	DJxMDHJ	DJxCND	%						Média
										DEXMDHB	DEXMDHJ	DEXCND	MDHBxMDHJ	MDHBxCND	MDHJxCND	
N	95,1	90,2	97,8	93,4	85,2	87,4	96,2	95,1	81,4	88,0	87,4	84,2	96,2	84,2	83,6	89,7
P	95,6	93,4	95,6	94,0	90,2	92,3	94,5	94,0	91,3	91,8	90,7	84,7	96,7	88,5	86,3	92,0
K	94,5	91,8	95,1	90,7	95,6	90,7	95,1	95,1	95,6	91,3	86,9	90,7	95,6	96,2	94,0	93,3
Ca	94,5	90,7	95,1	92,3	92,3	86,3	92,9	95,6	93,4	92,3	90,2	89,6	93,4	92,9	94,0	92,4
Mg	95,6	88,0	96,7	96,2	94,0	89,1	94,5	96,2	94,0	89,1	88,5	84,7	96,2	94,5	92,9	92,7
S	96,7	90,2	97,8	94,5	94,5	92,3	97,8	97,8	96,7	90,7	89,1	91,3	96,2	94,0	95,6	94,3
Zn	96,7	94,0	96,2	96,7	94,0	95,1	96,2	96,7	94,0	94,5	94,0	93,4	98,4	94,5	92,9	95,2
Fe	96,7	95,1	96,7	94,0	94,5	94,0	94,5	95,1	95,6	97,3	94,5	90,2	96,2	92,9	91,3	94,6
Mn	95,6	85,2	97,8	96,7	89,1	83,1	95,6	98,9	86,9	88,0	84,7	95,1	96,7	90,7	87,4	91,4
Cu	91,8	91,8	96,2	92,9	86,3	89,1	92,3	96,7	92,3	89,1	88,5	85,2	94,0	84,2	89,1	90,6
B	95,6	91,8	97,3	91,8	94,0	94,0	95,1	92,9	92,9	94,5	90,7	89,1	94,0	93,4	90,7	93,2
Média	95,3	91,1	96,6	93,9	91,8	90,3	95,0	95,8	92,2	91,5	89,6	88,9	95,8	91,5	90,7	92,7

Urano et al. (2006), estudando o estado nutricional da soja na região sul do Estado de Mato Grosso do Sul pelos métodos DRIS Jones e CND, concluíram que esses métodos tenderam a ser concordantes. Serra et al. (2010), estudando o estado nutricional do algodoeiro no oeste da Bahia, também constataram concordância entre esses mesmos métodos.

Parent et al. (1994), ao avaliarem desequilíbrios nutricionais em plantios de batata, observaram alta correlação entre os métodos DRIS Beaufils e CND, que indicaram, concordância no diagnóstico de nutrientes.

Ao avaliar a frequência de diagnoses concordantes, quanto ao PRA, considerando a avaliação para cada nutriente separadamente, foi verificada não concordância do N para o método diagnóstico CND quando comparado a todos os demais métodos (Tabela 7). Nesse caso, o método CND acusou uma maior probabilidade de resposta para a classe positiva a nula em relação aos demais, como

também na classe de resposta negativa, que apresentou o dobro de valores em relação aos demais métodos. Na região de Coruripe em Alagoas tem empresa agroindustrial adotado um nível de adubação a base de N, na dose de 90 a 96 kg ha<sup>-1</sup> de N, bem superior a necessidade de exigência média da cultura, que é em torno de 1,0 kg t<sup>-1</sup> de N, visto que a média das áreas de baixa produtividade para essa região é em torno de 62 t ha<sup>-1</sup>.

Com relação ao Mn, o método CND diferiu dos métodos DRIS Beaufils, DRIS Jones e M-DRIS Jones por apresentar uma menor resposta a adubação desse micronutriente. Vale salientar, que resposta a campo, no que diz respeito a adubação foliar, na região de Alagoas, tem sido atribuída ao Mn. O método do DRIS Elwali e Gascho diferiu dos métodos DRIS Beaufils, DRIS Jones, M-DRIS Beaufils e M-DRIS Jones, por sua característica de trabalhar com intervalo associado ao desvio-padrão, detectando menos respostas a adubação para o Mn, não deferindo do método CND. Nesse caso, se faz as mesmas considerações feitas na análise das respostas do método CND para o Mn. Esse mesmo comportamento foi observado para o caso do Mg, entre o DRIS Elwali e Gascho com os demais métodos (Tabela 7). Nesse caso, ocorrendo uma menor resposta a adubação com Mg para esse método em relação aos demais.

Para os demais nutrientes (P, K, S, Zn, Fe, Cu e B) não ocorreram diferenças entre os métodos estudados. Para Cu, que foi um dos nutrientes que tinha apresentado uma menor concordância com relação aos métodos e nutrientes avaliados (Tabela 5 e 6), estatisticamente não foi possível essa detecção (Tabela 7). Apesar disso, com relação ao método CND e os demais os valores foram ligeiramente diferentes.

Quando se agrupou as probabilidades de respostas a adubação em três classes para os diferentes métodos e nutrientes, o diagnóstico foi muito semelhante ao constado para as cinco classes apresentadas (Tabela 8). No entanto, por diminuição de grau de liberdade, ocorreu uma ligeira diminuição nas diferenças entre os métodos. Apesar de haver alguma discordância entre os métodos estudados, em alguma situação essa diferença passa a ser não detectada. É o caso, do método de DRIS Beaufils x CND para o Mn.

As maiores probabilidades de respostas positivas a adubação foram para S, K, Mg, Ca, Mn, Cu, Zn e B (Tabela 7 e 8). Nesse caso, se sugere o uso de calcário em socaria, como sendo uma prática que visa fornecer Ca e Mg para a cultura, visto que sua utilização na região de Coruripe tem sido feita por ocasião da renovação do

canavial (média de cinco anos), passando a ser uma medida recomendada para a região pelos diagnósticos realizados nesse trabalho. No caso, do S recomenda-se utilizar fontes de N a base de sulfato, que fornecerá esse nutriente como elemento acompanhante da adubação nitrogenada. A fonte de N normalmente utilizada na região é a uréia que não fornece S e pode estar reduzindo a produtividade na região. Com relação aos micronutrientes, possivelmente, o uso de adubação foliar suprirá essas carências, por serem exigidos em pequenas quantidades, além de sofrerem menos influência do solo e dos nutrientes que vão junto com a adubação via solo (segregação, precipitação).

Wadt (1996) sugere que a recomendação de adubação seja realizada para o nutriente que apresente alta probabilidade de resposta positiva. De modo semelhante, também é interessante práticas de manejo que possibilitem, mesmo que em longo prazo, a redução do suprimento do nutriente com alta probabilidade de resposta negativa à adubação.

Verificam-se correlações positivas e significativas ( $p < 0,01$ ) entre teores foliares de nutrientes e os índices DRIS calculados pelos diferentes métodos e os índices CND (Tabela 9). Essa correlação positiva e significativa aumenta a segurança para utilização dos métodos DRIS apresentados neste trabalho, pois baixos teores de nutrientes estiveram associados a baixos índices DRIS, indicando limitação nutricional.

O N apresentou menor coeficiente de correlação para todos os métodos avaliados, embora significativos. Para os métodos DRIS Beaufils, DRIS Jones, M-DRIS Beaufils e CND, o Mn apresentou a maior correlação, entre o teor foliar e os índices DRIS. Para os métodos DRIS Elwali e Gascho e M-DRIS Jones o nutriente que apresentou maior correlação foi o Fe.

De forma generalizada, as correlações entre teores de nutrientes e índices DRIS foram maiores para os micronutrientes e em relação aos métodos, o M-DRIS Beaufils e o M-DRIS Jones foram os que apresentaram maiores correlações para todos os nutrientes, possivelmente por causa da incorporação do efeito de concentração do nutriente utilizado no cálculo desses índices.

A mesma correlação para micronutrientes dos teores nutricionais e os índices DRIS foi encontrado por Partelli et al. (2006) estudando comparações de dois métodos DRIS e M-DRIS em cafeeiro no estado do Espírito Santo. E, os mesmos autores também concluíram que o M-DRIS apresentou correlação um pouco mais elevada do que o DRIS.

Tabela 7 - Potencial de resposta à adubação de nitrogênio, fósforo, potássio, cálcio, magnésio, enxofre, zinco, ferro, manganês, cobre e boro para cana-de-açúcar, obtido do diagnóstico nutricional realizado pelos métodos DRIS Beaufils, DRIS Jones, DRIS Elwali e Castro, M-DRIS Beaufils, M-DRIS Jones e CND e frequência de concordância do diagnóstico dos diferentes métodos pelo teste de razão de verossimilhança na região de Coruripe em Alagoas

Métodos DRIS	Potencial de Resposta à Adubação <sup>(1)</sup>					Teste de Razão de Verossimilhança Qui-Quadrado (G)				
	P	PZ	Z	NZ	N	Dris-Jones	Dris-Elwali	MDHB	MDHJ	CND
Nitrogênio										
Dris-Beaufils	8	9	138	18	10	2,38 <sup>ns</sup>	0,77 <sup>ns</sup>	0,69 <sup>ns</sup>	0,92 <sup>ns</sup>	9,00 <sup>Δ</sup>
Dris-Jones	7	4	146	16	10	-	4,68 <sup>ns</sup>	0,56 <sup>ns</sup>	1,63 <sup>ns</sup>	17,00 <sup>**</sup>
Dris-Elwali	9	11	133	17	13	-	-	2,24 <sup>ns</sup>	3,24 <sup>ns</sup>	5,59 <sup>ns</sup>
M-DrisHB	8	6	142	17	10	-	-	-	0,83 <sup>ns</sup>	12,82 <sup>**</sup>
M-DrisHJ	6	7	142	20	8	-	-	-	-	12,94 <sup>**</sup>
CND	7	16	115	24	21	-	-	-	-	-
Fósforo										
Dris-Beaufils	9	22	121	11	20	0,25 <sup>ns</sup>	0,87 <sup>ns</sup>	0,21 <sup>ns</sup>	0,18 <sup>ns</sup>	2,53 <sup>ns</sup>
Dris-Jones	8	22	121	13	19	-	1,70 <sup>ns</sup>	0,17 <sup>ns</sup>	0,61 <sup>ns</sup>	1,99 <sup>ns</sup>
Dris-Elwali	11	18	125	9	20	-	-	1,91 <sup>ns</sup>	0,36 <sup>ns</sup>	3,57 <sup>ns</sup>
M-DrisHB	8	24	119	12	20	-	-	-	0,71 <sup>ns</sup>	2,69 <sup>ns</sup>
M-DrisHJ	9	20	124	10	20	-	-	-	-	3,14 <sup>ns</sup>
CND	12	19	115	18	19	-	-	-	-	-
Potássio										
Dris-Beaufils	24	21	114	13	11	1,34 <sup>ns</sup>	6,03 <sup>ns</sup>	1,68 <sup>ns</sup>	0,56 <sup>ns</sup>	0,57 <sup>ns</sup>
Dris-Jones	21	25	116	9	12	-	4,42 <sup>ns</sup>	2,45 <sup>ns</sup>	2,32 <sup>ns</sup>	1,99 <sup>ns</sup>
Dris-Elwali	26	17	125	4	11	-	-	2,13 <sup>ns</sup>	4,51 <sup>ns</sup>	6,30 <sup>ns</sup>
M-DrisHB	25	16	121	9	12	-	-	-	0,53 <sup>ns</sup>	2,34 <sup>ns</sup>
M-DrisHJ	25	17	117	12	12	-	-	-	-	1,35 <sup>ns</sup>
CND	23	21	118	13	8	-	-	-	-	-
Cálcio										
Dris-Beaufils	20	21	107	14	21	2,78 <sup>ns</sup>	2,52 <sup>ns</sup>	0,27 <sup>ns</sup>	2,17 <sup>ns</sup>	1,14 <sup>ns</sup>
Dris-Jones	21	28	99	19	16	-	8,60 <sup>Δ</sup>	3,00 <sup>ns</sup>	0,13 <sup>ns</sup>	1,05 <sup>ns</sup>
Dris-Elwali	19	17	120	9	18	-	-	2,53 <sup>ns</sup>	7,07 <sup>ns</sup>	4,22 <sup>ns</sup>
M-DrisHB	21	23	106	12	21	-	-	-	2,16 <sup>ns</sup>	1,13 <sup>ns</sup>
M-DrisHJ	21	28	101	17	16	-	-	-	-	0,60 <sup>ns</sup>
CND	23	24	105	15	16	-	-	-	-	-
Magnésio										
Dris-Beaufils	22	22	117	17	5	0,06 <sup>ns</sup>	11,84 <sup>*</sup>	0,38 <sup>ns</sup>	0,44 <sup>ns</sup>	0,15 <sup>ns</sup>
Dris-Jones	21	21	119	17	5	-	10,88 <sup>*</sup>	0,33 <sup>ns</sup>	0,33 <sup>ns</sup>	0,24 <sup>ns</sup>
Dris-Elwali	23	9	139	7	5	-	-	8,58 <sup>Δ</sup>	8,51 <sup>Δ</sup>	11,05 <sup>*</sup>
M-DrisHB	22	21	121	14	5	-	-	-	0,03 <sup>ns</sup>	0,16 <sup>ns</sup>
M-DrisHJ	21	21	122	14	5	-	-	-	-	0,22 <sup>ns</sup>
CND	22	23	118	15	5	-	-	-	-	-
Enxofre										
Dris-Beaufils	32	27	92	12	20	1,14 <sup>ns</sup>	5,16 <sup>ns</sup>	0,06 <sup>ns</sup>	1,60 <sup>ns</sup>	2,63 <sup>ns</sup>
Dris-Jones	38	23	94	11	17	-	4,13 <sup>ns</sup>	1,27 <sup>ns</sup>	0,87 <sup>ns</sup>	1,46 <sup>ns</sup>
Dris-Elwali	31	24	108	5	15	-	-	4,63 <sup>ns</sup>	6,36 <sup>ns</sup>	4,46 <sup>ns</sup>
M-DrisHB	32	28	92	11	20	-	-	-	1,86 <sup>ns</sup>	2,89 <sup>ns</sup>
M-DrisHJ	37	26	92	14	14	-	-	-	-	0,73 <sup>ns</sup>
CND	34	24	100	13	12	-	-	-	-	-

Continuação...

Tabela 7 - Cont...

Métodos DRIS	Potencial de Resposta á Adução <sup>(1)</sup>					Teste de Razão de Verossimilhança Qui-Quadrado (G)				
	P	PZ	Z	NZ	N	Dris-Jones	Dris-Elwali	MDHB	MDHJ	CND
Zinco										
Dris-Beaufils	16	15	118	18	16	0,38 <sup>ns</sup>	2,19 <sup>ns</sup>	0,33 <sup>ns</sup>	0,57 <sup>ns</sup>	0,73 <sup>ns</sup>
Dris-Jones	14	14	122	16	17	-	1,17 <sup>ns</sup>	0,36 <sup>ns</sup>	0,33 <sup>ns</sup>	0,35 <sup>ns</sup>
Dris-Elwali	16	11	127	12	17	-	-	1,61 <sup>ns</sup>	0,90 <sup>ns</sup>	1,18 <sup>ns</sup>
M-DrisHB	15	14	123	17	14	-	-	-	0,50 <sup>ns</sup>	0,24 <sup>ns</sup>
M-DrisHJ	16	15	122	14	16	-	-	-	-	0,83 <sup>ns</sup>
CND	14	12	125	17	15	-	-	-	-	-
Ferro										
Dris-Beaufils	10	11	120	18	24	0,58 <sup>ns</sup>	0,87 <sup>ns</sup>	0,23 <sup>ns</sup>	0,64 <sup>ns</sup>	0,69 <sup>ns</sup>
Dris-Jones	10	8	120	19	26	-	1,97 <sup>ns</sup>	1,21 <sup>ns</sup>	0,06 <sup>ns</sup>	0,37 <sup>ns</sup>
Dris-Elwali	8	12	125	14	24	-	-	0,23 <sup>ns</sup>	1,77 <sup>ns</sup>	2,50 <sup>ns</sup>
M-DrisHB	9	12	122	16	24	-	-	-	1,15 <sup>ns</sup>	1,47 <sup>ns</sup>
M-DrisHJ	9	8	121	19	26	-	-	-	-	0,34 <sup>ns</sup>
CND	9	9	118	22	25	-	-	-	-	-
Manganês										
Dris-Beaufils	18	20	103	17	25	1,38 <sup>ns</sup>	10,35*	0,30 <sup>ns</sup>	1,23 <sup>ns</sup>	8,40 <sup>Δ</sup>
Dris-Jones	21	22	99	21	20	-	14,99**	1,34 <sup>ns</sup>	0,12 <sup>ns</sup>	9,69*
Dris-Elwali	15	13	130	7	18	-	-	8,55 <sup>Δ</sup>	13,88**	6,57 <sup>ns</sup>
M-DrisHB	17	20	107	17	22	-	-	-	1,11 <sup>ns</sup>	7,06 <sup>ns</sup>
M-DrisHJ	21	20	101	21	20	-	-	-	-	7,81 <sup>Δ</sup>
CND	20	8	121	17	17	-	-	-	-	-
Cobre										
Dris-Beaufils	22	11	97	33	20	4,87 <sup>ns</sup>	4,74 <sup>ns</sup>	0,07 <sup>ns</sup>	4,11 <sup>ns</sup>	6,89 <sup>ns</sup>
Dris-Jones	16	8	100	27	32	-	1,54 <sup>ns</sup>	3,90 <sup>ns</sup>	0,12 <sup>ns</sup>	4,06 <sup>ns</sup>
Dris-Elwali	23	7	98	24	31	-	-	4,07 <sup>ns</sup>	1,25 <sup>ns</sup>	4,14 <sup>ns</sup>
M-DrisHB	21	11	98	32	21	-	-	-	3,20 <sup>ns</sup>	6,55 <sup>ns</sup>
M-DrisHJ	17	9	100	26	31	-	-	-	-	4,70 <sup>ns</sup>
CND	21	5	86	37	34	-	-	-	-	-
Boro										
Dris-Beaufils	12	13	107	26	25	0,65 <sup>ns</sup>	2,17 <sup>ns</sup>	0,03 <sup>ns</sup>	0,91 <sup>ns</sup>	0,10 <sup>ns</sup>
Dris-Jones	12	11	111	22	27	-	0,68 <sup>ns</sup>	0,72 <sup>ns</sup>	0,22 <sup>ns</sup>	1,18 <sup>ns</sup>
Dris-Elwali	14	8	112	21	28	-	-	2,26 <sup>ns</sup>	0,93 <sup>ns</sup>	2,83 <sup>ns</sup>
M-DrisHB	12	13	108	26	24	-	-	-	1,09 <sup>ns</sup>	0,09 <sup>ns</sup>
M-DrisHJ	13	12	108	21	29	-	-	-	-	1,57 <sup>ns</sup>
CND	12	13	106	28	24	-	-	-	-	-

<sup>ns</sup> Não-significativo. \*, \*\* e <sup>Δ</sup> Significativo pelo Teste de Razão de Verossimilhança Qui-Quadrado (G), a 5, 1 e 10% de probabilidade, respectivamente. <sup>(1)</sup>p: positiva, com alta probabilidade; pz: positiva, com baixa probabilidade; z: nula; nz: negativa, com baixa probabilidade; n: negativa, com alta probabilidade, conforme Wadt (1996).

Tabela 8 - Estado nutricional agrupando o potencial de resposta à adubação nas classes deficiente, equilibrado e excessivo de nitrogênio, fósforo, potássio, cálcio, magnésio, enxofre, zinco, ferro, manganês, cobre e boro para cana-de-açúcar, obtido do diagnóstico nutricional realizado pelos métodos DRIS Beaufils, DRIS Jones, DRIS Elwali e Castro, M-DRIS Beaufils, M-DRIS Jones e CND e frequência de concordância do diagnóstico dos diferentes métodos pelo teste de razão de verossimilhança na região de Coruripe em Alagoas

Métodos DRIS	Estado Nutricional			Teste de Razão de Verossimilhança Qui-Quadrado (G)				
	Deficiência	Equilíbrio	Excessivo	Dris-Jones	Dris-Elwali	MDHB	MDHJ	CND
Nitrogênio								
Dris-Beaufils	17	138	28	1,60 <sup>ns</sup>	0,40 <sup>ns</sup>	0,37 <sup>ns</sup>	0,59 <sup>ns</sup>	6,99*
Dris-Jones	11	146	26	-	3,54 <sup>ns</sup>	0,44 <sup>ns</sup>	0,30 <sup>ns</sup>	13,17**
Dris-Elwali	20	133	30	-	-	1,52 <sup>ns</sup>	1,86 <sup>ns</sup>	4,54 <sup>ns</sup>
M-DrisHB	14	142	27	-	-	-	0,06 <sup>ns</sup>	9,60**
M-DrisHJ	13	142	28	-	-	-	-	9,65**
CND	23	115	45	-	-	-	-	-
Fósforo								
Dris-Beaufils	31	121	31	0,03 <sup>ns</sup>	0,20 <sup>ns</sup>	0,05 <sup>ns</sup>	0,12 <sup>ns</sup>	0,68 <sup>ns</sup>
Dris-Jones	30	121	32	-	0,23 <sup>ns</sup>	0,08 <sup>ns</sup>	0,12 <sup>ns</sup>	0,53 <sup>ns</sup>
Dris-Elwali	29	125	29	-	-	0,44 <sup>ns</sup>	0,02 <sup>ns</sup>	1,46 <sup>ns</sup>
M-DrisHB	32	119	32	-	-	-	0,32 <sup>ns</sup>	0,45 <sup>ns</sup>
M-DrisHJ	29	124	30	-	-	-	-	1,14 <sup>ns</sup>
CND	31	115	37	-	-	-	-	-
Potássio								
Dris-Beaufils	45	114	24	0,23 <sup>ns</sup>	2,65 <sup>ns</sup>	0,59 <sup>ns</sup>	0,14 <sup>ns</sup>	0,28 <sup>ns</sup>
Dris-Jones	46	116	21	-	1,44 <sup>ns</sup>	0,39 <sup>ns</sup>	0,39 <sup>ns</sup>	0,06 <sup>ns</sup>
Dris-Elwali	43	125	15	-	-	1,12 <sup>ns</sup>	2,37 <sup>ns</sup>	1,22 <sup>ns</sup>
M-DrisHB	41	121	21	-	-	-	0,28 <sup>ns</sup>	0,14 <sup>ns</sup>
M-DrisHJ	42	117	24	-	-	-	-	0,25 <sup>ns</sup>
CND	44	118	21	-	-	-	-	-
Cálcio								
Dris-Beaufils	41	107	35	1,02 <sup>ns</sup>	2,10 <sup>ns</sup>	0,17 <sup>ns</sup>	0,94 <sup>ns</sup>	0,67 <sup>ns</sup>
Dris-Jones	49	99	35	-	5,05 <sup>Δ</sup>	0,57 <sup>ns</sup>	0,08 <sup>ns</sup>	0,46 <sup>ns</sup>
Dris-Elwali	36	120	27	-	-	2,27 <sup>ns</sup>	4,23 <sup>ns</sup>	2,74 <sup>ns</sup>
M-DrisHB	44	106	33	-	-	-	0,39 <sup>ns</sup>	0,17 <sup>ns</sup>
M-DrisHJ	49	101	33	-	-	-	-	0,18 <sup>ns</sup>
CND	47	105	31	-	-	-	-	-
Magnésio								
Dris-Beaufils	44	117	22	0,06 <sup>ns</sup>	6,78*	0,30 <sup>ns</sup>	0,37 <sup>ns</sup>	0,11 <sup>ns</sup>
Dris-Jones	42	119	22	-	5,89 <sup>Δ</sup>	0,25 <sup>ns</sup>	0,26 <sup>ns</sup>	0,20 <sup>ns</sup>
Dris-Elwali	32	139	12	-	-	4,46 <sup>Δ</sup>	4,06 <sup>ns</sup>	5,94 <sup>Δ</sup>
M-DrisHB	43	121	19	-	-	-	0,02 <sup>ns</sup>	0,11 <sup>ns</sup>
M-DrisHJ	42	122	19	-	-	-	-	0,20 <sup>ns</sup>
CND	45	118	20	-	-	-	-	-
Enxofre								
Dris-Beaufils	59	92	32	0,32 <sup>ns</sup>	4,22 <sup>ns</sup>	0,02 <sup>ns</sup>	0,40 <sup>ns</sup>	1,20 <sup>ns</sup>
Dris-Jones	61	94	28	-	2,62 <sup>ns</sup>	0,18 <sup>ns</sup>	0,05 <sup>ns</sup>	0,43 <sup>ns</sup>
Dris-Elwali	55	108	20	-	-	3,89 <sup>ns</sup>	3,16 <sup>ns</sup>	0,94 <sup>ns</sup>
M-DrisHB	60	92	31	-	-	-	0,23 <sup>ns</sup>	1,01 <sup>ns</sup>
M-DrisHJ	63	92	28	-	-	-	-	0,71 <sup>ns</sup>
CND	58	100	25	-	-	-	-	-

Continuação...

Tabela 8 - Cont...

Métodos DRIS	Estado Nutricional			Teste de Razão de Verossimilhança Qui-Quadrado (G)				
	Deficiência	Equilíbrio	Excessivo	Dris-Jones	Dris-Elwali	MDHB	MDHJ	CND
Zinco								
Dris-Beaufils	31	118	34	0,23 <sup>ns</sup>	1,00 <sup>ns</sup>	0,31 <sup>ns</sup>	0,32 <sup>ns</sup>	0,70 <sup>ns</sup>
Dris-Jones	28	122	33	-	0,38 <sup>ns</sup>	0,08 <sup>ns</sup>	0,30 <sup>ns</sup>	0,13 <sup>ns</sup>
Dris-Elwali	27	127	29	-	-	0,20 <sup>ns</sup>	0,39 <sup>ns</sup>	0,18 <sup>ns</sup>
M-DrisHB	29	123	31	-	-	-	0,09 <sup>ns</sup>	0,20 <sup>ns</sup>
M-DrisHJ	31	122	30	-	-	-	-	0,54 <sup>ns</sup>
CND	26	125	32	-	-	-	-	-
Ferro								
Dris-Beaufils	21	120	42	0,33 <sup>ns</sup>	0,33 <sup>ns</sup>	0,07 <sup>ns</sup>	0,53 <sup>ns</sup>	0,53 <sup>ns</sup>
Dris-Jones	18	120	45	-	0,80 <sup>ns</sup>	0,54 <sup>ns</sup>	0,03 <sup>ns</sup>	0,06 <sup>ns</sup>
Dris-Elwali	20	125	38	-	-	0,11 <sup>ns</sup>	0,90 <sup>ns</sup>	1,26 <sup>ns</sup>
M-DrisHB	21	122	40	-	-	-	0,72 <sup>ns</sup>	0,86 <sup>ns</sup>
M-DrisHJ	17	121	45	-	-	-	-	0,11 <sup>ns</sup>
CND	18	118	47	-	-	-	-	-
Manganês								
Dris-Beaufils	38	103	42	0,40 <sup>ns</sup>	9,02*	0,20 <sup>ns</sup>	0,15 <sup>ns</sup>	3,81 <sup>ns</sup>
Dris-Jones	43	99	41	-	11,32**	0,81 <sup>ns</sup>	0,07 <sup>ns</sup>	6,05*
Dris-Elwali	28	130	25	-	-	6,57*	10,03*	1,70 <sup>ns</sup>
M-DrisHB	37	107	39	-	-	-	0,43 <sup>ns</sup>	2,45 <sup>ns</sup>
M-DrisHJ	41	101	41	-	-	-	-	4,92 <sup>Δ</sup>
CND	28	121	34	-	-	-	-	-
Cobre								
Dris-Beaufils	33	97	53	1,79 <sup>ns</sup>	0,19 <sup>ns</sup>	0,02 <sup>ns</sup>	1,02 <sup>ns</sup>	4,12 <sup>ns</sup>
Dris-Jones	24	100	59	-	0,83 <sup>ns</sup>	1,49 <sup>ns</sup>	0,11 <sup>ns</sup>	2,24 <sup>ns</sup>
Dris-Elwali	30	98	55	-	-	0,10 <sup>ns</sup>	0,34 <sup>ns</sup>	3,11 <sup>ns</sup>
M-DrisHB	32	98	53	-	-	-	0,79 <sup>ns</sup>	4,03 <sup>ns</sup>
M-DrisHJ	26	100	57	-	-	-	-	2,59 <sup>ns</sup>
CND	26	86	71	-	-	-	-	-
Boro								
Dris-Beaufils	25	107	51	0,20 <sup>ns</sup>	0,35 <sup>ns</sup>	0,01 <sup>ns</sup>	0,01 <sup>ns</sup>	0,01 <sup>ns</sup>
Dris-Jones	23	111	49	-	0,03 <sup>ns</sup>	0,13 <sup>ns</sup>	0,13 <sup>ns</sup>	0,29 <sup>ns</sup>
Dris-Elwali	22	112	49	-	-	0,27 <sup>ns</sup>	0,27 <sup>ns</sup>	0,45 <sup>ns</sup>
M-DrisHB	25	108	50	-	-	-	0,06 <sup>ns</sup>	0,06 <sup>ns</sup>
M-DrisHJ	25	108	50	-	-	-	-	0,06 <sup>ns</sup>
CND	25	106	52	-	-	-	-	-

<sup>ns</sup> Não-significativo. \* , \*\* e <sup>Δ</sup> Significativo pelo Teste de Razão de Verossimilhança Qui-Quadrado (G), a 5, 1 e 10% de probabilidade, respectivamente. <sup>(1)</sup>p: positiva, com alta probabilidade; pz: positiva, com baixa probabilidade; z: nula; nz: negativa, com baixa probabilidade; n: negativa, com alta probabilidade, conforme Wadt (1996).

Tabela 9 - Coeficiente de correlação simples entre teores de nutrientes e seus respectivos índices DRIS obtidos pelos métodos DRIS Beaufils, DRIS Jones, DRIS Elwali e Castro, M-DRIS Beaufils, M-DRIS Jones e CND em 183 amostras foliares de cana-de-açúcar na região de Coruripe em Alagoas <sup>(1)</sup>

Variável	Variável	DRIS-B	DRIS-J	DRIS-E	MDRIS-B	MDRIS-J	CND
N	IN	0,614	0,601	0,562	0,707	0,719	0,568
P	IP	0,739	0,735	0,701	0,800	0,809	0,702
K	IK	0,746	0,740	0,731	0,799	0,800	0,730
Ca	ICa	0,894	0,873	0,857	0,905	0,893	0,899
Mg	IMg	0,841	0,839	0,786	0,866	0,867	0,852
S	IS	0,912	0,885	0,877	0,919	0,895	0,913
Zn	IZn	0,813	0,797	0,820	0,847	0,836	0,787
Fe	IFe	0,894	0,893	0,888	0,918	0,920	0,865
Mn	IMn	0,940	0,907	0,872	0,934	0,912	0,926
Cu	ICu	0,821	0,853	0,798	0,854	0,884	0,843
B	IB	0,845	0,847	0,823	0,878	0,882	0,822
Média IBN		80,4	67,9	63,4	82,4	68,9	96,9
TCH x IBN		0,069	0,008	0,077	0,074	0,043	0,094

<sup>(1)</sup> \*\* Significativo a 1% de probabilidade para todos os nutrientes

#### 4. CONCLUSÕES

1. Os métodos DRIS Beaufils, DRIS Jones, M-DRIS Beaufils e M-DRIS Jones tendem a ser concordantes quanto ao diagnóstico nutricional da cana-de-açúcar na região de Coruripe em Alagoas;
2. O diagnóstico nutricional do método CND interpretado pelo PRA discordou do diagnóstico dos métodos DRIS para os nutrientes N e Mn na região de Coruripe em Alagoas;
3. Os métodos DRIS modificados (M-DRIS Beaufils e M-DRIS Jones) apresentaram correlação entre teores foliares de nutrientes e índices DRIS e CND mais elevada do que os métodos DRIS e CND, na região de Coruripe em Alagoas.

#### 4. AGRADECIMENTOS

A Universidade Federal Rural de Pernambuco pela oportunidade de poder ter realizado o curso de Doutorado. A Usina Coruripe por todo apoio oferecido para que este trabalho fosse realizado. A CAPES Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior, pela bolsa concedida.

#### 5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BALDOCK, J.O.; SCHULTE, E.E. Plant analysis with standardized scores combines DRIS and sufficiency range approaches for corn. **Agronomy Journal**, Madison, v.88, p.448-456, 1996.

BATAGLIA, O.N.; 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 freqüência de resposta na produção. **Bragantia**, Campinas, v.63, p.253-263, 2004.

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

BEIGUELMAN, B. **Curso prático de bioestatística**, Ribeirão Preto, SP: Fundação de Pesquisas Científicas de Ribeirão Preto, 2002.

DIAS, J. R. M.; WADT, P. G. S.; LEMOS, C. O.; DELARME LINDA, E. A.; SOLINO, J. S.; TAVELLA, L. B. Relações nutricionais log-tranformadas para avaliação nutricional de cupuaçueiros comerciais. **Revista Acta Amazônica**, Manaus, v.40, p.37-42, 2010b.

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

HALLMARK, W.B. MOOY, C.J., PESEK, J. Comparison of two DRIS methods diagnosing nutrient deficiencies. **Journal of Fertilizer Issues**, Manchester, v.4, p.151-158, 1987.

JONES, C.A. Proposed modifications of the Diagnosis and Recommendation Integrated System (DRIS) for interpreting plant analysis. **Communications in Soil Science and Plant Analysis**, New York, v.12, p.785-794, 1981.

MAIA, C.E. Análise crítica da fórmula original de Beaufils no cálculo dos índices DRIS: a constante de sensibilidade. In: WADT, P.G.S.; MALAVOLTA, E. (Org.). **Monitoramento nutricional para a recomendação de adubação de culturas. Piracicaba: Potafos, 1999. 1 CD-ROM**

MALAVOLTA, E., VITTI, G.C. OLIVEIRA, S.A. **Avaliação do estado nutricional das plantas – princípio e aplicações.** Piracicaba: ABPPF, 1997. 319p.

PARENT, L.E.; DAFIR, M. A theoretical concept of compositional nutrient diagnosis. **Journal of the American Society for Horticultural Science**, New York, v.117, p.239-242, 1992.

PARENT, L.E.; CAMBOURIS, A.N.; MUHAWENIMANA, A. Multivariate diagnosis of nutrient imbalance in potato crops. **Soil Science Society of America Journal**, Madison, v.58, p.1432-1438, 1994.

PARENT, L.E.; DAFIR, M. A theoretical concept of compositional nutrient diagnosis. **J. Am. Soc. Hortic. Sci.**,117: 239-242, 1992.

PARTELLI, F.L.; VIEIRA, H.D.; COSTA, A.N. Diagnóstico nutricional em cafeeiro conilon orgânico e convencional no Espírito Santo, utilizando o DRIS. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.35, p.1456-1460, 2005.

PARTELLI, F.L.; VIEIRA, H.D.; MONNERAT, P.H.; VIANA, A.P. Estabelecimento de normas DRIS em cafeeiro conilon orgânico e convencional no Estado do Espírito Santo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v.30, p.443-451, 2006.

REIS Jr., R.A. **Diagnose nutricional da cana-de-açúcar com o uso do Sistema Integrado de Diagnose e Recomendação (DRIS).** Campos dos Goytacazes: UENF, 1999. 141f. (Tese de Doutorado) - Universidade Estadual do Norte Fluminense.

SERRA, A.P.; MARCHETTI, M.E.; VITORINO, A.C.T.; NOVELINO, J.O.; CAMACHO, M.A. Desenvolvimento de normas DRIS e CND e avaliação do estado nutricional da cultura do Algodoeiro. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v.34, p.97-104, 2010.

SILVA, F.C. **Manual de análises químicas em solos, plantas e fertilizantes.**/editor técnico: Fábio Cesar da Silva, 2ª ed.rev.ampl. -Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica, 2009. 627p.

SILVA, L.C. **Diagnose nutricional e Potencial de Resposta à Adubação em cana-de-açúcar na Região de Tabuleiros Costeiros em Alagoas.** Recife-Pe: UFRPE,

2010. Exame de Qualificação (Doutorado em Solos) - Universidade Federal Rural de Pernambuco.

SOKAL, R.R.; ROHLF, F.J. **Biometry**: the principles and practices of statistics in biological research. 3. ed. New York: Freeman, 1994. 880p.

SOUZA, J.L.; MOURA FILHO, G.; LYRA, R.F.F. TEODORO, I.; SANTOS, E.A.; SILVA, J.L.; SILVA, P.R.T.; CARDIM, A.H.; AMORIN, E.C. Análise da precipitação pluvial e temperatura do ar na região do tabuleiro costeiro de Maceió, AL, período de 1972-2001. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, Santa Maria, v.12, p.131-141, 2004.

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**, Brasília, v.41, p.1421-1428, 2006.

WADT, P.G.S. **Os métodos da chance matemática e do sistema integrado de diagnose e recomendação (DRIS) na avaliação nutricional de plantios de eucalipto**. 1996. 123p. Tese (Doutorado) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa.

WADT, P.G.S.; NOVAIS, R.F.; ALVAREZ V, V.H.; FONSECA, S.; BARROS, N.F.; DIAS, L.E. Três métodos de cálculo do Dris para avaliar o potencial de resposta à adubação de árvores de eucalipto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.22, p.661-666, 1998.

WADT, P.G.S. Relationships between soil class and nutritional status of coffee plantations. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v.29, p.227-234, 2005.

WALWORTH, J.L.; SUMNER, M.E. The diagnosis and recommendation integrated system In: STEWART, B.A. **Advances in soil science**. New York: Springer-Verlag, p.150-188, 1987.

WILKS, S.S. The likelihood test of independence in contingency tables. **The annals of mathematical statistics**, Beachwood, v.6, p.190-196, 1935.

## CAPÍTULO 4

### DETERMINAÇÃO DE TEORES ÓTIMOS DE NUTRIENTES EM CANA-DE-AÇÚCAR POR DIFERENTES MÉTODOS DE INTERPRETAÇÃO DA DIAGNOSE NUTRICIONAL NA REGIÃO DE CORURIFE EM ALAGOAS

#### RESUMO

Diversos estudos têm demonstrado o uso promissor de métodos de diagnose nutricional para definição de teores ótimos e níveis críticos de nutrientes em tecidos vegetais. No entanto, há uma diversidade de métodos que podem interpretar equivocadamente a diagnose nutricional e comprometer o programa de adubação das culturas agrícolas. Nesse sentido, o objetivo deste trabalho foi estabelecer e comparar teores ótimos de nutrientes para cana-de-açúcar, estimados por meio dos métodos Chance Matemática (ChM), Sistema Integrado de Diagnose e Recomendação (DRIS e M-DRIS) e Diagnose da Composição Nutricional (CND), a partir de dados provenientes do monitoramento nutricional de 183 talhões comerciais de cana-de-açúcar no período 2008/2009 na região de Coruripe em Alagoas. O método da ChM analisa a faixa de valores nutricionais para determinado fator, interno ou externo à planta, em que se espera obter a máxima produtividade. O DRIS tem sido apontado como uma alternativa à interpretação do estado nutricional de plantas utilizando relações binárias entre nutrientes, apresentando como vantagens o fato de minimizar os efeitos de diluição e de concentração. Enquanto níveis e faixas críticas são métodos univariados e o DRIS um método bivariado, a CND é um método multivariado de diagnóstico, cujo índice quando tende para zero denota maior equilíbrio nutricional. Os métodos ChM, DRIS e CND mostraram-se adequados para a calibração de teores ótimos para a cultura da cana-de-açúcar, a partir de dados provenientes de monitoramento nutricional de lavouras comerciais na região de Coruripe em Alagoas. Entretanto, os valores nutricionais ótimos obtidos por esses métodos para a maioria dos nutrientes avaliados nessa região ficaram abaixo do recomendado pela literatura.

Palavras-chave: Teores de nutrientes, cana-de-açúcar, DRIS

**DETERMINATION OF OPTIMUM NUTRIENT IN SUGAR CANE BY  
DIFFERENT METHODS FOR NUTRITIONAL DIAGNOSIS OF INTERPRETATION  
IN THE REGION OF CORURIBE ALAGOAS**

**ABSTRACT**

Several studies have demonstrated the promising use of nutritional diagnosis methods used to define optimum levels and critical levels of nutrients in plant tissues. However, there's a diversity of methods that could deviate a nutritional diagnosis, compromising the fertilization program of a crop. With that in mind, the objective of this work was to make a comparison between optimum levels of nutrients for the sugar cane crop, using the Mathematical Chance (ChM), Diagnosis and Recommendation Integrated System (DRIS) and Compositional Nutrient Diagnosis (CND), based on data from nutritional monitoring of 183 sugar cane commercial lots in the period of 2008-2009. The Mathematical Chance method analyses the range of values for a certain factor, internal or external to the plant, in which you expect to obtain the maximum yield. The DRIS has been appointed as an alternative to the interpretation of the nutritional state of plants using dual relationships between nutrients, with the advantage in the fact that it minimizes the effects of dilution and concentration. While levels and critical ranges are univariate and bivariate on DRIS, the CND is a multivariate diagnosis method, which index, when tending to 0 shows a higher nutritional balance. The ChM, DRIS and CND methods proved to be promising for the calibration of optimal nutrient contents for the sugar cane crop, based on data from nutritional monitoring of commercial lots of sugar cane. However, the use of optimum values for most nutrients used in this work was below the recommended in the literature.

Keywords: levels of nutrients, sugarcane, DRIS

## 1. INTRODUÇÃO

A cana-de-açúcar tem como característica a capacidade de realizar uma elevada extração de nutrientes do solo, necessitando de adequada aplicação de fertilizantes para alcançar alta produtividade. Para auxiliar no diagnóstico dessa necessidade, diversos estudos têm demonstrado o uso promissor de métodos de diagnose nutricional para definição de teores ótimos e níveis críticos de nutrientes em tecidos vegetais.

Para uma adequada recomendação de adubação, é necessário identificar aqueles nutrientes que limitam a produtividade. Essa identificação, normalmente é feita pela avaliação da fertilidade do solo por meio de métodos químicos que auxiliam na determinação de níveis críticos. No entanto, é fundamental que essa identificação seja respaldada pela diagnose nutricional das plantas (Reis Jr. et al., 2002).

Devido à contribuição da diagnose foliar no auxílio da interpretação de desequilíbrios nutricionais das culturas, diversas metodologias foram sugeridas para interpretar os resultados da análise foliar, juntamente com a análise do solo. Estudos em que se utiliza a diagnose foliar têm sido eficientes, pois a planta é o próprio extrator de nutrientes do solo, o que possibilita um diagnóstico nutricional direto (Beaufils, 1973). A correta interpretação de resultados de análises foliares proporciona informações que favorecem o uso racional de insumos, evita desperdício, melhora o equilíbrio nutricional das plantas e, conseqüentemente, proporciona aumento da produtividade. Portanto, preconiza-se a utilização de normas que disponibilizem subsídios para um diagnóstico nutricional eficiente e prático, a partir de resultados analíticos das folhas de uma planta e, ou, lavoura (Partelli et al., 2005).

A identificação do estado nutricional depende do estabelecimento de valores de referência para a concentração dos nutrientes, tais como o nível crítico, o nível ótimo e a faixa ótima para a concentração dos nutrientes nas folhas. Níveis críticos para os teores de nutrientes em tecidos vegetais têm sido definidos por meio de abordagem intervencionista, em que a variabilidade da produção é explicada por variações no suprimento ou na disponibilidade do nutriente em análise, sendo os demais fatores de produção, nutricionais ou não, mantidos em níveis não-limitantes.

Quanto maior for a similaridade entre as condições edafoclimáticas e vegetais da lavoura que se deseja diagnosticar e as condições em que foram estabelecidos os níveis críticos, maior será a confiabilidade do diagnóstico nutricional. Isso implica na necessidade de implementação de ensaios de calibração em vários locais e ao longo

do tempo, a fim de assegurar que diferenças em características de solo, clima e potencial produtivo de espécies vegetais estejam sendo consideradas para o estabelecimento de níveis críticos.

Este trabalho teve como objetivo estabelecer e comparar os teores ótimos de nutrientes para cana-de-açúcar, estimados por meio dos métodos Chance Matemática (ChM), Sistema Integrado de Diagnóstico e Recomendação (DRIS e M-DRIS) e Diagnóstico da Composição Nutricional (CND), a partir de dados provenientes de monitoramento nutricional de 183 talhões comerciais de cana-de-açúcar no período 2008/2009 na região de Coruripe em Alagoas.

## 2. MATERIAL E MÉTODOS

Para estabelecimento das normas DRIS para cana-de-açúcar foi realizada amostragem de folhas em áreas comerciais da cultura na safra 2008/2009 no município de Coruripe em Alagoas, bem como registrado seu rendimento agrícola. A região apresenta clima quente e úmido, precipitação pluvial anual elevada (1.500 – 2.000 mm) e temperatura média anual de 28 °C (Souza et al., 2004). Os solos predominantes na região são os Argissolos Amarelos distróficos fragipânicos, Argissolos Acinzentados distróficos fragipânicos e duripânicos, Argissolos Amarelos distróficos latossólicos e Espodosolos Ferrocárbicos fragipânicos e duripânicos (Silva, 2010). A textura do horizonte A predominante é arenosa e do horizonte B é argilosa, com exceção dos Espodosolos. O relevo dominante na área é o plano a suave ondulado. Os solos dessa área são desenvolvidos de sedimentos Terciários da Formação Barreiras. Esses solos são caracterizados por apresentar baixa CTC, pobreza em bases trocáveis, baixos teores de P e teores elevados de Al trocável. Aliada à baixa CTC está associada à baixa capacidade de retenção de água. Com relação aos micronutrientes apresentam baixos teores de Zn, Cu e Mn.

A calagem foi realizada no plantio, usando o método de saturação por bases, visando elevá-la a 70%. A adubação de plantio foi feita com o seguinte manejo: a) adubação de inverno usando como adubação verde a *Crotalaria spectabilis* associada a 42 kg ha<sup>-1</sup> de N, 60 kg ha<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, 144 kg ha<sup>-1</sup> de K<sub>2</sub>O, 0,48 kg ha<sup>-1</sup> de B, 0,84 kg ha<sup>-1</sup> de Cu, 2,52 kg ha<sup>-1</sup> de Mn e 0,84 kg ha<sup>-1</sup> de Zn; b) adubação de verão utilizando o resíduo proveniente da indústria sucro-alcooleira (20 t ha<sup>-1</sup> no fundo do sulco)

associado a 30 kg ha<sup>-1</sup> de N, 30 kg ha<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, 72 kg ha<sup>-1</sup> de K<sub>2</sub>O, 0,24 kg ha<sup>-1</sup> de B, 0,42 kg ha<sup>-1</sup> de Cu, 1,26 kg ha<sup>-1</sup> de Mn e 0,42 kg ha<sup>-1</sup> de Zn.

A adubação da soqueira foi realizada do seguinte modo: a) até 4ª folha – 96 kg ha<sup>-1</sup> de N, 36 kg ha<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> e 144 kg ha<sup>-1</sup> de K<sub>2</sub>O; b) 5ª folha em diante - 90 kg ha<sup>-1</sup> de N e 140 kg ha<sup>-1</sup> de K<sub>2</sub>O.

As variedades cultivadas na região de coleta das folhas foram RB72454, RB75126, RB83594, RB845210, RB855113, RB855463, RB855536, RB867515, RB92579, RB93509, RB98710, SP75-3046, SP79-1011, SP81-3250, SP83-2847 e Co997. As cinco variedades predominantes na região de Coruripe na safra 2008/2009 foram RB92579, RB93509, RB867515, SP79-1011 e Co997.

A coleta das amostras de folhas de cana-de-açúcar foi realizada em áreas comerciais de cana-planta e cana-soca, perfazendo um total de 183 amostras. Cada amostra foi constituída de 30 folhas coletadas aleatoriamente em cada lote de cana, identificando-se o nome da fazenda, bloco, talhão, variedade e idade da folha. A coleta foi realizada no início da estação chuvosa, que compreende o período de elevada absorção de nutrientes para atender a fase de estabelecimento e crescimento para formação da colheita em que corresponde ao mês de abril.

Foram coletadas folhas da posição +3, pelo sistema de Kuijper, sendo utilizados para análise química os 20 cm medianos, descartando-se a nervura central das plantas, conforme descrito por Malavolta et al. (1997).

As amostras de folhas foram submetidas à secagem em estufa a 65 0C com circulação forçada de ar por 72 h e passadas em moinho tipo Wiley, com peneiras de 20 mesh. O N nas folhas foi mineralizado em digestão sulfúrica e dosado utilizando-se o método de micro Kjeldahl, segundo metodologia descrita por Malavolta et al. (1997). Os demais nutrientes foram mineralizados em digestão nítroperclórica e os extratos obtidos dosados pelos seguintes métodos: O P foi analisado colorimetricamente pelo método do molibdato; o K por fotometria de chama; o Ca, Mg, Mn, Zn, Fe e Cu por espectrofotometria de absorção atômica; o S por turbidimetria; e o B por digestão via seca pelo método da incineração. Todas as análises químicas foram realizadas de acordo com os métodos propostos por Malavolta et al. (1997).

Dados de produtividade foram registrados nos locais amostrados, quando a cana-de-açúcar atingiu o ponto de colheita, que, juntamente com seus respectivos teores foliares de nutrientes, formaram um banco de dados que foram utilizados para gerar as normas DRIS e CND para a cana-de-açúcar.

As normas DRIS das relações bivariadas entre os nutrientes (média, desvio-padrão e coeficiente de variação) para os diversos métodos empregados (Beaufils, Jones e M-DRIS Beaufils) foram determinadas pelo critério da maior razão de variância e menor coeficiente de assimetria, com transformação parcial de Box e Cox.

As normas CND (média, desvio-padrão e coeficiente de variação) para as variáveis multinutrientes foram determinadas, conforme Parent & Dafir (1992).

### Chance Matemática (ChM)

Para cada nutriente em estudo, os teores foliares foram classificados em ordem crescente e distribuídos em um número de classes definido como sendo a raiz quadrada do número de observações. Dessa forma, quanto maior for o número de observações, maior será o número de classes, aumentando a sensibilidade do método para identificar diferenças de produtividade, considerando os teores de nutrientes no tecido foliar. Os intervalos de valores de cada classe foram determinados, dividindo-se a amplitude dos teores do nutriente pelo número de classes estabelecido, de acordo com Wadt (1996). Em cada classe, calculou-se a chance matemática (ChM) conforme as equações 1, 2 e 3:

$$ChM(A_i / A) = P(A_i / A) \times PROD_i \quad (1)$$

$$ChM(A_i / C_i) = P(A_i / C_i) \times PROD_i \quad (2)$$

$$ChM_i = [ChM(A_i / A) \times ChM(A_i / C_i)]^{0,5} \quad (3)$$

em que:

$P(A_i/A)$  = frequência de talhões de alta produtividade na classe  $i$ , em relação ao total geral de talhões de alta produtividade;

$PROD_i$  = produtividade média dos talhões de alta produtividade na classe  $i$  ( $t\ ha^{-1}$ );

$P(A_i/C_i)$  = frequência de talhões de alta produtividade na classe  $i$ , em relação ao total geral de talhões na classe  $i$ .

Para cada nutriente, a faixa ótima consistiu da(s) classe(s) de valores que apresentou(ram) maior(es) valor(es) de ChM, sendo o seu limite inferior considerado o nível crítico e a sua mediana o valor ótimo do fator de produção.

## Sistema Integrado de Diagnose e Recomendação (DRIS)

Foram calculadas as funções DRIS pela fórmula proposta por Beaufile (1973), atualizada por Maia (1999), expressa pela relação (A/B) para amostra, (a/b) para a população de alta produtividade ou de referência, (s) para o desvio-padrão da relação entre os nutrientes da população de referência e (k) constante de sensibilidade com valor igual a 10. Desta forma calculou-se a função f(A/B) de acordo com os critérios descritos nas equações 4, 5 e 6:

g) Para  $A/B > a/b$

$$f(A/B) = \left( \frac{(A/B) - (a/b)}{s(a/b)} \right) k \quad (4)$$

h) Para  $A/B = a/b$

$$f(A/B) = 0 \quad (5)$$

i) Para  $A/B < a/b$

$$f(A/B) = \left( \frac{(A/B) - (a/b)}{s(a/b)} \right) k \left( \frac{(a/b)}{(A/B)} \right) \quad (6)$$

O método de Jones (1981) baseia-se na equação 7:

$$f(A/B) = \left( \frac{(A/B) - (a/b)}{s(a/b)} \right) k \quad (7)$$

O método do M-DRIS (Hallmark et al., 1987) além de considerar as relações entre os nutrientes, incorpora os teores dos nutrientes nos seus cálculos. Adotou-se nos cálculos das relações entre os nutrientes (equações 4, 5 e 6) e dos teores de nutrientes (equações 8, 9 e 10) as considerações feitas por Beaufile (1973):

d) Para  $A > a$

$$f(A) = \left( \frac{A - a}{s(a)} \right) k \quad (8)$$

e) Para  $A = a$

$$f(A) = 0 \quad (9)$$

f) Para  $A < a$

$$f(A) = \left( \frac{A-a}{s(a)} \right) k \left( \frac{a}{A} \right) \quad (10)$$

em que,

$f(A)$  = função do teor de nutriente;

$A$  = teor do nutriente observado;

$a$  = teor do nutriente da população de referência (norma);

$s(a)$  = desvio-padrão do teor do nutriente da população de referência (norma);

$k$  = constante de sensibilidade com valor igual a 10.

Com o resultado de cada função M-DRIS calculou-se o índice DRIS para cada elemento dado pela equação 11, mostrando que além das relações entre nutrientes, utilizou-se também o teor do nutriente:

$$\text{Índice } A = \frac{\sum_{i=1}^n f(A/Bi) - \sum_{i=1}^m f(Bi/A) + f(A)}{n + m + 1} \quad (11)$$

em que,

Índice  $A$  = índice DRIS do nutriente “A”;

$\sum_{i=1}^n f(A/Bi)$  = Somatório das funções em que o nutriente “A” encontra-se no numerador;

$\sum_{i=1}^m f(Bi/A)$  = Somatório das funções em que o nutriente “A” encontra-se no

denominador;

$f(A)$  = função do teor de nutriente;

$n$  = número de funções em que o nutriente se encontra no numerador da relação;

$m$  = número de funções em que o nutriente se encontra no denominador da relação.

Com o resultado de cada critério avaliado conforme citado acima, se calculou o índice DRIS (equação 12) para todos os métodos DRIS, com exceção do método M-DRIS.

$$\text{Índice } A = \frac{\sum_{i=1}^n f(A/Bi) - \sum_{i=1}^m f(Bi/A)}{n + m} \quad (12)$$

Depois de calculados os índices DRIS dos nutrientes, obtêm-se o índice de balanço nutricional médio (IBNm), que consiste no somatório dos valores absolutos dos índices DRIS obtidos para cada nutriente, dividido pelo número de nutrientes que compõem o IBNm (z), conforme a equação 13:

$$IBNm = \frac{1}{z} \sum_{i=1}^z |\text{Índice } A_i| \quad (13)$$

Para o método CND (Parent & Dafir, 1992), com os teores foliares dos talhões analisados, foram calculadas as variáveis multinutrientes ( $V_i$ ) para todos os nutrientes (N, P, K, Ca, Mg, S, Cu, B, Zn, Mn e Fe), de acordo com as equações 14, 15 e 16:

$$R = 10^6 \text{ mg kg}^{-1} - \sum_{i=1}^d A_i \quad (14)$$

$$G = (N \cdot P \cdot K \cdot \dots \cdot R)^{\left(\frac{1}{d+1}\right)} \quad (15)$$

$$V_i = \ln(A_i / G) \quad (16)$$

em que:

R = valor do complemento para  $10^6 \text{ mg kg}^{-1}$  da composição nutricional total em relação a soma dos teores dos nutrientes;

$A_i$  = teor do nutriente em estudo,  $\text{mg kg}^{-1}$ ;

G = média geométrica das concentrações dos constituintes da massa da matéria seca;

d = número dos nutrientes envolvidos na diagnose;

$V_i$  = variável multinutriente do nutriente  $A_i$ .

Os índices CND foram calculados pela diferença entre as variáveis multinutrientes no talhão avaliado ( $V_i$ ) e a média da população de referência ( $V_a$ ), dividido pelo desvio-padrão desta variável na população de referência ( $s(a)$ ) (equação 17):

$$I_A = \frac{(V_i - V_a)}{s(a)} \quad (17)$$

A interpretação dos índices DRIS, M-DRIS e CND foram realizadas pelo método do potencial de resposta à adubação (PRA), a partir de cinco classes (Wadt, 2005). Este método é baseado na comparação do módulo do índice DRIS de cada nutriente (Índice N) com o valor do índice de balanço nutricional médio (IBNm). Nesse caso, se verifica se o desequilíbrio atribuído a um determinado nutriente é maior ou menor que o desequilíbrio atribuído à média de todos os nutrientes (Tabela 1) (Wadt et al., 1998).

Tabela 1 – Critérios para a interpretação dos valores dos índices DRIS baseada no método do potencial de resposta à adubação (PRA) <sup>(1)</sup>

Estado nutricional	Potencial de resposta à adubação	Critério
Deficiente e limitante	Positiva, com alta probabilidade (P)	1. Índice N < 0 2.  Índice N  > IBNm 3. Índice N é o índice de menor valor
Provavelmente deficiente	Positiva ou nula, com baixa probabilidade (PZ)	1. Índice N < 0 2.  Índice N  > IBNm
Equilibrado	Nula (Z)	1.  Índice N  ≤ IBNm
Provavelmente excessivo	Negativa, com baixa probabilidade (NZ)	1. Índice N > 0 2.  Índice N  > IBNm
Excessivo	Negativa, com alta probabilidade (N)	1. Índice N > 0 2.  Índice N  > IBNm 3. Índice N é o índice de maior valor

<sup>(1)</sup> Wadt et al. (1998) e Wadt (2005). Índice N = índice DRIS do nutriente; IBNm = índice de balanço nutricional médio.

Foram obtidos pelo potencial de resposta à adubação nas cinco classes P, PZ, Z, NZ e N os nutrientes que estavam deficientes, provavelmente deficientes, equilibrados, provavelmente excessivos e excessivos para cada um dos métodos DRIS, M-DRIS e CND. Esse mesmo procedimento foi adotado com a junção das cinco classes em três. Nesse caso, as classes de nutrientes foram identificadas como deficientes (P + PZ), equilibrados (Z) e excessivos (NZ + N). Em seguida, avaliou-se o grau de concordância entre os diagnósticos obtidos pelo uso dos diferentes métodos DRIS, M-DRIS e CND. Se, para um dado nutriente, o diagnóstico (deficiente, equilibrado ou excessivo) foi o mesmo entre os dois métodos distintos, ele foi considerado concordante. Se o diagnóstico foi distinto, ele foi considerado não concordante. Computou-se, então, a percentagem de diagnósticos concordantes, para os métodos DRIS, M-DRIS e CND em estudo. Por fim, a frequência com que cada nutriente foi identificado como tendo respostas à adubação nas classes P, PZ, Z, NZ e N e nas três classes (P + PZ, Z e NZ + N). Em seguida, procedeu-se a comparação

entre as classes observadas pelos métodos DRIS, M-DRIS e CND em estudo pelo Teste de Razão de Verossimilhança Qui-Quadrado, conhecido também como teste G (equação 18). Esse teste é usado em fenômenos biológicos, na avaliação de qualidade de ajuste em estatística multivariada, com regressão logística e independência em tabelas de contingência (Wilks, 1935; Sokal & Rohlf, 1994). A avaliação desse teste foi calculada com o auxílio do Microsoft Excel™.

$$G = 2 \sum_{i=1}^k f_o \ln \left( \frac{f_o}{f_e} \right) \quad (18)$$

em que,

$G$  = teste de Razão de Verossimilhança Qui-Quadrado (teste G);

$f_o$  = frequência observada;

$f_e$  = frequência esperada;

$K$  = número de classes.

Os valores dos teores ótimos, limite inferior e superior da faixa ótima de concentração de nutrientes pelo método CND, foram determinados de modo análogo ao utilizado pelo método DRIS. Também para o CND, foi calculado o IENm (índice de equilíbrio nutricional médio) e o PRA que foi obtido por (Wadt, 1996) .

Os teores foliares da cana-de-açúcar obtidos, foram comparados à diagnose nutricional dos padrões propostos por vários autores, tais como: Orlando Filho e Haag (1976), Espironelo et al. (1986), Raij et al. (1996), Malavolta et al. (1997), Reis Jr. (1999), Moura Filho et al. (2010), conforme apresentado nas Tabelas 2 e 3, para macronutrientes e micronutrientes, respectivamente.

Tabela 2 – Teores de nitrogênio, fósforo, potássio, cálcio, magnésio e enxofre na folha (+3) de cana-de-açúcar nos ciclos de cana-planta e cana-soca considerados adequados por diferentes autores

Canavial <sup>(1)</sup>	Autores <sup>(2)</sup>	N	P	K	Ca	Mg	S
----- g kg <sup>-1</sup> -----							
CP/CS	1	20,0-22,0	2,0-2,4	11,0-13,0	9,0-11,0	2,0-3,0	2,0-3,0
CS	2	15,3-22,2	1,4-2,0	12,4-15,9	3,8-7,1	1,1-2,0	1,1-3,1
CP/CS	3	18,0-25,0	1,5-3,0	10,0-16,0	2,0-8,0	1,0-3,0	1,5-3,0
CP	4	19,0-21,0	2,0-2,4	11,0-13,0	8,0-10,0	2,0-3,0	2,5-3,0
CS	5	20,0-22,0	1,8-2,0	13,0-15,0	5,0-7,0	2,0-3,0	2,5-3,0
CP/CS	6	13,4	1,9	12,2	3,0	2,2	1,6
CP/CS	7	12,5-20,8	1,0-2,1	8,9-14,7	1,7-4,0	0,1-1,4	0,7-1,8

<sup>(1)</sup> CP = cana-planta; CS = cana-soca <sup>(2)</sup> 1: Orlando Filho e Haag (1976); 2: Espironelo et al. (1986); 3: Rajj et al. (1996); 4: Malavolta et al. (1997); 5: Malavolta et al. (1997); 6: Reis Jr. (1999); 7: Moura Filho et al. (2010).

Tabela 3 – Teores de boro, cobre, ferro, manganês e zinco na folha (+3) de cana-de-açúcar nos ciclos de cana-planta e cana-soca considerados adequados por diferentes autores

Canavial <sup>(1)</sup>	Autores <sup>(2)</sup>	B	Cu	Fe	Mn	Zn
----- mg kg <sup>-1</sup> -----						
CP/CS	1	10-30	6-15	40-250	25-250	10-50
CP	2	15-50	8-10	200-500	100-250	25-30
CS	3	-	8-10	80-150	50-125	25-50
CP/CS	4	-	4,5	-	67,8	11,7
CP/CS	5	4,5-7,5	2,0-4,1	38-166	3,0-57,0	12-29

<sup>(1)</sup> CP = cana-planta; CS = cana-soca <sup>(2)</sup> 1: Rajj et al. (1996); 2: Malavolta et al. (1997); 3: Malavolta et al. (1997); 4: Reis Júnior (1999); 5: Moura Filho et al. (2010).

### 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

#### Chance Matemática (ChM)

Para o N, os maiores valores de ChM ocorreram nas classes 4 a 9 (Tabela 4). Isso se deve, principalmente, à maior proporção de talhões de alta produtividade nestas classes, em relação ao número total de talhões em cada classe ( $P(A_i/C_i)$ ). Esse mesmo comportamento foi predominante para a maioria dos nutrientes estudados (N,

P, Ca, Mg, S, Zn, Mn e B) (Tabela 4). Apenas, para os nutrientes Cu e K, ocorreu uma maior proporção de talhões de alta produtividade, em relação ao número total de talhões de alta produtividade ( $P(A_i/A)$ ). No caso do Fe, ocorreu igualdade entre as proporções determinadas ( $P(A_i/A) = P(A_i/C_i)$ ), sendo determinantes para a definição das classes de teores com maiores valores de ChM.

Os teores ótimos dos nutrientes e os limites inferiores e superiores da faixa ótima de nutrientes (Tabela 6) foram determinadas com base na maior proporção de talhões de alta produtividade nestas classes, em relação ao número total de talhões em cada classe ( $P(A_i/C_i)$ ), estando relacionada com uma maior possibilidade de obtenção de altas produtividades.

#### Sistema Integrado de Diagnose e Recomendação (DRIS e M-DRIS)

Todos os modelos lineares ajustados entre os teores de nutrientes em folhas de cana-de-açúcar e os índices DRIS e M-DRIS apresentaram significância ( $p < 0,01$ ), com coeficientes de determinação variando de 0,38 para N até 0,93 para Mn (Tabela 5). Os maiores valores de coeficientes de determinação ( $> 0,80$ ) foram obtidos para os nutrientes Ca, Mg, S e Mn, e, os menores valores ( $< 0,50$ ), para os nutrientes N e P, evidenciando uma menor capacidade preditiva do modelo para esses dois nutrientes.

No geral, os valores correspondentes aos índices DRIS Beaufils, DRIS Jones e M-DRIS Beaufils comparativamente aos valores ótimos dos nutrientes determinados ficaram muito próximos dos teores médios da subpopulação de referência ou de alta produtividade (Tabela 6). Nesse caso, o método DRIS Jones por sua particularidade foi praticamente idêntico aos valores ótimos de nutrientes (Kurihara, 2004; Urano et al., 2007). O método DRIS Beaufils pela sua característica do fator de correção nas determinações das funções entre os nutrientes (equação 6) para amostras menores que a norma, leva a um pequeno desvio dos valores médios determinados (Tabela 5 e 6). O mesmo princípio se aplica para o M-DRIS Beaufils pelos cálculos das relações apresentarem as mesmas considerações.

#### Diagnose da Composição Nutricional (CND)

Todos os modelos lineares ajustados entre os teores de nutrientes em folhas de cana-de-açúcar e os índices CND apresentaram significância ( $p < 0,01$ ). No entanto, apresentaram menores coeficientes de determinação, em relação aos índices DRIS e

M-DRIS (Tabela 5). Os seus coeficientes de determinação variaram de 0,28 (N) a 0,90 (Mn).

Os valores correspondentes aos índices CND e os valores ótimos dos nutrientes determinados ficaram muito próximos dos teores médios da subpopulação de referência ou de alta produtividade (Tabela 6), apresentando o mesmo comportamento do método DRIS Jones. A mesma particularidade apresentada pelo DRIS Jones se aplica ao CND. Outros autores também chegaram a essa mesma conclusão, trabalhando com a cultura da soja (Kurihara, 2004; Urano et al., 2007). A faixa ótima do teor de nutrientes, estimada como os teores correspondentes aos valores do índice zero  $\pm 2/3$  desvio-padrão, conforme Kurihara (2004) foi muito próxima da faixa ótima estimada pelo DRIS (Beaufils e Jones) e M-DRIS Beaufils (Tabela 6).

No geral, os teores ótimos estimados para os nutrientes pelos métodos DRIS, CND e ChM foram próximos entre si e idênticos ao teor médio da população de alta produtividade (Tabela 5). Em algumas situações, como no caso do N, Fe, Mn e Cu ocorreu uma distorção com relação aos teores ótimos determinados pela ChM e os métodos DRIS e CND (Tabela 6). Quando os dados seguem distribuição normal espera-se que a média seja igual à mediana, o que concorre para a obtenção de valores próximos entre os métodos trabalhados, isso atribuído a população de alta produtividade.

A estimativa de faixas ótimas para teores de nutrientes pelos métodos ChM, DRIS e CND, com menor amplitude em relação às faixas estabelecidas na literatura, sugere, assim como para Kurihara (2004), a maior adequação do uso desses valores de referência, quando obtidos regionalmente, do que os valores estabelecidos em condições de solo, clima e potencial produtivo diferentes dos aqui considerados. Entretanto, deve-se ressaltar que os teores e as faixas ótimas estimados neste trabalho referem-se a um potencial produtivo elevado, uma vez que se consideraram talhões de alta produtividade aqueles que apresentaram produtividade superior a  $80 \text{ t ha}^{-1}$ .

A opção pela escolha de modelo linear para ajuste entre teor e índice DRIS e CND, ao invés de modelos quadráticos, exponenciais ou outros, que poderiam apresentar um melhor ajuste (Silva, 2001 e Reis Jr., 2002), resulta no fato de que, utilizando-se o modelo linear para ajuste dos dados, se obtém um teor ótimo idêntico ao valor médio da população de referência ou de alta produtividade (Kurihara, 2004). A presença de curvaturas observadas na dispersão dos pontos, quando se relaciona índice DRIS em função de teor foliar ou vice-versa, resulta em melhores ajustes de modelos lineares (Wadt et al., 1998; Silva, 2001 e Reis Jr., 2002).

Tabela 4 – Valores de chance matemática (ChM) estabelecidos para diferentes classes de distribuição de nutrientes em amostras de folhas de cana-de-açúcar na região de Coruripe em Alagoas, na safra 2008/2009

Classe <sup>(1)</sup>	Li <sup>(2)</sup>	LS <sup>(3)</sup>	Ci <sup>(4)</sup>	P(Ai/A) <sup>(5)</sup>	P(Ai/Ci) <sup>(6)</sup>	PRODi <sup>(7)</sup>	ChMi <sup>(8)</sup>
	----- g kg <sup>-1</sup> -----					----- t ha <sup>-1</sup> -----	
				Nitrogênio			
1	11,76	12,67	1	0,000	0,000	0,0	0,000
2	12,67	13,58	8	0,000	0,000	0,0	0,000
3	13,58	14,49	15	0,097	0,200	86,7	12,076
4	14,49	15,40	22	0,161	0,227	91,4	17,473
5	15,40	16,31	35	0,258	0,229	88,7	21,560
6	16,31	17,22	13	0,032	0,077	87,8	4,358
7	17,22	18,13	11	0,065	0,182	110,9	12,062
8	18,13	19,04	20	0,065	0,100	82,6	6,659
9	19,04	19,95	20	0,226	0,350	92,0	25,875
10	19,95	20,86	12	0,000	0,000	0,0	0,000
11	20,86	21,77	14	0,032	0,071	83,9	3,999
12	21,77	22,68	8	0,032	0,125	91,2	5,768
13	22,68	23,59	4	0,032	0,250	83,3	7,451
				Fósforo			
1	0,99	1,13	1	0,000	0,000	0,0	0,000
2	1,13	1,27	2	0,000	0,000	0,0	0,000
3	1,27	1,41	10	0,032	0,100	91,0	5,148
4	1,41	1,55	10	0,032	0,100	100,5	5,685
5	1,55	1,69	22	0,129	0,182	101,9	15,614
6	1,69	1,83	55	0,323	0,182	93,4	22,646
7	1,83	1,97	19	0,226	0,368	84,2	24,282
8	1,97	2,11	32	0,097	0,094	84,4	8,059
9	2,11	2,25	10	0,065	0,200	88,9	10,136
10	2,25	2,39	13	0,065	0,154	83,4	8,344
11	2,39	2,53	4	0,032	0,250	83,5	7,468
12	2,53	2,67	2	0,000	0,000	0,0	0,000
13	2,67	2,81	3	0,000	0,000	0,0	0,000
				Potássio			
1	5,58	6,29	1	0,000	0,000	0,0	0,000
2	6,29	7,00	2	0,000	0,000	0,0	0,000
3	7,00	7,71	9	0,000	0,000	0,0	0,000
4	7,71	8,42	22	0,097	0,136	95,2	10,934
5	8,42	9,13	13	0,065	0,154	101,3	10,135
6	9,13	9,84	35	0,194	0,171	96,4	17,558
7	9,84	10,55	39	0,194	0,154	84,6	14,623
8	10,55	11,26	36	0,226	0,194	87,7	18,363
9	11,26	11,97	6	0,097	0,500	93,2	20,525
10	11,97	12,68	9	0,065	0,222	84,1	10,103
11	12,68	13,39	9	0,065	0,222	84,2	10,115
12	13,39	14,10	1	0,000	0,000	0,0	0,000
13	14,10	14,81	1	0,000	0,000	0,0	0,000
				Cálcio			
1	1,04	1,51	5	0,000	0,000	0,0	0,000
2	1,51	1,98	6	0,000	0,000	0,0	0,000
3	1,98	2,45	14	0,065	0,143	83,0	8,002
4	2,45	2,92	27	0,161	0,185	86,8	14,980
5	2,92	3,39	33	0,226	0,212	93,3	20,422
6	3,39	3,86	27	0,097	0,111	81,8	8,488
7	3,86	4,33	28	0,129	0,143	87,6	11,898
8	4,33	4,80	13	0,065	0,154	93,1	9,315
9	4,80	5,27	9	0,065	0,222	95,3	11,448
10	5,27	5,74	9	0,065	0,222	91,9	11,039
11	5,74	6,21	9	0,097	0,333	99,2	17,829
12	6,21	6,68	1	0,032	1,000	96,8	17,316
13	6,68	7,15	2	0,000	0,000	0,0	0,000

Continuação...

Tabela 4 – Cont...

Classe <sup>(1)</sup>	Li <sup>(2)</sup>	LS <sup>(3)</sup>	Ci <sup>(4)</sup>	P(Ai/A) <sup>(5)</sup>	P(Ai/Ci) <sup>(6)</sup>	PRODi <sup>(7)</sup>	ChMi <sup>(8)</sup>
	----- g kg <sup>-1</sup> -----					----- t ha <sup>-1</sup> -----	
				Magnésio			
1	0,89	1,13	2	0,000	0,000	0,0	0,000
2	1,13	1,37	7	0,097	0,429	84,1	17,156
3	1,37	1,61	24	0,161	0,208	99,4	18,190
4	1,61	1,85	23	0,065	0,087	81,5	6,129
5	1,85	2,09	26	0,097	0,115	83,4	8,808
6	2,09	2,33	35	0,032	0,029	87,2	2,656
7	2,33	2,57	28	0,129	0,143	85,8	11,653
8	2,57	2,81	21	0,097	0,143	84,4	9,940
9	2,81	3,05	6	0,161	0,833	87,3	31,971
10	3,05	3,29	4	0,065	0,500	101,2	18,244
11	3,29	3,53	4	0,032	0,250	101,7	9,096
12	3,53	3,77	0	0,000	0,000	0,0	0,000
13	3,77	4,01	3	0,065	0,667	108,6	22,613
				Enxofre			
1	0,34	0,51	5	0,000	0,000	0,0	0,000
2	0,51	0,68	14	0,000	0,000	0,0	0,000
3	0,68	0,85	33	0,258	0,242	85,5	21,364
4	0,85	1,02	30	0,097	0,100	82,7	8,145
5	1,02	1,19	18	0,097	0,167	87,2	11,098
6	1,19	1,36	35	0,194	0,171	92,4	16,829
7	1,36	1,53	27	0,161	0,185	93,1	16,068
8	1,53	1,70	4	0,032	0,250	129,6	11,592
9	1,70	1,87	4	0,032	0,250	91,2	8,157
10	1,87	2,04	5	0,000	0,000	0,0	0,000
11	2,04	2,21	4	0,032	0,250	83,3	7,451
12	2,21	2,38	0	0,000	0,000	0,0	0,000
13	2,38	2,55	4	0,097	0,750	95,5	25,758
	----- mg kg <sup>-1</sup> -----					Zinco	
1	10,00	11,77	12	0,032	0,083	80,8	4,164
2	11,77	13,54	32	0,226	0,219	87,8	19,533
3	13,54	15,31	44	0,226	0,159	89,1	16,890
4	15,31	17,08	52	0,323	0,192	92,4	23,010
5	17,08	18,85	14	0,032	0,071	101,7	4,848
6	18,85	20,62	14	0,032	0,071	81,4	3,880
7	20,62	22,39	9	0,032	0,111	81,2	4,839
8	22,39	24,16	3	0,097	1,000	98,9	30,802
9	24,16	25,93	2	0,000	0,000	0,0	0,000
10	25,93	27,70	0	0,000	0,000	0,0	0,000
11	27,70	29,47	0	0,000	0,000	0,0	0,000
12	29,47	31,24	0	0,000	0,000	0,0	0,000
13	31,24	33,01	1	0,000	0,000	0,0	0,000
				Ferro			
1	30,86	39,04	26	0,194	0,231	85,8	18,163
2	39,04	47,21	60	0,355	0,183	89,4	22,786
3	47,21	55,39	37	0,194	0,162	100,0	17,728
4	55,39	63,56	27	0,129	0,148	87,4	12,076
5	63,56	71,74	21	0,097	0,143	89,8	10,576
6	71,74	79,91	4	0,032	0,250	86,6	7,746
7	79,91	88,09	3	0,000	0,000	0,0	0,000
8	88,09	96,26	1	0,000	0,000	0,0	0,000
9	96,26	104,44	2	0,000	0,000	0,0	0,000
10	104,44	112,61	1	0,000	0,000	0,0	0,000
11	112,61	120,79	0	0,000	0,000	0,0	0,000
12	120,79	128,96	0	0,000	0,000	0,0	0,000
13	128,96	137,14	1	0,000	0,000	0,0	0,000

Continuação...

Tabela 4 – Cont...

Classe <sup>(1)</sup>	LI <sup>(2)</sup>	LS <sup>(3)</sup>	Ci <sup>(4)</sup>	P(Ai/A) <sup>(5)</sup>	P(Ai/Ci) <sup>(6)</sup>	PRODi <sup>(7)</sup>	ChMi <sup>(8)</sup>
	----- mg kg <sup>-1</sup> -----					----- t ha <sup>-1</sup> -----	
				Manganês			
1	3,99	8,53	23	0,161	0,217	93,0	17,383
2	8,53	13,07	36	0,226	0,194	84,9	17,777
3	13,07	17,61	32	0,129	0,125	89,2	11,327
4	17,61	22,15	25	0,097	0,120	97,5	10,519
5	22,15	26,69	22	0,065	0,091	86,0	6,614
6	26,69	31,23	10	0,032	0,100	107,9	6,104
7	31,23	35,77	14	0,161	0,357	86,6	20,762
8	35,77	40,31	6	0,032	0,167	81,4	5,951
9	40,31	44,85	4	0,032	0,250	83,3	7,451
10	44,85	49,39	3	0,000	0,000	0,0	0,000
11	49,39	53,93	3	0,000	0,000	0,0	0,000
12	53,93	58,47	1	0,000	0,000	0,0	0,000
13	58,47	63,01	4	0,065	0,500	108,6	19,578
				Cobre			
1	1,83	2,24	7	0,000	0,000	0,0	0,000
2	2,24	2,65	0	0,000	0,000	0,0	0,000
3	2,65	3,06	25	0,226	0,280	84,2	21,181
4	3,06	3,47	0	0,000	0,000	0,0	0,000
5	3,47	3,88	0	0,000	0,000	0,0	0,000
6	3,88	4,29	54	0,290	0,167	95,2	20,950
7	4,29	4,70	0	0,000	0,000	0,0	0,000
8	4,70	5,11	67	0,355	0,164	90,0	21,716
9	5,11	5,52	0	0,000	0,000	0,0	0,000
10	5,52	5,93	0	0,000	0,000	0,0	0,000
11	5,93	6,34	26	0,129	0,154	91,9	12,953
12	6,34	6,75	0	0,000	0,000	0,0	0,000
13	6,75	7,16	4	0,000	0,000	0,0	0,000
				Boro			
1	4,32	5,23	2	0,000	0,000	0,0	0,000
2	5,23	6,13	3	0,000	0,000	0,0	0,000
3	6,13	7,03	13	0,097	0,231	86,8	12,993
4	7,03	7,94	24	0,290	0,375	93,6	30,867
5	7,94	8,84	39	0,097	0,077	89,6	7,744
6	8,84	9,75	23	0,194	0,261	85,4	19,217
7	9,75	10,66	20	0,097	0,150	98,2	11,845
8	10,66	11,56	18	0,065	0,111	97,1	8,248
9	11,56	12,47	19	0,129	0,211	87,2	14,386
10	12,47	13,37	7	0,000	0,000	0,0	0,000
11	13,37	14,28	7	0,032	0,143	81,4	5,506
12	14,28	15,18	5	0,000	0,000	0,0	0,000
13	15,18	16,09	3	0,000	0,000	0,0	0,000

(<sup>1</sup>) Wadt et al. (1998). (<sup>2</sup>) Limite inferior da classe "i". (<sup>3</sup>) Limite superior da classe "i". (<sup>4</sup>) Número de ocorrência pertencente à classe "i". (<sup>5</sup>) Frequência de lotes de alta produtividade na classe "i" em relação ao total de lotes de alta produtividade. (<sup>6</sup>) Frequência de lotes de alta produtividade na classe "i" em relação ao total de lotes da classe "i". (<sup>7</sup>) Produtividade média dos lotes de alta produtividade da classe "i". (<sup>8</sup>) Chance matemática na classe "i".

Tabela 5 – Modelos ajustados entre teores de nutrientes e índices DRIS, M-DRIS e CND em amostras de folhas de cana-de-açúcar para o grupo de alta produtividade na região de Coruripe em Alagoas

Nutriente	Método <sup>(1)</sup>	Modelo	R <sup>2</sup>
N	DRIS-B	$\hat{N} = 17,40 + 0,2492 ** IN$	0,40
	DRIS-J	$\hat{N} = 17,29 + 0,3193 ** IN$	0,38
	M-DRIS-B	$\hat{N} = 17,42 + 0,2783 ** IN$	0,51
	CND	$\hat{N} = 17,28 + 0,1294 ** IN$	0,28
P	DRIS-B	$\hat{P} = 1,87 + 0,0234 ** IP$	0,55
	DRIS-J	$\hat{P} = 1,86 + 0,0305 ** IP$	0,56
	M-DRIS-B	$\hat{P} = 1,87 + 0,0246 ** IP$	0,62
	CND	$\hat{P} = 1,86 + 0,0166 ** IP$	0,46
K	DRIS-B	$\hat{K} = 10,38 + 0,1269 ** IK$	0,67
	DRIS-J	$\hat{K} = 10,38 + 0,1529 ** IK$	0,65
	M-DRIS-B	$\hat{K} = 10,38 + 0,1312 ** IK$	0,72
	CND	$\hat{K} = 10,40 + 0,1062 ** IK$	0,63
Ca	DRIS-B	$\hat{Ca} = 3,80 + 0,1209 ** ICa$	0,83
	DRIS-J	$\hat{Ca} = 3,91 + 0,1471 ** ICa$	0,83
	M-DRIS-B	$\hat{Ca} = 3,81 + 0,1202 ** ICa$	0,87
	CND	$\hat{Ca} = 3,91 + 0,1139 ** ICa$	0,83
Mg	DRIS-B	$\hat{Mg} = 2,36 + 0,0752 ** IMg$	0,87
	DRIS-J	$\hat{Mg} = 2,35 + 0,0919 ** IMg$	0,86
	M-DRIS-B	$\hat{Mg} = 2,38 + 0,0735 ** IMg$	0,90
	CND	$\hat{Mg} = 2,36 + 0,0704 ** IMg$	0,87
S	DRIS-B	$\hat{S} = 1,21 + 0,0434 ** IS$	0,89
	DRIS-J	$\hat{S} = 1,29 + 0,0599 ** IS$	0,86
	M-DRIS-B	$\hat{S} = 1,21 + 0,0443 ** IS$	0,90
	CND	$\hat{S} = 1,30 + 0,0485 ** IS$	0,89
Zn	DRIS-B	$\hat{Zn} = 16,07 + 0,3168 ** IZn$	0,71
	DRIS-J	$\hat{Zn} = 15,92 + 0,3796 ** IZn$	0,68
	M-DRIS-B	$\hat{Zn} = 16,06 + 0,3272 ** IZn$	0,74
	CND	$\hat{Zn} = 15,92 + 0,3017 ** IZn$	0,65
Fe	DRIS-B	$\hat{Fe} = 49,16 + 1,1018 ** IFe$	0,75
	DRIS-J	$\hat{Fe} = 48,17 + 1,3772 ** IFe$	0,74
	M-DRIS-B	$\hat{Fe} = 49,24 + 1,1133 ** IFe$	0,80
	CND	$\hat{Fe} = 48,04 + 0,9282 ** IFe$	0,69
Mn	DRIS-B	$\hat{Mn} = 21,01 + 1,1776 ** IMn$	0,93
	DRIS-J	$\hat{Mn} = 22,60 + 1,4927 ** IMn$	0,87
	M-DRIS-B	$\hat{Mn} = 21,28 + 1,771 ** IMn$	0,92
	CND	$\hat{Mn} = 22,31 + 1,4373 ** IMn$	0,90
Cu	DRIS-B	$\hat{Cu} = 4,57 + 0,1065 ** ICu$	0,72
	DRIS-J	$\hat{Cu} = 4,38 + 0,1388 ** ICu$	0,73
	M-DRIS-B	$\hat{Cu} = 4,62 + 0,0996 ** ICu$	0,79
	CND	$\hat{Cu} = 4,39 + 0,0820 ** ICu$	0,68
B	DRIS-B	$\hat{B} = 9,31 + 0,1774 ** IB$	0,67
	DRIS-J	$\hat{B} = 9,26 + 0,2233 ** IB$	0,68
	M-DRIS-B	$\hat{B} = 9,34 + 0,1832 ** IB$	0,74
	CND	$\hat{B} = 9,26 + 0,1416 ** IB$	0,59

<sup>(1)</sup> Método DRIS-B – Beaufils (1973); Método DRIS-J – Jones (1981); Método M-DRIS-B – Hallmark et al, (1987), usando o critério de Beaufils (1973); Método CND – Parent & Dafir (1992).

Tabela 6 – Teor e faixa ótima de nutrientes pelos métodos ChM<sup>(1)</sup>, DRIS<sup>(2)</sup>, M-DRIS<sup>(3)</sup> e CND<sup>(4)</sup>, em amostras de folhas de cana-de-açúcar coletadas na região de Coruripe, Alagoas, na safra 2008/2009, em subpopulação de alta produtividade

Nutriente	Método	Faixa ótima		Teor ótimo
		----- g kg <sup>-1</sup> -----		
N	ChM	14,5 a 20,0		16,7
	DRIS-B	15,7 a 19,1		17,4
	DRIS-J	15,2 a 19,4		17,3
	M-DRIS-B	15,6 a 19,3		17,4
	CND	16,4 a 18,1		17,3
P	ChM	1,6 a 2,0		1,7
	DRIS-B	1,7 a 2,0		1,9
	DRIS-J	1,7 a 2,1		1,9
	M-DRIS-B	1,7 a 2,0		1,9
	CND	1,7 a 2,0		1,9
K	ChM	9,1 a 12,0		10,8
	DRIS-B	9,5 a 11,2		10,4
	DRIS-J	9,4 a 11,4		10,4
	M-DRIS-B	9,5 a 11,3		10,4
	CND	9,7 a 11,1		10,4
Ca	ChM	2,4 a 6,7		3,7
	DRIS-B	3,0 a 4,6		3,8
	DRIS-J	2,9 a 4,9		3,9
	M-DRIS-B	3,0 a 4,6		3,8
	CND	3,2 a 4,7		3,9
Mg	ChM	1,4 a 3,3		2,3
	DRIS-B	1,9 a 2,9		2,4
	DRIS-J	1,7 a 3,0		2,4
	M-DRIS-B	1,9 a 2,9		2,4
	CND	1,9 a 2,8		2,4
S	ChM	0,7 a 1,7		1,1
	DRIS-B	0,9 a 1,5		1,2
	DRIS-J	0,9 a 1,7		1,3
	M-DRIS-B	0,9 a 1,5		1,2
	CND	1,0 a 1,6		1,3

Continuação...

Tabela 6 – Cont...

Nutriente	Método	Faixa ótima	
		----- mg kg <sup>-1</sup> -----	
Zn	ChM	11,8 a 24,2	16,0
	DRIS-B	14,0 a 18,2	16,1
	DRIS-J	13,4 a 18,5	15,9
	M-DRIS-B	13,9 a 18,2	16,1
	CND	13,9 a 17,9	15,9
Fe	ChM	30,9 a 63,6	44,0
	DRIS-B	41,8 a 56,5	49,2
	DRIS-J	39,0 a 57,4	48,2
	M-DRIS-B	41,8 a 56,7	49,2
	CND	41,9 a 54,2	48,0
Mn	ChM	4,0 a 35,8	14,5
	DRIS-B	13,2 a 28,9	21,0
	DRIS-J	12,6 a 32,6	22,6
	M-DRIS-B	13,4 a 29,1	21,3
	CND	12,7 a 31,9	22,3
Cu	ChM	2,6 a 6,3	4,0
	DRIS-B	3,9 a 5,3	4,6
	DRIS-J	3,5 a 5,3	4,4
	M-DRIS-B	4,0 a 5,3	4,6
	CND	3,8 a 4,9	4,4
B	ChM	7,0 a 12,5	9,5
	DRIS-B	8,1 a 10,5	9,3
	DRIS-J	7,8 a 10,7	9,3
	M-DRIS-B	8,1 a 10,6	9,3
	CND	8,3 a 10,2	9,3

Teor e faixa ótima estimada a partir da: <sup>(1)</sup> mediana e os limites inferior e superior das classes de frequência com maiores valores de chance matemática (Wadt et al., 1998), respectivamente. <sup>(2)</sup> para um índice Dris - Beaufils (1973) e de Jones (1981), utilizando um fator de ajuste  $k = 10$ , igual a zero  $\pm 2/3$  s, conforme Kurihara (2004), respectivamente. <sup>(3)</sup> para um índice M-Dris - Hallmark et al, (1987) usando o critério de Beaufils (1973) - utilizando um fator de ajuste  $k = 10$ , igual a zero  $\pm 2/3$  s, conforme Kurihara (2004), respectivamente. <sup>(4)</sup> para um índice CND – Parent e Dafir (1992) - utilizando um fator de ajuste  $k = 10$ , igual a zero  $\pm 2/3$  s, conforme Kurihara (2004), respectivamente.

## Faixa ótima dos nutrientes

Há uma preocupação de alguns autores como Beaufils (1973), Sumner, (1977) e Beverly et al. (1986) que defendem a criação de uma norma para a aplicação do DRIS, independentemente da região, do tipo de solo ou da variedade cultivada. Entretanto, outros autores têm contestado esta idéia. Walworth (1987) trabalhando com milho; e Leandro (1998) com soja encontraram respostas diferenciadas. De acordo com resultados desses autores, normas desenvolvidas local ou regionalmente, produzem maior exatidão no diagnóstico de deficiências ou desbalanços, do que aquelas produzidas por normas de outras regiões.

O nível crítico ou a concentração crítica de um determinado nutriente é comumente usado na interpretação de resultados de análises de planta e na diagnose de problemas nutricionais (Memon et al., 2005). Sendo definido como o valor da concentração que separa a classe deficiente da adequada (Bataglia et al., 1992; Memon et al., 2005). Em outras palavras, sendo definida como abaixo desse nível crítico, a produção, o crescimento ou a qualidade da cultura é insatisfatória ou diminuída, com isso a probabilidade de resposta a adição do nutriente é alta. Acima desse valor, a probabilidade de resposta a adição do nutriente é baixa. Por outro lado, considera-se que existe uma zona de transição que separa a concentração crítica do nutriente entre deficiente e adequada, não sendo atribuído a um único valor. Nesse caso, se utiliza a expressão faixa crítica do nutriente, faixa de suficiência ou faixa ótima. Assim, atribuem-se três faixas: deficiente, adequado e excessivo, com os mesmos conceitos ditos anteriormente. Nesse sentido, comparou-se a faixa ótima de cada nutriente determinado neste trabalho pelo M-DRIS Beaufils (próximo do índice DRIS nulo) e Chance Matemática (ChM) (Tabela 6) para a cultura da cana-de-açúcar com os valores apresentados pelos autores Orlando Filho e Haag (1976), Espironelo et al. (1986), Raij et al. (1996), Malavolta et al. (1997), Reis Jr. (1999) e Moura Filho et al. (2010) (Tabela 2 e 3) para caracterização de uma interpretação de diagnose nutricional deficiente, adequada e excessiva (Tabela 7).

As faixas críticas de nutrientes nas folhas de cana-de-açúcar apresentadas pelos diversos autores levaram a obtenção de diferentes diagnoses nutricionais dos canaviais avaliados (Tabela 7). Com relação aos macronutrientes (N, P, K, Ca, Mg e S), pelos padrões estabelecidos pelos autores, constatou-se maiores percentuais de canaviais avaliados como deficientes, diferentemente do que ocorre a partir das faixas ótimas estabelecidas pelo M-DRIS e ChM para a cana-de-açúcar na região de Coruripe em

Alagoas (Tabela 6). Em algumas situações, no caso do K, que em alguns autores (Orlando Filho e Haag, 1976; Espironelo et al., 1986; Malavolta et al., 1997; Reis Jr., 1999) chegou-se a valores percentuais para a classe deficiente, variando de 80 a 100%, o que enquadraria parte da população de alta produtividade ou norma desse trabalho na classe deficiente, que chega em algum caso, a 100%. Essa mesma situação ocorre para Ca e S (Tabela 7).

Tabela 7 – Frequência de amostras de canaviais da região de Coruripe, Alagoas, que apresentaram teores foliares deficientes, adequados e excessivos de nutrientes, segundo a diagnose obtida com os padrões de vários autores

	N	P	K	Ca	Mg	S	B	Cu	Fe	Mn	Zn
	----- % -----										
Orlando Filho e Haag (1976)											
Deficiente	79	65	80	100	37	94					
Adequado	15	32	16	0	63	6					
Excessivo	6	3	4	0	0	0					
Espironelo et al. (1986)											
Deficiente	25	4	92	60	1	45					
Adequado	71	72	8	40	44	55					
Excessivo	4	24	0	0	55	0					
Raij et al. (1996)											
Deficiente	57	7	45	6	0	81	58	84	14	69	0
Adequado	43	93	55	94	94	19	42	16	86	31	100
Excessivo	0	0	0	0	6	0	0	0	0	0	0
Malavolta et al. (1997) – cana-planta											
Deficiente	68	65	100	37	99	98	100	100	100	100	98
Adequado	22	332	16	0	57	1	2	0	0	0	1
Excessivo	10	3	4	0	4	0	0	0	0	0	1
Malavolta et al. (1997) – cana-soca											
Deficiente	79	40	96	86	37	99	-	100	96	96	98
Adequado	11	56	0	14	57	1	-	0	4	4	1
Excessivo	10	3	4	0	6	0	-	0	0	0	1
Reis Jr. (1999)											
Deficiente	4	55	92	28	51	88	-	47	-	100	7
Adequado	96	45	8	72	49	12	-	53	-	0	93
Excessivo	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Moura Filho et al. (2010)											
Deficiente	1	0	26	3	0	10	1	0	11	0	7
Adequado	85	83	74	67	8	83	14	47	89	98	93
Excessivo	14	17	0	13	92	7	86	53	0	2	1
MDris-Beaufils – Este trabalho											
Deficiente	31	25	38	28	31	28	25	18	26	32	24
Adequado	40	51	48	55	62	60	43	66	44	48	60
Excessivo	30	24	14	17	7	12	32	16	30	20	16
ChM – Este trabalho											
Deficiente	13	13	26	11	5	10	10	4	0	0	7
Adequado	66	63	66	88	92	81	78	94	82	88	92
Excessivo	21	24	8	1	3	9	12	2	18	12	2

Confrontando os dados de Reis Jr. (1999), que foram desenvolvidos a partir do DRIS, para a região canavieira de Campos dos Goytacazes/RJ, com os obtidos pelo M-DRIS (Tabela 7), constata-se uma maior predominância de diagnoses nutricionais deficientes para este autor. A mesma situação se aplica, quando se compara os dados de canaviais paraibanos, determinados pelo método da ChM (Moura Filho et al., 2010) com o desse trabalho (ChM), no entanto, com predominância de diagnoses nutricionais adequadas, para esses autores. Isso evidencia, que a obtenção de normas DRIS regionais locais deve fornecer um diagnóstico mais confiável e mais exato no diagnóstico de deficiências ou desequilíbrios nutricionais, do que aqueles produzidos para outras regiões.

Com relação aos micronutrientes (B, Cu, Fe e Mn) os diagnósticos produzidos pelos diversos autores (Raij et al., 1996; Malavolta et al., 1997 e Reis Jr., 1999) apresentam valores percentuais na classe deficiente bem elevada, desde o dobro dos valores determinados nesse trabalho (M-DRIS) até para valores da ordem de 100% (Malavolta et al., (1997) para B, Cu, Fe, Mn e Zn e Reis Jr., (1999) para Mn) (Tabela 7). Percebe-se, claramente a superestimação da classe deficiente, visto que, toda a subpopulação de alta produtividade apresentar-se-ia deficiente para a maioria dos micronutrientes avaliados, se utilizadas as faixas críticas dos diferentes autores. Com relação aos obtidos nos canaviais paraibanos (Moura Filho et al., 2010) os valores obtidos, para a classe deficiente, estiveram abaixo dos determinados pelo M-DRIS, mais próximo dos determinados pela ChM (Tabela 7).

Os valores de diagnoses nutricionais determinados pelos métodos M-DRIS e ChM mostraram-se bastante diferentes entre si para todos os nutrientes avaliados (Tabela 7), apesar dos valores de faixas ótimas obtidos serem muito próximos (Tabela 6). Nesse caso, como o DRIS trabalha com relações binárias entre os nutrientes e o seu valor expressa a relação de um determinado nutriente com todos os demais, deva ser preferível em relação ao método da ChM.

#### 4. CONCLUSÕES

1. Os métodos ChM, DRIS e CND mostraram-se promissores para a calibração de teores ótimos de nutrientes para a cultura da cana-de-açúcar, a partir de dados provenientes do monitoramento nutricional de lavouras comerciais na região de Coruripe, em Alagoas;
2. Os valores nutricionais ótimos obtidos pelos métodos ChM, DRIS e CND para a maioria dos nutrientes em lavouras comerciais de cana-de-açúcar na região de Coruripe, em Alagoas ficaram abaixo do recomendado pela literatura.

#### 5. AGRADECIMENTOS

A Universidade Federal Rural de Pernambuco pela oportunidade de poder ter realizado o curso de Doutorado. A Usina Coruripe por todo apoio oferecido para que este trabalho fosse realizado. A CAPES Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior, pela bolsa concedida.

#### 6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BATAGLIA, O.C.; DECHEN, A.R.; SANTOS, W.R. Diagnose visual e análise de plantas. In: REUNIÃO BRASILEIRA DE FERTILIDADE DO SOLO E NUTRIÇÃO DE PLANTAS, 20., Piracicaba, 1992. **Anais...** Piracicaba: SBCS, 1992. P.369-404.

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

BEIGUELMAN, B. **Curso prático de bioestatística**, Ribeirão Preto, SP: Fundação de Pesquisas Científicas de Ribeirão Preto, 2002.

BEVERLY, R.B. SUMNER, M. E.; LETZSCH, W. S.; Plank, C.O. Foliar diagnosis of soybean by DRIS. **Communications in Soil Science and Plant Analysis**, New York, v. 17, p. 237-256, 1986.

ESPIRONELO, A.; GALLO, J.R.; LAVORENTI, A.; IGUE, T.; HIROCE, R. Efeitos da adubação NPK nos teores de macronutrientes das folhas de cana-de-açúcar (cana-soca). **Bragantia**, Campinas, v.45, p.377-382, 1986.

HALLMARK, W.B. MOOY, C.J., PESEK, J. Comparison of two DRIS methods diagnosing nutrient deficiencies. **Journal of Fertilizer Issues**, Manchester, v.4, p.151-158, 1987.

JONES, C.A. Proposed modifications of the Diagnosis and Recommendation Integrated System (DRIS) for interpreting plant analysis. **Communications in Soil Science and Plant Analysis**, New York, v.12, p.785-794, 1981.

KHIARI, L.; PARENT, L.E.; TREMBLAY, N. Critical compositional nutrient indexes for sweet corn at early growth stage. **Agronomy Journal**, Madison, v.93, p.809-814, 2001a.

KHIARI, L.; PARENT, L.E.; TREMBLAY, N. The phosphorus compositional nutrient diagnosis range for potato. **Agronomy Journal**, Madison, v.93, p.815-819, 2001b.

KURIHARA, C.H. **Demanda de nutrientes pela soja e diagnose de seu estado nutricional**. 2004. 101f. Tese (Doutorado em Solos e Nutrição de Plantas) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, 2004.

LEANDRO, W.M. **Sistema Integrado de Diagnose e Recomendação (DRIS) para a cultura da soja (*Glycine max* L. Merrill) na região de Rio Verde-GO**. 1998. 157f.

MAIA, C.E. Análise crítica da fórmula original de Beaufils no cálculo dos índices DRIS: a constante de sensibilidade. In: WADT, P.G.S.; MALAVOLTA, E. (Org.). **Monitoramento nutricional para a recomendação de adubação de culturas**. Piracicaba: Potafos, 1999. 1 CD-ROM.

MALAVOLTA, E., VITTI, G.C. OLIVEIRA, S.A. **Avaliação do estado nutricional das plantas – princípio e aplicações**. Piracicaba: ABPPF, 1997. 319p.

McCray, S.Ji.J.M.; POWELL, G. MONTES, G., PERDOMO, R. Sugarcane response to DRIS-based fertilizer supplements in Florida. **Journal Agronomy & Crop Science**, Flórida, v.196, p.66-75, 2010.

MEMON, N.; MEMON, K.S.; ZIA-UL-HASSAN. Plant analysis as a diagnostic tool for evaluating nutritional requirements of Bananas. **International Journal of Agriculture & Biology**, Pakistan, v.7, p.824-831, 2005.

MOURA FILHO, G.; SILVA, L.C.; MOURA, A.B.; MELO FILHO, J.B.; GUERRA, A.M.; GUIMARÃES, D.H.V.; PEREIRA, R.C.S. Determinação de teores ótimos de nutrientes

em cana-de-açúcar na Destilaria Japungu-PB, usando o método Chance Matemática (ChM). In: XXIX REUNIÃO BRASILEIRA DE FERTILIDADE DO SOLO E NUTRIÇÃO DE PLANTAS. 29. Guarapari, 2010. **Resumos Expandidos...** Guarapari: SBCS, 2010. (Em CD-ROM).

ORLANDO FILHO, J.; HAAG, H.P. Levantamento do estado nutricional de N, P, K, Ca, Mg e S em 16 variedades da cana-de-açúcar (*saccharum spp.*) pela análise foliar. **Brasil Açucareiro**, Rio de Janeiro, v.88, p.11-27, 1976.

PARTELLI, F.L.; VIEIRA, H.D.; COSTA, A.N. Diagnóstico nutricional em cafeeiro conilon orgânico e convencional no Espírito Santo, utilizando o DRIS. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.35, p.1456-1460, 2005.

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 Agrônomo e Fundação IAC, 1996. 285p. (Boletim Técnico, 100).

REIS JR., R.A. **Diagnose nutricional da cana-de-açúcar com o uso do Sistema Integrado de Diagnose e Recomendação (DRIS)**. 1999. 141f. Tese (Doutorado em Produção Vegetal) - Universidade Estadual do Norte Fluminense, Campos dos Goytacazes, 1999.

REIS JR., R.A.; CORRÊA, J.B.; CARVALHO, J.G.; GUIMARÃES, P.T.G. Estabelecimento de normas DRIS para o cafeeiro no Sul de Minas Gerais:1ª aproximação. **Ciência Agrotécnica**, Lavras, v.26, p.269-282, 2002.

SILVA, G.G.C. **Diagnose nutricional do eucalipto pelo DRIS, M-DRIS e CND**. 2001. 132f. Tese (Mestrado em Solos e Nutrição de Plantas) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, 2001.

SILVA, L.C. **Diagnose nutricional e Potencial de Resposta à Adubação em cana-de-açúcar na Região de Tabuleiros Costeiros em Alagoas**. Recife: UFRPE, 2010. Exame de Qualificação (Doutorado em Solos) - Universidade Federal Rural de Pernambuco.

SOUZA, J.L.; MOURA FILHO, G.; LYRA, R.F.F. TEODORO, I.; SANTOS, E.A.; SILVA, J.L.; SILVA, P.R.T.; CARDIM, A.H.; AMORIN, E.C. Análise da precipitação pluvial e temperatura do ar na região do tabuleiro costeiro de Maceió, AL, período de 1972-2001. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, Santa Maria, v.12, p.131-141, 2004.

SOKAL, R.R.; ROHLF, F.J. **Biometry: the principles and practices of statistics in biological research**. 3. ed. New York: Freeman, 1994. 880p.

SUMNER, M.E. Use of the DRIS system in foliar diagnosis of crops at high yield levels. **Communication in Soil Science and Plant Analysis**, New York, v.8, p.251-268, 1977.

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**, Campinas, v.31, p.63-72, 2007.

WADT, P.G.S. **Os métodos da chance matemática e do sistema integrado de diagnose e recomendação (DRIS) na avaliação nutricional de plantios de eucalipto**. 1996. 123p. Tese (Doutorado) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa.  
WADT, P.G.S.; NOVAIS, R.F.; ALVAREZ V., V.H.; FONSECA, S.; BARROS, N.F. Valores de referência para macronutrientes em eucalipto obtidos pelos métodos DRIS e Chance Matemática. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v.22, p.685-692, 1998b.

WADT, P.G.S. Relationships between soil class and nutritional status of coffee plantations. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v.29, p.227-234, 2005.

WILKS, S.S. The likelihood test of independence in contingency tables. **The annals of mathematical statistics**, Beachwood, v.6, p.190-196, 1935.

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

O estudo da Diagnose Nutricional e Potencial de Resposta a Adubação em cana-de-açúcar na Região de Tabuleiros Costeiros em Alagoas apresentou resultados satisfatórios.

Observou-se que o critério de escolha das relações nutricionais com maior razão de variância para o estabelecimento das normas DRIS não se mostrou satisfatório para avaliar o estado nutricional da cana-de-açúcar.

As normas DRIS baseadas na maior razão de variância associada ao menor coeficiente de assimetria permitiram uma melhor seleção das relações entre os teores de nutrientes. No entanto, alguns critérios que foram utilizados para obtenção das normas DRIS, reduziram os coeficientes de assimetria e estabeleceram a normalidade dos dados, fornecendo diagnósticos nutricionais semelhantes entre si.

Em relação aos métodos DRIS em estudo, a diagnose nutricional, dependendo do método DRIS utilizado para realizar a avaliação nutricional do canavial, pode conduzir a interpretações distintas, comprometendo as recomendações de fertilizantes.

No entanto, foram estabelecidas normas DRIS específica para o diagnóstico do estado nutricional da cultura para a Região da Usina Coruripe, Alagoas, no qual verificou que a diagnose foliar (DRIS) tem que ser regional.

Vale salientar que mais análises devem ser feitas, sendo sugerido que as avaliações sejam feitas localmente, para detectar com mais detalhes a diagnose foliar da cultura.

## APÊNDICE

Tabela 1 – Produtividade e respectivos teores de nutrientes na matéria seca de folhas +3 de cana-de-açúcar coletadas em estudo, representando o grupo de alta produtividade (31 amostras).

Fazenda	Bloco	Talhão	Variedade	Folha	TCH	N	P	K	Ca	Mg	S	Zn	Fe	Mn	Cu	B
					t/ha	g/kg					mg/kg					
Mato Grosso	276	5	RB845210	2	87,6	14,6	2,1	11,2	3,3	2,8	1,5	14	41	63	5	7,8
Mato Grosso	282	3	RB93509	6	81,4	19,3	2,3	10,8	5,1	2,0	1,1	19	52	38	5	13,5
Mato Grosso	282	4	RB93509	6	80,8	19,6	1,9	10,0	3,2	1,7	1,3	11	45	24	5	7,8
Mato Grosso	283	3	RB92579	4	82,2	19,6	2,2	11,6	2,6	1,8	0,9	12	60	11	5	9,6
Mato Grosso	286	1	RB867515	2	107,9	19,6	1,7	8,4	6,0	3,9	1,2	15	50	29	5	10,3
Mato Grosso	286	2	RB867515	2	101,7	19,3	1,7	11,6	4,5	3,4	1,3	18	43	32	5	8,5
Mato Grosso	286	4	RB867515	2	109,2	19,6	1,8	10,8	4,9	3,8	1,4	12	48	22	6	11,5
Mato Grosso	286	5	RB855113	2	91,2	21,8	1,9	10,0	4,2	2,9	1,8	12	60	26	6	10,5
Mato Grosso	288	5	RB93509	4	80,6	18,8	2,0	10,0	3,7	2,4	1,3	14	48	35	5	12,4
Mato Grosso	289	7	SP81-3250	5	96,6	16,2	1,7	8,0	5,4	3,2	1,1	16	32	22	4	9,6
Progresso	80	5	RB93509	1	100,5	14,6	1,5	9,6	2,7	1,5	1,5	17	40	8	5	11,7
Progresso	81	2	RB867515	1	87,2	15,1	1,7	9,6	5,3	2,1	1,5	15	45	15	5	6,8
Progresso	81	3	RB867515	1	83,9	21,0	1,9	10,8	5,9	3,0	2,5	13	56	32	6	11,8
Progresso	87	3	RB867515	2	80,5	19,6	1,7	13,2	4,3	2,8	0,8	13	43	17	4	9,5
Progresso	91	3	RB72454	4	86,6	15,4	1,8	11,2	4,0	2,5	0,8	16	72	22	3	8,6
Progresso	92	3	RB92579	4	84,5	18,5	1,7	12,4	4,6	1,3	0,7	14	41	6	3	9,5
Progresso	96	2	RB855113	5	87,8	17,1	1,9	13,2	2,5	1,3	0,8	13	38	8	3	7,7
Progresso	97	3	SP81-3250	5	80,0	16,0	1,6	10,8	2,5	1,3	0,7	12	37	12	3	7,7
Capiatã A	35	3	RB92579	1	91,0	14,0	1,4	10,0	3,0	1,5	1,2	17	50	9	4	7,9
Capiatã A	39	3	RB867515	1	105,7	16,0	1,6	8,8	6,2	3,1	2,4	17	69	14	4	7,9
Capiatã A	39	5	RB867515	1	96,8	15,1	1,7	8,8	6,5	2,9	2,4	17	44	7	5	7,6
Capiatã A	41	4	RB93509	1	83,3	23,5	1,8	10,0	3,2	1,9	2,2	23	67	43	6	9,6
Riachão	130	2	SP791011	2	83,5	16,0	2,4	9,6	3,5	2,9	1,1	15	40	14	5	7,3
Riachão	135	5	SP791011	2	83,7	14,0	1,9	12,0	2,7	1,6	0,8	23	34	12	3	11,9
Riachão	135	10	SP791011	2	95,6	15,7	2,2	11,6	3,1	2,4	0,8	16	44	7	4	10,2
Riachão	142	5	SP791011	2	85,4	14,3	2,3	9,6	2,0	1,9	0,9	16	31	35	3	9,2
Riachão	142	6	SP791011	2	85,0	14,8	2,1	10,8	3,3	2,6	0,8	16	44	12	4	11,2
Riachão	143	1	RB867515	1	81,2	15,7	1,9	8,4	3,4	3,0	1,5	22	36	34	3	6,8
Riachão	143	4	RB92579	3	80,5	15,7	1,9	10,4	2,4	2,5	0,9	17	67	13	4	8,3
Riachão	146	3	RB93509	2	129,6	17,6	1,6	9,6	3,3	1,6	1,6	24	53	63	4	7,4
Capiatã B	11	3	RB92579	1	92,1	17,9	1,6	9,2	4,2	1,4	1,3	15	62	11	4	6,9

Tabela 2 – Produtividade e respectivos teores de nutrientes na matéria seca de folhas +3 de cana-de-açúcar coletadas em estudo, representando o grupo de baixa produtividade (152 amostras).

Fazenda	Bloco	Talhão	Variedade	Folha	TCH t/ha	N	P	K	Ca	Mg	S	mg/kg				
												Zn	Fe	Mn	Cu	B
Mato Grosso	275	1	RB92579	4	74,6	19,9	2,7	10,8	1,1	1,5	0,9	16	61	10	4	8,5
Mato Grosso	275	2	RB92579	4	62,0	16,2	1,7	10,4	1,4	1,5	0,6	13	38	17	3	8,8
Mato Grosso	275	3	RB93509	4	76,8	14,8	2,2	10,4	2,0	1,8	1,2	17	56	14	4	6,0
Mato Grosso	275	4	RB93509	4	66,8	15,4	1,9	10,4	2,7	2,0	1,2	13	48	21	4	6,9
Mato Grosso	278	1	RB92579	4	68,0	19,6	1,8	10,8	3,9	2,1	0,8	11	47	11	4	10,3
Mato Grosso	278	3	RB92579	4	75,3	21,3	2,1	11,2	6,2	2,5	0,9	12	49	13	4	9,4
Mato Grosso	278	4	RB83594	4	51,1	20,4	2,3	8,4	3,5	3,1	1,4	17	68	44	7	11,5
Mato Grosso	278	6	RB83594	4	43,6	21,6	2,1	11,6	3,9	2,4	0,9	17	64	60	5	11,1
Mato Grosso	280	1	RB85536	4	54,3	17,9	2,4	13,2	1,9	2,3	1,3	20	48	36	6	8,5
Mato Grosso	280	2	RB85536	4	61,5	18,8	2,2	10,8	3,3	2,5	0,8	16	45	32	6	10,4
Mato Grosso	280	3	RB85536	4	61,6	20,2	2,3	12,8	4,2	2,6	0,9	16	48	49	6	11,4
Mato Grosso	281	1	RB93509	1	77,7	18,5	1,5	8,4	2,7	2,2	1,1	17	137	24	5	11,9
Mato Grosso	281	3	RB93509	6	62,3	22,1	1,6	9,6	6,0	2,2	0,9	17	65	47	5	12,8
Mato Grosso	281	4	RB93509	6	51,9	22,1	1,8	8,4	4,2	2,4	1,3	16	79	62	7	9,6
Mato Grosso	281	9	RB93509	6	62,9	21,0	1,6	9,2	4,8	1,8	0,6	16	57	57	5	10,3
Mato Grosso	281	10	RB93509	6	59,7	22,1	1,8	10,8	2,1	1,7	1,2	16	56	50	5	12,8
Mato Grosso	281	11	RB93509	6	47,6	19,6	1,8	10,0	3,0	1,6	1,4	16	68	51	7	13,4
Mato Grosso	282	1	RB93509	6	75,5	18,2	1,9	8,0	4,2	2,6	1,2	15	41	23	5	12,8
Mato Grosso	282	2	RB93509	6	70,2	17,9	1,8	7,6	2,4	2,2	0,6	15	47	21	5	8,8
Mato Grosso	282	5	RB93509	6	77,6	19,9	2,1	10,0	3,0	1,8	1,1	11	64	20	6	12,4
Mato Grosso	283	1	RB75126	4	72,6	18,8	1,9	9,6	2,1	2,2	0,7	15	47	14	4	12,8
Mato Grosso	283	2	RB92579	4	79,3	21,8	2,0	11,2	3,0	2,6	0,8	13	53	14	5	11,9
Mato Grosso	283	5	RB92579	4	66,0	21,0	2,1	10,0	5,4	2,2	0,8	11	60	8	4	11,1
Mato Grosso	283	10	RB92579	4	78,7	19,9	2,1	12,4	2,3	1,7	1,3	11	56	23	6	9,6
Mato Grosso	285	2	RB92579	2	73,2	18,8	1,7	8,4	3,6	2,0	0,9	11	48	14	3	7,3
Mato Grosso	285	3	RB92579	2	77,8	19,6	2,1	10,0	3,6	1,9	1,1	13	46	18	4	15,7
Mato Grosso	285	4	RB92579	2	74,1	18,5	1,8	8,0	5,1	2,3	1,0	11	31	12	3	8,8
Mato Grosso	287	2	RB855463	6	78,8	16,2	2,3	13,2	3,9	2,5	0,8	16	39	19	5	10,4
Mato Grosso	288	1	RB93509	6	68,0	16,8	2,5	9,2	3,6	2,4	0,8	13	42	19	4	14,4
Mato Grosso	288	2	RB93509	6	77,9	19,6	2,1	12,0	5,9	2,4	0,8	18	87	21	5	14,6
Mato Grosso	288	4	RB93509	4	72,0	18,5	2,0	10,8	3,3	1,5	0,7	15	39	43	4	13,6
Mato Grosso	288	7	SP81-3250	6	56,2	19,6	2,1	10,8	3,0	2,2	1,2	12	56	33	5	9,6
Mato Grosso	288	13	SP81-3250	6	60,3	19,3	2,3	10,8	3,2	1,9	1,2	12	62	33	4	13,4
Mato Grosso	289	5	SP81-3250	5	60,6	14,6	1,7	8,8	3,0	2,3	1,1	13	41	14	5	14,4
Mato Grosso	289	6	SP81-3250	5	57,7	13,2	2,3	10,0	2,3	2,8	1,0	14	37	10	4	15,4
Mato Grosso	289	8	SP81-3250	5	46,5	16,2	1,8	9,2	2,7	2,2	0,8	14	33	25	5	8,7
Progresso	74	1	RB72454	4	41,7	22,7	2,6	13,2	3,9	1,8	1,4	19	60	34	6	14,4
Progresso	74	2	RB72454	4	34,1	22,7	2,4	9,2	3,4	2,7	1,5	18	59	24	5	12,4
Progresso	74	3	RB72454	4	36,8	21,6	2,2	11,2	5,2	2,3	1,1	17	67	25	6	12,4
Progresso	74	4	RB72454	4	77,5	15,4	1,7	8,0	5,2	2,9	1,0	17	51	19	3	9,2
Progresso	75	2	RB93509	5	67,4	22,7	1,9	10,4	5,6	1,6	2,2	18	62	46	5	13,4
Progresso	75	4	RB93509	5	59,0	22,4	2,0	10,0	4,6	1,6	2,0	18	57	28	6	13,6
Progresso	75	11	RB72454	5	54,7	21,0	1,9	8,8	4,8	2,5	1,4	13	40	19	5	10,3
Progresso	75	12	RB72454	5	53,5	21,3	2,3	10,0	4,5	2,7	1,4	14	41	17	5	11,1
Progresso	75	13	RB72454	5	54,9	20,7	2,2	7,6	2,6	2,7	2,0	16	52	26	7	12,7
Progresso	80	6	RB93509	2	74,1	22,4	2,0	11,6	4,3	1,7	1,8	16	68	51	4	12,4
Progresso	82	2	RB855113	6	61,5	21,0	1,8	14,0	3,1	1,7	1,8	16	69	32	3	12,4
Progresso	82	3	RB855113	6	60,9	22,4	1,8	14,8	4,6	1,7	2,5	16	68	40	5	11,5
Progresso	82	4	RB72454	5	58,8	20,7	1,6	7,2	6,9	2,4	1,0	14	59	16	5	12,4
Progresso	83	1	RB85536	5	57,9	19,6	1,6	8,8	2,8	2,3	1,1	15	50	22	3	13,4
Progresso	83	2	RB85536	5	36,6	17,6	1,5	7,6	4,2	2,8	1,2	10	63	16	5	10,9
Progresso	83	3	RB85536	5	51,4	20,2	1,8	8,8	3,7	2,6	1,1	13	67	24	6	12,7
Progresso	83	4	RB85536	5	46,4	19,9	1,7	8,4	3,1	2,6	1,9	14	54	28	6	11,8
Progresso	83	5	RB85536	5	55,4	20,2	2,0	8,8	3,3	2,5	1,2	14	57	24	6	10,9
Progresso	83	7	RB85536	5	55,6	19,0	1,7	8,4	3,0	2,4	1,0	15	41	25	5	11,1
Progresso	84	7	RB72454	4	42,8	20,4	1,7	9,2	7,1	2,4	1,2	15	48	21	6	11,1
Progresso	84	8	RB72454	4	74,2	15,1	1,4	10,4	3,0	1,7	0,9	16	44	9	4	8,0
Progresso	87	1	RB867515	2	74,9	19,3	1,9	9,6	4,0	3,3	1,9	17	45	19	3	10,5
Progresso	87	2	RB867515	2	78,0	18,2	1,5	8,0	4,6	3,5	2,2	11	50	18	5	9,2
Progresso	87	4	RB93509	4	57,7	18,8	1,7	8,8	3,6	2,0	1,3	14	40	21	6	11,8
Progresso	87	8	RB93509	4	69,6	18,8	1,8	11,2	2,7	1,3	0,9	16	35	15	5	9,6
Progresso	88	2	RB92579	3	65,6	21,0	1,8	11,2	5,8	2,4	1,3	13	64	13	3	12,4
Progresso	88	3	RB92579	3	74,9	20,7	2,1	10,4	4,0	2,1	1,0	12	64	15	4	10,1
Progresso	88	4	RB92579	3	67,1	19,6	1,8	12,8	4,3	2,0	1,2	14	48	14	3	9,5
Progresso	89	7	RB85536	4	65,9	17,4	1,7	8,0	4,2	2,6	0,9	16	32	16	5	8,0
Progresso	89	8	RB85536	4	79,6	18,2	1,6	9,2	3,6	2,2	0,9	14	40	17	5	10,3
Progresso	89	9	RB85536	4	67,6	17,9	1,7	9,2	3,3	2,1	0,9	15	38	17	5	8,8
Progresso	89	10	RB85536	4	70,6	15,4	2,0	9,6	3,0	1,9	0,7	13	40	15	4	8,0
Progresso	91	1	RB72454	4	68,5	15,7	2,0	7,2	2,5	2,4	0,7	16	35	10	2	9,5
Progresso	91	2	RB72454	4	69,0	15,7	1,9	9,2	3,4	1,9	0,6	16	40	15	4	8,6

Continuação...

Tabela 2 (Cont.) – Produtividade e respectivos teores de nutrientes na matéria seca de folhas +3 de cana-de-açúcar coletadas em estudo, representando o grupo de baixa produtividade (152 amostras).

Fazenda	Bloco	Talhão	Variedade	Folha	TCH t/ha	N	P	K	Ca	Mg	S	Zn	Fe	Mn	Cu	B
Progresso	92	2	RB92579	4	74,7	15,1	1,6	8,8	3,0	1,3	0,5	11	40	4	2	8,4
Progresso	94	2	RB855113	5	73,2	15,4	1,8	7,6	3,0	2,1	0,8	14	46	20	4	10,9
Progresso	94	3	RB855113	5	74,4	14,3	1,5	12,0	2,5	1,3	1,1	13	34	16	2	8,6
Progresso	97	1	SP81-3250	5	34,3	16,0	1,8	10,4	2,7	1,4	1,4	11	52	12	4	9,6
Progresso	97	2	SP81-3250	5	78,2	16,2	1,9	7,6	3,1	1,8	1,2	11	45	9	5	8,4
Progresso	98	2	RB855113	6	61,6	20,2	2,3	8,4	3,7	2,8	1,5	16	60	10	5	8,4
Progresso	98	3	RB855113	6	54,2	20,4	2,3	12,4	2,5	1,7	1,1	18	106	24	5	8,6
Progresso	98	6	SP791011	6	55,2	18,8	1,8	9,2	2,8	2,1	2,1	22	48	27	6	8,4
Progresso	99	1	RB855113	5	59,3	21,6	2,2	10,8	2,5	2,3	1,2	17	98	13	2	11,5
Progresso	99	2	RB855113	5	54,0	18,5	2,1	9,2	3,9	2,4	1,2	15	64	15	4	9,2
Progresso	99	3	RB855113	5	47,7	17,9	1,8	12,8	3,4	1,1	1,1	17	54	8	5	9,5
Progresso	117	1	Co997	4	43,8	20,7	2,0	10,8	2,8	2,5	1,5	14	61	19	2	12,4
Capiatã A	28	1	SP791011	3	78,9	15,1	1,3	10,0	2,8	1,6	1,3	18	45	35	5	6,9
Capiatã A	28	2	SP791011	3	76,3	13,4	1,3	8,8	3,4	1,6	1,2	18	45	22	4	8,8
Capiatã A	28	3	SP791011	3	56,8	14,6	1,7	10,0	1,8	1,6	0,7	20	44	38	4	8,3
Capiatã A	34	2	Co997	3	37,1	14,6	1,4	8,4	3,2	2,0	1,4	16	40	8	4	6,9
Capiatã A	34	5	Co997	3	50,0	13,2	1,7	9,2	2,4	2,2	0,4	17	40	7	4	8,3
Capiatã A	35	4	RB92579	1	65,6	16,8	1,6	10,4	2,2	1,6	0,6	16	47	7	3	6,4
Capiatã A	35	5	RB92579	1	79,7	15,1	1,6	11,6	2,4	1,7	0,8	12	41	6	3	6,4
Capiatã A	35	6	RB92579	1	73,1	14,8	1,6	12,0	2,9	1,4	1,3	21	89	11	5	5,4
Capiatã A	36	1	SP791011	3	54,5	14,0	1,3	10,4	4,0	2,1	1,3	15	103	15	4	6,0
Capiatã A	36	4	SP791011	3	57,4	16,5	1,8	10,8	4,4	2,5	0,9	16	83	14	6	8,3
Capiatã A	36	5	SP791011	3	59,2	15,7	1,7	10,8	4,0	2,2	0,6	20	73	20	5	8,3
Capiatã A	39	4	RB867515	1	79,5	13,7	1,3	9,6	3,4	2,6	1,4	14	37	15	5	4,4
Capiatã A	41	1	RB93509	1	69,9	21,6	1,6	10,0	5,5	1,9	0,9	15	62	29	6	10,8
Capiatã A	41	2	RB93509	1	65,5	21,6	1,9	10,0	3,6	1,7	1,6	20	71	25	6	11,8
Capiatã A	46	5	SP753046	5	46,8	17,4	2,3	9,2	4,0	2,6	1,5	21	35	11	4	7,6
Capiatã A	46	6	SP753046	5	60,2	15,4	2,3	9,2	1,8	2,3	1,6	15	36	10	5	7,6
Capiatã A	46	7	SP832847	5	35,1	15,1	1,6	10,4	3,6	1,5	1,4	15	45	12	5	10,1
Capiatã A	46	8	SP832847	5	44,4	15,4	2,0	10,4	3,6	2,0	2,0	16	60	23	6	9,2
Capiatã A	54	1	SP791011	8	59,2	16,0	1,5	8,0	5,3	2,2	1,6	14	50	12	4	7,6
Capiatã A	54	6	SP791011	8	49,2	13,7	1,7	9,2	3,2	1,8	1,2	18	46	12	4	6,4
Capiatã A	54	7	SP791011	8	40,5	16,2	1,5	11,2	2,7	1,4	1,0	17	68	10	4	7,4
Capiatã A	54	13	SP791011	8	35,8	15,4	1,8	9,2	3,3	2,0	1,5	16	50	31	5	9,2
Capiatã A	54	14	SP791011	8	64,6	12,9	1,7	9,2	4,0	2,1	1,5	22	49	24	4	8,4
Capiatã A	62	1	Co997	5	78,1	15,4	1,7	10,8	2,0	2,0	0,5	18	44	36	5	7,3
Capiatã A	62	2	SP791011	5	71,7	14,0	1,5	8,4	3,0	1,9	0,9	16	43	26	3	5,1
Capiatã A	62	3	SP791011	5	70,6	13,7	1,8	10,8	2,9	1,6	1,3	20	35	34	4	6,4
Riachão	134	2	RB867515	1	78,6	20,2	2,0	11,2	4,9	3,9	1,1	15	54	26	5	8,3
Riachão	138	6	RB83594	5	38,7	14,8	1,6	6,4	4,5	2,7	1,3	18	43	15	5	10,8
Riachão	138	7	RB83594	5	53,8	16,8	1,6	7,6	4,7	2,4	1,1	20	50	26	5	8,8
Riachão	138	10	RB83594	5	40,3	16,5	2,7	10,8	2,4	2,2	0,6	18	67	37	5	10,2
Riachão	138	11	RB83594	5	52,1	16,0	1,9	8,0	4,9	2,3	1,0	19	46	28	5	9,8
Riachão	139	1	RB92579	4	67,4	16,8	2,0	10,8	1,8	1,0	0,7	14	40	6	3	7,3
Riachão	139	2	RB92579	4	65,5	16,5	1,7	9,2	2,7	1,5	0,6	12	32	6	2	8,8
Riachão	139	4	RB92579	4	77,7	16,8	1,7	10,0	2,6	1,4	1,0	13	46	11	4	8,3
Riachão	139	5	RB92579	4	58,9	14,8	1,5	9,6	1,1	1,2	0,6	14	60	19	4	13,2
Riachão	141	3	SP791011	7	75,3	14,8	2,3	10,0	3,7	2,1	0,7	19	39	17	3	10,1
Riachão	141	5	SP791011	7	72,1	15,7	2,2	9,2	5,3	1,8	0,7	12	47	6	5	12,2
Riachão	143	3	RB92579	3	67,9	14,3	2,0	8,8	4,5	2,1	1,0	22	70	13	3	8,8
Riachão	145	1	RB93509	1	58,3	16,2	2,0	9,6	3,6	2,0	0,7	22	37	28	2	7,3
Riachão	145	2	RB93509	1	64,1	18,2	2,6	9,2	3,9	1,5	1,7	25	44	35	4	7,6
Riachão	145	3	RB93509	2	61,3	21,0	2,7	10,8	3,5	1,7	1,0	15	56	32	6	12,2
Riachão	146	1	RB93509	2	77,1	17,4	1,5	10,4	3,2	1,8	1,5	25	80	26	6	6,4
Riachão	146	2	RB93509	2	64,0	16,2	2,2	10,4	2,7	1,8	1,5	33	42	25	5	6,4
Riachão	150	2	Co997	7	51,5	16,0	2,0	9,2	2,6	2,4	0,8	18	45	25	5	10,9
Riachão	150	3	Co997	7	54,9	17,1	1,9	8,0	3,1	3,3	0,6	13	49	30	5	10,2
Riachão	155	1	RB83594	6	55,1	15,4	1,8	10,4	1,8	2,6	0,8	16	40	19	5	8,8
Riachão	155	2	RB83594	6	34,6	16,5	1,6	7,6	4,5	2,5	1,4	16	59	17	5	6,9
Riachão	155	4	RB83594	6	49,2	18,2	1,9	5,6	5,9	3,1	1,3	16	48	12	5	8,8
Riachão	155	5	RB83594	6	35,3	13,4	2,2	8,8	3,3	2,3	0,7	14	40	16	5	10,2
Riachão	165	2	RB83594	5	68,2	18,5	2,0	10,0	1,8	2,5	1,5	20	45	29	6	8,5
Riachão	165	3	RB83594	5	45,8	16,8	2,0	10,8	1,3	1,9	1,1	15	44	42	6	10,2
Capiatã B	3	1	SP791011	2	67,0	14,0	1,8	11,2	4,6	2,2	1,0	19	50	13	4	8,3
Capiatã B	3	2	SP791011	2	72,4	16,0	2,0	12,4	3,8	2,7	0,6	22	53	19	4	8,3
Capiatã B	3	3	SP791011	2	75,0	16,0	1,8	10,0	5,3	2,4	1,4	21	55	10	4	7,9
Capiatã B	7	2	Co997	5	58,9	14,6	1,1	6,8	4,2	2,2	1,3	14	48	11	4	7,9
Capiatã B	7	3	Co997	5	64,8	16,2	1,7	11,2	2,0	2,0	0,5	17	44	19	4	11,2
Capiatã B	7	5	Co997	5	68,6	11,8	1,2	8,8	1,5	1,9	0,6	12	34	11	3	10,2
Capiatã B	8	2	SP791011	1	66,9	15,1	1,4	10,8	5,9	1,9	1,3	18	72	17	3	16,0
Capiatã B	8	5	SP791011	1	76,9	13,2	1,6	9,6	3,8	2,4	1,1	19	43	4	3	7,9
Capiatã B	10	3	RB92579	1	78,0	14,3	1,7	12,0	3,5	2,0	0,6	14	64	10	5	7,3
Capiatã B	11	1	SP791011	4	64,8	14,6	1,4	10,4	3,4	1,7	0,8	20	48	17	4	9,8
Capiatã B	11	2	SP791011	3	67,1	13,2	1,6	12,8	2,6	1,4	0,6	12	61	11	4	8,3
Capiatã B	12	1	SP791011	2	69,8	13,2	2,0	10,8	4,0	2,3	0,5	16	36	5	4	9,2
Capiatã B	12	2	SP791011	1	68,5	14,0	1,7	10,8	3,3	2,0	0,8	13	43	6	5	9,2
Capiatã B	12	3	SP791011	3	66,0	14,0	2,0	10,4	5,3	2,7	1,1	16	40	4	4	7,9
Capiatã B	15	1	SP81-3250	6	73,3	16,8	1,6	10,4	4,2	1,8	1,4	15	46	5	5	7,9
Capiatã B	15	2	SP81-3250	6	59,2	18,2	1,6	10,0	4,5	2,5	1,3	14	50	5	5	14,9
Capiatã B	15	8	SP81-3250	6	75,8	17,4	1,7	9,2	3,4	1,9	1,5	13	51	10	5	8,8
Capiatã B	16	3	Co997	7	51,3	14,3	1,2	8,0	4,0	2,0	1,0	14	50	8	4	8,8
Capiatã B	16	4	Co997	7	61,8	14,6	1,3	8,0	4,2	2,1	0,8	13	40	6	4	9,2