

**ROBERTA DE FREITAS SOUZA**

**SISTEMA INTEGRADO DE DIAGNOSE E RECOMENDAÇÃO  
(DRIS) PARA A CULTURA DA SOJA CONVENCIONAL E  
TRANSGÊNICA NA REGIÃO SUDESTE DE GOIÁS**

Tese apresentada ao Programa de Pós-graduação em Agronomia, da Universidade Federal de Goiás, como requisito parcial à obtenção do título de doutora em Agronomia, área de concentração: Produção Vegetal.

Orientador:

**Prof. Dr. Wilson Mozena Leandro**

Goiânia, GO – Brasil  
2013

**ROBERTA DE FREITAS SOUZA**

**SISTEMA INTEGRADO DE DIAGNOSE E RECOMENDAÇÃO  
(DRIS) PARA A CULTURA DA SOJA CONVENCIONAL E  
TRANSGÊNICA NA REGIÃO SUDESTE DE GOIÁS**

Tese DEFENDIDA e APROVADA em 21 de fevereiro de 2013, pela Banca  
Examinadora constituída pelos membros:

---

---

---

Prof. Dr. Wilson Mozena Leandro  
EA/UFG

Goiânia, Goiás  
Brasil

*Deus amado, que eu nunca venha envolver-me na confusão  
do mundo e tornar-me tão sábia a meus próprios olhos que  
possa ver o mal, e então, chamá-lo de bem.*

*Isaías 5: 20-21*

*Obrigada Senhor porque contigo todas as coisas são possíveis e, por isso,  
posso enfrentar com fé e esperança as situações difíceis em minha vida.*

*À Deus pela razão de minha existência  
e sua presença em todos os momentos  
da minha vida*

**OFEREÇO.**

*Aos meus pais Roberto Gonçalves de Souza e Rosangela de  
Freitas Souza pelo amor, carinho e os ensinamentos necessários  
à jornada da minha vida, ao meu irmão Renato de Freitas Souza  
e meus avós Vildete Beckman de Freitas e Zilmo Finado de  
Freitas pelo carinho e ajuda.*

*Em especial, ao meu esposo Renilson Galdez Lobo  
pelo amor, dedicação, companheirismo, incentivo e  
ajuda.*

*Carinhosamente,*

**DEDICO.**

## **AGRADECIMENTOS**

À Universidade Federal de Goiás, pela realização do curso;

Ao meu orientador, professor Dr. Wilson Mozena Leandro, pela competência e determinação na orientação, ensinamentos e solidariedade, minha admiração, respeito, o meu muito obrigada;

À CAPES, pelo apoio financeiro para a realização deste trabalho;

Ao Coordenador do Programa de Pós-Graduação em Agronomia Prof. Dr. Marcos, pelas orientações prestadas;

Aos professores do Departamento de Agricultura, em especial aos professores Eliana Paula, Vlândia, Magda, Paulo Ximenes, Juarez Patrício e Jácomo, pelo carinho, ensinamento e amizade concedida;

Aos funcionários da Escola de Agronomia e Engenharia de Alimentos da UFG, em especial à Cristina, Ionícia e Luizinho, pela atenção e dedicação;

Aos laboratoristas do Setor de Solos da UFG Carlinhos, Elenilson, Zé Luiz e Luiz Carlos, pela amizade e colaboração;

Aos funcionários do setor de Máquinas da Escola de Agronomia e Engenharia de Alimentos da UFG Ailson Paixão, Sebastião Carlos e aos estagiários do Setor de Solos da UFG, aos funcionários da fazenda Cedro, Dona Janete, Luiz;

Aos professores do Programa de Pós-graduação em Agronomia da UFG, que de várias formas enriqueceram o meu conhecimento e foram guias na condução deste trabalho;

Ao secretário do Programa de Pós-graduação em Agronomia da UFG e grande amigo Welinton Barbosa Mota, pela palavra amiga, pelo incentivo e ajuda;

A minha grande amiga Helenice Gonçalves Moura pelo companheirismo, motivação e ajuda;

A todos os meus colegas de curso, em especial Adriana Rodolfo, Anderli Rios, Nara Rúbia de Moraes, Renata Alvez, Adriana Teramoto;

Aos meus irmãos da cidade de Araguatins Jociléia Fonseca e Antônio Luis Pimentel por todo carinho, paciência, incentivo e amizade;

Aos meus amigos e produtores Nairo Bernardino Gomes e Dalmo Sávio Pereira, a empresa Sementes Brasília Ltda. por cederem áreas comerciais de soja para o estudo, pelas orientações, por toda colaboração prestada e pelos incentivos, o meu muito obrigada;

Aos membros da banca examinadora e ao Dr. Wilson Mozena Leandro, pelo tempo concedido, paciência e colaboração.

**Enfim, a todos que, direta ou indiretamente contribuíram para a realização deste trabalho. Meus sinceros agradecimentos!**

## SUMÁRIO

|                                                                                       |            |
|---------------------------------------------------------------------------------------|------------|
| <b>GLOSSÁRIO .....</b>                                                                | <b>7</b>   |
| <b>RESUMO .....</b>                                                                   | <b>8</b>   |
| <b>ABSTRACT .....</b>                                                                 | <b>9</b>   |
| <br>                                                                                  |            |
| <b>1      INTRODUÇÃO .....</b>                                                        | <b>10</b>  |
| <br>                                                                                  |            |
| <b>2      REVISÃO DE LITERATURA .....</b>                                             | <b>12</b>  |
| 2.1    A CULTURA DA SOJA E SUA IMPORTÂNCIA ECONÔMICA .....                            | 12         |
| 2.2    SOJA TRANSGÊNICA VERSUS SOJA CONVENCIONAL .....                                | 14         |
| 2.3    A REGIÃO DO CERRADO .....                                                      | 17         |
| 2.4    MÉTODO DE DIAGNOSE DO ESTADO NUTRICIONAL DAS CULTURAS:<br>ANÁLISE FOLIAR ..... | 18         |
| 2.5    MÉTODOS DE INTERPRETAÇÕES DE ANÁLISE FOLIAR .....                              | 20         |
| 2.5.1   Métodos das Faixas de Concentração e Níveis Críticos .....                    | 20         |
| 2.5.2   Sistema Integrado de Diagnose e Recomendação (DRIS) .....                     | 24         |
| 2.5.2.1   Histórico .....                                                             | 24         |
| 2.5.2.2   Princípio do método .....                                                   | 27         |
| 2.5.2.2.1   Obtenção das normas .....                                                 | 27         |
| 2.5.2.2.2   Cálculo e interpretação dos índices .....                                 | 28         |
| 2.5.2.2.3   Validação dos resultados .....                                            | 30         |
| 2.5.2.3   Aplicação do DRIS na cultura da soja .....                                  | 30         |
| <br>                                                                                  |            |
| <b>3      MATERIAL E MÉTODOS .....</b>                                                | <b>34</b>  |
| 3.1    SELEÇÃO DE ÁREAS DE AMOSTRAGENS .....                                          | 34         |
| 3.2    COLETAS DE DADOS E ANÁLISES .....                                              | 39         |
| 3.2.1   Amostragem e análise foliar .....                                             | 39         |
| 3.2.2   Avaliação da produtividade .....                                              | 40         |
| 3.3    CRITÉRIOS PARA INTERPRETAÇÃO DA ANÁLISE FOLIAR .....                           | 41         |
| 3.3.1   Método das Faixas de Concentração .....                                       | 41         |
| 3.3.2   Método DRIS .....                                                             | 41         |
| 3.3.2.1   Obtenção das normas .....                                                   | 42         |
| 3.3.2.2   Cálculo dos índices DRIS .....                                              | 42         |
| 3.3.2.3   Interpretação dos índices DRIS .....                                        | 44         |
| 3.3.2.4   Cálculo do Índice de Balanço Nutricional (IBN) .....                        | 44         |
| 3.3.2.5   Faixas de Suficiência (FS) .....                                            | 44         |
| 3.4    ANÁLISE ESTATÍSTICA .....                                                      | 45         |
| <br>                                                                                  |            |
| <b>4      RESULTADOS E DISCUSSÃO .....</b>                                            | <b>46</b>  |
| 4.1    INTERPRETAÇÃO PELO MÉTODO DAS FAIXAS DE CONCENTRAÇÃO .....                     | 46         |
| 4.1.1   Produtividade e análise foliar da soja convencional e transgênica .....       | 46         |
| 4.2    INTERPRETAÇÃO PELO MÉTODO DRIS .....                                           | 61         |
| 4.2.1   Normas foliares para soja convencional e soja transgênica .....               | 61         |
| 4.2.2   Interpretação dos índices DRIS para soja convencional e transgênica .....     | 71         |
| <br>                                                                                  |            |
| <b>5      CONCLUSÕES .....</b>                                                        | <b>86</b>  |
| <br>                                                                                  |            |
| <b>6      REFERÊNCIAS .....</b>                                                       | <b>87</b>  |
| <br>                                                                                  |            |
| <b>APÊNDICES .....</b>                                                                | <b>105</b> |

## **GLOSSÁRIO**

N – Nitrogênio

Ca – Cálcio

Cu – Cobre

CV - Coeficiente de variação

DP - Desvio padrão

F - Teste para análise de variâncias

Fe – Ferro

FS - Faixa de Suficiência

IBN - Índice de Balanço Nutricional

K – Potássio

Mg – Magnésio

Mn – Manganês

NS - Níveis de suficiência

P – Fósforo

SPD - Sistema de Plantio direto

S – Enxofre

Zn – Zinco

W - Teste de normalidade por Shapiro-Wilk

## RESUMO

SOUZA, R. F. **Sistema Integrado de Diagnose e Recomendação (DRIS) para a Cultura da Soja Convencional e Transgênica na Região Sudeste de Goiás.** 2013. 119 f. Tese (Doutorado em Agronomia: Produção Vegetal) – Escola de Agronomia e Engenharia de Alimentos, Universidade Federal de Goiás, Goiânia, 2013.<sup>1</sup>

O Sistema Integrado de Diagnose e Recomendação (DRIS) tem mostrado-se eficiente como método para diagnóstico nutricional das culturas. O presente trabalho teve como objetivo obter normas em áreas de produção comercial de soja convencional e transgênica em municípios da região Sudeste do Estado de Goiás para criar um banco de dados que permitirá a utilização do DRIS na região. E ainda, diagnosticar os fatores nutricionais mais limitantes à obtenção de altas produtividades para a cultura da soja através de análise foliar, interpretada pelos métodos das Faixas de Concentração e DRIS. Foram selecionadas áreas de produção comercial de soja nos municípios de Silvânia, Vianópolis e Luziânia, GO. Nessas áreas foram demarcadas 103 glebas de amostragem de soja convencional e 260 glebas de soja transgênica. Em cada gleba, coletou-se 10 folhas de soja, retirando-se o terceiro trifólio expandido com pecíolo, a partir da ponta da haste principal, no início do florescimento para compor uma amostra composta. Posteriormente, após a maturação fisiológica, foram colhidas amostras da produção, tomando um metro linear de plantas nas linhas de plantio, em cinco pontos escolhidos aleatoriamente em cada gleba de soja. As análises foliares foram interpretadas pelos métodos das Faixas de Concentração e DRIS. Foram estabelecidas normas para soja convencional e soja transgênica a partir de uma população referência com produtividade maior que 3.500 kg ha<sup>-1</sup> de grãos de soja para cálculo dos índices DRIS. Os métodos de diagnose avaliados neste trabalho apresentaram em comum, o nutriente N, como mais limitante para soja convencional e transgênica. Os nutrientes N, Cu e Zn foram considerados os mais limitantes para os dois tipos de soja pelo método das Faixas de Concentração. O método DRIS diagnosticou os nutrientes N e P como os mais limitantes para os dois tipos de soja e ainda apresentou maior sensibilidade para diagnosticar problemas nutricionais, especialmente, para micronutrientes.

*Palavras-chave:* estado nutricional, normas DRIS, índices DRIS, faixas de suficiência.

---

<sup>1</sup> Orientador: Prof. Dr. Wilson Mozena Leandro. EA-UFG.

## ABSTRACT

SOUZA, R. F. **Diagnosis and Recommendation Integrated System (DRIS) for Conventional and Transgenic Soybean Crops in the Southeast Region of the State of Goiás (Brazil)**. 2013. 119 f. Thesis (Doctor in Agronomy: Crop Production) – Escola de Agronomia e Engenharia de Alimentos, Universidade Federal de Goiás, Goiânia, 2013.<sup>1</sup>

The Integrated System for Diagnosis and Recommendation (DRIS) has proven its effectiveness as a method for determining nutritional status of crops. The objective of this study was to establish norms in areas of conventional and transgenic soybean in southeastern counties of the state of Goiás to create a database that will allow the use of DRIS in the region. In addition, to diagnose most of the nutritional limiting factors for the obtainment of high yields in soybeans by leaf analysis, performed by the methods of Concentration Ranges and DRIS. Areas of commercial soybeans were selected in the counties of Silvânia, Vianópolis and Luziania, GO, Brazil. In these areas, 103 sampling plots of conventional and 260 plots of transgenic soybeans were demarcated. In each plot, 10 leaves were collected, removing the third expanded trifoliate with the petiole from the tip of the main stem, at the beginning of the flowering stage to form a composite sample. After physiological maturity, production samples were collected taking a meter of plants in the rows, in five randomly selected points in each plot. Foliar analyzes were interpreted by the methods of Concentration Ranges and DRIS. Norms for conventional and transgenic soybean were established from a reference population with yield higher than 3,500 kg ha<sup>-1</sup> of soybeans to calculate DRIS indices. The methods of diagnosis used in this work had in common the nutrient N as the most limiting factor for conventional and transgenic soybeans. Nutrients N, Cu and Zn were considered the most limiting factors for the two types of soybeans by the Method of Concentration Ranges. The DRIS method diagnosed nutrients N and P as the most limiting factors for the two types of soybeans and showed higher sensitivity for diagnosing nutritional problems, especially for micronutrients.

*Key words:* nutritional status, DRIS norms, DRIS indices, sufficiency ranges.

---

<sup>1</sup>Adviser: Prof. Dr. Wilson Mozena Leandro. EA-UFG.

## **1 INTRODUÇÃO**

A área de soja cultivada no Brasil na safra de 2011/2012 foi de 25,0 milhões hectares, 3,4 % superior a safra de 2010/11, passando a ser a maior safra cultivada com soja no País. Esse incremento ocorreu principalmente nos Estados de Mato Grosso e Rio Grande do Sul, devido a uma melhor expectativa de mercado, fazendo com que os produtores dessas regiões optassem pelo plantio da soja em áreas de milho (Anuários, 2012).

A cultura da soja apresentou uma redução de 12 % na produção, passando de 75,3 milhões toneladas de grãos colhidos na safra 2010/11 para 66,3 milhões na safra de 2011/2012. Essa redução se deve ao longo período de estiagem que causou perdas significativas às lavouras. A produtividade média nacional na safra de 2011/2012 foi 14,8 % menor do que a obtida no ciclo anterior. A estimativa para a safra de 2012/2013 foi que o Brasil assumisse o primeiro lugar na produção mundial de soja, com uma produção de 81,4 milhões toneladas de grãos, colhidos em uma área de 27,7 milhões hectares, 10,7 % superior a área da safra de 2011/2012 (Conab, 2013).

Atualmente, a região Centro-Oeste responde por 52,5 % dos grãos de soja produzido no Brasil e essa produção é obtida predominantemente em solos sob vegetação de cerrado. O Estado de Goiás é o quarto maior produtor de soja com uma produção de 8,2 milhões de toneladas de grãos de soja na safra de 2011/12 (Conab, 2013).

A região do Cerrado brasileiro ocupa 207 milhões de hectares, equivalentes a, aproximadamente, 24 % do território nacional (Embrapa, 2012). A região é visada por possuir características excelentes para o cultivo, como topografia plana que facilita a mecanização e condições climáticas adequadas.

Mas os solos de cerrado apresentam limitações químicas quanto ao cultivo, devido à sua baixa fertilidade natural como consequência da constituição do material de origem e do elevado grau de intemperismo (Lopes, 1984; Sousa & Lobato, 2004). Para que a cultura da soja expresse seu potencial é necessário o conhecimento das exigências

nutricionais da planta e a aplicação de bons programas de correção da acidez do solo e adubação. Uma das etapas importantes para a implantação destes programas é a diagnose do estado nutricional da cultura.

Um dos métodos de diagnose do estado nutricional muito utilizado tem sido a análise foliar interpretada através de Faixas de Concentrações e Níveis Críticos, que comparam individualmente os níveis de cada nutriente com parâmetros previamente tabelados (Chapmann, 1973; Walsh & Beaton, 1973).

O Sistema Integrado de Diagnose e Recomendação (DRIS), desenvolvido por Beaufils (1971), incorpora o conceito de equilíbrio entre os nutrientes nos tecidos das plantas (Baldock & Schulte, 1996). Esta técnica baseia-se no cálculo de índices para cada nutriente, avaliados em função da relação das razões dos teores de cada elemento com os demais, comparando-os dois a dois, com outras relações consideradas padrões ou normas, cuja composição é obtida de uma população de plantas altamente produtivas.

O método DRIS tem sido apontado como vantajoso na interpretação dos resultados de análise foliar, pois supre parte das limitações dos métodos univariados, mas sua implantação depende da obtenção de uma base de dados composta de uma quantidade substancial de valores médios da concentração de nutrientes, variâncias, desvio padrão e coeficiente de variação de uma população de plantas altamente produtiva.

A particularização dessa base de dados, restringindo a aplicação do DRIS a uma determinada região, material genético e condições edafoclimáticas, é uma medida de refinamento importante para melhorar a precisão do diagnóstico (Dara et al., 1992; Reis Junior & Monnerat, 2003a).

O DRIS é um método de monitoramento que pode ser capaz de diagnosticar, adequadamente, o estado nutricional da cultura da soja e, conseqüentemente, indicar o correto manejo da adubação, visando diminuir os custos de produção e o perigo de poluição ambiental pelo excesso da aplicação de fertilizantes.

O presente trabalho teve como objetivo obter normas em áreas de produção comercial de soja convencional e transgênica em municípios da região Sudeste do Estado de Goiás para criar um banco de dados que permitirá a utilização do DRIS na região. E ainda, diagnosticar os fatores nutricionais mais limitantes à obtenção de altas produtividades para a cultura da soja através de análise foliar, interpretada pelos métodos das Faixas de Concentração e DRIS.

## 2 REVISÃO DE LITERATURA

### 2.1 A CULTURA DA SOJA E SUA IMPORTÂNCIA ECONÔMICA

A soja é uma planta que pertence à família *Fabaceae*, subfamília *Faboideae*, gênero *Glycine*, espécie *Glycine max* e a forma cultivada é a *Glycine max* (L.) Merrill. O gênero *Glycine* tem várias espécies originárias das regiões como África, Ásia oriental e Austrália (Sediyama, 2009).

A planta de soja é anual, herbácea, ereta e autógama. A altura da planta varia de 30 a 200 cm, apresentando número variável de ramificações. Seu desenvolvimento completo varia de 75 dias para as cultivares mais precoces e duzentos dias para as mais tardias (Müller, 1981). Segundo Fehr e Caviness (1977), o ciclo da planta é dividido em dois estádios de desenvolvimento, o estágio vegetativo que compreende o período de emergência da plântula até o início da floração, e o estágio reprodutivo que corresponde ao período a partir do florescimento até a maturação.

A soja é uma das plantas mais importantes do mundo, seu grão é rico em proteínas, em torno de 40 %, e óleo 20 %. O teor médio das cultivares, no Brasil é de 38 % de proteína e 19 % de óleo. A planta pode ser utilizada como adubo verde, forragem, silagem, feno e pastagem. O grão pode fornecer o óleo para alimentação humana, produção de biodiesel, desinfetantes, lubrificantes, sabões etc. O farelo é utilizado na alimentação humana e animal e, também, na manufatura de muitos produtos processados ou semiprocessados (Sediyama, 2009).

O cultivo em escala comercial teve início na região Leste da Ásia há mais de 1.000 anos. No início do século XX, por volta de 1909 a 1913, a China era responsável por cerca de 71,5 % da produção mundial. Em 1930, os Estados Unidos começaram a emergir como o maior produtor e em 1956, como o líder da exportação mundial. No Brasil, a grande expansão da soja teve início a partir de 1970, em 1974 a produção era maior do que a da China, e em 1975 a produção do Brasil e da Argentina ultrapassava a da Ásia (Sediyama, 2009).

Segundo o Departamento de Agricultura dos Estados Unidos - USDA (2012), a produção mundial de soja na safra 2011/2012 foi de 237,0 milhões toneladas, e os Estados Unidos lideraram a produção mundial com 83,1 milhões toneladas, seguidos pelo Brasil com 66,3 milhões toneladas. Em terceiro lugar esteve a Argentina com uma produção de 41,0 milhões toneladas de grãos de soja.

O Brasil é o País mais destacado no cenário mundial da produção e da exportação de produtos agropecuários, principalmente no que diz respeito a produção de soja. As atividades com a soja gerou em 2012 quase US\$ 30 bilhões em exportações (Reetz, 2012).

Segundo a Conab (2013), a estimativa de área plantada no Brasil com soja na safra 2012/2013 foi de 27,7 milhões de hectares e a estimativa de produção foi de 81,4 milhões de toneladas. Houve uma aumento de 10,7 % em área plantada em relação a safra de 2011/2012 que alcançou 25,0 milhões de hectares. Este incremento em área plantada no Brasil se deve aos excelentes preços de comercialização observados na safra 2011/2012, que bateram recordes históricos decorrentes da quebra de produção nos principais países produtores, principalmente nos Estados Unidos.

O tradicional líder na produção mundial, os Estados Unidos, diminuiu sua colheita de 90,6 milhões na safra de 2009/2010 para 83,1 milhões de toneladas, no período 2011/12. As estimativas da safra de 2012/2013 foi de mais uma redução, devido ao registro de seca histórica, baixando para 71,6 milhões de toneladas. Com isso, o principal produtor deverá ser superado pelo Brasil, para o qual o USDA prevê 81,0 milhões de toneladas nesta temporada (USDA, 2012).

Na safra brasileira de 2011/2012, o Estado do Mato Grosso é o maior produtor com 21,8 milhões toneladas, seguido do Estado do Paraná com 10,8 milhões toneladas, Goiás é o terceiro maior produtor com 8,2 milhões toneladas e o Rio Grande do Sul é o quarto produtor com 6,5 milhões toneladas. No Estado de Goiás, a área plantada foi de 2,6 milhões hectares e a sua produtividade foi maior que a do segundo maior produtor, alcançando  $3.120 \text{ kg ha}^{-1}$ . A região Centro-Oeste responde por 52,5 % dos grãos de soja produzido no Brasil e essa produção é obtida em solos sob vegetação de cerrado (Conab, 2013). A grande expansão da lavoura de soja em todo o Brasil central promoveu grande desenvolvimento, alterando paisagens, fundando cidades e gerando renda.

## 2.2 SOJA TRANSGÊNICA VERSUS SOJA CONVENCIONAL

Em 2009, dos 90,0 milhões de hectares de soja plantados mundialmente, 77 % foram usadas cultivares geneticamente modificadas, principalmente com tolerância a herbicidas. A oleaginosa foi semeada para fins comerciais nos Estados Unidos, Argentina, Brasil, Paraguai, Canadá, Bolívia, África do Sul, México, Chile e Costa Rica. Na safra de 2009/2010 algumas lavouras mundiais receberam a segunda geração de soja transgênica, que além de proteger a cultura de estresses bióticos (ervas daninhas e doenças), geram incrementos de produtividade entre 7 % e 11 % (ISAAA, 2010).

Na safra de 2010/2011 no Estado do Mato Grosso, a soja transgênica respondeu por 65 % de toda área plantada, em torno de 4,11 milhões de hectares. O Estado do Mato Grosso ainda é um dos poucos Estados brasileiros que tem uma grande área de plantio de soja convencional. No Paraná, Rio Grande do Sul e Mato Grosso do Sul mais de 90 % das áreas já são ocupadas por sementes transgênicas (Aprosoja, 2011).

São características desejáveis tanto nas cultivares de soja transgênica como nas cultivares de soja convencional a estabilidade de produção e boa produtividade; porte e ciclo adequados; resistências a doenças, nematóides e acamamento; boa qualidade de semente e teores adequados de óleo e proteína. Outras características mais específicas também são desejadas e são buscadas por meio do melhoramento genético, como resistência a insetos-pragas; tolerância a solos ácidos e a estresse hídrico e boas características organolépticas, principalmente para a soja usada na alimentação humana (Roessing & Lazzarotto, 2005).

As especificidades regionais das cultivares transgênicas são as mesmas existentes nas convencionais. Entretanto, a diferença entre elas, se dá pela modificação no material genético das cultivares convencionais obtidas pelo processo tradicional de melhoramento, produzindo assim as cultivares transgênicas. A modificação genética da soja transgênica tem por objetivo o aumento da resistência da planta ao herbicida glifosato, como por exemplo a soja Roundup Ready® da Empresa Monsanto Company, conhecida como soja RR. Essa característica traz como consequência a facilidade de manejo da cultura em relação a controle de plantas invasoras.

O herbicida glifosato inibe a síntese dos aminoácidos aromáticos (fenilalanina, tirosina e triptofano) por atuar na enzima precursora 5 enolpiruvilchiquimato-3-fosfato sintase (EPSPS), evitando a transformação do chiquimato em corismato (Amorim, 2011).

A fitotoxicidade que ocorre nas plantas invasoras não resulta da falta de aminoácidos mas à desregulação do fluxo de carbono na planta e acúmulo de compostos intermediários tóxicos, o chiquimato. O produto move-se com os açúcares nas plantas em crescimento (Roman et.al., 2007).

Na soja RR, a tolerância ao herbicida glifosato foi obtida pela inserção de um gene (AroA) oriundo do genoma da bactéria *Agrobacterium* sp., estirpe CP4, identificada a partir da seleção de microorganismos decompositores do glifosato, a qual codifica uma variante da EPSPS (CP4 EPSPS), especialmente tolerante à inibição pelo glifosato (Padgett et al., 1995). No tratamento com esse herbicida, as plantas de soja não são afetadas, em virtude da ação continuada e sistemática dessa enzima alternativa, insensível ao produto (Amorim, 2011).

Para soja convencional, a atração está no interesse cada vez maior dos mercados potencias, como a Europa, China e Coréia, possibilitando aos produtores terem seu produto valorizado por esses importadores que pagariam um bônus por grãos livres de transgenia (Pelaez et al. 2004). Tal bonificação representaria um verdadeiro incentivo à manutenção de culturas não transgênicas e ao desenvolvimento de mecanismos de segregação e rastreabilidade.

Segundo a Aprosoja (2011), os produtores têm interesse em plantar a soja convencional, porém estão encontrando dificuldades para adquirir sementes de cultivares produtivas. Em relação aos custos de produção, a Embrapa realizou um estudo da safra 2010/2011 e constatou que na lavoura de soja convencional foram estimados custo de R\$ 1.187,60 e nas lavouras de soja transgênica os custos foram de R\$ 1.219,86 por hectare no Estado do Mato Grosso do Sul. O custo de produção de soja transgênica é maior tendo em vista que a semente transgênica é mais cara que a semente de soja convencional e também porque sobre ela incide o pagamento da taxa tecnológica (royalties).

A produção de soja convencional poderia ter ainda um custo menor, porém existe um gasto que eleva seu custo para próximo do custo da lavoura transgênica, que são os gastos com herbicidas. Entretanto, Qaim & Traxler (2005) indicaram um aumento de 108% na quantidade total de herbicidas utilizada no cultivo da soja RR. Esse aumento estaria principalmente ligado à difusão da prática do plantio direto entre os produtores que utilizam a soja RR, demandando uma quantidade maior de herbicidas na fase da produção.

A novidade no agronegócio da soja é o lançamento da tecnologia Soja Intacta RR2™ Pro, desenvolvida pela Empresa Monsanto Company, que além da tolerância à

aplicação de glifosato proporcionada pela tecnologia Roundup Ready®, também agregou-se a proteção contra as principais lagartas que atacam a cultura e promete excelentes resultados de produtividade. A proteção contra as principais lagartas da soja e alta produtividade da cultura foram resultados de tecnologias avançadas de mapeamento, seleção e inserção de genes em regiões de alta produtividade do DNA (Monsanto, 2013).

Recentemente, a Embrapa juntamente com a Basf desenvolveram um material transgênico resistente a herbicidas alternativos ao sistema Roundup Ready®. A nova ferramenta de controle de ervas daninhas é a cultivar Cultivance, aprovado em 2009 pela Comissão Técnica Nacional de Biossegurança (CTNbio), o diferencial deste sistema é a resistência a herbicidas do grupo das imidazolinonas. O gene de resistência Ahas foi agregado as cultivares da Embrapa já adaptadas às regiões de produção nacional. Os produtores passam a ter mais uma opção de tecnologia transgênica, deixando de estar a mercê do glifosato (Aprosoja, 2011).

De acordo com dados do Ministério da Agricultura, 1229 cultivares de soja estão disponíveis para cultivo no Brasil, entretanto, apenas 25 % são mais amplamente cultivadas, e este percentual ainda divide-se em aquelas que são adaptadas para cada região. Do total de cultivares disponíveis, cerca de 553 cultivares são transgênicas. Por exemplo, o zoneamento agrícola para o Estado de Goiás abrange cultivares transgênicas como, NA 7255 RR, NA 7337 RR, NA 8015 RR, NA 7321 RG e BRS Valiosa RR, e algumas cultivares convencionais para Estado são, A 8500, A 7002 e BRS/GO Luziânia, estudadas neste trabalho (Brasil, 2013).

As cultivares de soja são muito dependentes de fatores ambientais como, a luminosidade, o fotoperíodo, a umidade, e a temperatura. Esses fatores estão condicionados a adequada época de semeadura, a latitude e altitude do local de plantio. Quando consegue-se ajustar todos esses fatores, um outro fator a considerar é o equilíbrio nutricional da planta.

A adequada nutrição das plantas de soja vai depender de bons padrões para interpretação da análise de terra e folha para assim gerar as recomendações de adubações. O que se tem hoje, são padrões que não tomam como referências as inovações tecnológicas das cultivares de soja no mercado, principalmente aquelas que detêm a tecnologia RR e a Soja Intacta. Essas cultivares apresentam alto potencial produtivo, e é provável que também apresentem uma alta exigência nutricional.

Então, assim como as condições climáticas, a nutrição das plantas também deve ser ajustada para poder garantir o bom desempenho da cultura. Para isso, devem ser estabelecidos novos padrões de interpretação das análises de terra e folhas que possibilitem explorar todo o potencial produtivo das cultivares contemporâneas.

## 2.3 A REGIÃO DO CERRADO

O Bioma Cerrado ocupa a totalidade do Distrito Federal, mais da metade dos Estados de Goiás (97 %), Maranhão (65 %), Mato Grosso do Sul (61 %), Minas Gerais (57 %) e Tocantins (91 %), além de porções de outros seis estados. Caracteriza-se pelas formações vegetais: cerrado propriamente dito (com árvores baixas e esparsas), cerradão (com árvores altas, maior densidade e composição distinta), campo cerrado, campo sujo e campo limpo (com progressiva redução da densidade arbórea) e matas de galeria (Embrapa, 2012).

O clima da região é do tipo tropical com uma estação seca pronunciada, sendo que o período chuvoso inicia-se em outubro e estende-se até abril. Na estação das chuvas, ocorrem períodos de interrupção das precipitações, os veranicos, durante os meses de janeiro e fevereiro (Embrapa, 2012).

Dentre as classes de solos mais representativas dos Cerrados, destacam-se os Latossolos, que se distribuem nos amplos chapadões, em áreas de relevo plano ou suavemente ondulado (IBGE, 1992). Estes solos, em condições nativas, apresentam vários problemas nutricionais, devido a constituição do material de origem e ao elevado grau de intemperismo. São solos ácidos, apresentam toxidez de Al, Mn e Fe, e deficiência de nutrientes, tais como P, K Ca, Mg, S, Zn e B (Lopes, 1984; Embrapa 2002), contudo, apresentam elevado potencial para a agricultura mecanizada intensiva, pois são solos profundos, bem drenados, relevo plano ou suavemente ondulado.

Nas últimas décadas, essas áreas vêm experimentando profundas modificações pela atividade agrícola, devido ao cultivo de grãos em especial, de soja e pela pecuária. Esse avanço foi possível a partir da descoberta de procedimentos que viabilizaram a utilização dos seus solos ácidos e pobres em nutrientes, o uso de corretivos da acidez do solo e de fertilizantes, especialmente de fósforo. No entanto, após vários cultivos surgem novos problemas, como consequência da aplicação abusiva dos fertilizantes, os

desbalanços nutricionais e a degradação dos solos, colocando em risco a sustentabilidade e o meio ambiente.

A introdução de culturas na região dos Cerrados, como a soja, depende da aplicação de bons programas de correção da acidez do solo e adubação, a fim de melhorar a eficiência dessas operações, visando diminuir custos de produção e perigo de poluição ambiental pelo excesso da aplicação de fertilizante. Assim, primeira etapa na implantação desses programas é conhecer as exigências nutricionais da planta e realizar a diagnose do estado nutricional da cultura.

## 2.4 MÉTODO DE DIAGNOSE DO ESTADO NUTRICIONAL DAS CULTURAS: ANÁLISE FOLIAR

O crescimento e a produção dos vegetais são diretamente afetados pela sua nutrição, portanto, técnicas de avaliação do estado nutricional das plantas são ferramentas indispensáveis para o monitoramento da oferta de nutrientes pelas adubações realizadas anualmente. Um importante método de monitoramento do estado nutricional das culturas é a análise foliar, que em geral é utilizada para complementar as informações fornecidas pela análise de solo (Malavolta, 1980; Fageria et al., 1991; Lopes & Carvalho, 1991).

A análise foliar é uma ferramenta que permite a avaliação direta do estado nutricional de plantas, pois a folha representa bem a planta. A folha recém-madura é o órgão que reflete melhor o estado nutricional da cultura, como regra geral, ela responde melhor às variações no suprimento do nutriente, seja pelo solo, seja pelo adubo (Malavolta et al., 1997). É nas folhas que ocorrem as principais reações metabólicas e as alterações fisiológicas decorrentes de distúrbios nutricionais (Martin-Prevel et al., 1984).

Ulrich (1948), citado por Malavolta (2006), define a análise foliar como uma ferramenta para solucionar os problemas nutricionais das plantas crescendo em condições de campo. Segundo Wallace (1957), a planta funciona como uma solução extratora universal dos elementos disponíveis no solo e que deve ser utilizada conjuntamente com outros métodos, em particular a análise de terra. Segundo Malavolta et al. (1997), a diagnose foliar é também um método indireto de avaliação da fertilidade do solo, porque geralmente, há correlação entre a disponibilidade de nutrientes na solução do solo e o teor desses nutrientes na folha das plantas cultivadas. A sua utilização, como critério de diagnóstico é baseada na premissa de que existe uma relação significativa entre o

suprimento de nutrientes e suas respectivas concentrações, e que aumentos ou decréscimos nos níveis desse nutrientes estão relacionados à produção e/ou crescimento mais alto ou mais baixo, respectivamente (Evenhuis & Waard, 1980; Bataglia & Dechen, 1996).

De acordo com Souza & Carvalho (1985) e Bataglia & Dechen (1986), a análise de plantas pode ser empregada: para simples diagnose de deficiência, toxicidade ou desequilíbrio nutricional; para confirmação de sintomas visíveis de carência de nutrientes; como guia para correção de deficiência na presente cultura ou na subsequente; como meio para manutenção da fertilidade do solo, mediante o conhecimento do que é removido pela colheita; para estabelecimento de recomendações de fertilizantes; como meio de previsão de safras; para identificação de interações e antagonismos entre elementos químicos; e para diferenciação entre desordens nutricionais e danos causados por patógenos e insetos.

A composição mineral da folha é consequência do efeito dos fatores que atuaram até o momento em que o órgão foi amostrado, podendo variar com a espécie, cultivar, idade, solo, condições climáticas, práticas culturais, pragas e doenças, dentre outros (Malavolta et al., 1997). Como a composição de diferentes partes das plantas difere e também o estágio de crescimento influencia na concentração de nutrientes, há necessidade de estabelecer as partes das plantas e a melhor época para a amostragem. A padronização da amostragem de plantas é essencial para o sucesso da diagnose foliar, por isso muitos pesquisadores têm realizado trabalhos científicos sobre esse assunto (Raij, 1991; Borkert et al., 1994; Malavolta et al., 1997; Ribeiro et al., 1999).

De acordo com Malavolta et al. (1997), para a avaliação dos teores foliares de plantas de soja, devem ser coletadas trinta folhas com pecíolo por área uniforme de um hectare a cinquenta hectares. A folha deve ser o terceiro ou quarto trifólio expandido a partir da ponta da haste principal, cada folha de uma planta diferente, no início do florescimento.

Após a amostragem, a análise química das folhas é feita em duas etapas, a primeira é a moagem do material que foi lavado em água destilada e seco a 65°C em estufa por um período de 48 horas. A amostra deve ser bem homogeneizada, por que as quantidades pesadas no laboratório são pequenas (Raij, 1991).

A segunda etapa é a destruição da matéria orgânica para liberação dos nutrientes minerais. Isso pode ser feito por via úmida, utilizando combinações de ácido nítrico, perclórico ou sulfúrico, ou por incineração do material em mufla e posteriormente

dissolver em ácido clorídrico. Em seguida obtêm-se extratos que visam a determinação de teores totais de nutrientes (Raij, 1991).

Recomendam-se análises regulares, ano após ano, pois constitui-se em um panorama da situação nutricional das plantas de determinada lavoura, revelando seu desenvolvimento conforme os tratamentos de fertilização, e em alguns casos, mudanças são necessárias. Oliveira et al. (1991) afirmam que o ideal seria acompanhar a evolução do estado nutricional das plantas, fazendo de cinco a seis testes durante o seu ciclo de desenvolvimento.

## 2.5 MÉTODOS DE INTERPRETAÇÕES DE ANÁLISE FOLIAR

Na definição dos parâmetros adequados para interpretar a disponibilidade dos nutrientes têm sido mais utilizado os métodos das Faixas de Concentração ou Níveis Críticos e o Sistema Integrado de Diagnose e Recomendação (DRIS). A interpretação dos resultados através das Faixas de Concentração ou Níveis Críticos, consiste na comparação individual dos níveis de cada nutriente com parâmetros previamente tabelados (Chapmann, 1973; Walsh & Beaton, 1973; Munson & Nelson, 1990). Essa técnica apresenta desvantagens, pois não leva em consideração a interação existente entre nutrientes, e a variação de suas concentrações com o desenvolvimento da planta (Sumner, 1977a). Enquanto o método DRIS compara áreas amostradas entre si, utilizando a média das funções binárias das razões entre as concentrações dos nutrientes (Beaufils, 1971, 1973).

### 2.5.1 Métodos das Faixas de Concentração e Níveis Críticos

Inicialmente, o conceito de Faixas de Concentração, foi definido por Malavolta & Cruz (1971), como a faixa de teores de um dado elemento na folha, abaixo da qual a produção é limitada e acima da qual o uso de fertilizantes não é mais econômico. Esse conceito tem um caráter fisiológico-econômico e segundo Malavolta (1999) essa faixa pode variar de acordo com a relação entre o preço do produto colhido e o custo da adubação. Malavolta et al. (1997) definiram nível crítico, como o teor do elemento nas folhas que está associado à máxima atividade de um determinado processo fisiológico relacionado à produção da cultura, como por exemplo, a atividade fotossintética.

Entretanto, a definição mais utilizada para os níveis críticos, é que esses níveis consistem na concentração na folha, abaixo da qual a taxa de crescimento, a produção ou a qualidade diminuem significativamente (Walsh & Beaton, 1973; Munson & Nelson, 1990). As faixas de concentração e os níveis críticos são estabelecidos em experimentos de campo ou casa de vegetação, onde as diferentes concentrações de nutrientes são obtidas mediante adubações.

A comparação entre a produção obtida e o nível de nutrientes extraídos permite obter curvas de calibração. As curvas de calibração para os nutrientes representam a correlação entre as respostas das culturas aos nutrientes aplicados nas adubações e os teores nas folhas, servindo de base para a interpretação (Cantarella et al., 1995). A partir dessas curvas é que são definidas as classes de interpretação (Dahnke & Olsen, 1990).

A faixa de concentração e o nível crítico são definidos a partir do teor de nutrientes nas folhas, considerando-se aspectos econômicos (Goedert et al., 1985). Segundo Fageria et al. (1997), esta metodologia é considerada apropriada na determinação de faixas e níveis adequados, porque o lucro da adubação geralmente atinge no máximo a faixa de 90 % a 95 % de produtividade relativa (Fageria et al., 1997).

Na literatura são encontrados diferentes trabalhos de pesquisa sobre determinação de faixas de concentração e níveis críticos, estes trabalhos variam em relação ao nutriente pesquisado, ao nível de redução da produção máxima e diferentes culturas. Nos trabalhos publicados por Malavolta (1980), Trani et al. (1983), Sfredo et al. (1986), Malavolta et al. (1989), Lopes & Carvalho (1991), Malavolta et al. (1997) são sugeridos faixas de concentração e níveis críticos para análises foliares de algumas culturas. Tais relatos divergem quanto à fase de amostragem, à parte da planta amostrada e aos níveis de interpretação.

Na prática, há divergências quanto ao nível de redução de produção, quando se calcula a faixa de concentração e o nível crítico. Por exemplo, Ulrich & Hills (1967) estabeleceram o nível crítico para diversas culturas como a concentração correspondente a uma produção de 95 % da máxima. Bataglia et al. (1992) estabeleceram o nível crítico como o teor correspondente a uma produção relativa que pode variar entre 80 % e 95 % da produção máxima.

Scherer (1998) avaliou a resposta da soja à adubação potássica e estabeleceu níveis críticos do nutriente no solo e na planta, através de um experimento de campo, por doze anos consecutivos, em um Latossolo Húmico Distrófico, no município de Campos

Novos, Santa Catarina. O nível crítico para K foi obtido pelo cálculo do teor do elemento no solo ou na planta necessário para promover 90 % da produção máxima, obtidos por regressão linear e curvilinear. Os níveis críticos de K no solo e na folha foram de  $63 \text{ mg dm}^{-3}$  e  $14 \text{ g kg}^{-1}$ , respectivamente.

Mariano et al. (2000) estimaram os níveis críticos inferiores (equivalentes a 90 % da produção máxima de grãos) e superiores (equivalentes à redução de 10% na produção máxima de grãos) de B nos solos e nas plantas de feijoeiro cultivado em amostras de solos de várzea em casa de vegetação. Os autores obtiveram os níveis críticos através de equações de regressão. Para o solo, os níveis críticos inferiores de B variaram de  $0,57 \text{ mg dm}^{-3}$  a  $1,87 \text{ mg dm}^{-3}$ , e os superiores, de  $1,89 \text{ mg dm}^{-3}$  a  $4,65 \text{ mg dm}^{-3}$ . Nas folhas, os níveis críticos inferiores estiveram entre  $44,2 \text{ mg kg}^{-1}$  e  $68,1 \text{ mg kg}^{-1}$ , e os superiores, entre  $143,6 \text{ mg kg}^{-1}$  e  $199,1 \text{ mg kg}^{-1}$ .

Fonseca et al. (2002) realizaram em casa de vegetação, experimentos para avaliar os efeitos da idade das plantas e de períodos de rebrotação sobre os valores dos níveis críticos de fósforo no solo e na planta para duas gramíneas forrageiras tropicais. Com base nas doses de fósforo associadas a 90 % da produção máxima e nas equações regressões relacionaram com os teores de fósforo no solo recuperado pelo extrator Mehlich-1 e na parte aérea das plantas, então estimaram os níveis críticos de fósforo no solo e na planta.

Kliemann et al. (2003) avaliaram as relações da produção de massa verde com a disponibilidade dos nutrientes em um latossolo, em áreas de pastagem provenientes da abertura do cerrado original. As relações da produção de fitomassa com os teores de nutrientes disponíveis foram avaliadas pelo ajuste de regressões polinomiais, pelo método dos quadrados mínimos. Os autores estabeleceram os seguintes níveis críticos para solo:  $4,5 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$  de solo para cálcio + magnésio trocáveis;  $123 \text{ mg dm}^{-3}$  para potássio trocável;  $1,7 \text{ mg dm}^{-3}$  para zinco e  $2,2 \text{ mg dm}^{-3}$  para cobre disponível pelo extrator Mehlich-1.

Martuscello et al. (2009) utilizaram equações de regressão ajustadas entre os dados de produção de massa seca das plantas de capim elefante e os teores de fósforo disponível, correspondentes às doses de fósforo, para espaçamento e para forma de aplicação de fósforo. Foram estimados níveis críticos de fósforo necessários para se atingir 90 % da produção máxima.

Alves et al. (2010) estimaram faixas de concentração de potássio no solo e na planta para mudas de Nim, através de equações de regressão entre doses de potássio e componentes de produção da cultura, para uma produção relativa de 90 % da produção máxima. As faixas de concentração de potássio nos solos e nas plantas estudadas variaram de 49,62 a 109,62 mg dm<sup>-3</sup> e 0,95 a 1,06 mg dm<sup>-3</sup>, respectivamente.

Segundo Keisling & Mullixins (1979) e Dow & Roberts (1982), as Faixas de Concentração constituem o método mais aprimorado de interpretação da análise de folha, uma vez que considera uma faixa de concentração abaixo da qual a taxa de crescimento, a produção ou a qualidade diminuem significativamente, pois, na determinação destas concentrações, estão associados erros, especialmente para culturas em que existe grande diversidade de materiais genéticos. Em geral, dadas às grandes variações de clima, solo e cultivares, é preferível estabelecer faixas de nutrientes considerados como limitantes do que apenas níveis críticos.

Para a cultura da soja encontram-se na literatura Faixas de Concentração críticas propostas por diferentes autores, como Peck (1979); Sfredo et al. (1986); Borkert et al. (1994); Malavolta et al. (1997); Ribeiro et al. (1999); Embrapa (2002), dentre outros. Em geral, observa-se nessas publicações que as Faixas de Concentração para os macronutrientes são semelhantes, entretanto as Faixas para os micronutrientes apresentam grandes variações de amplitude entre os autores.

Como por exemplo, Sfredo et al. (1986) propõe para o nutriente Fe a Faixa de Concentração variando de 51,0 mg kg<sup>-1</sup> a 350,0 mg kg<sup>-1</sup>, enquanto Malavolta et al. (1997) sugerem 125,0 mg kg<sup>-1</sup> a 150 mg kg<sup>-1</sup>. Para Mn, a Faixa de Concentração encontrada por Malavolta et al. (1997) varia de 35,0 mg kg<sup>-1</sup> a 50,0 mg kg<sup>-1</sup>, enquanto Sfredo et al. (1986) encontraram de 21,0 mg kg<sup>-1</sup> a 100,0 mg kg<sup>-1</sup>.

As semelhanças entre as Faixas de Concentração dos autores, principalmente nas Faixas propostas por Malavolta et al. (1997), Embrapa (2002) e Sfredo et al. (1986), especialmente para os macronutrientes, ocorrem porque essas Faixas foram estabelecidas a partir das médias dos teores definidas para seis regiões norte-americanas produtoras de soja (Indiana, Michigan, Minnesota, Missouri, Ohio e Wisconsin), apresentadas por Peck (1979). Ao considerar que as condições de clima, solo, cultivares dessas regiões produtoras divergem totalmente das condições brasileiras, é possível que estas Faixas de Concentração apresentem grandes limitações de uso.

Apesar de ser reconhecida a influência dos fatores ambientais, edáficos e genéticos, na análise foliar ainda são empregadas Faixas de Concentração ou Níveis Críticos ultrapassados para interpretação das análises. Tais dados não consideram o surgimento de cultivares de culturas mais modernas, que apresentam um maior potencial produtivo. A utilização dessas faixas pode levar à interpretação e recomendação de fertilizantes de forma errônea, e acabar favorecendo ao desequilíbrio nutricional, acarretando baixa produção e rendimento econômico.

A interpretação das análises foliares é feita comparando-se os resultados das análises químicas efetuadas em amostras de tecido vegetal, com valores tabelados para a cultura. Esses valores são as Faixas de concentração e Níveis Críticos obtidos por diferentes autores para diferentes culturas. A vantagem é a simplicidade na diagnose do estado nutricional da cultura, pela forma independente com que os nutrientes são tratados, (Baldock & Schulte, 1996).

As principais desvantagens do método das Faixas de Concentração e Níveis Críticos são: os nutrientes são interpretados individualmente, não levando em consideração as interações entre eles; a variação da concentração dos nutrientes com a idade do vegetal e o grau de desenvolvimento (Hanway & Weber, 1971); as diferenças varietais (Keogh et al., 1972; Mascarenhas et al., 1980); e quando mais de dois nutrientes estão limitantes, não é possível avaliar qual deles é mais limitante para a produção (Hanson, 1981).

Os valores críticos estabelecidos pelo método das Faixas de Concentração e Níveis Críticos não possuem aplicação universal, por que os fatores de crescimento das plantas podem mudar sob várias condições ambientais, principalmente devido a interação com outros fatores, gerando diferenças na estimativa dos valores críticos. Assim, tal metodologia, além de morosa, é cara, pois envolve trabalhos de calibrações em diferentes regiões e culturas (Leandro, 1998).

## **2.5.2 Sistema Integrado de Diagnose e Recomendação (DRIS)**

### **2.5.2.1 Histórico**

Na década de 50, Beaufigs desenvolveu o chamado Sistema Integrado de Diagnose e Recomendação (DRIS), inicialmente com o nome de Diagnose Fisiológica, para a cultura da seringueira na Indochina (Beaufigs, 1954, 1957). A diagnose fisiológica

deveria ser um sistema para reunir o máximo de fatores envolvidos na produção e, com a devida organização desses fatores e o auxílio de computador, desenvolver um novo sistema de calibração das produções de culturas em relação aos fatores edáficos, climáticos, de manejo e nutricionais.

A utilização da diagnose fisiológica ampliou no início da década de 70, para culturas anuais, como o milho na África do Sul (Beaufils, 1971). Beaufils formulou uma revisão em sua técnica e anunciou o Sistema Integrado de Diagnose e Recomendação em 1973, em substituição à Diagnose Fisiológica (Beaufils, 1973).

Vários trabalhos foram publicados comparando o método DRIS com o método das Faixas de Concentração e Níveis Críticos. O potencial de utilização deste sistema foi demonstrado em trabalhos realizados com seringueira (Beaufils, 1973), cana-de-açúcar (Sumner & Beaufils, 1975; Beaufils & Sumner, 1976, 1977; Jones & Bowen, 1981; Orlando Filho, 1983; Elwali & Gascho, 1984; Reis Junior & Monnerat, 2003a; Reis Junior & Monnerat, 2003b;), milho (Sumner, 1977b), batata (Sumner, 1979), soja (Sumner, 1977a; Hanson, 1981; Beverly et al., 1986; Beverly, 1987a; Evanylo et al., 1987; Leandro, 1998; Harger et al., 2003; Maeda et al., 2003), café (Silva et al., 2003; Partelli et al., 2005; Partelli et al., 2006), uva (Terra et al., 2003), côco (Santos et al., 2004), pimenta-do-reino (Oliveira & Takamatsu, 2004), capim-braquiária (Silveira et al., 2005), arroz (Martins et al., 2005), maçã (Nachtigall & Dechen, 2007) e algodão (Martins et al., 1999; Silva, 2006; Silva et al., 2007; Valdameri & Pouyú-Rojas, 2008; Serra et al., 2008; Kurihara et al., 2008; Morais, 2008; Souza, 2009).

Várias foram as revisões que elucidaram a metodologia do DRIS como método de diagnóstico do estado nutricional de plantas, relacionando normas para o cálculo dos índices primários para várias culturas, como as revisões de Kelling & Schulte (1986), Walworth & Sumner (1987), Sumner (1990), Beverly (1991), Hallmark & Bervely (1991) e Jones et al. (1991). Posteriormente, foram propostas modificações no método original para melhorar a precisão do diagnóstico (Jones, 1981; Elwali & Gascho, 1984; Beverly, 1987a, 1987b; Alvarez & Leite, 1992).

Zambello Júnior & Orlando Filho (1980) aplicaram pela primeira vez no Brasil, a metodologia do DRIS para a cultura da cana-de-açúcar. Hanson (1981) utilizou-se deste método para interpretar experimentos de soja, na Região Sul do Brasil. Desde então, vários trabalhos têm sido publicados na literatura nacional sobre o sistema DRIS (Bataglia

& Dechen, 1986; Malavolta et al., 1989; Bataglia & Santos, 1990; Raij, 1991; Lopes & Carvalho, 1991; Oliveira, 1993; Oliveira & Souza, 1993; Leandro, 1998; Malavolta, 2006).

Oliveira (1993) e Oliveira & Sousa (1993) relatam o potencial do DRIS na obtenção de níveis de suficiência no solo e/ou na folha para culturas como soja, milho, citrus e cana-de-açúcar no Brasil.

Morais (2008) e Souza (2009) espelharam-se em Oliveira (1993), e também obtiveram níveis de suficiência para a cultura do algodão através do DRIS para as análises de terra e folha no Estado de Goiás. Serra et al. (2008) também obtiveram níveis de suficiência para cultura do algodão para análises foliares, mas no município de São Desidério, Estado da Bahia, enquanto Kurihara et al. (2008) apresentaram os níveis de suficiência para a cultura nos Estados de Mato Grosso e Mato Grosso do Sul.

Farnezi et al. (2009) estabeleceram normas DRIS, bem como estimaram valores das faixas críticas dos nutrientes de referência para a diagnose nutricional de cafeeiros da região do Alto Jequitinhonha em 52 lavouras cafeeiras. Lana et al. (2010) avaliaram o estado nutricional da cafeicultura na região do Alto Paranaíba – MG, utilizando o método DRIS para interpretação das análises de folhas, com aplicação do Potencial de Resposta à Adubação sobre os índices DRIS e análise das correlações e interações entre concentrações dos nutrientes nas folhas e índices DRIS.

Guindani et al. (2009) estabeleceram normas de referência DRIS e padrões nutricionais para a cultura do arroz irrigado por inundação, utilizando resultados de análise foliar e de produtividade de 356 lavouras das diferentes regiões arrozeiras do Rio Grande do Sul. Dias et al. (2010) avaliaram a performance de normas DRIS específicas ou gerais no diagnóstico do estado nutricional do cupuaçuzeiro, na Amazônia Sul-Occidental. Amostras foliares de cupuaçu foram coletadas de 153 pomares comerciais, com idade entre cinco e dezoito anos, cultivados em monocultivo ou em sistemas agroflorestais. Camacho et al. (2012) determinaram as faixas normais de nutrientes para a cultura da laranja-pera em uma população, utilizando o método DRIS no município de Bebedouro-SP, na Estação Experimental de Citricultura de Bebedouro.

As últimas tendências nas publicações internacionais é a comparação do método DRIS (bivariado) com o método da Diagnose da Composição Nutricional (CND) que envolvem relações multivariadas de nutrientes (Parent & Dafir, 1992; Zhong & Hsiung, 1993; Parent et al., 1994; Silva et al., 2004; Serra et al., 2010 e Camacho et al., 2012).

Politi et al. (2013) compararam os diagnósticos do estado nutricional da mangueira da região do Vale do Submédio São Francisco, obtidos através de diferentes métodos de avaliação do estado nutricional, comparando-se relações multivariadas (método CND) com relações bivariadas (método DRIS). Os resultados indicaram que os métodos CND e DRIS com e sem transformação logarítmica apresentaram desempenho semelhante na avaliação do estado nutricional das mangueiras.

#### 2.5.2.2 Princípio do método

O DRIS é um método de diagnóstico do estado nutricional de plantas, pelo qual os nutrientes não são considerados pelos seus teores individuais (análises univariadas) mas sim, pelas relações binárias (análises bivariadas). O uso de relações entre vários nutrientes dá maior segurança às interpretações individuais dos nutrientes.

O método não indica se determinado nutriente encontra-se em concentração de toxidez ou deficiência, mas qual o nutriente mais limitante e a ordem de limitação dos nutrientes, através de índices DRIS. Os índices negativos indicam deficiência de um elemento em relação aos demais e os índices positivos indicam o excesso. Sua aplicação envolve três fases: a) obtenção das normas; b) cálculo e interpretação dos índices DRIS e c) validação dos resultados.

##### 2.5.2.2.1 Obtenção das normas

O primeiro passo para a utilização do sistema é a criação de um banco de dados que apresente uma quantidade substancial de dados básicos como: análise foliar, análise de terra e produtividade, a fim de que sejam estabelecidas normas ou padrões. As normas são valores médios de teores de nutrientes e das relações desses nutrientes, com as respectivas variâncias, para um grande número de casos, representando culturas em boas condições nutricionais (Beaulfis, 1971, 1973; Walworth & Sumner, 1987; Malavolta et al., 1989; Raij, 1991).

Alguns artigos atestam que a melhor utilização do método pode ser conseguida pelo aumento considerável do número de amostras (Beaufils, 1973; Walworth & Sumner, 1987; Sumner, 1979; Letzsch & Sumner, 1984; Hallmark et al., 1990a, 1990b). Entretanto,

Walworth et al. (1988), Hallmark et al. (1987) obtiveram bons diagnósticos de problemas nutricionais utilizando bases de dados mais restritas.

A particularização da população de referência quanto às condições edafoclimáticas, material genético, época de amostragem e parte da planta amostrada, é outro artifício empregado (Beaufils, 1973). Ao particularizar a base de dados restringe-se a aplicação do DRIS, esta medida pode constituir um refinamento importante para melhorar a precisão do diagnóstico, dentro das mesmas condições de restrição.

A base de dados pode ser obtida tanto em experimentos de adubação como em áreas comerciais. Quando se emprega esse tipo de dado, a distribuição dos valores geralmente não segue a distribuição normal. Para normalizar a distribuição, Beaufils (1973) propôs a divisão da base de dados em dois subgrupos, um de alta produtividade e outro de baixa produtividade. Os valores das concentrações e as relações entre concentrações dos nutrientes para o subgrupo mais produtivo permanecem normalmente distribuídos, e são utilizados como referência no estabelecimento dos padrões do DRIS. A média, o desvio padrão e o coeficiente de variação de cada subgrupo são calculados para todas as relações de nutrientes possíveis (Beaufils, 1971, 1973).

#### *2.5.2.2.2 Cálculo e interpretação dos índices*

No princípio, a diagnose era realizada mediante setas num diagrama interpretativo (Beaufils, 1957, 1971), no qual eram representadas a zona de equilíbrio (média mais  $2/3$  do desvio padrão, representadas pelas setas horizontais), a zona de desequilíbrio moderado (faixa compreendida entre  $2/3$  e  $4/3$  do desvio padrão, representadas por setas inclinadas) e a zona de notável desequilíbrio (faixa externa a  $4/3$  do desvio padrão, representadas por setas verticais). Um dos inconvenientes do uso do diagrama é a dificuldade de representar espacialmente quando empregam-se vários nutrientes (Sumner, 1979).

O índice DRIS de um nutriente é a média aritmética das funções reduzidas dos quocientes do teor deste nutriente em relação aos teores dos demais nutrientes determinados na análise foliar ou análise de terra. No cálculo do índice, as relações normais reduzidas têm valores positivos, se o nutriente estiver no numerador, negativos, se estiver no denominador, e zero, na ausência deste.

É possível estabelecer em ordem decrescente, aqueles nutrientes que são mais limitantes, pelo índice DRIS. Valores negativos indicam deficiência do elemento em relação aos demais; valores positivos, excesso; e quanto mais próximo de zero estiverem esses índices, maior será o equilíbrio nutricional da planta.

Segundo Beaufils (1973), as relações diretas ou inversas entre dois nutrientes a serem empregadas no cálculo do índice são as que apresentam maior relação de variância entre os dois subgrupos (variância do subgrupo de baixa produtividade, sob variância do subgrupo de alta produtividade).

No cálculo das funções reduzidas o autor impõe restrições quando a relação na amostra é maior ou menor que a média da população. Quando a relação de nutrientes da amostra a ser interpretada é maior que a relação de nutrientes da população de alta produtividade, a função normal reduzida dos teores de dois nutrientes é calculada pela fórmula de distribuição de Z, modificada por  $Kt/100$ . O Kt é o coeficiente de sensibilidade que tem valor arbitrário, que normalmente assume o valor de 100, 500 ou 1.000 (Beaufils, 1973; Sumner, 1977a; Walworth & Sumner, 1987; Alvarez & Leite, 1992). Quando a relação de nutrientes da amostra a ser interpretada é menor que a relação de nutrientes da população de alta produtividade, a função normal reduzida dos teores de dois nutrientes é calculada pela estatística Z multiplicada  $Kt.a/b/100.A/B$ .

A estatística Z é multiplicada por um fator  $Kt.a/b/100.A/B$ , pois quando os valores da função Z assumem valores negativos, quanto mais distante de zero estiverem (mais negativos) tanto maiores são os desvios devido à tendência assimétrica que essa função assume em tal posição. A modificação corrige essas distorções.

As diversas funções são ponderadas pela recíproca dos coeficientes de variação das respectivas populações de referência (alta produtividade). Walworth & Sumner (1987) asseguram que o coeficiente de variação pondera a variabilidade do subgrupo de alta produtividade. Quanto menor a base de dados, maior é o coeficiente de variação e, por conseguinte, menor a capacidade de discriminação do estado nutricional da cultura.

Embora a escala seja contínua e o estado nutricional equilibrado tenha valor igual a zero, a literatura mostra que há controvérsias a respeito. O melhor balanço nutricional, para Kelling & Schulte (1986), está situado na faixa de -15 a + 15; para Escano et al. (1981), entre -1,0 e +1,5, e para Soltanpour et al. (1995), de -7 a +7. Bell et al. (1995), utilizando o DRIS-M para a diagnose do estado nutricional da soja para os

nutrientes P, K, Mn e Zn, consideraram como deficiente quando os índices foram menores que 18, 0, 0 e -19, respectivamente.

A soma, em módulo, dos índices indica o Índice de Balanço Nutricional (IBN). Quanto menor for o IBN, mais próxima a amostra estará do equilíbrio nutricional (Beaufils, 1973; Walworth & Sumner, 1987).

#### *2.5.2.2.3 Validação dos resultados*

A precisão do método DRIS, no diagnóstico de problemas nutricionais pode ser mensurada, utilizando-se amostras com reconhecidos problemas nutricionais (Bataglia & Santos, 1990), ou em experimentos fatoriais com diferentes doses dos nutrientes (Beverly et al., 1986; Hallmark et al., 1987).

O diagnóstico de deficiências em plantas de alta produtividade é um dos principais problemas do método DRIS. Para solucionar este problema e melhorar a precisão de diagnóstico várias modificações nos procedimentos de cálculo dos índices têm sido propostas. Estas modificações propostas podem ser reunidas nos seguintes grupos: modificações no cálculo dos índices DRIS; modificações no cálculo das funções reduzidas; modificações na base de dados; e modificações na interpretação dos índices.

Alvarez & Leite (1992) recomendam o uso da média das relações direta e inversa no cálculo do índice DRIS. Os autores relatam que, quando utilizam-se as relações diretas, os resultados obtidos nem sempre são semelhantes àqueles encontrados quando empregam-se as relações inversas. Tais diferenças são mais acentuadas quanto mais as relações observadas nas amostras se afastam da média.

#### *2.5.2.3 Aplicação do DRIS na cultura da soja*

O DRIS vem sendo empregado como método para diagnóstico nutricional de diferentes culturas, em especial para a cultura da soja, que na literatura são encontrados diversos trabalhos no Brasil e no mundo. A primeira aplicação do DRIS na cultura da soja foi feita por Sumner (1977b), estabelecendo padrões para as relações entre os nutrientes N, P e K, utilizando uma população de referência com produtividade de 2.600 kg ha<sup>-1</sup>. Para esse estudo, o autor reuniu dados de várias publicações, totalizando 1.245 observações de análises foliares e concluiu que o método DRIS foi mais preciso que o método dos Níveis

Críticos no diagnóstico nutricional, demonstrando menor dependência quanto a época de amostragem, parte da planta amostrada e material genético.

As normas de Sumner (1977b) foram utilizadas por Hanson (1981) para avaliar o estado nutricional da soja em três experimentos com fósforo na região sul do Brasil. O autor observou que os índices gerados, quando a época de amostragem foi o estágio R2, indicaram o melhor equilíbrio nutricional da cultura em função dos tratamentos. Entretanto, quando as épocas de amostragens foram os estágios R5 e R7 houve divergências na interpretação dos índices, sugerindo que o DRIS tem limitação quanto à época de amostragem de folhas.

Beverly et al. (1986) trabalharam com 5.311 observações de análise foliares e produtividade de diferentes pesquisadores e regiões do mundo e estabeleceram normas DRIS para a cultura da soja a partir de uma produtividade superior a  $3.500 \text{ kg ha}^{-1}$ . Esses autores também realizaram comparações entre as normas das diferentes regiões e observaram que as condições edafoclimáticas tem grande influência sobre as concentrações dos nutrientes nas folhas, gerando diferenças nas populações de referência, portanto prejudicando os diagnósticos nutricionais. Segundo Beverly et al. (1986), a diferenciação regional pode ser um refinamento muito importante na obtenção das normas DRIS.

Para avaliação do estado nutricional da soja no Canadá, Vigier et al. (1989) utilizaram normas canadenses e americanas e verificaram diferenças entre as normas, principalmente para as relações de nutrientes  $\text{Mg/N}$  e  $\text{K/Mn}$ . Os autores verificaram que as normas canadenses apresentaram melhor precisão no diagnóstico nutricional da soja. Apesar dessas diferenças entre as normas canadenses e americanas, segundo esses autores, o método DRIS foi mais eficiente para avaliar o estado nutricional do que o método das Faixas de Concentração.

Os primeiros níveis de suficiência de nutrientes para a cultura da soja no Brasil, obtidos através do método DRIS foram publicados por Oliveira (1993). Esse autor obteve os níveis através de regressões polinomiais entre os índices dos nutrientes e a concentração do nutriente na folha.

Leandro (1998) avaliou o estado nutricional da soja na região Rio de Verde, Goiás utilizando amostras de solo e folhas interpretadas pelos métodos DRIS e Faixas de Concentração. O autor observou que os métodos de diagnose avaliados apresentaram interpretações distintas para maioria dos nutrientes, exceto para o P considerado o nutriente mais limitante da região. Além disso, Leandro (1998) estabeleceu normas e níveis de

suficiência para interpretação de amostras de folha e solo a partir de uma população de referência com produtividade superior a 3000 kg ha<sup>-1</sup>.

Maeda (2002) estabeleceu normas DRIS para folhas em lavouras de soja na região sul do Mato Grosso do Sul que foram validadas através de sua aplicação em resultados de amostras foliares com sintomas de deficiência de Mn reconhecidos pela diagnose visual. Esse autor ainda comparou as normas desse trabalho com normas encontradas na literatura para avaliar o estado nutricional da soja e constatou que os índices DRIS gerados são diferentes, enfatizando a necessidade da obtenção de normas regionalizadas.

Lantmann et al. (2002) avaliaram a necessidade de regionalização das normas DRIS, para isso criaram normas a partir de uma base de dados com 2.400 observações de análises foliares de ensaios da Embrapa Soja em cinco localidades do Paraná. Os autores dividiram os resultados em uma norma global e outra local, ambas foram submetidas aos resultados de um experimento com K em soja realizado na região de Londrina, Paraná. Segundo Lantmann et al. (2002), o menor IBN foi encontrado quando se utilizou a norma local em detrimento da norma global. Os autores destacaram também que na dose de K correspondente a maior produtividade do experimento, a norma local de Londrina apresentou menor IBN. Esses resultados evidenciam a importância da regionalização do banco de dados para uma melhor avaliação do estado nutricional.

Harger et al. (2003) avaliou o comportamento nutricional de quatro cultivares de soja pelos métodos das Faixas de Concentração e DRIS. Os autores observaram desequilíbrio nutricionais dos nutrientes N, P e S a partir dos 27 dias após emergência (DAE) até aos 57 DAE pelo método DRIS para todas as cultivares, enquanto pelo método da Faixa de Concentração, o N apresentou limitação apenas na fase de florescimento para todas as cultivares. Assim, concluíram que a avaliação nutricional da planta pelo DRIS pode ser realizada a partir dos 27 DAE, independente da cultivar.

Hoogerheide (2005) testou diferentes métodos de cálculo das funções DRIS e estabeleceu normas de referência para avaliar o estado nutricional da cultura da soja nas regiões sul do Maranhão, sudoeste do Piauí e Mato Grosso. Para tanto, utilizou 1.555 resultados de análise foliar e produtividade dos campos de produção das regiões do sul do Maranhão e sudoeste do Piauí e 5.734 resultados dos campos de produção do Mato Grosso. A população de referência foi determinada pela melhor correlação do IBN com a produtividade do banco de amostras, portanto, o autor encontrou que a relação entre a

produtividade e o IBN foi melhor quando as normas DRIS foram estabelecidas utilizando a população de referência com produtividade maior ou igual a 3.600 kg ha<sup>-1</sup> para as regiões sul do Maranhão e sudoeste do Piauí e maior ou igual 4.800 kg ha<sup>-1</sup> para Mato Grosso.

Hoogerheide (2005) ainda observou que o método de cálculo das funções DRIS proposto por Jones (1981) demonstrou facilidade de utilização para avaliar o estado nutricional da soja nas regiões estudadas. Também concluiu que o Cu foi o nutriente mais limitante na região sul do Maranhão e sudoeste do Piauí e o P o mais limitante no Mato Grosso.

Urano et al. (2007) compararam os diagnósticos do estado nutricional de um conjunto de 111 lavouras comerciais de soja, pelos métodos DRIS e Diagnose da Composição Nutricional (CND). Nas lavouras analisadas, os autores observaram que Zn, P e Fe foram os nutrientes diagnosticados por ambos os métodos como os mais limitantes pela ausência, e Mg e Mn os mais limitantes por excesso.

Kurihara et al. (2008) estabeleceram teores adequados de nutrientes para soja, por meio do ajuste de um modelo de regressão para o teor foliar de nutrientes em função do índice DRIS. Os autores utilizaram um banco de dados formado por 608 amostras foliares (terceiro trifólio com pecíolo) coletadas em lavouras comerciais em 26 municípios dos Estados de Mato Grosso e Mato Grosso do Sul, nos anos agrícolas 1997/1998 a 2005/2006. Ainda, em 96 amostras foliares de soja coletadas em Mato Grosso do Sul, realizaram a análise química do limbo foliar e do pecíolo, separadamente, no intuito de se avaliar a relação entre teores de nutrientes no trifólio, na ausência e na presença do pecíolo.

Com esse trabalho, Kurihara et al. (2008) constataram que as amplitudes das faixas de teores considerados adequados obtidos neste trabalho tendem a ser inferiores àqueles adotados atualmente na Região Centro Oeste do Brasil, especialmente para os micronutrientes Cu, Fe e Mn. Observaram também que os teores foliares de K são maiores quando a amostra inclui o pecíolo e os teores de N, P, Fe, Mn e Zn são maiores quando são analisados apenas o limbo foliar, o que indica a necessidade de estabelecimento de valores referência específico para a parte da planta amostrada.

### 3 MATERIAL E MÉTODOS

#### 3.1 SELEÇÃO DE ÁREAS DE AMOSTRAGENS

O presente trabalho foi realizado no ano agrícola de 2009/2010, em áreas comerciais de produção de sementes de soja na região Sudeste do Estado de Goiás, nos municípios de Silvânia, Vianópolis e Luziânia. A seleção das áreas amostradas foi realizada junto a empresa Sementes Brasília, portanto, as áreas selecionadas apresentaram o manejo adequado da cultura da soja, pois eram áreas de produção de sementes. Na tabela 1 são apresentadas as áreas comerciais selecionadas com suas respectivas coordenadas geográficas, altitudes, cultivares de soja plantadas, datas de plantio e colheita.

De acordo com o levantamento realizado junto a empresa Sementes Brasília, em todas as áreas de amostragens, a cultura da soja foi cultivada sob sistema de plantio direto. As cultivares de soja convencional foram A 7002, AN 8500 e BRS/GO Luziânia e as cultivares de soja transgênica foram NA 7321 RG, NA 8015 RR, NA 7255 RR, NA 7337 RR e BRS Valiosa RR (Tabela 1). Os espaçamentos utilizados nas áreas de amostragens foram de 0,45 m a 0,50 m, com uma densidade populacional variando de 220 mil a 342 mil plantas ha<sup>-1</sup>.

As fórmulas de adubo NPK empregadas pelos produtores de sementes foram a 02-20-18 com doses variando de 480 kg ha<sup>-1</sup> a 550 kg ha<sup>-1</sup> e 05-37-00 na dose de 300 kg ha<sup>-1</sup>. A fórmula 02-20-18 foi aplicada nas áreas de 4 a 11. Já a fórmula 05-37-00 foi aplicada nas áreas 1, 2, 3 e 12 (Tabela 1). As doses de corretivo utilizadas nas áreas de amostragens foram 2,0 t ha<sup>-1</sup> a 3,0 t ha<sup>-1</sup> de calcário dolomítico. Foi aplicado gesso agrícola e as sementes foram inoculadas para plantio, porém não foram obtidas as dosagens utilizadas dessas práticas.

Não foi possível acessar as análises de solo realizadas antes do plantio da soja pelos produtores e pela empresa Sementes Brasília. Entretanto, neste trabalho, realizou-se amostragens de solo no período das coletas de folhas de soja. As amostras de solo foram

enviadas ao Laboratório de Análise de Solo e Foliar da Escola de Agronomia da Universidade Federal de Goiás (UFG) para análise.

O objetivo destas análises de solo foi a caracterização química e física dos solos em que foi plantada as cultivares de soja convencional e transgênica, a fim de se obter subsídios para discutir os resultados da avaliação do estado nutricional da soja através da análise foliar. Na Tabela 2 encontram-se os resultados das análises de solo discriminados por área comercial em que foi plantada cada cultivar.

**Tabela 1.** Seleção de áreas comerciais para amostragem no Estado de Goiás, localização geográfica e altitude, distribuição das cultivares de soja convencional e transgênica, datas de plantio e colheita

| Área comercial <sup>1</sup> | Fazenda                    | Município  | Coordenadas                          | Altitude (m) | Cultivar        | Plantio     | Colheita   |
|-----------------------------|----------------------------|------------|--------------------------------------|--------------|-----------------|-------------|------------|
| 1                           | Samambaia                  | Luziânia   | 16° 29' 34" S<br>48° 10' 4,9" W      | 923          | A 7002          | 23 /11/2009 | 02/04/2010 |
| 2                           | Samambaia                  | Luziânia   | 16° 29' 27,1" S<br>48° 10' 14,1" W   | 917          | AN 8500         | 22/11/2009  | 27/03/2010 |
| 3                           | Nossa Senhora<br>Aparecida | Vianópolis | 16° 39' 56,9" S<br>48° 20' 36,2" W   | 867          | AN 8500         | 30/11/2009  | 04/04/2010 |
| 4                           | Cedro                      | Silvânia   | 16° 28' 20,0" S<br>48° 23' 12,3" W   | 980          | BRS/GO Luziânia | 12/12/2009  | 21/04/2010 |
| 5                           | Cedro                      | Silvânia   | 16° 28' 6,2" S<br>48° 22' 15,9" W    | 951          | BRS Valiosa RR  | 15/12/2009  | 23/04/2010 |
| 6                           | Cedro                      | Silvânia   | 16° 29' 54,1" S<br>48° 24' 6,3" W    | 928          | NA 7321 RG      | 29/10/2009  | 16/02/2010 |
| 7                           | Cedro                      | Silvânia   | 16° 29' 41,64" S<br>48° 23' 23,57" W | 924          | NA 7255 RR      | 03/11/2009  | 04/03/2010 |
| 8                           | Cedro                      | Silvânia   | 16° 28' 17,8" S<br>48° 24' 31,8" W   | 912          | NA 8015 RR      | 18/11/2009  | 23/03/2010 |
| 9                           | Cedro                      | Silvânia   | 16° 28' 6,8" S<br>48° 22' 39,4" W    | 924          | NA 7337 RR      | 09/11/2009  | 14/03/2010 |
| 10                          | Gaulanda                   | Silvânia   | 16° 24' 26,2" S<br>48° 25' 6,0" W    | 1004         | NA 7321 RG      | 22/10/2009  | 09/02/2010 |
| 11                          | Gaulanda                   | Silvânia   | 16° 23' 42,8" S<br>48° 25' 27,0" W   | 1009         | NA 7255 RR      | 27/10/2009  | 25/02/2010 |
| 12                          | Samambaia                  | Luziânia   | 16° 29' 52,1" S<br>48° 10' 59,3" W   | 992          | NA 7255 RR      | 14/10/2009  | 26/01/2010 |

<sup>1</sup>Em cada área comercial selecionada foram demarcadas glebas para coleta de dados de análise foliar e produção de soja.

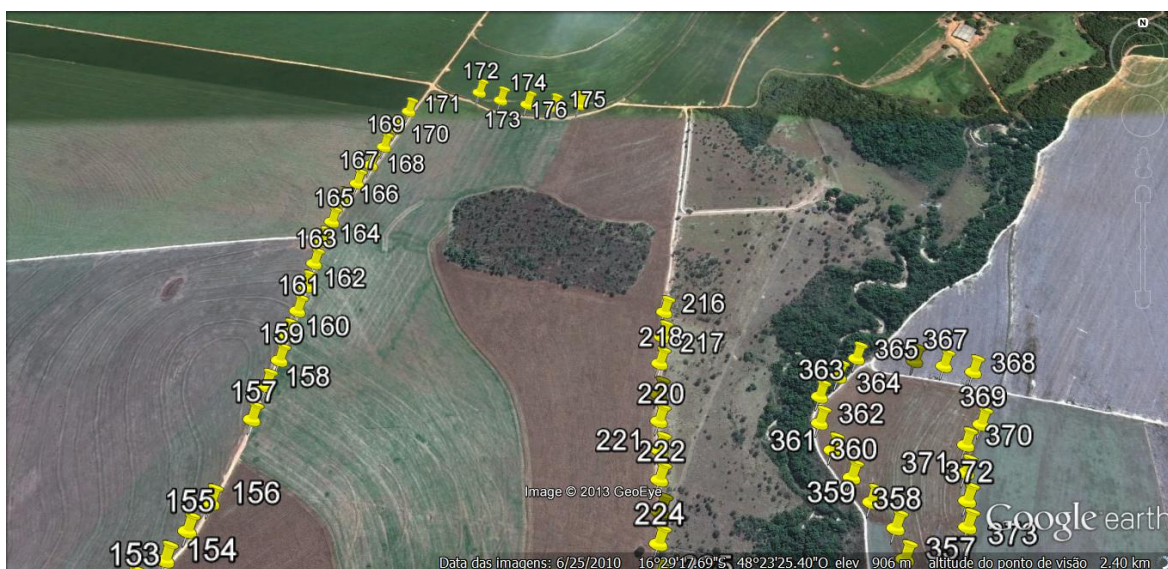
**Tabela 2.** Resultado da análise de solo para cada área comercial selecionada neste trabalho

| Área comercial <sup>1</sup> | Argila | Silte | Areia | V    | Matéria Orgânica | Cu                  | Fe    | Mn   | Zn  | P   | K    | Ca                     | Mg  | H+Al | Al  | CTC | pH                   |
|-----------------------------|--------|-------|-------|------|------------------|---------------------|-------|------|-----|-----|------|------------------------|-----|------|-----|-----|----------------------|
|                             | %      |       |       |      |                  | mg dm <sup>-3</sup> |       |      |     |     |      | cmolc dm <sup>-3</sup> |     |      |     |     | (CaCl <sub>2</sub> ) |
| 1                           | 38,0   | 33,0  | 29,0  | 55,0 | 2,1              | 1,2                 | 33,8  | 12,9 | 2,0 | 2,3 | 50,0 | 2,5                    | 0,8 | 2,8  | 0,0 | 6,2 | 5,3                  |
| 2                           | 51,0   | 29,0  | 20,0  | 53,9 | 2,2              | 1,1                 | 35,1  | 10,0 | 1,8 | 2,0 | 67,0 | 2,3                    | 0,8 | 2,8  | 0,0 | 6,1 | 5,0                  |
| 3                           | 39,0   | 15,0  | 46,0  | 15,7 | 1,6              | 0,1                 | 46,8  | 9,7  | 0,2 | 4,8 | 50,0 | 0,5                    | 0,1 | 3,9  | 0,3 | 4,6 | 4,7                  |
| 4                           | 55,0   | 25,0  | 20,0  | 30,9 | 2,2              | 0,2                 | 53,3  | 13,8 | 0,2 | 3,5 | 72,0 | 0,8                    | 0,4 | 3,1  | 0,0 | 4,5 | 5,5                  |
| 5                           | 44,0   | 30,0  | 26,0  | 33,6 | 1,7              | 0,1                 | 67,6  | 29,9 | 0,1 | 3,8 | 66,0 | 1,1                    | 0,3 | 3,1  | 0,0 | 4,7 | 5,1                  |
| 6                           | 45,0   | 28,0  | 27,0  | 41,4 | 1,5              | 0,1                 | 75,0  | 8,9  | 0,3 | 4,5 | 70,0 | 1,3                    | 0,5 | 2,8  | 0,0 | 4,8 | 5,5                  |
| 7                           | 51,0   | 20,0  | 29,0  | 36,1 | 1,9              | 0,2                 | 86,6  | 11,2 | 0,2 | 5,1 | 71,0 | 1,0                    | 0,4 | 2,8  | 0,0 | 4,4 | 5,5                  |
| 8                           | 52,0   | 31,0  | 17,0  | 8,4  | 1,5              | 0,1                 | 77,2  | 22,8 | 0,2 | 1,1 | 37,0 | 0,2                    | 0,1 | 4,3  | 0,1 | 4,7 | 4,7                  |
| 9                           | 49,0   | 27,0  | 24,0  | 43,0 | 1,9              | 0,2                 | 110,5 | 56,9 | 0,2 | 2,6 | 96,0 | 1,7                    | 0,7 | 3,5  | 0,0 | 6,1 | 5,7                  |
| 10                          | 54,0   | 28,0  | 18,0  | 33,4 | 2,4              | 0,2                 | 50,5  | 9,3  | 0,4 | 7,2 | 60,0 | 1,2                    | 0,2 | 3,1  | 0,0 | 4,7 | 5,5                  |
| 11                          | 45,0   | 31,0  | 24,0  | 60,4 | 1,8              | 0,7                 | 25,4  | 12,8 | 2,6 | 2,9 | 54,0 | 3,8                    | 1,4 | 3,5  | 0,0 | 8,8 | 5,4                  |
| 12                          | 45,0   | 29,0  | 26,0  | 70,7 | 2,3              | 0,9                 | 27,7  | 17,5 | 1,0 | 2,3 | 67,0 | 3,6                    | 1,3 | 2,1  | 0,0 | 7,2 | 5,9                  |

<sup>1</sup>Em cada área comercial selecionada foram demarcadas glebas para coleta de dados de análise foliar e produção de soja.

Após a seleção das áreas comerciais de amostragem, em cada área foram demarcados pontos para coleta de folhas. Todos os pontos foram georreferenciados, obtendo-se as coordenadas, permitindo o retorno aos pontos para coleta das amostras de produção de soja. Os pontos de amostragens foram demarcados formando glebas de aproximadamente 0,25 ha, a fim de manter a boa uniformidade, principalmente quanto à topografia e ao tipo de solo. Na figura 1 é apresentada uma foto aérea com o georreferenciamento de alguns pontos de amostragens em área comercial no município de Silvânia, Estado de Goiás.

Foram formadas 363 glebas para a realização das coletas de amostras de folha e, posteriormente, da produção. Dessas 363 glebas, 103 glebas foram marcadas em áreas de produção de soja convencional e 260 glebas foram marcadas em áreas de produção de soja transgênica. O número de glebas homogênea de 0,25 ha para cada cultivar foi variável com o tamanho da área plantada. Após a amostragem, foram realizadas análises químicas das folhas e a avaliação da produtividade. Os resultados obtidos foram utilizados para compor um banco de dados com observações de análises foliar e suas respectivas produtividades.



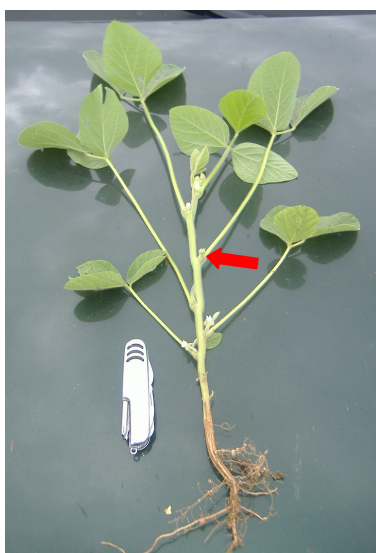
**Figura 1.** Foto aérea com o georreferenciamento de alguns pontos de amostragens em área comercial no município de Silvânia, Estado de Goiás

## 3.2 COLETAS DE DADOS E ANÁLISES

### 3.2.1 Amostragem e análise foliar

A coleta das folhas foi realizada em cada gleba das áreas comerciais selecionadas. As folhas para análise foram coletadas segundo metodologia proposta por Malavolta et al. (1997). Coletou-se o terceiro trifólio expandido a partir da ponta da haste principal com pecíolo, no início do florescimento, aproximadamente aos 40 a 45 dias após o plantio, dependendo da cultivar. Em cada gleba foram retiradas dez folhas, sendo uma de cada planta para compor uma amostra composta. Na Figura 2 é apresentada uma foto na época de coleta das folhas para cultivar NA 7255 RR na fazenda Cedro, município de Silvânia, Estado de Goiás.

Cada amostra composta foi embalada em saco de papel, etiquetada e transportada para o Laboratório de Análise de Solo e Foliar da Escola de Agronomia da Universidade Federal de Goiás (UFG). O material foi colocado para secar em uma estufa de ventilação forçada a 65°, em seguida foi triturado em moinho de aço do tipo Wiley e armazenada em saquinhos de papel. O material dos saquinhos foi digerido por ácidos para a obtenção de um extrato em que determinou-se os teores foliares totais de N, P, K, Ca, Mg, S, Cu, Fe, Mn e Zn segundo metodologia descrita por Bataglia et al. (1978).



**Figura 2.** Foto na época de coleta das folhas para análise química foliar para cultivar transgênica NA 7255 RR na fazenda Cedro, município de Silvânia, Estado de Goiás. A seta vermelha identifica a folha que foi coletada para a amostragem

### 3.2.2 Avaliação da produtividade

A estimativa da produtividade de soja foi realizada, após a maturação fisiológica, em cada gleba nas áreas comerciais. Para avaliar a produtividade, foi colhido um metro linear de plantas nas linhas de plantio, em cinco pontos escolhidos aleatoriamente dentro de cada gleba.

As amostras de produção foram individualizada em feixes de plantas e levadas para um galpão na UFG, onde foi determinado número de plantas por metro linear e em seguida as amostras foram trilhadas. Após este processo, os grãos foram levados para o laboratório para pesagem, determinação da umidade e estimativa da produção por hectare para cada gleba. Na Figura 3 é apresentada foto das etapas de colheita no campo de soja.



**Figura 3.** Fotos das etapas de colheita da produção de soja, cultivar transgênica NA 7255 RR registradas no município de Luziânia, Estado de Goiás

### 3.3 CRITÉRIOS PARA INTERPRETAÇÃO DA ANÁLISE FOLIAR

#### 3.3.1 Método das Faixas de Concentração

Para interpretação dos resultados da análise foliar, primeiro o banco de dados foi dividido de acordo com o tipo de soja, cultivares do tipo convencional e cultivares do tipo transgênica. Então obteve-se dois grupos, um com 103 observações de resultados de análises foliares de amostras de soja convencional e outro com 260 resultados de análises foliares de amostras de soja transgênica.

Em seguida, os resultados das análises foliares para cada grupo foram submetidos a distribuição de frequência e interpretados pelas Faixas de Concentração segundo critérios propostos por Sfredo et al. (1986) e Malavolta et al. (1997), conforme a Tabela 2.

**Tabela 2.** Critérios de interpretação dos teores de N, P, K, Ca, Mg, S, Cu, Fe, Mn e Zn na análise foliar para a cultura da soja

| Variável                  | Critério <sup>1</sup> |           |            |             |           | Critério <sup>2</sup> |
|---------------------------|-----------------------|-----------|------------|-------------|-----------|-----------------------|
|                           | Deficiente            | Baixa     | Suficiente | Alta        | Excessiva | Adequado              |
| N (g kg <sup>-1</sup> )   | <32,6                 | 32,6-40,0 | 40,1-55,0  | 55,1-70,0   | >70,0     | 55,0-58,0             |
| P (g kg <sup>-1</sup> )   | <1,7                  | 1,7-2,5   | 2,6-5,0    | 5,1-8,0     | >8,0      | 4,0-5,0               |
| K (g kg <sup>-1</sup> )   | <12,6                 | 12,6-17,0 | 17,1-25,0  | 25,1-27,5   | >27,5     | 22,0-25,0             |
| Ca (g kg <sup>-1</sup> )  | <2,1                  | 2,1-3,5   | 3,6-20,0   | 20,1-30,0   | >30,0     | 9,0-10,0              |
| Mg (g kg <sup>-1</sup> )  | <1,1                  | 1,1-2,5   | 2,6-10,0   | 10,1-15,0   | >15,0     | 3,5-4,0               |
| S (g kg <sup>-1</sup> )   | <1,6                  | 1,6-2,0   | 2,1-4,0    | >4,0        | -         | 2,5-3,0               |
| Cu (mg kg <sup>-1</sup> ) | <6,0                  | 6,0-9,0   | 10,0-30,0  | 31,0-50,0   | >50,0     | 12,0-15,0             |
| Fe (mg kg <sup>-1</sup> ) | <30,0                 | 31,0-50,0 | 51,0-350,0 | 351,0-500,0 | >500,0    | 125,0-150,0           |
| Mn (mg kg <sup>-1</sup> ) | <16,0                 | 16,0-20,0 | 21,0-100,0 | 101,0-250,0 | >250,0    | 35,0-50,0             |
| Zn (mg kg <sup>-1</sup> ) | <12,0                 | 12,0-20,0 | 21,0-50,0  | 51,0-75,0   | >75,0     | 50,0-70,0             |

<sup>1</sup> Fonte: Sfredo et al. (1986); <sup>2</sup> Fonte: Malavolta et al. (1997).

#### 3.3.2 Método DRIS

Para utilização do método DRIS, manteve-se a divisão do banco de dados de acordo com o tipo de soja. Então, foi criado um banco para cada tipo de soja, e o método DRIS pode ser aplicado separadamente para a soja convencional e para a soja transgênica. Cada banco de dados foi dividido em dois subgrupos, de acordo com o critério de produtividade (Beaufils, 1973 e Malavolta et al., 1989). Um subgrupo ficou com produtividade acima de 3.500 kg ha<sup>-1</sup> e o outro com produtividade abaixo de 3.500 kg ha<sup>-1</sup> de grãos de soja. Este valor de produtividade para divisão dos grupos foi baseado na média

de produtividade do Estado de Goiás na safra de 2011/2012, que foi de 3.120 kg ha<sup>-1</sup> (Conab, 2012).

Os subgrupos de cada banco de dados, com produtividade acima de 3.500 kg ha<sup>-1</sup> ficaram compostos por 53 e 240 observações de análises foliares e produtividade para soja convencional e para soja transgênica, respectivamente. Após a divisão dos subgrupos para cada banco de dados (soja convencional e soja transgênica), foi realizado o teste de normalidade nos grupos pelo teste de Shapiro-Wilk (Hardison et al., 1983).

#### 3.3.2.1 Obtenção das normas

Para cada subgrupo do banco de dados da soja convencional e da soja transgênica foi calculada a média, o coeficiente de variação e a variância para todas as relações binárias possíveis das variáveis da análise de folha (Beaufils, 1971, 1973).

A partir desses cálculos foi possível estabelecer as normas para cada tipo de soja, que são os valores médios das concentrações dos nutrientes e das relações das concentrações desses nutrientes, com suas respectivas variâncias, representando culturas em boas condições nutricionais (Beaufils, 1971, 1973; Walworth & Sumner, 1987; Malavolta et al., 1989 e Raij, 1991). As normas DRIS foram obtidas para os subgrupos de maior produtividade, denominados população referência. A população referência para soja convencional foi constituída por 53 observações e a população referência para soja transgênica por 240 observações.

Ainda neste trabalho, as normas DRIS obtidas para a soja convencional e soja transgênica nos municípios de Silvânia, Vianópolis e Luziânia, GO foram comparadas entre si e com as normas publicadas pelo autor Leandro (1998), utilizando o teste F.

#### 3.3.2.2 Cálculo dos índices DRIS

Para o cálculo dos índices DRIS em todas as glebas, utilizou-se todas as relações entre os teores dos nutrientes N, P, K, Ca, Mg, S, Cu, Fe, Mn e Zn obtidas pela análise foliar. Os índices foram calculados, adotando-se como norma a população de referência com produtividade maior que 3.500 kg ha<sup>-1</sup> de grãos de soja, específica para os tipos de soja avaliados (convencional e transgênica) .

O procedimento utilizado para o cálculo dos índices DRIS foi o proposto por Alvarez & Leite (1992). Os índices foram calculados pela média das relações diretas e inversas dos nutrientes conforme a equação 1.

$$\text{Índice A} = \frac{Z(A/B) + Z(A/C) + \dots + Z(A/N) - Z(B/A) - Z(C/A) - \dots - Z(N/A)}{2(n-1)} \quad (1)$$

em que:

$Z(A/B)$  até  $Z(N/A)$  são as relações normais reduzidas diretas e inversas dos teores de todos os nutrientes em relação ao nutriente A, determinados pela análise foliar;  $n - 1$  é o número de relações possíveis.

Antes da comparação propriamente dita das relações das variáveis (amostra vs. norma) é necessário transformar os dados das relações através das funções reduzidas. As funções reduzidas foram calculadas pelo procedimento de Beaufils (1971, 1973) e Oliveira (1998), conforme descrito pelas equações 2 e 3 que levam em consideração se a relação de nutrientes da amostra é maior ou menor que a relação de nutrientes da população de referência.

$$Z(A/B) = \left( \frac{A/B}{a/b} - 1 \right) \frac{Kt}{CV_{a/b}} \quad \text{Se } A/B > a/b \quad (2)$$

$$Z(A/B) = \left( 1 - \frac{a/b}{A/B} \right) \frac{Kt}{CV_{a/b}} \quad \text{Se } a/b > A/B \quad (3)$$

em que:

$A/B$  é o quociente dos teores dos nutrientes A e B da amostra em análise e interpretação;  $a/b$  é a média da razão dos nutrientes A e B da população de referência;  $CV_{a/b}$  - é o coeficiente de variação da razão dos nutrientes A e B da população de referência, que satisfaz definido nível mínimo de produtividade;  $Kt$  é o coeficiente de sensibilidade que tem valor arbitrário, e foi utilizado o valor 100.

### 3.3.2.3 Interpretação dos índices DRIS

Para interpretação dos índices foi empregado o procedimento padrão proposto por Beaufils (1971). Valores negativos significam deficiência do elemento em relação aos demais; valores positivos indicam um excesso e, quando mais próximos de zero estiverem esses índices, mais próxima estará a planta do equilíbrio nutricional.

Além do procedimento padrão, também foi feita a interpretação baseado no procedimento proposto por Leandro (1998). Para esse autor a interpretação é feita considerando a porcentagem de ocorrência de limitação total (avaliando-se todas as variáveis com índices negativos de cada gleba). A porcentagem de ocorrência de limitação total nesse trabalho seria equivalente à classe baixa das Faixas de Concentração, e quando houver a classe deficiente, seria a soma das classes.

Obteve-se também a porcentagem de ocorrência na primeira, segunda e terceira ordem que correspondem ao primeiro, segundo, e terceiro índice mais negativo, respectivamente, em cada gleba de soja convencional e transgênica. Em seguida calculou-se média das três ordens.

### 3.3.2.4 Cálculo do Índice de Balanço Nutricional (IBN)

O índice de balanço nutricional (IBN) foi calculado pela soma, em módulo, dos índices DRIS para cada variável da análise foliar em cada gleba de soja convencional e soja transgênica. Quanto menor for o IBN, mais próxima a amostra estará do equilíbrio nutricional (Beaufils, 1973; Walworth & Sumner, 1987).

### 3.3.2.5 Faixas de Suficiência (FS)

Foram calculados os ajustes de equações polinomiais entre os teores dos nutrientes (variável independente - Y), e os índices DRIS (variável dependente - X) nas análises de folha de soja convencional e transgênica. Com essas equações de ajuste obteve-se o nível de suficiência (NS) para cada variável das análises de folha e específico para os tipos de soja, convencional e transgênica (Oliveira & Sousa, 1988; Oliveira, 1993).

As faixas consideradas adequadas ou suficientes foram calculadas com base nos NS mais os desvios padrão (DP) da população de referência, específica para os tipos de

soja. Os NS foram considerados os limites inferiores da faixa de suficiência e os NS + os DP, o limite superior.

### 3.4 ANÁLISE ESTATÍSTICA

Os bancos de dados da soja convencional e da soja transgênica com 103 e 260 observações de análise foliar respectivamente, foram submetidos à análise univariada, calculando-se médias, valores mínimos e máximos, desvio padrão e coeficientes de variação. Realizou-se o teste de Shapiro-Wilk para verificar a distribuição da normalidade da população dos bancos dados, também foram feitas correlações de Pearson entre as variáveis da análise foliar para os dois tipos de soja.

Mais especificamente para o método DRIS, realizou a regressão entre variáveis da análise foliar tanto para soja convencional como para soja transgênica. Para a comparação das normas DRIS obtidas neste trabalho com as normas DRIS obtidas por Leandro (1998), utilizou o teste F para a análise de variâncias. O programa estatístico utilizado neste trabalho foi o Statistical Analysis System – SAS (Freund & Little, 1981).

## **4 RESULTADOS E DISCUSSÃO**

### **4.1 INTERPRETAÇÃO PELO MÉTODO DAS FAIXAS DE CONCENTRAÇÃO**

#### **4.1.1 Produtividade e análise foliar da soja convencional e transgênica**

A produtividade média de grãos obtidos pelas cultivares de soja convencional foi de 3.556,96 kg ha<sup>-1</sup> (Tabela 3), enquanto a produtividade média de grãos das cultivares de soja transgênica alcançou 4.513,63 kg ha<sup>-1</sup> (Tabela 4). Estes resultados são superiores ao rendimento médio do Brasil na safra de 2011/12 e estão acima da média para o Estado de Goiás (Conab, 2012). As produtividades encontradas nas áreas amostradas na região Sudeste do Estado de Goiás evidenciam que foram empregadas técnicas de manejo adequadas para a cultura, principalmente devido ao fato de serem áreas destinadas à produção de sementes.

As menores produtividades encontradas nas cultivares de soja convencional e soja transgênica são consideradas muito baixas comparando-as em relação a média estadual de Goiás, entretanto, assemelham-se as produtividades de outros Estados. Tais resultados podem ter sido o reflexo de algumas glebas que posteriormente apresentaram problemas com erosão. As maiores produtividades foram de 7.703,67 kg ha<sup>-1</sup> e 7.679,47 kg ha<sup>-1</sup> para soja convencional e transgênica respectivamente, estes valores são considerados muito alto para cultura da soja nas condições de Cerrado (Tabelas 3 e 4). Tais produtividades são mais comuns em trabalhos de pesquisas. Estas altas produtividades atestam que o material genético das cultivares tem um alto potencial produtivo, desde que sejam maximizados os fatores de produção.

Observa-se na Tabela 3, que segundo os níveis adequados propostos por Sfredo et al. (1986) e Malavolta et al. (1997) descritos na Tabela 2, os valores médios dos nutrientes para soja convencional, N (32,21 g kg<sup>-1</sup>), K (12,19 g kg<sup>-1</sup>) e Cu (8,23 mg kg<sup>-1</sup>) estão abaixo dos níveis adequados considerados pelos autores. Ainda o teor médio de Zn (26,00 mg kg<sup>-1</sup>), esta muito abaixo dos níveis adequados propostos por Malavolta et al.

(1997). Já, os valores médios de Fe (410,91 mg kg<sup>-1</sup>) e Mn (123,85 mg kg<sup>-1</sup>) estão acima dos níveis adequados.

**Tabela 3.** Valores máximos, mínimos, médias, coeficientes de variação (C.V.) e teste W para produtividade e nutrientes N, P, K, Ca, Mg, S, Cu, Fe, Mn e Zn, obtidos pela análise foliar em 103 glebas de soja convencional na região Sudeste do Estado de Goiás. Safra 2009/2010

| Variável                             | Mínimo  | Máximo  | Média   | C. V. (%) | Teste W <sup>1</sup> |
|--------------------------------------|---------|---------|---------|-----------|----------------------|
| Produtividade (kg ha <sup>-1</sup> ) | 1337,00 | 7703,67 | 3556,96 | 25,29     | 0,95** <sup>2</sup>  |
| N (g kg <sup>-1</sup> )              | 21,30   | 52,36   | 32,21   | 20,43     | 0,95**               |
| P (g kg <sup>-1</sup> )              | 3,16    | 7,68    | 5,96    | 17,59     | 0,97*                |
| K (g kg <sup>-1</sup> )              | 6,60    | 15,60   | 12,19   | 14,23     | 0,97ns               |
| Ca (g kg <sup>-1</sup> )             | 7,00    | 20,00   | 10,04   | 18,29     | 0,86**               |
| Mg (g kg <sup>-1</sup> )             | 3,00    | 6,00    | 4,15    | 20,43     | 0,84**               |
| S (g kg <sup>-1</sup> )              | 1,80    | 3,90    | 3,03    | 12,26     | 0,95**               |
| Cu (mg kg <sup>-1</sup> )            | 4,00    | 40,00   | 8,23    | 51,73     | 0,53**               |
| Fe (mg kg <sup>-1</sup> )            | 295,00  | 704,00  | 410,91  | 15,19     | 0,92**               |
| Mn (mg kg <sup>-1</sup> )            | 61,00   | 238,00  | 123,85  | 30,97     | 0,90**               |
| Zn (mg kg <sup>-1</sup> )            | 19,40   | 39,30   | 26,00   | 12,56     | 0,94**               |

<sup>1</sup> Teste de Shapiro-Wilk; <sup>2</sup> Nível de significância do teste Shapiro-Wilk: \* significativo ao nível de 5% de probabilidade; \*\* significativo ao nível de 1% de probabilidade e ns - não significativo.

Na soja transgênica também foram encontradas as mesmas tendências, os valores médios dos nutrientes N (30,19 g kg<sup>-1</sup>), K (12,69 g kg<sup>-1</sup>) e Cu (8,27 mg kg<sup>-1</sup>) estão abaixo dos níveis adequados propostos pelos autores. Ainda, segundo Malavolta et al. (1997), os valores dos nutrientes, S (2,44 g kg<sup>-1</sup>) e Zn (24,07 mg kg<sup>-1</sup>) estão abaixo dos níveis adequados. Já, os valores médios dos nutrientes Fe (394,36 mg kg<sup>-1</sup>) e Mn (135,05 mg kg<sup>-1</sup>) foram considerados muito acima dos níveis adequados pelos autores (Tabela 4).

Nas cultivares de soja convencional, os maiores coeficientes de variação foram obtidos para produtividade (25,29 %), teores de Mn (30,97 %) e Cu (51,73 %). Nas cultivares de soja transgênica, os maiores coeficientes de variação foram obtidos para os teores Mn (22,84 %), Fe (23,53 %), Ca (26,12 %), Mg (26,64 %) e Cu (27,21 %). Os altos valores de coeficientes de variação são justificados pelo fato das amostragens terem sido feitas em propriedades comerciais com solos que apresentam parâmetros de fertilidade variado. Tal diversidade é importante para a obtenção de um banco de dados representativo para o DRIS (Walworth & Sumner, 1987; Hallmark et al., 1990b).

**Tabela 4.** Valores máximos, mínimos, médias, coeficientes de variação (C.V.) e teste W para produtividade e nutrientes N, P, K, Ca, Mg, S, Cu, Fe, Mn e Zn, obtidos pela análise foliar em 260 glebas de soja transgênica na região Sudeste do Estado de Goiás. Safra 2009/2010

| Variável                             | Mínimo  | Máximo  | Média   | C. V. (%) | Teste W <sup>1</sup> |
|--------------------------------------|---------|---------|---------|-----------|----------------------|
| Produtividade (kg ha <sup>-1</sup> ) | 1941,33 | 7679,47 | 4513,63 | 18,91     | 0,96** <sup>2</sup>  |
| N (g kg <sup>-1</sup> )              | 12,60   | 51,80   | 30,19   | 21,38     | 0,97**               |
| P (g kg <sup>-1</sup> )              | 3,95    | 13,01   | 5,88    | 14,49     | 0,86**               |
| K (g kg <sup>-1</sup> )              | 8,60    | 18,80   | 12,69   | 12,43     | 0,99ns               |
| Ca (g kg <sup>-1</sup> )             | 4,00    | 24,00   | 11,32   | 26,12     | 0,95**               |
| Mg (g kg <sup>-1</sup> )             | 2,00    | 10,00   | 4,40    | 26,64     | 0,90**               |
| S (g kg <sup>-1</sup> )              | 1,40    | 3,90    | 2,44    | 17,47     | 0,92**               |
| Cu (mg kg <sup>-1</sup> )            | 4,00    | 27,00   | 8,27    | 27,21     | 0,84**               |
| Fe (mg kg <sup>-1</sup> )            | 248,00  | 1379,00 | 394,36  | 23,53     | 0,66**               |
| Mn (mg kg <sup>-1</sup> )            | 78,00   | 273,00  | 135,05  | 22,84     | 0,95**               |
| Zn (mg kg <sup>-1</sup> )            | 16,40   | 57,90   | 24,07   | 16,84     | 0,80**               |

<sup>1</sup> Teste de Shapiro-Wilk; <sup>2</sup> Nível de significância do teste Shapiro-Wilk: \*\* significativo ao nível de 1% de probabilidade e ns - não significativo.

Os testes de Shapiro-Wilk, com exceção do nutriente K tanto para soja convencional como para soja transgênica, foram significativos para todas as variáveis, indicando que existem desvios da distribuição normal.

O banco de dados para a utilização do DRIS exige a pressuposição da distribuição normal dos dados, o que leva à necessidade de excluir dados que provocam desvios (*outlier*). Contudo, tal artifício não melhorou a distribuição e optou-se por manter todas as observações.

Quanto à distribuição de frequência para as variáveis da análise foliar das cultivares convencionais (Tabela 5), os nutrientes que apresentaram maiores porcentagens de amostras abaixo da classe suficiente descrita por Sfredo et al. (1986) foram o K (100 %), N (90,3 %) e Cu (88,3 %), enquanto os nutrientes que apresentaram maiores porcentagens de amostras acima da classe suficiente foram Fe (85,4 %), P (80,6 %) e Mn (71,8 %). Ainda segundo os critérios de Sfredo et al. (1986), os nutrientes N (58,3 %), K (53,4 %) apresentaram maior número de amostras na classe deficiente.

Ainda, na Tabela 5, segundo critério de Malavolta et al. (1997), os nutrientes que apresentaram maiores porcentagens de amostras abaixo dos níveis adequados foram o N (100 %), K (100 %), Zn (100 %), Cu (91,3 %), Mg (26,2 %) e Ca (22,3 %), enquanto que os nutrientes que apresentaram maiores porcentagens de amostras acima dos níveis adequados foram o Mn (100 %), Fe (100 %), P (80,6 %), S (46,6 %), Mg (38,8 %) e Ca (35,9 %).

**Tabela 5.** Distribuição de frequência dos nutrientes N, P, K, Ca, Mg, S, Cu, Fe, Mn e Zn, obtida pela análise de foliar em 103 glebas de soja convencional na região Sudeste do Estado de Goiás. Safra 2009/2010

| Variável                  | Critério de Interpretação <sup>1</sup> |       |            |      |           | Critério de Interpretação <sup>2</sup> |          |       |
|---------------------------|----------------------------------------|-------|------------|------|-----------|----------------------------------------|----------|-------|
|                           | Deficiente                             | Baixo | Suficiente | Alto | Excessivo | Abaixo                                 | Adequado | Acima |
|                           | -----%                                 |       |            |      |           | -----%                                 |          |       |
| N (g kg <sup>-1</sup> )   | 58,3                                   | 32,0  | 9,7        | 0,0  | 0,0       | 100,0                                  | 0,0      | 0,0   |
| P (g kg <sup>-1</sup> )   | 0,0                                    | 0,0   | 19,4       | 80,6 | 0,0       | 3,9                                    | 15,5     | 80,6  |
| K (g kg <sup>-1</sup> )   | 53,4                                   | 46,6  | 0,0        | 0,0  | 0,0       | 100,0                                  | 0,0      | 0,0   |
| Ca (g kg <sup>-1</sup> )  | 0,0                                    | 0,0   | 100,0      | 0,0  | 0,0       | 22,3                                   | 41,8     | 35,9  |
| Mg (g kg <sup>-1</sup> )  | 0,0                                    | 0,0   | 100,0      | 0,0  | 0,0       | 26,2                                   | 35,0     | 38,8  |
| S (g kg <sup>-1</sup> )   | 0,0                                    | 1,0   | 99,0       | 0,0  | -         | 3,9                                    | 49,5     | 46,6  |
| Cu (mg kg <sup>-1</sup> ) | 7,8                                    | 80,5  | 10,7       | 1,0  | 0,0       | 91,3                                   | 2,9      | 5,8   |
| Fe (mg kg <sup>-1</sup> ) | 0,0                                    | 0,0   | 14,6       | 78,6 | 6,8       | 0,0                                    | 0,0      | 100,0 |
| Mn (mg kg <sup>-1</sup> ) | 0,0                                    | 0,0   | 28,2       | 71,8 | 0,0       | 0,0                                    | 0,0      | 100,0 |
| Zn (mg kg <sup>-1</sup> ) | 0,0                                    | 1,9   | 98,1       | 0,0  | 0,0       | 100,0                                  | 0,0      | 0,0   |

<sup>1</sup> Baseado nas classes de interpretação propostas por Sfredo et al. (1986); <sup>2</sup> Baseado nos níveis adequados descritos por Malavolta et al. (1997).

Na distribuição de frequência para as variáveis da análise foliar das cultivares transgênica (Tabela 6), os nutrientes que apresentaram maiores porcentagens de amostras abaixo da classe suficiente descrita por Sfredo et al. (1986) foram o N (91,5 %), K (99,6 %), Cu (71,2 %) e S (15 %), enquanto os nutrientes que apresentaram maiores porcentagens de amostras acima da classe suficiente foram Mn (86,9 %), P (86,2%) e Fe (73,5 %). Segundo os critérios de Sfredo et al. (1986), os nutrientes N e K apresentaram maior número de amostras na classe deficiente, respectivamente 68,5 % e 44,6 %.

A interpretação baseada pelo critério de Malavolta et al. (1997) na Tabela 6, indica que os nutrientes que apresentaram maiores porcentagens de amostras abaixo dos níveis adequados foram o N (100 %), K (100 %), Zn (99,6 %), Cu (96,5 %) e S (48,1 %), enquanto que os nutrientes que apresentaram maiores porcentagens de amostras acima dos níveis adequados foram o Mn (100 %), Fe (100 %), P (86,2 %), Ca (55,4 %) e Mg (40,8 %).

**Tabela 6.** Distribuição de frequência dos nutrientes N, P, K, Ca, Mg, S, Cu, Fe, Mn e Zn, obtida pela análise de foliar em 260 glebas de soja transgênica na região Sudeste do Estado de Goiás. Safra 2009/2010

| Variável                  | Critério de Interpretação <sup>1</sup> |       |            |      |           | Critério de Interpretação <sup>2</sup> |          |       |
|---------------------------|----------------------------------------|-------|------------|------|-----------|----------------------------------------|----------|-------|
|                           | Deficiente                             | Baixo | Suficiente | Alto | Excessivo | Abaixo                                 | Adequado | Acima |
|                           | -----%                                 |       |            |      |           | -----%                                 |          |       |
| N (g kg <sup>-1</sup> )   | 68,5                                   | 23,0  | 8,5        | 0,0  | 0,0       | 100,0                                  | 0,0      | 0,0   |
| P (g kg <sup>-1</sup> )   | 0,0                                    | 0,0   | 13,8       | 85,8 | 0,4       | 0,8                                    | 13,0     | 86,2  |
| K (g kg <sup>-1</sup> )   | 44,6                                   | 55,0  | 0,4        | 0,0  | 0,0       | 100,0                                  | 0,0      | 0,0   |
| Ca (g kg <sup>-1</sup> )  | 0,0                                    | 0,0   | 99,6       | 0,4  | 0,0       | 15,8                                   | 28,8     | 55,4  |
| Mg (g kg <sup>-1</sup> )  | 0,0                                    | 1,5   | 98,5       | 0,0  | 0,0       | 21,5                                   | 37,7     | 40,8  |
| S (g kg <sup>-1</sup> )   | 2,7                                    | 12,3  | 85,0       | 0,0  | -         | 48,1                                   | 41,9     | 10,0  |
| Cu (mg kg <sup>-1</sup> ) | 9,2                                    | 62,0  | 28,8       | 0,0  | 0,0       | 96,5                                   | 3,1      | 0,4   |
| Fe (mg kg <sup>-1</sup> ) | 0,0                                    | 0,0   | 26,5       | 67,7 | 5,8       | 0,0                                    | 0,0      | 100,0 |
| Mn (mg kg <sup>-1</sup> ) | 0,0                                    | 0,0   | 13,1       | 86,5 | 0,4       | 0,0                                    | 0,0      | 100,0 |
| Zn (mg kg <sup>-1</sup> ) | 0,0                                    | 9,6   | 90,0       | 0,4  | 0,0       | 99,6                                   | 0,4      | 0,0   |

<sup>1</sup> Baseado nos critérios de interpretação descritos Sfredo et al. (1986); <sup>2</sup> Baseado nos níveis adequados descritos por Malavolta et al. (1997).

Sabe-se que as cultivares de soja que estão hoje no mercado são bem mais produtivas e a tendência é serem mais exigentes em nutrientes. As cultivares transgênicas além de apresentarem a tecnologia RR, também combinam uma série de características que possibilitam a estas cultivares um alto potencial produtivo, como resistência à doenças e serem responsivas à adubação. Por isso, a importância de se fazer uma correta interpretação das análises foliares, e a partir dessas interpretações, alcançar o equilíbrio nutricional que essas cultivares necessitam para uma alta produtividade.

As Faixas de Concentração propostas pelos autores apresentam uma diferença de onze anos de uma para outra, e as concentrações dos nutrientes sofreram pouca alteração. De Sfredo et al. (1986) para Malavolta et al. (1997), alguns nutrientes mostraram alterações apenas no limite inferior e o limite superior da faixa de concentração continuou o mesmo, como por exemplo, os critérios de interpretação de P e K (Tabela 2).

As faixas de interpretação para micronutrientes propostas por Malavolta et al. (1997), ao contrário de Sfredo et al. (1986), são muito estreitas e acabam enquadrando todas as amostras na classe acima do adequado, para os nutrientes Mn e Fe. Para o micronutriente Zn, o critério de Malavolta et al. (1997) enquadrava a maioria das amostras abaixo dos níveis adequados, enquanto o critério de Sfredo et al. (1986) poucas amostras apresentaram deficiência deste elemento. Isto se deve ao fato do critério de Malavolta et al. (1997) ser mais exigente, ou seja, as faixas críticas são mais elevadas.

Apesar das diferenças entre as classes de interpretação descritas pelos autores para determinado nutriente, observa-se que existem nutrientes obtidos pela análise foliar e

interpretados por essas Faixas de Concentração (Tabelas 5 e 6), estão limitantes nesse estudo, revelando um acentuado desequilíbrio nutricional.

Para as cultivares de soja convencional, a ordem de limitação por deficiência dos nutrientes, de acordo com os níveis adequados propostos por Sfredo et al. (1986) foi  $K > N > Cu > Zn > S$ , e, por excesso tem-se  $Fe > P > Mn > Cu$ . Já, pelos critérios de Malavolta et al. (1997), a ordem de limitação por deficiência foi  $N = K = Zn > Cu > Mg > Ca > P = S$ , enquanto por excesso foi  $Fe = Mn > P > S > Mg > Ca > Cu$  (Tabela 5).

Para as cultivares de soja transgênica, a ordem de limitação por deficiência dos nutrientes, de acordo com os níveis adequados propostos por Sfredo et al. (1986) foi  $K > N > Cu > S > Zn > Mg$ , e, por excesso tem-se  $Mn > P > Fe > Ca = Zn$ . Já, pelos critérios de Malavolta et al. (1997), a ordem de limitação por deficiência foi  $N = K > Zn > Cu > S > Mg > Ca > P$ , enquanto por excesso foi  $Fe = Mn > P > Ca > Mg > S > Cu$  (Tabela 6).

A partir do método das Faixas de Concentração foi possível constatar que tanto as amostras de soja convencional como as amostras de soja transgênica, os nutrientes que mais limitavam por deficiência foram N, K, Cu e Zn na maioria das amostras. A interpretação pelo critério de Malavolta et al. (1997) sempre apresentou maior número de amostras deficientes para tais nutrientes, do que a interpretação pelo critério de Sfredo et al. (1986). Pode-se dizer que o nutriente Zn foi um dos mais limitantes por deficiente pelo critério de Malavolta et al. (1997) na maioria das amostras.

Para soja transgênica, o nutriente S também foi constatado como deficiente pelo método das Faixas de Concentração em grande quantidade de amostras (Tabela 6), enquanto para a soja convencional poucas amostras manifestaram a deficiência (Tabela 5). Em relação a limitação por excesso, o método das Faixas de Concentração identificou os nutrientes P, Fe e Mn como acima dos níveis adequados na maioria das amostras de soja convencional e transgênica (Tabela 5 e 6).

O N é o nutriente requerido em maior quantidade pela cultura da soja, é constituinte de vários compostos nas plantas, destacando-se os aminoácidos, ácidos nucleicos e a molécula de clorofila (Cantarella, 2007; Epstein & Bloom, 2006). Estima-se que para produzir 1000 kg de grãos, é necessária a aplicação de aproximadamente 80 kg de N (Hungria et al., 2001). Desses 80 kg de N absorvidos, 51 kg são exportados para a produção dos grãos (Sfredo & Oliveira, 2010). Entretanto, Hungria et al. (2001) relata que o processo biológico com bactérias pertencentes ao gênero *Bradyrhizobium* pode suprir todo o N necessário a cultura.

A deficiência de N encontrada neste trabalho para a soja convencional e para a transgênica, pode ser consequência de fatores que interferem na eficiência do processo de Fixação Biológica de Nitrogênio (FBN), como por exemplo deficiências de Ca, Mg, K, P, S e micronutrientes (Hungria et al., 2001). Segundo Hungria et al. (2001), outros fatores que interferem na FBN são as doses exageradas de calcário, temperaturas elevadas combinadas com estresse hídrico e aplicação de fungicidas via sementes. As áreas amostradas neste trabalho, apresentaram plantas de soja com deficiências de K, S e alguns micronutrientes, como Cu e Zn observadas através das análises foliares. Entretanto, os produtores realizaram nas áreas de amostragens, adubações para fornecer tais nutrientes.

Em vários trabalhos de pesquisa foi observado que outro fator limitante ao processo de FBN é a aplicação de qualquer fonte de N na cultura da soja, as consequências são redução da nodulação e do processo de fixação. (Hungria et al., 1997; Hungria et al., 2001; Mendes et al., 2008). Observa-se que, em todas as áreas de amostragens foram aplicadas formulações de adubo que continham N, 02-20-18 e 05-37-00, esse pode ser um dos fatores que ocasionaram a deficiência de N.

Nas amostras de soja transgênica, o insucesso no processo FBN também pode ter sido consequência das aplicações do herbicida glifosato. Serra et al. (2011) avaliaram a influência do glifosato na eficiência nutricional de N, Mn, Cu, Zn e Fe pela soja transgênica cultivar P98R31, em condições de casa de vegetação e constaram que a utilização de glifosato na dose de 2,59 kg ha<sup>-1</sup> no estágio vegetativo V3 reduziu em até 50% o número e a produção de massa seca de nódulos.

Oliveira Júnior et al. (2008) também observaram que houve redução na massa seca de nódulos mas até o estágio R3 com a aplicação do herbicida glifosato em solo, utilizando a cultivar transgênica Valiosa. Dvoranen et al. (2008) e Zobiolo et al. (2010a) demonstraram o efeito deletério do glyphosate sobre a nodulação de um grande número de variedades de soja RR cultivadas no Brasil. Já Santos et al. (2007) observaram que o N teve redução em seu teor na planta de soja transgênica, quando as mesmas foram tratadas com glifosato, sendo essas amostragens foliares realizadas no período de florescimento.

Segundo, Zablotowicz & Reddy (2007) o glifosato é prejudicial à FBN, pois o *Bradyrhizobium* sp. tem a EPSPS, enzima que é altamente suscetível ao herbicida. Além desse fato, Zobiolo et al. (2010b) relatam que o glifosato também pode afetar a FBN, pela redução do teor de níquel, pois esse micronutriente é essencial para os microrganismos simbióticos.

Para os dois tipos de soja, outro nutriente que também foi considerado como um dos mais limitantes a produção foi o K. Este nutriente destaca-se por participar da ativação de vários sistemas enzimáticos, em especial daqueles que estão envolvidos nos processos de fotossíntese e respiração. Atua na síntese de proteínas, de carboidratos e da adenosina trifosfato (ATP), na regulação osmótica, na manutenção de água na planta por meio do controle da abertura e fechamento estomático, na resistência da planta à incidência de pragas e doenças (Ernani et al., 2007).

Os solos da região dos Cerrados, em sua condição natural são ácidos e pobres em nutrientes (Lopes, 1984), e a reserva de potássio trocável não é suficiente para suprir a quantidade extraída pela cultura da soja por longos períodos. Arantes & Souza (1993) afirmam que para uma produção média de 18 t ha<sup>-1</sup> de matéria seca de parte aérea, a cultura extrai 343 kg ha<sup>-1</sup> de K e exporta 58 kg ha<sup>-1</sup> do nutriente para os grãos. Tanaka & Mascarenhas (1992) observaram que o K foi o nutriente absorvido em maior quantidade pelas plantas, depois do N, exportando até 18,5 kg t<sup>-1</sup> de grãos de soja produzidos.

A redução dos teores de K disponível, em áreas sob cultivos sucessivos de soja, tem ocorrido mesmo quando quantidades de 33 a 66 kg ha<sup>-1</sup> de K<sub>2</sub>O têm sido aplicadas anualmente (Borkert et al., 1997; Mascarenhas et al., 1981; Rosolem et al., 1984;). Santos (2002) ressalta que doses cerca de 40 kg ha<sup>-1</sup> de K<sub>2</sub>O seriam relativos à manutenção da produção. Todavia, é um valor abaixo de 63 kg ha<sup>-1</sup> de K<sub>2</sub>O, equivalente ao que é exportado pelos grãos de soja, para uma produtividade média de 3.000 kg ha<sup>-1</sup>, assim, comprometendo a sustentabilidade. Segundo Santos (2002), esse resultado vem confirmar a evidência de subestimação das doses de K recomendadas pelas tabelas de todo o Brasil em relação à demanda de K pela cultura da soja.

Marcandalli et al. (2008) avaliaram a resposta da cultura da soja a adubação potássica em cobertura na região dos Chapadões do Sul do Mato Grosso do Sul e observaram que as produtividades foram crescentes conforme o aumento das doses de potássio. Com a dose máxima utilizada no trabalho, 102 kg ha<sup>-1</sup> de K<sub>2</sub>O, a produtividade alcançada foi na ordem de 3.463 kg ha<sup>-1</sup>. Segundo Marcandalli et al. (2008), o K favorece a retenção das vagens durante sua formação e reduz a deiscência na maturação, melhora a qualidade das sementes e em combinação com fósforo e nitrogênio, pode aumentar o conteúdo de óleo das sementes. Lana et al. (2002) avaliaram o efeito de doses no plantio e parcelamento de potássio, em três épocas, em dois cultivares de soja. Concluíram que

houve aumento quadrático significativo até 90 kg ha<sup>-1</sup> de K<sub>2</sub>O, resultando em maior produtividade.

Nas áreas de amostragens foram aplicadas dois tipos de formulações de adubo para a adubação de plantio, 02-20-18 com doses variando de 480 kg ha<sup>-1</sup> a 550 kg ha<sup>-1</sup> e 05-37-00 na dose de 300 kg ha<sup>-1</sup>. A deficiência de K pode estar relacionada com a aplicação da formulação 05-37-00 que não contem K. Entretanto, os resultados da análise de solo no período do florescimento (Tabela 2) indicaram que os níveis de K no solo foram classificados como alto, segundo a Comissão de Fertilidade do Solo de Goiás (1988). Portanto, a deficiência de K encontrada nas folhas pode estar relacionada a dificuldades no processo de absorção do nutriente, por exemplo, como consequência de um estresse hídrico.

A deficiência de K observadas nas amostras de folhas também podem ter sido o resultado da baixa disponibilidade de K no solo devido suas interações com Ca e Mg, dominantes do complexo de troca no solo (Ernani et al., 2007). Nas Tabelas 5 e 6 deste trabalho, observa-se que grande parte das amostras de folhas de soja apresentaram altos níveis de Ca e Mg, segundo o critério de interpretação de Malavolta et al. (1997). Para soja convencional, 35,9 % e 38,8 % das amostras apresentaram valores acima dos níveis adequados proposto por Malavolta et al. (1997), respectivamente para Ca e Mg. Já para a soja transgênica, 55,4 % e 40,8 % das amostras apresentaram altos níveis de Ca e Mg respectivamente.

Dos micronutrientes analisados, o Cu e o Zn foram considerado limitantes por deficiência nos dois tipos de soja deste trabalho. O nutriente Cu atua como ativador de enzimas que participam da cadeia de transporte de elétrons da respiração e da fotossíntese e também participa como constituinte em enzimas, como as oxidases (Sfredo & Borkert, 2004). Mais de 70 % do Cu da planta concentra-se nos cloroplastos (Arantes & Souza, 1993). Para uma produtividade de 3.093 kg de grãos ha<sup>-1</sup> foram exportados 45 g do nutriente, correspondendo a aproximadamente metade da exigência total da cultura (Malavolta, 1980).

Segundo Resende (2004), problemas associados à deficiência de Cu na soja em áreas de Cerrado são recentes. Lopes (1999) afirma que esses problemas podem ser atribuídos ao aumento da produtividade da cultura na região, à redução do teor de matéria orgânica, considerada fonte de micronutrientes, no decorrer dos cultivos. Entretanto, como as áreas de amostragens são áreas com muitos anos de manejo sob sistema de plantio direto

(SPD), a disponibilidade do nutriente pode estar sendo comprometida devido à tendência que o Cu tem de formar complexos estáveis com compostos orgânicos, advindos dos incrementos nos teores de matéria orgânica do solo proporcionados pelo SPD (Vitti & Trevisan, 2002; Lopes et al., 2004). Abreu et al. (2007) ressaltam que a presença excessiva de íons metálicos como Fe e Mn, também podem reduzir a disponibilidade de Cu para as plantas.

As áreas de amostragens deste trabalho apresentaram a maioria das amostras foliares com teores elevados de Fe e Mn (Tabelas 5 e 6) segundo os critérios de interpretação propostos por Sfredo et al. (1986) e Malavolta et al. (1997). Portanto, este fato pode estar contribuindo para deficiência de Cu, conforme observado por Abreu et al. (2007). Os resultados da análise de solo realizada nesse trabalho (Tabela 2) confirmam que os teores de Cu encontram-se na maioria das áreas de amostragem classificados como baixo, e os teores de Fe e Mn estão classificados como alto, segundo a Comissão de Fertilidade do Solo de Goiás (1988).

O nutriente Zn atua na ativação de enzimas como a sintetase do triptofano, precursor do ácido indol acético (AIA), desidrogenase e anidrase carbônica (Sfredo & Borkert, 2004). A soja é muito sensível à deficiência de Zn, esse é o micronutriente que mais limita a produtividade de soja (Resende, 2004). Para um adequado desenvolvimento da parte aérea, a planta necessita de  $350 \text{ g ha}^{-1}$  de Zn, e desse total,  $92 \text{ g ha}^{-1}$  de Zn é exportado para os grãos, tomando como referência uma produção de  $3.093 \text{ kg ha}^{-1}$  de grãos de soja (Malavolta, 1980).

Entretanto, Inocêncio et al. (2012), avaliaram a resposta da soja a diferentes estratégias de adubação com Zn, em Latossolo com disponibilidade inicial do micronutriente acima do nível crítico e observaram que as produtividades variaram entre  $2.690 \text{ kg ha}^{-1}$  a  $3.327 \text{ kg ha}^{-1}$  de grãos de soja. Esta colheita resultou em exportações de  $116 \text{ g ha}^{-1}$  a  $170 \text{ g ha}^{-1}$  de Zn para grãos. Segundo estes autores a produtividade obtida tem impacto importante na dinâmica e nos estoques de Zn no sistema solo-planta. Inocêncio et al. (2012) também constaram que as respostas à adubação observadas em seu trabalho, em solo argiloso, com teores acima de  $2 \text{ mg dm}^{-3}$ , indicam que o nível crítico de Zn para soja na região do Cerrado deve ser revisto para a realização adequada das adubações.

A deficiência de Zn ocorrida neste trabalho corrobora com os dados de Lopes (1984), que observou que a maioria dos solos (79 %) sob Cerrado apresenta entre  $0,5 \text{ mg dm}^{-3}$  e  $0,8 \text{ mg dm}^{-3}$  de Zn, teores muito baixos do nutriente. Os resultados da análise de

solo (Tabela 2) indicam que os teores de Zn classificam-se como baixo para maioria das áreas de amostragem, corroborando com as deficiências encontradas nas análises foliares.

As condições de solo que provocam a deficiência desse micronutriente são o baixo teor de Zn e matéria orgânica no solo, a calagem excessiva ou mal feita, excessos de N, P, Ca, Mg, Cu, Fe e metais pesados e a alta intensidade luminosa (Malavolta & Kliemann, 1985).

Segundo Malavolta & Gorostiaga (1974), a calagem e a adubação fosfatada podem provocar deficiências de Zn por meio da diminuição da absorção do elemento provocada pelo P (inibição não competitiva), pelo menor transporte a longa distância, decorrente da precipitação no xilema como fosfato de Zn, pelo efeito da diluição do Zn na matéria seca e a insolubilização do Zn pelo calcário.

Ao observar as Tabela 5 e 6 deste trabalho, verifica-se que a maioria das amostras foliares de soja convencional e soja transgênica apresentaram teores de P acima dos níveis adequados propostos por Sfredo et al. (1986) e Malavolta et al. (1997). Esse resultado pode indicar uma possível interação negativa entre P e Zn, reduzindo a disponibilidade de Zn para as plantas de soja. Ainda nas Tabela 5 e 6, observa-se que grande parte das amostras de folhas de soja apresentaram altos níveis de Ca e Mg, pelo critério de interpretação de Malavolta et al. (1997), podendo ser este, outro fator que poderia ter causado a redução da disponibilidade de Zn para plantas. Segundo Malavolta (2006), Ca Mg e Zn competem pelo sítio de absorção na planta.

Foi realizada nas áreas de amostragens em estudo, calagem com doses variando de 2,0 t ha<sup>-1</sup> a 3,0 t ha<sup>-1</sup> de calcário dolomítico, adubação de plantio com formulações que apresentavam P na sua constituição, 02-20-18 e 05-37-00. Então, a possível causa de deficiência de Zn observada na análise foliar pode estar associada a calagem e a dose de P empregada que limitou a disponibilidade do Zn por insolubilização.

Outro fator que também pode ter contribuído para reduzir a disponibilidade dos nutrientes Cu e Zn, mais especificamente para a soja transgênica, é a aplicação do herbicida glifosato. Diversos estudos têm mostrado que o glyphosate altera a disponibilidade dos micronutrientes nas plantas (Franzen et al., 2003; Johal & Huber, 2009; Zobiolo et al., 2010a).

Figueiredo et al. (2009) determinaram a produção de massa seca da planta e dos nódulos e o acúmulo de macro e micronutrientes na parte aérea de duas cultivares de soja (transgênica, Valiosa, e convencional, Conquista), em função de doses de glifosato e

encontraram redução do acúmulo de micronutrientes na parte aérea na cultivar Valiosa. Segundo os autores, o acúmulo de Cu e Zn foi reduzido pela aplicação de  $32 \mu\text{mol L}^{-1}$  de glifosato em solução nutritiva. Houve redução em 39% e 25% no acúmulo de Cu e Zn, respectivamente, na cultivar Valiosa tratada com o herbicida em relação à cultivar Valiosa sem herbicida.

O grupo fosfonato  $\text{R-PO(OH)}_2$  do glifosato apresenta a habilidade de formar complexos fortes com metais. Além do grupo fosfonato, o herbicida possui outros dois grupos funcionais (amino e carboxilato) que podem se coordenar fortemente com íons metálicos, especialmente com os de transição, em pH próximo da neutralidade, quando os grupos carboxilato e fosfonato estão desprotonados (Coutinho & Mazo 2005; Toni et al., 2006).

Os resultados de pesquisa de Zobiolo et al. (2010a) e Zobiolo et al. (2012), sugeriram que cultivares convencionais de soja podem apresentar faixas críticas de nutrientes diferentes comparados com os da soja transgênica tratada com glyphosate, pois o nível crítico de determinado nutriente na planta pode ser variável em função das variações na capacidade de absorver e, ou, utilizar o nutriente (Fageria, 1976; Muniz et al., 1985; Fageria, 1987; Scherer, 1998).

Os autores encontraram em seus trabalhos uma menor produção de biomassa nos cultivares transgênicos tratados com glyphosate, indicando que um nível maior de nutrientes pode ser requerido por esses cultivares para atingir a eficiência fisiológica e que eventualmente novos parâmetros deverão ser estabelecidos para a otimização da nutrição mineral da soja transgênica tratada com glyphosate, tendo em vista os efeitos desse herbicida no metabolismo da planta (Zobiolo et al., 2012).

O nutriente S, assim como outros nutrientes, apresentam significativa importância no desenvolvimento das plantas, por fazer parte da constituição protéica e síntese de proteínas, síntese de clorofila, formação de ferredoxina, compõe enzimas e coenzimas, participando do metabolismo dos carboidratos e dos lipídios e auxilia a FBN. Sua deficiência causa o aparecimento de altas relações N-solúvel/N-protéico (Sfredo & Borkert, 2004; Alvarez et al., 2007). Vitti et al. (2007) aplicando diferentes dosagens de S foliar obteve aumento nos teores do nutriente e de N nas folhas, além da formação de mais proteína total solúvel nestas, independentemente da dose e da natureza química.

A necessidade de S pela cultura da soja está em torno de  $35 \text{ kg ha}^{-1}$ , levando em consideração uma produtividade média de  $3.093 \text{ kg ha}^{-1}$ , deste total,  $10 \text{ kg ha}^{-1}$  são

exportados para os grãos. A taxa de exportação do elemento através do produto é de 29 % em relação à necessidade da cultura (Malavolta, 1980). Os teores de S variam de 1 a 5 g kg<sup>-1</sup> de matéria seca (Alvarez et al., 2007).

Sfredo et al. (2003) constataram respostas à aplicação de 25 kg ha<sup>-1</sup> a 50 kg ha<sup>-1</sup> e 75 kg ha<sup>-1</sup> a 100 kg ha<sup>-1</sup> de S, na forma elementar, em solos argilosos do Paraná e do Cerrado, respectivamente. A deficiência de S e as respostas à aplicação de fertilizantes que contêm este nutriente tem sido relatada por vários autores (Miyasaka et al., 1964; Mascarenhas et al., 1967, Rehm, 2005; Yamada et al., 2006; Czycza et al., 2008).

As deficiências de enxofre nos solos de Cerrado estão associadas ao cultivo intensivo por vários anos, com oxidação da matéria orgânica do solo e a utilização constante de fertilizantes concentrados à base de NPK, que não contenham S em sua composição (Lopes, 1984; Denck, et al., 2008). As altas precipitações também podem contribuir para lixiviação dos sulfatos para as camadas mais profundas, entretanto essa situação é mais agravante em solos arenosos. Outro fator que pode ter ocasionado a deficiência deste nutriente, é a deficiência de N. Segundo Epstein & Bloom (2006), as assimilações de N e S são bem coordenadas, ou seja, a deficiência de um elemento reprime a via assimilatória do outro.

A deficiência de S foi encontrada nas áreas de amostragens de soja transgênica, essa deficiência é intrigante, pois dois meses antes do plantio foi realizado gessagem nas áreas, porém a aplicação foi feita de forma superficial, em vista do sistema de preparo do solo empregado.

Os coeficientes de correlação de Pearson medem as tendências lineares crescentes ou decrescentes. Nas Tabelas 7 e 8 são apresentadas as matrizes dos coeficientes de correlação linear entre a produtividade e as variáveis da análise foliar. Os coeficientes que apresentaram significância entre a produtividade e os nutrientes nas folhas de soja convencional foram os de N (0,22) e K (0,20) (Tabela 7). Para a soja transgênica (Tabela 8), os coeficientes de correlação linear que apresentaram significância entre a produtividade e os nutrientes nas folhas foram os de N (0,15), Cu (0,17), Mn (0,24), S (-0,28) e Zn (-0,20).

As correlações positivas entre a produtividade e os nutrientes indicam que quanto maior o teor de N, K, Cu e Mn nas folhas maior a produtividade. Apesar dos teores de Mn terem sido classificados como acima do adequado nas análises foliares, este nutriente parece não ter trazido problemas de produtividade para a soja transgênica. Já as

correlações negativas entre a produtividade e os teores de S e Zn para soja transgênica (Tabela 8) corroboram com os resultados de que tais nutrientes estariam abaixo dos níveis adequados descritos por Malavolta et al. (1997), e podem ter ocasionado desbalanços nutricionais que tiveram reflexos negativos na produtividade destas cultivares de soja.

**Tabela 7.** Matriz dos coeficientes de correlação linear entre a produtividade e entre as variáveis na análise foliar para cultura da soja, em 103 glebas de soja convencional na região Sudeste do Estado de Goiás. Safra 2009/2010

| Variável      | N                                   | P          | K           | Ca          | Mg          | S          | Cu         | Fe         | Mn          | Zn          |
|---------------|-------------------------------------|------------|-------------|-------------|-------------|------------|------------|------------|-------------|-------------|
| Produtividade | 0,22 <sup>1</sup><br>* <sup>2</sup> | 0,07<br>ns | 0,20<br>*   | -0,02<br>ns | -0,01<br>ns | 0,03<br>ns | 0,04<br>ns | 0,11<br>ns | -0,10<br>ns | 0,01<br>ns  |
| N             | -                                   | 0,54<br>** | 0,08<br>ns  | 0,07<br>ns  | 0,23<br>*   | 0,14<br>ns | 0,22<br>*  | 0,44<br>** | -0,17<br>ns | 0,18<br>ns  |
| P             | -                                   | -          | -0,10<br>ns | 0,14<br>ns  | 0,22<br>*   | 0,03<br>ns | 0,26<br>** | 0,40<br>** | -0,38<br>** | 0,23<br>*   |
| K             | -                                   | -          | -           | 0,13<br>ns  | 0,22<br>*   | 0,80<br>** | 0,03<br>ns | 0,32<br>** | 0,44<br>**  | 0,13<br>ns  |
| Ca            | -                                   | -          | -           | -           | 0,73<br>**  | 0,24<br>*  | 0,05<br>ns | 0,16<br>ns | 0,04<br>ns  | 0,10<br>ns  |
| Mg            | -                                   | -          | -           | -           | -           | 0,28<br>** | 0,21<br>*  | 0,39<br>** | 0,06<br>ns  | 0,16<br>ns  |
| S             | -                                   | -          | -           | -           | -           | -          | 0,13<br>ns | 0,41<br>** | 0,21<br>*   | 0,06<br>Ns  |
| Cu            | -                                   | -          | -           | -           | -           | -          | -          | 0,36<br>** | -0,10<br>ns | 0,13<br>ns  |
| Fe            | -                                   | -          | -           | -           | -           | -          | -          | -          | 0,05<br>ns  | 0,25<br>**  |
| Mn            | -                                   | -          | -           | -           | -           | -          | -          | -          | -           | -0,02<br>ns |

<sup>1</sup> Coeficiente de Correlação de Pearson; <sup>2</sup> Nível de significância para rejeição da hipótese de coeficiente de correlação igual a zero: ns – não significativo; \* significativo ao nível de 5 %; e \*\* significativo ao nível de 1 % de probabilidade.

Observa-se na Tabela 7 que, as interações positivas que apresentaram os maiores coeficiente de correlação de Pearson ocorreram entre os nutrientes K x S (0,80), Ca x Mg (0,73), N x P (0,54), N x Fe (0,44) e K x Mn (0,44) para soja convencional. Enquanto que, para soja transgênica (Tabela 8), as interações positivas que apresentaram os maiores coeficiente de correlação de Pearson ocorreram entre os nutrientes Ca x Mg (0,53) e P x S (0,30).

Segundo Malavolta (2006), plantas deficientes em N apresentam maiores teores P e Fe, isto explica as correlações positivas entre o N e esses nutrientes. Existe uma relação intrínseca entre P e S, que provavelmente se deve ao fato dos nutrientes

participarem da constituição de proteínas, por isso é comum encontrar correlações positivas entre esses nutrientes.

E, ainda, interações positivas entre Ca e Mg costumam ocorrer quando estes nutrientes estão em quantidades adequadas para as plantas. Entretanto, os altos teores de Ca e Mg podem ocasionar problemas de deficiência de K, como as deficiências ocorridas neste trabalho em que a maioria das amostras apresentaram deficiência do nutriente (Tabelas 5 e 6). Ainda segundo Malavolta (2006) são comuns interações negativas entre Ca e Zn e K e Mn, porém neste trabalho não foi observado.

As correlações positivas entre nutrientes indicam efeitos de sinergismos, ou seja, absorção de um elemento favorece a absorção do outro (Malavolta, 1980), enquanto as correlações negativas entre os nutrientes indicam inibição competitiva ou não competitiva, ou seja, absorção de um elemento diminui a absorção do outro (Malavolta, 2006).

**Tabela 8.** Matriz dos coeficientes de correlação linear entre a produtividade e entre as variáveis na análise foliar para cultura da soja, em 260 glebas de soja transgênica na região Sudeste do Estado de Goiás. Safra 2009/2010

| Variável      | N         | P           | K           | Ca          | Mg          | S           | Cu          | Fe          | Mn          | Zn          |
|---------------|-----------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
| Produtividade | 0,15<br>* | -0,01<br>ns | 0,10<br>ns  | -0,06<br>ns | 0,07<br>ns  | -0,28<br>** | 0,17<br>**  | -0,02<br>ns | 0,24<br>**  | -0,20<br>** |
| N             | -         | 0,21<br>**  | -0,09<br>ns | -0,21<br>** | -0,07<br>ns | 0,06<br>ns  | -0,01<br>ns | 0,02<br>ns  | -0,14<br>*  | 0,16<br>**  |
| P             | -         | -           | -0,17<br>** | -0,22<br>** | -0,06<br>ns | 0,30<br>**  | 0,09<br>ns  | 0,05<br>ns  | -0,17<br>** | 0,10<br>ns  |
| K             | -         | -           | -           | -0,11<br>ns | -0,01<br>ns | -0,03<br>ns | 0,01<br>ns  | 0,04<br>ns  | 0,12<br>*   | -0,14<br>*  |
| Ca            | -         | -           | -           | -           | 0,53<br>**  | -0,35<br>** | 0,06<br>ns  | 0,05<br>ns  | 0,05<br>ns  | 0,13<br>*   |
| Mg            | -         | -           | -           | -           | -           | -0,30<br>** | -0,14<br>*  | 0,03<br>ns  | -0,03<br>ns | -0,10<br>ns |
| S             | -         | -           | -           | -           | -           | -           | -0,01<br>ns | 0,10<br>ns  | -0,21<br>** | 0,09<br>ns  |
| Cu            | -         | -           | -           | -           | -           | -           | -           | -0,01<br>ns | 0,20<br>**  | -0,01<br>ns |
| Fe            | -         | -           | -           | -           | -           | -           | -           | -           | -0,07<br>ns | 0,01<br>ns  |
| Mn            | -         | -           | -           | -           | -           | -           | -           | -           | -           | -0,07<br>ns |

<sup>1</sup> Coeficiente de Correlação de Pearson; <sup>2</sup> Nível de significância para rejeição da hipótese de coeficiente de correlação igual a zero: ns – não significativo; \* significativo ao nível de 5 %; e \*\* significativo ao nível de 1 % de probabilidade.

Observa-se ainda na Tabela 7, que a única interação negativa e significativa entre nutrientes na soja convencional ocorreu entre P x Mn (-0,38), enquanto que na soja transgênica (Tabela 8) ocorreram várias interações negativas entre nutrientes, são elas: N x Ca (-0,21); N x Mn (-0,14); P x K (-0,17), P x Ca (-0,22), P x Mn (-0,17); K x Zn (-0,14); Ca x S (-0,35); Mg x S (-0,30); Mg x Cu (-0,14) e S x Mn (-0,21). Essas interações podem ter efeito na absorção, transporte e redistribuição dos nutrientes na planta.

Segundo Malavolta (2006), o elemento P pode sofrer alterações nas suas concentrações de acordo com os níveis de Ca. E, afirma ainda que, altos níveis de P nas folhas podem inibir a absorção de Zn, fato que pode ser observado nas Tabelas 5 e 6, em que a maioria das amostras analisadas apresentou teores de Zn abaixo dos níveis adequados e para P acima dos níveis adequados (Tabela 2). Este autor afirma ainda que, é frequente as correlações negativas entre P e Mn, em que o aumento das concentrações foliares de P proporciona menores concentrações de Mn. Outra correlação negativa comum é a de K com Zn.

## 4.2 INTERPRETAÇÃO PELO MÉTODO DRIS

### 4.2.1 Normas foliares para soja convencional e soja transgênica

Na Tabela 9 são apresentadas às concentrações médias, o desvio padrão e o coeficiente variação dos nutrientes e suas relações dois a dois para soja convencional e soja transgênica e a comparação com normas de Leandro (1998).

Comparando-se as médias dos nutrientes nas folhas no subgrupo mais produtivo com as Faixas de Concentração (Tabela 2) propostas por Sfredo et al. (1986) e Malavolta et al. (1997), verifica-se que os nutrientes da análise foliar apresentam praticamente a mesma interpretação feita na população antes da divisão dos dados. Os nutrientes que estão muito abaixo da faixa adequada ou suficiente continuam sendo o N, o K e o Cu tanto para as cultivares de soja convencional como para as cultivares de soja transgênica. Pelos critérios de Malavolta et al. (1997), o Zn também encontra-se muito abaixo dos níveis adequados para os dois tipos de soja. Ainda, segundo Malavolta et al. (1997), apenas na soja transgênica, o nutrientes S também encontra-se abaixo dos níveis adequados, entretanto a média do teor desse nutriente na folha encontram-se muito perto do limite inferior do faixa adequada.

Já os nutrientes que estão muito acima da faixa adequada continuam sendo o P, o Fe, e o Mn para os dois tipos de soja. E ainda, segundo Malavolta et al. (1997), na soja transgênica, os nutrientes Ca e Mg estão acima da faixa adequada, porém muito perto do limite entre o adequado e o excesso.

Como mais uma vez os teores de N, K, Cu e Zn foram indicados como baixos pelas Faixas de Concentração, agora na população de referência, e as produtividades obtidas foram altas, talvez estes diagnósticos de deficiências demonstrem as restrições deste método na interpretação das análises foliares.

Esses resultados enfatizam a importância da obtenção de dados regionalizados para interpretação de análises foliares, pois diagnósticos errados podem levar à aplicação desnecessária de fertilizantes, e, assim comprometer a rentabilidade econômica do empreendimento e ainda poluição ambiental.

Quanto a comparação entre as normas de soja convencional e soja transgênica obtidas nesse trabalho, verificam-se muitas discrepâncias de valores. Tais resultados são consequências das diferenças entre as cultivares de cada população de referência, e apesar da região de amostragem ser a mesma, as amostras foram retiradas em diferentes áreas comerciais com diferentes tipos de solo.

Observa-se na Tabela 9 que o teor médio dos nutrientes N, K, Mn e Zn e as relações médias N/K, N/Ca, N/Mg, N/S, S/N, N/Cu, N/Zn, Zn/N, Mn/N, K/P, P/Mn, Mn/P, Zn/P, K/Mg, K/Cu, K/Mn, Zn/K, Ca/Mn, Mn/Ca, Zn/Ca, Mg/Mn, Mn/Mg, S/Cu, S/Zn, Mn/Cu, Zn/Cu, Fe/Mn e Mn/Zn não diferiram significativamente na comparação entre os dois tipos de soja pelo teste F.

Os valores médios do teor dos nutrientes S, Cu e Fe e as relações médias N/P, N/Mn, P/Ca, P/Mg, S/P, P/Cu, Fe/P, K/Ca, S/K, Cu/K, Fe/K, Mg/Ca, S/Ca, Cu/Ca, Fe/Ca, S/Mg, Cu/Mg, Fe/Mg, Zn/Mg, S/Fe, S/Mn, Fe/Cu, Cu/Mn, Zn/Fe e Zn/Mn obtidas para as cultivares de soja convencional foram maiores que as normas para as cultivares de soja transgênica. Enquanto, os valores médios do teor dos nutrientes P, Ca e Mg e as relações médias P/N, K/N, Ca/N, Mg/N, Cu/N, N/Fe, Fe/N, P/K, Ca/P, Mg/P, P/S, Cu/P, P/Fe, P/Zn, Ca/K, Mg/K, K/S, K/Fe, Mn/K, K/Zn, Ca/Mg, Ca/S, Ca/Cu, Ca/Fe, Ca/Zn, Mg/S, Mg/Cu, Mg/Fe, Mg/Zn, Cu/S, Fe/S, Mn/S, Zn/S, Cu/Fe, Cu/Zn, Mn/Fe e Fe/Zn obtidas para as cultivares de soja convencional foram menores que as normas para as cultivares de soja transgênica.

Em súmula, das 100 variáveis que compõem as populações de referência, apenas 32 % dessas variáveis não diferiram significativamente entre si quando da comparação das normas de soja convencional e transgênica. Cabe ressaltar também, que as normas para a soja transgênica são maiores para a maioria das variáveis, quando em comparação com as normas para a soja convencional. Este fato pode ser um indício de que as cultivares de soja transgênica são mais exigentes que as cultivares de soja convencional, no entanto seu estado nutricional além de ser influenciado pela genética e condições edafoclimáticas locais, também é influenciado pelas práticas de manejo no cultivo das cultivares.

Quanto a comparação das normas deste trabalho com as normas de soja publicadas por Leandro (1998), observa-se na Tabela 9 que as normas de soja deste autor para região de Rio Verde, Estado de Goiás, apresentaram valores médios significativamente diferentes pelo teste F para todos os teores médios e relações de nutrientes, com exceção dos teores de N e Mn e as relações médias Ca/N, P/Ca, P/Mg, P/S, S/P, P/Cu, S/K, S/Fe e Mn/Fe quando comparadas com as normas de soja convencional. Quando comparada as normas de soja transgênica deste trabalho com as normas de Leandro (1988), observa-se na Tabela 9 que o teor médio dos nutrientes N e Ca e as relações médias Mg/N, Ca/S, S/Ca, S/Mg, Mn/Cu não diferiram significativamente pelo teste F.

Apenas 11 % das 100 variáveis que compõem as populações de referências das normas de soja convencional e das normas de Leandro (1998) não diferiram entre si pelo teste F. Enquanto, para soja transgênica apenas 7 % das variáveis não diferiram das normas de Leandro (1998). É importante observar que quanto maior são as diferenças na constituição da população de referência menores são as possibilidades das normas apresentarem valores estatisticamente iguais.

As normas publicadas por Leandro (1998) foram resultados de amostragem na região de Rio Verde, Estado de Goiás com uma população de referência para a cultura da soja com produtividade média de 3.000 kg ha<sup>-1</sup> de gros de soja. Logo, essas diferenças entre as normas pode ser devido as particularidades regionais, além das diferenças entre cultivares e produtividade da população de referência.

As diferenças observadas entre as normas convencionais e transgênica deste trabalho e as diferenças entre essas normas e as de outro autor para a cultura do soja, demonstram que o DRIS deve ser empregado de forma específica para obter-se

interpretações eficientes. O local onde será empregado o sistema DRIS deverá apresentar condições semelhante às condições em que foram obtidas as normas.

O método das Faixas de Concentração de interpretação das análises de folha também deve ser empregado de forma específica, para cultivares e para condições edafoclimáticas particulares, entretanto tem sido utilizado de forma generalizada. O DRIS apresenta inúmeras vantagens em relação ao método das Faixas de Concentração, e uma delas é a maneira rápida e prática de se obter os valores de referência para interpretação dos resultados das análises. Já o método das Faixas de Concentração depende da implantação de experimentos de calibração em diferentes regiões e culturas para obter seus valores de referência, e isso demanda tempo e os custos são elevados.

Outros autores trabalhando com diferentes culturas também observaram que pequenas variações regionais originam normas diferentes. Beverly et al. (1986) relataram que as normas foliares para soja utilizadas no meio-oeste e sudoeste dos EUA diferiram significativamente das normas de Sumner (1977a), indicando influência das condições edafoclimáticas. Vigier et al. (1989) também constataram diferenças regionais entre as normas foliares americanas e canadenses para a soja.

Leandro (1998) comparou as normas foliares para soja obtida em Rio Verde, Estado de Goiás com as normas de Sumner (1977a), Beverly et al. (1986), Vigier et al. (1989) e Hallmark et al. (1990b) e também constatou que muitas relações entre nutriente diferiram significativamente. Escano et al. (1981) e Dara et al. (1992) obtiveram resultados semelhantes na aplicação do DRIS em análises foliares de milho, observando que as características do solo desempenharam importante influência no estabelecimento das normas.

Além das diferentes condições edafoclimáticas proporcionadas por cada região, outros fatores podem causar divergências entre normas DRIS, como por exemplo, o sistema de cultivo, a forma de cultivo (orgânico ou convencional), a produtividade da população de referência e as diferenças varietais. Cunha (2002) publicou normas DRIS para a cultura da soja sob sistema de plantio direto e convencional e observou diferenças significativas nas relações de nutrientes.

Partelli et al. (2006) observaram diferenças nas relações de nutrientes após estabelecerem normas para cultura do café orgânico e convencional no Estado do Espírito Santo. Os autores enfatizam que as diferenças estão relacionadas com as distintas práticas de manejo e, conseqüentemente, refletiram no estado nutricional. As normas foliares para

soja publicadas por Sumner (1977a), Beverly et al. (1986) e Vigier et al. (1989) além das diferenças nas regiões onde foram originadas, também foram obtidas de populações de referência com produtividades diferentes, indicando ser mais um fator que gera divergências entre normas.

Souza (2009) comparou normas foliares para algodão obtidas a partir de uma população de referência de  $3.000 \text{ kg ha}^{-1}$  de algodão em caroço em Silvânia, Estado de Goiás com as normas publicadas por Moraes (2008) e Silva (2006). As normas publicadas por Silva (2006) foram resultados de trabalhos realizados em diferentes regiões dos Estados do Mato Grosso e Mato Grosso do Sul com uma população de referência para cultura do algodão com produtividade média de  $4.500 \text{ kg ha}^{-1}$  de algodão em caroço. Moraes (2008) trabalhou com uma população de referência com produtividade média de  $3.000 \text{ kg ha}^{-1}$  com resultados obtidos de diferentes regiões do Estado de Goiás.

Souza (2009) observou grandes discrepâncias de valores quando comparou as suas normas com as normas de Moraes (2008) e Silva (2006). Segundo a autora, tais resultados foram consequências das diferenças entre as produtividades da população de referência, das variedades estudadas e das regiões onde originaram-se as normas.

Beaufils (1971, 1973) e Sumner (1977a) questionam a universalidade da aplicação do DRIS, devido aos fatores que afetam o estabelecimento das normas. Todos os resultados acima enfatizam a necessidade de se estabelecerem normas regionais para aplicação satisfatória do método DRIS. Mas além da regionalidade das normas, outros fatores devem ser observados, como a produtividade da população de referência, o sistema de cultivo, e as cultivares utilizadas.

Nas normas foliares obtidas para soja convencional na região Sudeste de Goiás, os coeficientes de variação para as relações de nutrientes e para os teores médios (Tabela 9) não foram elevados. Ao considerar, um coeficiente de variação de até 50 % razoável para este tipo de análise de dados, apenas o teor médio do nutriente Cu (61,50 %) e as relações Cu/N (58,90 %), Cu/P (57,24 %), Cu/K (68,45 %), Cu/Ca (60,01 %), Cu/Mg (54,53 %), Cu/S (62,17%), Cu/Mn (68,57 %) e Cu/Zn (64,75 %) foram superiores.

Já nas normas foliares para soja transgênica, a maioria dos coeficientes de variação para as relações dos nutrientes e para os teores médios foram relativamente baixos, exceto para as relações médias P/K (106,92 %), P/Cu (56,22 %) e Mg/K (57,99 %).

As funções reduzidas, utilizadas no cálculo dos índices DRIS, são ponderadas pela recíproca dos coeficientes de variação da população de referência, ou seja, um

coeficiente de variação mais elevado vai ter menor peso no cálculo do índice, e portanto, não vai favorecer a uma falsa interpretação. Walworth e Sumner (1987) comentam que o coeficiente de variação pondera a variabilidade do subgrupo de alta produtividade.

**Tabela 9.** Normas para as variáveis da análise de folha e suas relações dois a dois utilizadas para o cálculo dos índices DRIS considerando o subgrupo mais produtivo (> 3.500 kg ha<sup>-1</sup>) composto por 53 glebas de soja convencional e 240 glebas de soja transgênica na região Sudeste do Estado de Goiás, na safra 2009/2010 e a comparação com as normas segundo Leandro (1998) para cultura da soja

| Variável                  | Soja Convencional |               |        | Soja Transgênica |               |        | Teste F <sup>2</sup> | Leandro (1998) <sup>1</sup> |               | Teste F <sup>3</sup> | Teste F <sup>4</sup> |
|---------------------------|-------------------|---------------|--------|------------------|---------------|--------|----------------------|-----------------------------|---------------|----------------------|----------------------|
|                           | Média             | Desvio padrão | CV (%) | Média            | Desvio padrão | CV (%) |                      | Média                       | Desvio padrão |                      |                      |
| N (g kg <sup>-1</sup> )   | 32,52             | 6,52          | 20,05  | 30,37            | 6,47          | 21,31  | 1,01ns               | 39,30                       | 6,65          | 1,04 ns              | 1,05ns               |
| P (g kg <sup>-1</sup> )   | 5,94              | 0,87          | 14,66  | 6,05             | 2,10          | 34,70  | 5,81**               | 2,90                        | 0,64          | 1,85 **              | 10,75**              |
| K (g kg <sup>-1</sup> )   | 12,44             | 1,62          | 13,04  | 12,60            | 1,75          | 13,89  | 1,16ns               | 31,10                       | 8,95          | 30,42**              | 26,14**              |
| Ca (g kg <sup>-1</sup> )  | 9,81              | 1,36          | 13,86  | 11,48            | 2,90          | 25,22  | 4,53**               | 8,10                        | 3,32          | 5,96 **              | 1,31ns               |
| Mg (g kg <sup>-1</sup> )  | 4,06              | 0,79          | 19,59  | 4,48             | 1,25          | 27,87  | 2,46**               | 4,70                        | 2,32          | 8,52 **              | 3,45**               |
| S (g kg <sup>-1</sup> )   | 3,04              | 0,35          | 11,49  | 2,44             | 0,46          | 18,69  | 1,71*                | 8,10                        | 1,38          | 15,66 **             | 9,15**               |
| Cu (mg kg <sup>-1</sup> ) | 8,45              | 5,20          | 61,50  | 8,35             | 2,28          | 27,27  | 5,22**               | 10,27                       | 2,83          | 3,37 **              | 1,54**               |
| Fe (mg kg <sup>-1</sup> ) | 414,42            | 56,41         | 13,61  | 394,62           | 95,61         | 24,23  | 2,87**               | 268,74                      | 143,53        | 6,47 **              | 2,25**               |
| Mn (mg kg <sup>-1</sup> ) | 119,72            | 33,93         | 28,35  | 135,78           | 31,22         | 22,99  | 1,18ns               | 39,15                       | 11,24         | 0,10 ns              | 7,71**               |
| Zn (mg kg <sup>-1</sup> ) | 26,23             | 3,88          | 14,79  | 24,10            | 4,15          | 17,21  | 1,14ns               | 38,89                       | 8,09          | 4,34**               | 3,80**               |
| N/P                       | 5,50              | 0,86          | 15,59  | 5,19             | 1,19          | 23,00  | 1,94**               | 14,15                       | 2,96          | 11,94**              | 6,14**               |
| P/N                       | 0,19              | 0,03          | 16,31  | 0,21             | 0,09          | 41,98  | 8,21**               | 0,07                        | 0,01          | 9,25**               | 75,99**              |
| N/K                       | 2,68              | 0,75          | 27,95  | 2,47             | 0,73          | 29,39  | 1,06ns               | 1,36                        | 0,44          | 2,88**               | 2,72**               |
| K/N                       | 0,40              | 0,09          | 23,19  | 0,44             | 0,12          | 27,96  | 1,75**               | 0,82                        | 0,29          | 9,91**               | 5,67**               |
| N/Ca                      | 3,38              | 0,84          | 24,77  | 2,83             | 0,94          | 33,29  | 1,26ns               | 5,66                        | 2,53          | 9,11**               | 7,21**               |
| Ca/N                      | 0,31              | 0,08          | 25,49  | 0,40             | 0,16          | 40,94  | 4,23**               | 0,21                        | 0,09          | 1,26ns               | 3,33**               |
| N/Mg                      | 8,33              | 2,34          | 28,15  | 7,28             | 2,43          | 33,44  | 1,08ns               | 10,94                       | 6,60          | 7,92**               | 7,35**               |
| Mg/N                      | 0,13              | 0,04          | 27,23  | 0,16             | 0,06          | 40,52  | 3,20**               | 0,13                        | 0,07          | 3,96**               | 1,23ns               |
| N/S                       | 10,89             | 2,81          | 25,79  | 12,80            | 3,27          | 25,59  | 1,36ns               | 22,48                       | 4,86          | 2,99**               | 2,20**               |
| S/N                       | 0,10              | 0,02          | 22,23  | 0,08             | 0,02          | 29,14  | 1,29ns               | 0,05                        | 0,01          | 4,64**               | 5,97**               |
| N/Cu                      | 4,33              | 1,17          | 27,04  | 3,89             | 1,31          | 33,79  | 1,26ns               | 0,44                        | 0,40          | 8,56**               | 10,79**              |
| Cu/N                      | 0,26              | 0,16          | 58,90  | 0,29             | 0,11          | 36,58  | 2,17**               | 2,64                        | 0,66          | 18,05**              | 39,12**              |
| N/Zn                      | 1,26              | 0,28          | 22,30  | 1,28             | 0,30          | 23,17  | 1,12ns               | 0,10                        | 0,02          | 197,44**             | 220,72**             |
| Zn/N                      | 0,83              | 0,20          | 23,80  | 0,83             | 0,22          | 26,56  | 1,22ns               | 9,99                        | 1,72          | 74,92**              | 61,27**              |
| N/Mn                      | 0,29              | 0,10          | 33,02  | 0,24             | 0,08          | 34,10  | 1,43*                | 0,11                        | 0,06          | 2,59**               | 1,80**               |
| Mn/N                      | 3,82              | 1,33          | 34,83  | 4,70             | 1,55          | 32,86  | 1,35ns               | 10,23                       | 3,32          | 6,22**               | 4,61**               |

Continua...

**Tabela 9.** Continuação.

| Variável | Soja Convencional |               |        | Soja Transgênica |               |        | Teste F <sup>2</sup> | Leandro (1998) <sup>1</sup> |               | Teste F <sup>3</sup> | Teste F <sup>4</sup> |
|----------|-------------------|---------------|--------|------------------|---------------|--------|----------------------|-----------------------------|---------------|----------------------|----------------------|
|          | Média             | Desvio padrão | CV (%) | Média            | Desvio padrão | CV (%) |                      | Média                       | Desvio padrão |                      |                      |
| N/Fe     | 0,07              | 0,01          | 18,34  | 0,08             | 0,02          | 25,67  | 1,98**               | 0,02                        | 0,01          | 2,10**               | 4,16**               |
| Fe/N     | 13,10             | 2,55          | 19,48  | 13,58            | 4,52          | 33,30  | 3,14**               | 69,05                       | 35,12         | 189,41**             | 60,26**              |
| P/K      | 0,49              | 0,13          | 25,54  | 0,52             | 0,56          | 106,92 | 19,90**              | 0,10                        | 0,03          | 17,38**              | 346,13**             |
| K/P      | 2,15              | 0,48          | 22,14  | 2,18             | 0,46          | 21,21  | 0,95ns               | 11,31                       | 3,79          | 63,56**              | 66,95**              |
| P/Ca     | 0,62              | 0,14          | 22,15  | 0,56             | 0,21          | 38,10  | 2,42**               | 0,40                        | 0,15          | 1,19ns               | 2,02**               |
| Ca/P     | 1,69              | 0,34          | 20,22  | 1,99             | 0,63          | 31,85  | 3,44**               | 2,95                        | 1,34          | 15,41**              | 4,48**               |
| P/Mg     | 1,52              | 0,36          | 24,01  | 1,43             | 0,46          | 32,37  | 1,61*                | 0,75                        | 0,36          | 1,02ns               | 1,64**               |
| Mg/P     | 0,69              | 0,15          | 22,00  | 0,76             | 0,22          | 29,05  | 2,12**               | 1,70                        | 0,90          | 34,80**              | 16,41**              |
| P/S      | 1,99              | 0,45          | 22,44  | 2,51             | 0,57          | 22,73  | 1,63*                | 1,63                        | 0,37          | 1,46ns               | 2,37**               |
| S/P      | 0,52              | 0,11          | 20,76  | 0,41             | 0,08          | 18,89  | 1,92**               | 0,64                        | 0,13          | 1,43ns               | 2,75**               |
| P/Cu     | 0,80              | 0,22          | 28,00  | 0,78             | 0,44          | 56,22  | 3,90**               | 0,03                        | 0,03          | 0,01ns               | 215,08**             |
| Cu/P     | 1,42              | 0,81          | 57,24  | 1,44             | 0,42          | 29,11  | 3,79**               | 37,25                       | 11,98         | 216,88**             | 821,72**             |
| P/Fe     | 0,01              | 0,002         | 15,31  | 0,02             | 0,01          | 41,69  | 8,94**               | 0,001                       | 0,001         | 4,92**               | 44,05**              |
| Fe/P     | 70,84             | 12,95         | 18,28  | 67,89            | 18,67         | 27,49  | 2,08**               | 990,02                      | 605,89        | 2188,18**            | 1053,70**            |
| P/Mn     | 0,05              | 0,02          | 29,61  | 0,05             | 0,02          | 37,52  | 1,23ns               | 0,01                        | 0,004         | 15,71**              | 19,28**              |
| Mn/P     | 20,76             | 7,87          | 37,90  | 23,45            | 6,76          | 28,82  | 1,36ns               | 142,32                      | 50,65         | 41,43**              | 56,18**              |
| P/Zn     | 0,23              | 0,04          | 17,10  | 0,26             | 0,11          | 42,38  | 7,71**               | 0,01                        | 0,002         | 386,25**             | 2976,28**            |
| Zn/P     | 4,49              | 0,83          | 18,44  | 4,14             | 0,90          | 21,78  | 1,19ns               | 141,04                      | 37,70         | 2076,12**            | 1744,87**            |
| K/Ca     | 1,29              | 0,23          | 17,51  | 1,17             | 0,35          | 29,85  | 2,41**               | 4,19                        | 1,38          | 37,39**              | 15,54**              |
| Ca/K     | 0,80              | 0,16          | 19,59  | 0,94             | 0,37          | 39,26  | 5,56**               | 0,26                        | 0,08          | 3,85**               | 21,45**              |
| K/Mg     | 3,18              | 0,73          | 23,02  | 3,02             | 0,83          | 27,46  | 1,28ns               | 7,90                        | 3,66          | 25,00**              | 19,50**              |
| Mg/K     | 0,33              | 0,08          | 22,73  | 0,37             | 0,22          | 57,99  | 8,22**               | 0,15                        | 0,06          | 1,57*                | 12,92**              |
| K/S      | 4,10              | 0,32          | 7,90   | 5,35             | 1,23          | 22,91  | 14,31**              | 17,85                       | 5,45          | 282,73**             | 19,75**              |
| S/K      | 0,25              | 0,02          | 8,17   | 0,20             | 0,09          | 45,99  | 21,40**              | 0,06                        | 0,02          | 1,00ns               | 21,49**              |
| K/Cu     | 1,69              | 0,48          | 28,20  | 1,61             | 0,49          | 30,62  | 1,07ns               | 0,35                        | 0,28          | 2,89**               | 3,10**               |
| Cu/K     | 0,70              | 0,48          | 68,45  | 0,68             | 0,21          | 30,38  | 5,46**               | 3,51                        | 1,23          | 6,56**               | 35,847**             |
| K/Fe     | 0,02              | 0,01          | 16,81  | 0,03             | 0,01          | 21,59  | 1,94**               | 0,01                        | 0,01          | 3,81**               | 1,96**               |
| Fe/K     | 33,89             | 6,74          | 19,88  | 32,02            | 9,30          | 29,05  | 1,91**               | 95,13                       | 63,77         | 89,58**              | 46,98**              |
| K/Mn     | 0,11              | 0,03          | 25,26  | 0,10             | 0,02          | 25,37  | 1,27ns               | 0,09                        | 0,05          | 3,23**               | 4,09**               |

Continua...

**Tabela 9.** Continuação.

| Variável | Soja Convencional |               |        | Soja Transgênica |               |        | Teste F <sup>2</sup> | Leandro (1998) <sup>1</sup> |               | Teste F <sup>3</sup> | Teste F <sup>4</sup> |
|----------|-------------------|---------------|--------|------------------|---------------|--------|----------------------|-----------------------------|---------------|----------------------|----------------------|
|          | Média             | Desvio padrão | CV (%) | Média            | Desvio padrão | CV (%) |                      | Média                       | Desvio padrão |                      |                      |
| Mn/K     | 9,62              | 2,27          | 23,59  | 11,06            | 3,65          | 33,03  | 2,59**               | 13,48                       | 5,34          | 5,53**               | 2,13**               |
| K/Zn     | 0,48              | 0,09          | 18,22  | 0,54             | 0,11          | 20,94  | 1,63*                | 0,08                        | 0,03          | 8,59**               | 13,99**              |
| Zn/K     | 2,15              | 0,45          | 20,98  | 1,96             | 0,52          | 26,71  | 1,36ns               | 13,39                       | 4,42          | 96,30**              | 70,95**              |
| Ca/Mg    | 2,46              | 0,32          | 12,92  | 2,67             | 0,79          | 29,73  | 6,23**               | 1,86                        | 0,49          | 2,36**               | 2,62**               |
| Mg/Ca    | 0,41              | 0,06          | 14,14  | 0,40             | 0,10          | 23,84  | 2,67**               | 0,57                        | 0,13          | 4,95**               | 1,85**               |
| Ca/S     | 3,26              | 0,53          | 16,22  | 4,91             | 1,69          | 34,53  | 10,25**              | 4,56                        | 1,65          | 9,71**               | 1,05ns               |
| S/Ca     | 0,31              | 0,05          | 15,81  | 0,23             | 0,08          | 35,57  | 2,67**               | 0,25                        | 0,08          | 2,59**               | 1,03ns               |
| Ca/Cu    | 1,33              | 0,39          | 29,64  | 1,46             | 0,50          | 33,97  | 1,59*                | 0,10                        | 0,10          | 15,51**              | 24,59**              |
| Cu/Ca    | 0,87              | 0,52          | 60,01  | 0,77             | 0,32          | 41,57  | 2,67**               | 15,33                       | 8,97          | 292,26**             | 781,68**             |
| Ca/Fe    | 0,02              | 0,004         | 17,73  | 0,03             | 0,01          | 31,16  | 4,87**               | 0,001                       | 0,001         | 18,16**              | 88,43**              |
| Fe/Ca    | 42,99             | 8,21          | 19,09  | 36,47            | 12,39         | 33,96  | 2,28**               | 401,12                      | 309,95        | 1426,33**            | 626,25**             |
| Ca/Mn    | 0,09              | 0,03          | 30,60  | 0,09             | 0,03          | 32,83  | 1,16ns               | 0,02                        | 0,01          | 7,26**               | 8,44**               |
| Mn/Ca    | 12,37             | 3,61          | 29,16  | 12,50            | 4,04          | 32,28  | 1,25ns               | 54,58                       | 24,89         | 47,57**              | 38,03**              |
| Ca/Zn    | 0,38              | 0,08          | 20,60  | 0,49             | 0,14          | 28,36  | 3,06**               | 0,02                        | 0,01          | 61,95**              | 189,35**             |
| Zn/Ca    | 2,73              | 0,57          | 20,76  | 2,21             | 0,59          | 26,69  | 1,09ns               | 56,88                       | 28,76         | 2578,89**            | 2368,83**            |
| Mg/S     | 1,35              | 0,27          | 20,27  | 1,90             | 0,63          | 32,99  | 5,28**               | 2,63                        | 1,20          | 19,31**              | 3,66**               |
| S/Mg     | 0,77              | 0,16          | 21,10  | 0,59             | 0,21          | 35,92  | 1,68*                | 0,47                        | 0,21          | 1,65*                | 1,01ns               |
| Mg/Cu    | 0,54              | 0,16          | 29,17  | 0,58             | 0,26          | 44,90  | 2,72**               | 0,06                        | 0,06          | 6,95**               | 18,92**              |
| Cu/Mg    | 2,12              | 1,15          | 54,53  | 2,02             | 0,86          | 42,36  | 1,82**               | 30,05                       | 21,68         | 352,91**             | 641,70**             |
| Mg/Fe    | 0,01              | 0,001         | 19,34  | 0,02             | 0,003         | 32,19  | 3,91**               | 0,001                       | 0,001         | 3,64**               | 14,25**              |
| Fe/Mg    | 105,43            | 22,37         | 21,22  | 94,30            | 33,49         | 35,51  | 2,24**               | 792,55                      | 767,03        | 1175,20**            | 524,69**             |
| Mg/Mn    | 0,04              | 0,01          | 31,62  | 0,03             | 0,01          | 37,04  | 1,26ns               | 0,01                        | 0,004         | 8,21**               | 10,33**              |
| Mn/Mg    | 30,47             | 9,78          | 32,10  | 32,53            | 11,45         | 35,19  | 1,37ns               | 100,93                      | 55,79         | 32,55**              | 23,74**              |
| Mg/Zn    | 0,16              | 0,04          | 23,63  | 0,19             | 0,06          | 33,52  | 2,97**               | 0,01                        | 0,01          | 13,85**              | 41,11**              |
| Zn/Mg    | 6,72              | 1,67          | 24,79  | 5,82             | 2,04          | 35,07  | 1,50*                | 109,27                      | 69,80         | 1754,50**            | 1170,43**            |
| S/Cu     | 0,41              | 0,12          | 27,96  | 0,31             | 0,11          | 35,49  | 1,07ns               | 0,02                        | 0,02          | 33,11**              | 31,04**              |
| Cu/S     | 2,83              | 1,76          | 62,17  | 3,54             | 1,13          | 31,93  | 2,42**               | 59,62                       | 20,24         | 132,38**             | 320,75**             |
| S/Fe     | 0,02              | 0,001         | 14,44  | 0,01             | 0,001         | 23,44  | 1,95**               | 0,001                       | 0,001         | 1,14ns               | 2,24**               |
| Fe/S     | 137,86            | 22,57         | 16,37  | 166,77           | 50,54         | 30,30  | 5,01**               | 1559,27                     | 934,63        | 1714,53**            | 342,03**             |

Continua...

**Tabela 9.** Continuação.

| Variável | Soja Convencional |               |        | Soja Transgênica |               |        | Teste F <sup>2</sup> | Leandro (1998) <sup>1</sup> |               | Teste F <sup>3</sup> | Teste F <sup>4</sup> |
|----------|-------------------|---------------|--------|------------------|---------------|--------|----------------------|-----------------------------|---------------|----------------------|----------------------|
|          | Média             | Desvio padrão | CV (%) | Média            | Desvio padrão | CV (%) |                      | Média                       | Desvio padrão |                      |                      |
| S/Mn     | 0,03              | 0,01          | 27,96  | 0,02             | 0,01          | 31,79  | 1,57*                | 0,004                       | 0,002         | 14,37**              | 9,14**               |
| Mn/S     | 39,61             | 10,43         | 26,35  | 57,86            | 18,20         | 31,46  | 3,04**               | 221,90                      | 63,11         | 36,58**              | 12,02**              |
| S/Zn     | 0,12              | 0,02          | 18,17  | 0,10             | 0,02          | 22,29  | 1,15ns               | 0,004                       | 0,001         | 460,0**              | 529,51**             |
| Zn/S     | 8,77              | 1,74          | 19,90  | 10,19            | 2,74          | 26,90  | 2,47**               | 223,85                      | 59,81         | 1174,95***           | 476,14**             |
| Cu/Fe    | 0,01              | 0,01          | 50,90  | 0,02             | 0,01          | 32,46  | 2,07**               | 0,05                        | 0,02          | 3,79**               | 7,86**               |
| Fe/Cu    | 55,37             | 14,24         | 25,71  | 50,60            | 17,97         | 35,51  | 1,59*                | 29,88                       | 27,24         | 3,66**               | 2,29**               |
| Cu/Mn    | 0,08              | 0,05          | 68,57  | 0,06             | 0,02          | 34,17  | 5,70**               | 0,30                        | 0,18          | 11,92**              | 67,94**              |
| Mn/Cu    | 16,19             | 6,06          | 37,44  | 17,15            | 5,27          | 30,71  | 1,32ns               | 4,57                        | 4,79          | 1,60*                | 1,20ns               |
| Cu/Zn    | 0,33              | 0,21          | 64,75  | 0,35             | 0,11          | 31,39  | 3,61**               | 0,27                        | 0,07          | 9,11**               | 2,52**               |
| Zn/Cu    | 3,53              | 1,00          | 28,42  | 3,08             | 0,94          | 30,45  | 1,14ns               | 4,35                        | 4,08          | 16,51**              | 18,87**              |
| Fe/Mn    | 3,70              | 1,02          | 27,49  | 3,06             | 1,00          | 32,53  | 1,04ns               | 7,73                        | 6,10          | 35,93**              | 37,43**              |
| Mn/Fe    | 0,29              | 0,08          | 28,74  | 0,36             | 0,11          | 31,00  | 1,76**               | 0,18                        | 0,09          | 1,15ns               | 1,52*                |
| Fe/Zn    | 16,08             | 2,94          | 18,26  | 16,76            | 4,60          | 27,46  | 2,46**               | 7,02                        | 3,68          | 1,56*                | 1,56*                |
| Zn/Fe    | 0,07              | 0,01          | 18,89  | 0,06             | 0,02          | 23,75  | 1,53*                | 0,17                        | 0,06          | 24,41**              | 15,92**              |
| Mn/Zn    | 4,63              | 1,42          | 30,62  | 5,79             | 1,71          | 29,50  | 1,45ns               | 1,03                        | 0,30          | 22,32**              | 32,39**              |
| Zn/Mn    | 0,23              | 0,07          | 28,41  | 0,19             | 0,05          | 28,61  | 1,55*                | 1,08                        | 0,41          | 37,91**              | 58,68**              |

<sup>1</sup> Normas DRIS para cultura da soja, obtidas de uma população com 74 observações de alta produtividade ( $> 3.000 \text{ kg ha}^{-1}$ ) da região de Rio Verde do Estado de Goiás;

<sup>2</sup> Razão entre as variâncias de soja convencional e soja transgênica deste trabalho; <sup>3</sup> Razão entre as variâncias de soja convencional e Leandro (1998); <sup>4</sup> Razão entre as variâncias de soja transgênica e Leandro (1998), sendo: ns – não significativo; \* significativo ao nível de 5 %; e \*\* significativo ao nível de 1 % de probabilidade.

#### **4.2.2 Interpretação dos índices DRIS para soja convencional e transgênica**

Nos Apêndices A e B são apresentados os índices DRIS para cada nutriente da análise foliar, em cada gleba realizado nas áreas da região do Sudeste de Goiás, respectivamente para a soja convencional e para a soja transgênica. A ordem decrescente quanto à limitação (deficiência a excesso) e o Índice de Balanço Nutricional também foram apresentados para cada gleba.

Depois da ordenação dos índices DRIS em cada gleba (Apêndices A e B), obteve-se a distribuição de frequência dos índices (Tabelas 10 e 11). Essa distribuição de frequência, ao contrário da obtida para as glebas interpretados pelas Faixas de Concentração, não possibilita uma interpretação em classes definidas (deficiente, baixa, adequada ou suficiente, alta, excessiva etc.).

Assim, os dados foram interpretados segundo o procedimento de Leandro (1998), considerando a porcentagem de ocorrência de limitação total (avaliando-se todas as variáveis com índices negativos) e a porcentagem de ocorrência em primeira, segunda e terceira ordem (avaliando-se os primeiros, os segundos e os terceiros índices mais negativos de cada gleba respectivamente). A porcentagem de ocorrência de limitação total nesse trabalho seria equivalente à classe baixa das Faixas de Concentração, e quando houver a classe deficiente, seria a soma das classes baixa e deficiente.

Leandro (1998) relata que na interpretação da porcentagem de ocorrência de limitação total, em algumas situações, são consideradas deficientes as variáveis negativas muito próximas a estado de equilíbrio nutricional (índices iguais a zero), o que pode provocar distorções nas interpretações. Para Kelling & Schulte (1986) a faixa de melhor balanço nutricional situa-se no intervalo de -15 a +15, enquanto para Escano et al. (1981) está entre -1,0 e +1,5 e para Soltanpour et al. (1995) de -7 a +7. Devido a este problema relatado por Leandro (1998), também considerou-se na interpretação, as três primeiras ordens mais negativas de limitação e a média entre as três para aumentar a sensibilidade do diagnóstico.

Ao se comparar as porcentagens de ocorrência de limitação total dos nutrientes (Tabelas 10 e 11) com as distribuições de frequência das Faixas de Concentração (Tabelas 5 e 6), verifica-se que os métodos de diagnose do estado nutricional apresentaram alguns resultados discordantes tanto para soja convencional como para soja transgênica. O próprio

método DRIS apresentou resultados diferentes quanto as limitações de alguns nutrientes para os dois tipos de soja.

No método das Faixas de Concentração, a ordem de limitação por deficiência nas análises foliares para soja convencional foi  $K > N > Cu > Zn > S$  de acordo com os critérios de Sfredo et al. (1986) e de acordo com Malavolta et al. (1997) foi  $N = K = Zn > Cu > Mg > Ca > P = S$ . Para as cultivares de soja transgênica, a ordem de limitação por deficiência dos nutrientes, de acordo com os níveis adequados propostos por Sfredo et al. (1986) foi  $K > N > Cu > S > Zn > Mg$ . Já, pelos critérios de Malavolta et al. (1997), a ordem de limitação por deficiência foi  $N = K > Zn > Cu > S > Mg > Ca > P$  (Tabelas 5 e 6).

Pelos critérios dos dois autores existe uma grande porcentagem de amostras que apresentam os nutrientes N, K e Cu deficientes tanto para soja convencional como para a transgênica. E ainda, segundo Malavolta et al. (1997), o Zn também encontra-se deficiente em quase todas ou todas as amostras dos dois tipos de soja (Tabelas 5 e 6). O critério de Malavolta et al. (1997) detectou mais amostras deficientes nos nutrientes citados, além de diagnosticar outros nutrientes em situação limitante em comparação com as classes de interpretação de Sfredo et al (1986).

Pelo método de diagnose DRIS (Tabela 10), a ordem de limitação a partir da porcentagem de ocorrência de limitação total nas análises foliares para a soja convencional foi  $N > Fe > Cu > P = Zn > Mn > Ca > K > Mg > S$ . O método DRIS apresentou 91,2 %, 89,6%, 87,9 % e 79,6 % de amostras de folha com deficiências respectivamente de K, Zn, N e Cu a menos que o método das Faixas de Concentração. Esses resultados foram as maiores diferenças observadas entre os dois métodos de diagnose do estado nutricional para as plantas de soja convencional.

Observa-se pela ordem de limitação dos nutrientes que, o DRIS diagnosticou índices negativos ou deficiências de todos os nutrientes que também foram diagnosticados pelo método das Faixas de Concentração para soja convencional. Cabe ressaltar que, o N, Cu e Zn continuam sendo os nutrientes que mais aparecem como limitantes nas amostras de folhas, diagnosticados pelos dois métodos. O método das Faixas de Concentração ainda apresentou, a maioria das amostras com deficiência de K, 91,2 % de amostras com deficiência a mais que o método DRIS. Ao analisar a ordem de limitação pela porcentagem de ocorrência de limitação total e as porcentagem de ocorrência de primeira, segunda e

terceira ordem, observa-se que, para o método DRIS este nutriente não apresentou significativa limitação (Tabela 10).

Entretanto, ainda para a soja convencional, os nutrientes Fe, Mn e P também foram detectados como uns dos mais limitantes por deficiência pelo método DRIS. Este método apresentou 11,8 %, 10,1 % e 6,4 % de amostras com deficiência de Fe, Mn e P respectivamente, a mais que o método das Faixas de Concentração (Tabela 10). O método das Faixas de Concentração não apresentou amostras de soja convencional deficientes em Fe e Mn, e ainda classificou todas as amostras que foram interpretadas segundo Malavolta et al. 1997 como acima da faixa adequada para estes nutrientes (Tabela 5).

**Tabela 10.** Porcentagem de ocorrência dos nutrientes mais limitantes por deficiência, diagnosticados pelos índices DRIS, obtidos pela análise foliar para cultura da soja em 103 glebas de soja convencional na região Sudeste do Estado de Goiás. Safra 2009/2010

| Variável | % de Ocorrência <sup>1</sup> |                         |                         |                         |       | Diferença em relação às Faixas de Concentração (%) <sup>2</sup> |        |
|----------|------------------------------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|-------|-----------------------------------------------------------------|--------|
|          | Total                        | 1 <sup>a</sup><br>Ordem | 2 <sup>a</sup><br>Ordem | 3 <sup>a</sup><br>Ordem | Média |                                                                 |        |
| N        | 12,02                        | 31,07                   | 15,53                   | 4,85                    | 17,15 | 87,98                                                           | 82,85  |
| P        | 10,39                        | 17,48                   | 11,65                   | 9,71                    | 12,94 | -6,49                                                           | -9,04  |
| K        | 8,76                         | 10,68                   | 7,77                    | 9,71                    | 9,39  | 91,24                                                           | 90,61  |
| Ca       | 8,96                         | 5,83                    | 10,68                   | 10,68                   | 9,06  | 13,34                                                           | 13,24  |
| Mg       | 8,15                         | 9,71                    | 10,68                   | 9,71                    | 10,03 | 18,05                                                           | 16,17  |
| S        | 7,74                         | 6,80                    | 11,65                   | 6,80                    | 8,41  | -3,84                                                           | -4,51  |
| Cu       | 11,61                        | 2,91                    | 8,74                    | 13,59                   | 8,41  | 79,69                                                           | 82,89  |
| Fe       | 11,81                        | 4,85                    | 9,71                    | 18,45                   | 11,00 | -11,81                                                          | -11,00 |
| Mn       | 10,18                        | 12,62                   | 14,56                   | 15,53                   | 14,24 | -10,18                                                          | -14,24 |
| Zn       | 10,39                        | 4,85                    | 10,68                   | 14,56                   | 10,03 | 89,61                                                           | 89,97  |

<sup>1</sup> Na % de ocorrência total consideram-se todos os índices negativos, nas % de ocorrência de 1<sup>a</sup>, 2<sup>a</sup> e 3<sup>a</sup> ordem consideram-se os primeiros, os segundos e os terceiros índices mais negativos de cada gleba respectivamente e a média refere-se a média entre as três % de ocorrência anteriores; <sup>2</sup> A primeira coluna é a diferença entre percentagem de ocorrência de amostras na classe abaixo da adequada, pelo método das Faixas de Concentração proposto por Malavolta et al. (1997) e a percentagem de ocorrência total pelo método DRIS. A segunda coluna é a diferença entre percentagem de ocorrência de amostras na classe abaixo da adequada, pelo método das Faixas de Concentração proposto por Malavolta et al. (1997) e a percentagem de ocorrência média pelo método DRIS.

Como já foi discutido anteriormente, as faixas propostas por Malavolta et al. (1997) são muito estreitas para micronutrientes e por isso enquadra todas as amostras como acima da faixa adequada. E, em se tratando de cultivares contemporâneas, que são responsivas a solos bem corrigidos e com alta fertilidade, pode ser que essa interpretação não seja a mais aconselhada.

Para o nutriente P, o método das Faixas de Concentração enquadrrou a maioria das amostras como acima da faixa adequada para soja convencional (Tabela 5). E o que se observa pelo método DRIS, é que este nutriente destaca-se como um dos mais limitantes, principalmente pelo fato deste apresentar 17,4 % de amostras de soja convencional deficientes pela porcentagem de ocorrência em primeira ordem (Tabela 10). Isso quer dizer que o nutriente P foi diagnosticado com índices mais negativos em primeira ordem em 17,4 % das amostras de soja convencional.

Diante das dificuldades apresentada por Leandro (1998) da interpretação com base na porcentagem de ocorrência de limitação total, fez-se a ordenação de deficiência interpretada pela média das três ordens mais limitantes para aumentar a confiabilidade do método DRIS. Assim, obteve-se a seguinte ordem:  $N > Mn > P > Fe > Zn = Mg > K > Ca > S = Cu$  para as amostras de soja convencional. Observa-se na Tabela 10 que as maiores diferenças entre o método DRIS e o das Faixas de Concentração para soja convencional foram para as variáveis K (90,6 %), Zn (89,9 %), Cu (82,8 %), N (82,8 %). Essas diferenças são semelhantes à obtida pela porcentagem de ocorrência de limitação total.

Ainda pelo Método DRIS (Tabela 11), a ordem de limitação a partir da porcentagem de ocorrência de limitação total nas análises foliares para a soja transgênica foi  $P > N > Ca = Mg > Mn > Fe = Zn > Cu > S > K$ . É possível observar que, as maiores diferenças entre o método das Faixas de Concentração e o método DRIS na avaliação do estado nutricional da soja transgênica foram para as variáveis K (93,93 %), Zn (90,25 %), Cu (87,31 %), N (86,66 %) e S (40,91 %). Estes resultados indicam que, o método das Faixas de Concentração apresentou maior quantidade de amostras de folha com deficiência de tais nutrientes do que o método DRIS. Essas diferenças entre os métodos de diagnose também foram encontradas para as mesmas variáveis na avaliação pelo método DRIS para a soja convencional. Apenas o nutriente S foi acrescentado neste diagnóstico na avaliação da soja transgênica.

Entretanto quando se observa a ordem de limitação pela porcentagem de ocorrência de limitação total na soja transgênica, os nutrientes que mais se destacam como limitantes são P, N, Ca, Mg e Mn (Tabela 11). Com exceção do N, esse resultado diverge da interpretação pelo método das Faixas de Concentração, pois os nutrientes que mais apresentaram problemas de deficiência nas amostras de soja tanto convencional como transgênica foram N, K, Cu e Zn (Tabelas 5 e 6). Este diagnóstico DRIS pela porcentagem

de ocorrência de limitação total também apresentou diferenças entre os dois tipos de soja. Para soja convencional os nutrientes mais limitantes foram N, Fe, Cu, P e Zn.

**Tabela 11.** Porcentagem de ocorrência dos nutrientes mais limitantes por deficiência, diagnosticados pelos índices DRIS, obtidos pela análise foliar para cultura da soja em 260 glebas de soja transgênica na região Sudeste do Estado de Goiás. Safra 2009/2010

| Variável | % de Ocorrência <sup>1</sup> |             |             |             |       | Diferença em relação às Faixas de Concentração (%) <sup>2</sup> |        |
|----------|------------------------------|-------------|-------------|-------------|-------|-----------------------------------------------------------------|--------|
|          | Total                        | 1ª<br>Ordem | 2ª<br>Ordem | 3ª<br>Ordem | Média |                                                                 |        |
| N        | 13,34                        | 22,31       | 18,46       | 13,85       | 18,21 | 86,66                                                           | 81,79  |
| P        | 13,50                        | 23,08       | 15,38       | 10,00       | 16,15 | -12,70                                                          | -15,35 |
| K        | 6,07                         | 1,54        | 7,31        | 5,77        | 4,87  | 93,93                                                           | 95,13  |
| Ca       | 11,02                        | 10,38       | 12,69       | 12,69       | 11,92 | 4,78                                                            | 3,88   |
| Mg       | 11,02                        | 9,62        | 11,92       | 8,85        | 10,13 | 10,48                                                           | 11,37  |
| S        | 7,19                         | 9,62        | 5,00        | 10,00       | 8,21  | 40,91                                                           | 39,89  |
| Cu       | 9,19                         | 11,92       | 9,62        | 10,00       | 10,51 | 87,31                                                           | 85,99  |
| Fe       | 9,35                         | 5,00        | 7,31        | 15,00       | 9,10  | -9,35                                                           | -9,10  |
| Mn       | 9,98                         | 8,46        | 10,38       | 12,69       | 10,51 | -9,98                                                           | -10,51 |
| Zn       | 9,35                         | 5,38        | 8,08        | 11,15       | 8,21  | 90,25                                                           | 91,39  |

<sup>1</sup> Na % de ocorrência total consideram-se todos os índices negativos, nas % de ocorrência de 1ª, 2ª e 3ª ordem consideram-se os primeiros, os segundos e os terceiros índices mais negativos de cada gleba respectivamente e a média refere-se a média entre as três % de ocorrência anteriores; <sup>2</sup> A primeira coluna é a diferença entre porcentagem de ocorrência de amostras na classe abaixo da adequada, pelo método das Faixas de Concentração proposto por Malavolta et al. (1997) e a porcentagem de ocorrência total pelo método DRIS. A segunda coluna é a diferença entre porcentagem de ocorrência de amostras na classe abaixo da adequada, pelo método das Faixas de Concentração proposto por Malavolta et al. (1997) e a porcentagem de ocorrência média pelo método DRIS.

Para aumentar a confiabilidade do diagnóstico pelo método DRIS fez-se a ordenação de deficiência interpretada pela média das três ordens mais limitantes. Assim, obteve-se a seguinte ordem: N > P > Ca > Cu = Mn > Mg > Fe > Zn = S > K para as amostras de soja transgênica. Observa-se na Tabela 11 que as maiores diferenças entre o método DRIS e o das Faixas de Concentração para soja transgênica foram para as variáveis K (95,1 %), Zn (91,3 %), Cu (85,9 %), N (81,7 %) e S (39,8 %). Essas diferenças são semelhantes à obtida pela porcentagem de ocorrência de limitação total.

O diagnóstico pelo método DRIS para os dois tipos de soja apresentou algumas concordâncias como, N e P foram os mais limitantes por deficiência, o que fica evidenciado quando se verifica que esses nutrientes aparecem como os mais negativos nas porcentagens de ocorrência de primeira ordem em considerável número de amostras. Para a soja convencional, observa-se que 31,0 % e 17,4 % das amostras apresentaram N e P como os nutrientes com índices mais negativos em primeira ordem respectivamente

(Tabela 10). Para a soja transgênica, 22,3 % e 23,0 % das amostras apresentaram N e P com índices mais negativos na porcentagem de ocorrência de primeira ordem respectivamente (Tabela 11).

Outro resultado em comum, para os dois tipos de soja, é que o nutriente K não foi considerado um dos mais limitantes pelo método DRIS, apesar de ter sido identificado como um dos mais limitantes pelo método das Faixas de Concentração.

O método DRIS também diagnosticou para os dois tipos de soja, mais amostras deficientes em P, Mn e Fe do que o método das Faixas de Concentração. Para a soja transgênica, 12,7 %, 9,9 % e 9,3 % das amostras apresentaram deficiência respectivamente desses nutrientes (Tabela 11). O método das Faixas de Concentração não apresentou amostras de soja convencional e transgênica deficientes em Fe e Mn, e ainda classificou todas as amostras que foram interpretadas segundo Malavolta et al. 1997 como acima da faixa adequada para estes nutrientes (Tabelas 5 e 6).

Para os dois métodos de interpretação, grande parte das glebas de soja convencional e de soja transgênica apresentou como nutriente mais limitante por deficiência o N. Apesar do método das Faixas de Concentração apresentar 87,9 % e 86,6 % de amostras deficientes a mais que o método DRIS respectivamente para soja convencional e para soja transgênica, esse nutriente obteve uma grande porcentagem de amostras limitantes em primeira e segunda ordem (Tabelas 10 e 11). Esse resultado tem grande expressão no diagnóstico de nutrientes mais limitantes a produção e supre a carência dos métodos tradicionais de interpretação neste sentido.

Portanto, o método das Faixas de Concentração indicou que os nutrientes em comum, que estão limitantes por deficiência nas análises de folha de soja convencional e transgênica foram N, K, Cu e Zn. O método DRIS indicou os mesmos nutrientes deficientes nas amostras de soja convencional, exceto o K.

Na interpretação das análises foliares pelo método DRIS, houve algumas diferenças na ordem de limitação dos nutrientes entre os dois tipos de soja, entretanto os nutrientes N e P foram os mais limitantes em comum aos dois tipos de soja. Ainda, este método apresentou maior sensibilidade para diagnosticar deficiências de micronutrientes do que o método das Faixas de Concentração, especialmente para Fe, Zn e Mn, verificando-se limitações nas análises foliares tanto da soja convencional como da soja transgênica.

O nutriente Mn atua como ativador de enzimas, participa da fotólise da água no fotossistema II e da formação da clorofila (Sfredo & Borkert, 2004). Segundo Malavolta (1980), a cultura da soja absorve aproximadamente 806 g ha<sup>-1</sup> de Mn, desse total, apenas 88 g é exportado para os grãos, considerando uma produtividade média de 3.093 kg ha<sup>-1</sup>. Portanto, a redistribuição desse nutriente da parte vegetativa para a reprodutiva é considerada baixa.

O nutriente Fe participa das funções enzimáticas catalisadas pela catalase, peroxidase, nitrogenase, leghemoglobina e ferredoxina (Sfredo & Borkert, 2004). A falta de Fe diminui a fixação biológica de nitrogênio (Malavolta, 1980), diminui as moléculas de ácido ribonucleico (RNA) e a taxa de síntese de proteínas (Sfredo & Borkert, 2004). Uma cultura bem desenvolvida e no estágio de máximo acúmulo de matéria seca da parte aérea, necessita 4,6 kg ha<sup>-1</sup> de ferro. Desta quantidade, 677 g são exportadas para 3.093 kg ha<sup>-1</sup> de grãos de soja (Malavolta, 1980).

A disponibilidade de Mn e Fe para as plantas é altamente dependente do pH do solo. O aumento do pH faz com que o teor dos elementos diminuam no solo, levando à sintomas de deficiência nas folhas (Sfredo e Borkert, 2004). Em locais sob Sistema de Plantio Direto (SPD), em especial em solos de Cerrado, existem alguns relatos de deficiências de Mn, causadas pela má distribuição de corretivo que é aplicado superficialmente nos solos, e consequentemente traz aumento de pH (Tanaka et al., 1992; Motta & Prevedello, 1995). Chimello (2001) ao avaliar o efeito residual da calagem e do Mn nos teores de Mn na parte aérea da soja, verificou diminuição nos teores na planta de 610 mg kg<sup>-1</sup> para 58 mg kg<sup>-1</sup> de Mn quando o pH foi elevado de 4,1 a 5,4.

Entretanto, solos com elevado teor de Mn vêm revelando deficiências em soja (Pauletti, 1998). Moreira et al. (2001) estudaram três tipos de solo e encontraram na camada de 0 a 5 cm, pH acima de 5,0, antes da calagem, ou seja condições ideais de disponibilidade para Mn e constataram que os teores de Mn extraídos do solo não estavam disponíveis às plantas, mas sim ligados à matéria orgânica, e então diminuindo as concentrações foliares de Mn.

Portanto, as deficiências de Mn e Fe encontradas nas áreas de amostragens neste trabalho podem ser fruto de dois fatores, a calagem inadequada, elevando o pH das camadas superficiais do solo ou estar relacionada com os altos teores de matéria orgânica proporcionados por longo período de SPD, que complexam íons Mn e Fe.

Moreira et al. (2006) avaliaram diferentes extratores de micronutrientes do solo para a medir a disponibilidade de Mn em solos sob SPD com a cultura da soja. Com base nos resultados obtidos pela extração sequencial e pela ressonância paramagnética eletrônica, concluíram que grande parte do Mn aplicado nos solos sob SPD é retida na fração orgânica em formas estáveis, não-disponíveis às plantas. Os autores concluíram que a ausência de efeito do Mn na produtividade da soja pode ser devida à complexação do nutriente pela matéria orgânica.

Outro fator que também pode ter contribuído para reduzir a disponibilidade dos nutrientes Fe e Mn para a soja transgênica, é a aplicação do herbicida glifosato. Diversos estudos têm mostrado que o glyphosate diminui a disponibilidade dos micronutrientes e a produção de matéria seca nas plantas (Franzen et al., 2003; Johal & Huber, 2009; Zobiole et al., 2010a; Zobiole et al., 2012). O efeito dessa diminuição poderia ser atribuído à redução das reações fotossintéticas (Reddy et al., 2004) ou à imobilização de micronutrientes catiônicos (Cu, Fe, Mn e Zn) pelo glyphosate, devido à habilidade desse herbicida em formar complexos insolúveis entre glyphosate-metal (Coutinho & Mazo, 2005).

Huber, (2007) observou que a aplicação de glifosato em soja RR resultou na diminuição da população dos organismos redutores e aumento de organismos oxidantes de Mn na rizosfera da planta. Este aumento da população de organismos oxidantes favoreceu a transformação do  $Mn^{2+}$  (forma ativa, absorvível pelas plantas) em  $Mn^{4+}$  (forma inativa, não absorvível pelas plantas) causando, como consequência, deficiência de Mn na soja RR.

Uma outra explicação para as deficiências de Fe e Mn indicados pelo DRIS, pode estar relacionada com os altos teores dos elementos encontrados nas glebas com altas produtividades, o que acarretou numa superestimação das normas, provocando falsos diagnósticos de deficiências.

Outros nutrientes que apresentaram problemas de deficiência mais elevada nas amostras de soja transgênica foram Ca e Mg. O nutriente Ca participa da formação de compostos com fosfatos, pectatos e oxalatos. É essencial para o crescimento meristemático e funcionamento apropriado dos ápices radiculares, atua como moderador da ação de hormônios, regulando a germinação, crescimento e senescência (Arantes & Souza, 1993). Ativa enzimas relacionadas ao metabolismo do P e atua na manutenção da integridade funcional da membrana e da parede celular (Sfredo & Borkert, 2004). Influi diretamente no rendimento das culturas, ao melhorar as condições das raízes, estimula a atividade

microbiana, auxiliar na disponibilidade de Mo e é requerido em grandes quantidades pelas bactérias fixadoras de nitrogênio (Arantes & Souza, 1993).

Segundo Arantes & Souza (1993), a soja necessita de uma grande quantidade de Ca para um bom desenvolvimento da parte aérea da soja,  $155 \text{ kg ha}^{-1}$  de Ca para uma produção de  $18 \text{ t ha}^{-1}$  de matéria seca, enquanto é exportado para os grãos apenas  $6 \text{ kg ha}^{-1}$ .

O nutriente Mg é um ativador de várias enzimas relacionadas à síntese de carboidratos e de ácidos nucleicos (Sfredo & Borkert, 2004). O Mg é o átomo central da molécula de clorofila, correspondendo a 2,7 % ( $27 \text{ g kg}^{-1}$ ) do peso da clorofila e, portanto, fundamental nos processos da fotossíntese (Azambuja, 1996). O fornecimento de Mg aumenta a fixação simbiótica do nitrogênio, através da maior atividade fotossintética que resulta no aumento da produção de carboidratos que é direcionado para os nódulos (Malavolta, 1980).

Segundo Arantes & Souza (1993), a cultura da soja necessita em média de  $72 \text{ kg ha}^{-1}$  de Mg para uma produção de  $18 \text{ t ha}^{-1}$  de matéria seca, sendo que uma pequena parte dessa quantidade, cerca de  $7 \text{ kg ha}^{-1}$ , é retida pelos grãos, que representam 9,7 % do total.

As deficiências de Ca e Mg observadas neste trabalho, mais especificamente para as amostras de soja transgênica podem estar relacionadas com a aplicação do herbicida glifosato, visto que em todas as áreas de amostragem foi realizado a correção do solo com calcário dolomítico com doses variando de 2,0 a  $3,0 \text{ t ha}^{-1}$ . Stanzani et al. (2007) observaram que quatro dias após a aplicação do glifosato, a translocação de Ca e Mg para as raízes e o hipocótilo foi drasticamente reduzida, indicando que para esses nutrientes a modificação genética proporcionou diminuição de seus teores em relação ao material não modificado, que não recebeu aplicação do herbicida.

O nutriente P, ao contrário da interpretação pelo método das Faixas de Concentração, foi considerado como um dos mais limitantes para os dois tipos de soja pelo método DRIS. Tais resultados corroboram com os obtidos por Almeida Neto & Brasil Sobrinho (1977), Lopes (1984) e Santos & Kliemann (2005) que o P é um dos nutrientes mais limitantes às culturas. Segundo Santos & Kliemann (2005), essa limitação de P é devido ao material de origem, e pelo P apresentar-se em formas pouco disponíveis aos vegetais e pelas características de elevada adsorção dos solos da região dos Cerrados.

O P é essencial nos processos de armazenamento e fornecimento de energia, principalmente por meio do trifosfato de adenosina (ATP). Este composto de alto conteúdo

energético promove os mecanismos de síntese dos componentes celulares como carboidratos, ácidos graxos, glicerídeos, proteínas e outros produtos (Sfredo & Borkert, 2004). Logo, o P atua participando dos processos da fotossíntese, respiração, armazenamento e transferência de energia, divisão e crescimento celular, dentre outros. Promove a rápida formação e crescimento das raízes (Novais et al., 2007). Entra na composição de nucleoproteínas e de fosfatídeos que ocorrem no grão de soja (Malavolta, 1980).

Em uma produção de aproximadamente de  $18 \text{ t ha}^{-1}$  de matéria seca da parte aérea de soja foram exigidos, em média,  $48 \text{ kg ha}^{-1}$  de P e para uma produtividade média de  $3.093 \text{ kg ha}^{-1}$  foram exportados  $16 \text{ kg ha}^{-1}$  de P para os grãos (Arantes & Souza, 1993). Lana et al. (2007) observou que doses crescentes de fósforo aumentou o teor foliar e a produtividade em soja. Segundo os autores, para uma produtividade adequada, a quantidade acumulada de P deve ficar em torno de  $20 \text{ kg ha}^{-1}$  nos grãos.

Corrêa et al. (2004) avaliaram o efeito de doses de fósforo e resíduos de plantas de cobertura na dinâmica do fósforo no solo e no desenvolvimento inicial da soja e observaram que o sistema radicular da soja responde até 15 cm e 30 cm, em função de  $50 \text{ kg ha}^{-1}$  e  $150 \text{ kg ha}^{-1}$  de fósforo, respectivamente aplicados, não apresentando diferença entre as espécies de cobertura. Outro resultado importante encontrados pelos autores foi que a matéria seca da parte aérea da soja aumenta tanto em função das doses de fósforo como das espécies de cobertura e a dose de  $150 \text{ kg ha}^{-1}$  é a mais eficiente.

Apesar de todas as áreas de amostragens deste trabalho terem recebido adubação fosfatada através das formulações de NPK 02-20-18 e 05-37-00, ainda, ocorreu limitação de P por deficiência. Uma das possíveis explicações para este resultado pode ser as doses utilizadas nas adubações, muitas vezes sem considerar o potencial produtivo das cultivares. Algumas áreas de amostragens receberam doses menores de adubo, como  $480 \text{ kg ha}^{-1}$  para fórmula 02-20-18. Outra explicação pode ser a alta capacidade de adsorção do P nos solos do Cerrado, passando de P lábil para P não-lábil e ficando indisponível para a cultura.

O Índice de Balanço Nutricional (IBN) reflete o estado nutricional de uma amostra de planta de forma global, ou seja considerando todos os nutrientes avaliados. Quanto mais próximo o IBN estiver de zero, significa que maior é o equilíbrio nutricional da planta. Nos Apêndices A e B encontram-se os IBN para cada gleba de soja convencional e transgênica respectivamente. Ao considerar um IBN adequado até 60,

observa-se no Apêndice A que, das 103 glebas de soja convencional, 31,0 % delas apresentam este equilíbrio nutricional. Enquanto que, para soja transgênica, das 260 glebas avaliadas, 21,5 % delas apresentaram-se nutricionalmente equilibradas.

Nas Tabelas 12 e 13 são apresentados os ajustes de equações de regressão polinomiais entre o teor do nutriente (variável independente) e o índice DRIS (variável dependente), respectivamente para as análises foliar de soja convencional e soja transgênica. As equações foram significativas para todas as variáveis pelo teste F.

**Tabela 12.** Equações de regressão polinomial entre a concentração da variável (Y) e o seu índice DRIS (X) na análise foliar, coeficiente de regressão ( $r^2$ ), nível de suficiência (NS), desvio padrão da população de alta produtividade (DP) e teste F para a cultura da soja, em 103 glebas de soja convencional na região Sudeste do Estado de Goiás. Safra 2009/2010

| Variável                  | NS     | DP    | Coeficiente da Equação $Y = a + bx + cx^2$ |   |         |   |   |                        | $r^2$ / teste F <sup>1</sup> |
|---------------------------|--------|-------|--------------------------------------------|---|---------|---|---|------------------------|------------------------------|
|                           |        |       | a                                          | b | c       |   |   |                        |                              |
| N (g kg <sup>-1</sup> )   | 33,75  | 6,51  | Y = 33,75811                               | + | 0,38570 | x | + | 0,01036 x <sup>2</sup> | 0,75**                       |
| P (g kg <sup>-1</sup> )   | 6,25   | 0,87  | Y = 6,25834                                | + | 0,07471 | x | - | 0,00013 x <sup>2</sup> | 0,66*                        |
| K (g kg <sup>-1</sup> )   | 12,00  | 1,62  | Y = 12,00435                               | + | 0,08876 | x | + | 0,00019 x <sup>2</sup> | 0,51**                       |
| Ca (g kg <sup>-1</sup> )  | 9,91   | 1,35  | Y = 9,91015                                | + | 0,13283 | x | + | 0,00080 x <sup>2</sup> | 0,69**                       |
| Mg (g kg <sup>-1</sup> )  | 4,07   | 0,79  | Y = 4,07236                                | + | 0,09991 | x | + | 0,00025 x <sup>2</sup> | 0,78**                       |
| S (g kg <sup>-1</sup> )   | 3,01   | 0,34  | Y = 3,01608                                | + | 0,02441 | x | - | 0,00016 x <sup>2</sup> | 0,39**                       |
| Cu (mg kg <sup>-1</sup> ) | 7,91   | 5,19  | Y = 7,91767                                | + | 0,24781 | x | + | 0,00114 x <sup>2</sup> | 0,96**                       |
| Fe (mg kg <sup>-1</sup> ) | 417,80 | 56,40 | Y = 417,80440                              | + | 5,48084 | x | + | 0,01451 x <sup>2</sup> | 0,59**                       |
| Mn (mg kg <sup>-1</sup> ) | 117,38 | 33,93 | Y = 117,38892                              | + | 2,70896 | x | + | 0,02643 x <sup>2</sup> | 0,90**                       |
| Zn (mg kg <sup>-1</sup> ) | 25,90  | 3,87  | Y = 25,90911                               | + | 0,24057 | x | + | 0,00842 x <sup>2</sup> | 0,51**                       |

<sup>1</sup>Nível de significância do teste F: \*\* significativo ao nível de 1 % de probabilidade.

Os coeficientes de regressão para as amostras de soja convencional foram baixos para muitos nutrientes (Tabela 12), com destaque para P (0,66), K (0,51), Ca (0,69), S (0,39), Fe (0,59) e Zn (0,51). Enquanto que, para as amostras de soja transgênica, esses coeficientes foram altos para a maioria dos nutrientes (Tabela 13), exceto para P (0,63) e K (0,64). Os baixos coeficientes de regressão diminuem a confiabilidade dos níveis de suficiência (NS) para estas variáveis nas análises foliares.

**Tabela 13.** Equações de regressão polinomial entre a concentração da variável (Y) e o seu índice DRIS (X) na análise foliar, coeficiente de regressão ( $r^2$ ), nível de suficiência (NS), desvio padrão da população de alta produtividade (DP) e teste F para a cultura da soja, em 260 glebas de soja transgênica na região Sudeste do Estado de Goiás. Safra 2009/2010

| Variável                  | NS     | DP    | Coeficiente da Equação $Y = a + bx + cx^2$ |   |         |   |   |         | $r^2$ / teste F <sup>1</sup> |
|---------------------------|--------|-------|--------------------------------------------|---|---------|---|---|---------|------------------------------|
|                           |        |       | a                                          | b | c       |   |   |         |                              |
| N (g kg <sup>-1</sup> )   | 31,96  | 6,47  | Y = 31,96083                               | + | 0,49903 | x | + | 0,00592 | x <sup>2</sup> 0,87**        |
| P (g kg <sup>-1</sup> )   | 6,25   | 2,09  | Y = 6,25194                                | + | 0,04822 | x | - | 0,00005 | x <sup>2</sup> 0,63**        |
| K (g kg <sup>-1</sup> )   | 12,08  | 1,75  | Y = 12,08857                               | + | 0,11338 | x | - | 0,00021 | x <sup>2</sup> 0,64**        |
| Ca (g kg <sup>-1</sup> )  | 11,17  | 2,89  | Y = 11,17762                               | + | 0,27439 | x | + | 0,00301 | x <sup>2</sup> 0,93**        |
| Mg (g kg <sup>-1</sup> )  | 4,36   | 1,24  | Y = 4,36500                                | + | 0,11610 | x | + | 0,00104 | x <sup>2</sup> 0,93**        |
| S (g kg <sup>-1</sup> )   | 2,26   | 0,45  | Y = 2,26920                                | + | 0,01761 | x | + | 0,00008 | x <sup>2</sup> 0,81**        |
| Cu (mg kg <sup>-1</sup> ) | 8,12   | 2,27  | Y = 8,12126                                | + | 0,22169 | x | + | 0,00250 | x <sup>2</sup> 0,93**        |
| Fe (mg kg <sup>-1</sup> ) | 386,74 | 95,60 | Y = 386,74205                              | + | 7,77797 | x | + | 0,07097 | x <sup>2</sup> 0,93**        |
| Mn (mg kg <sup>-1</sup> ) | 132,76 | 31,21 | Y = 132,76964                              | + | 3,11623 | x | + | 0,03349 | x <sup>2</sup> 0,91**        |
| Zn (mg kg <sup>-1</sup> ) | 23,78  | 4,14  | Y = 23,78066                               | + | 0,42137 | x | + | 0,00476 | x <sup>2</sup> 0,85**        |

<sup>1</sup> Nível de significância do teste F: \*\* significativo ao nível de 1 % de probabilidade.

A partir das equações de ajuste (Tabelas 12 e 13) obteve-se os níveis de suficiência para cada variável das análises de folha de soja convencional e transgênica, pelo método DRIS para o procedimento de cálculo proposto por Alvarez & Leite (1992). O procedimento para gerar os níveis de suficiência foi o proposto por Oliveira & Sousa (1988) e Oliveira (1993).

Através dos níveis de suficiência foram obtidas as faixas de suficiência (FS) para a soja convencional e para a soja transgênica (Tabela 14) para cada variável da análise de folha e comparadas às Faixas de Concentração (Tabela 2).

Ao comparar as FS obtidas pelo DRIS com as Faixas de Concentração propostas por Sfredo et al. (1986) e Malavolta et al. (1997), verifica-se na Tabela 14 que, para os nutrientes N, K e Cu, as FS tiveram os limites inferiores e superiores reduzidos e para os nutrientes P, Fe e Mn os limites inferiores e superiores foram aumentados tanto para soja convencional como para a soja transgênica. Para os nutrientes Ca e Mg, as FS tiveram seus limites inferiores e superiores aumentados quando comparados com as Faixas de Concentração propostas por Malavolta et al. (1997). Mas quando comparados com as Faixas de Concentração proposta por Sfredo et al. (1986), os limites superiores foram reduzidos para os dois tipos de soja.

Para o nutriente S na soja convencional e transgênica, quando se compara as FS deste elemento com a Faixa de Concentração proposta por Sfredo et al. (1986), os limites inferiores foram aumentados e os limites superiores foram reduzidos. Entretanto, quando se compara com a Faixa de Concentração proposta por Malavolta et al. (1997), os limites inferior e superior da FS foram aumentados para soja convencional. Já, para soja transgênica, os limites inferior e superior da FS foram reduzidos (Tabela 14).

Para o nutriente Zn na soja convencional e transgênica, quando se compara as FS deste elemento com a Faixa de Concentração proposta por Sfredo et al. (1986), os limites inferiores foram aumentados e os limites superiores foram reduzidos. Mas quando se compara com a Faixa de Concentração proposta por Malavolta et al. (1997), os limites inferior e superior da FS foram reduzidos (Tabela 14).

**Tabela 14.** Faixas de suficiência (FS) para interpretação dos resultados de análises químicas folha para cultura da soja convencional e transgênica

| Variável da análise foliar | FS soja convencional <sup>1</sup> | FS soja transgênica <sup>1</sup> |
|----------------------------|-----------------------------------|----------------------------------|
| N (g kg <sup>-1</sup> )    | 33,75 - 40,26                     | 31,96 - 38,43                    |
| P (g kg <sup>-1</sup> )    | 6,25 - 7,12                       | 6,25 - 8,34                      |
| K (g kg <sup>-1</sup> )    | 12,00 - 13,62                     | 12,08 - 13,83                    |
| Ca (g kg <sup>-1</sup> )   | 9,91 - 11,26                      | 11,17 - 14,06                    |
| Mg (g kg <sup>-1</sup> )   | 4,07 - 4,86                       | 4,36 - 5,60                      |
| S (g kg <sup>-1</sup> )    | 3,01 - 3,35                       | 2,26 - 2,71                      |
| Cu (mg kg <sup>-1</sup> )  | 7,91 - 13,10                      | 8,12 - 10,39                     |
| Fe (mg kg <sup>-1</sup> )  | 417,80 - 474,20                   | 386,74 - 482,34                  |
| Mn (mg kg <sup>-1</sup> )  | 117,38 - 151,31                   | 132,76 - 163,97                  |
| Zn (mg kg <sup>-1</sup> )  | 25,90 - 29,77                     | 23,78 - 27,92                    |

<sup>1</sup> Obtida através da soma do nível de suficiência (NS) com o Desvio padrão (DP) da população de referência, sendo o NS o limite inferior e o limite superior a soma com o DP.

Nas tabelas 15 e 16 são apresentadas as distribuições de frequência das amostras de soja convencional e transgênica, respectivamente, interpretadas segundo as faixas de suficiência obtidas pelo método DRIS para os dois tipos de soja (Tabela 14). A interpretação baseada nas faixas de suficiência obtidas pelo método DRIS para a soja convencional (Tabela 15), indica que os nutrientes que apresentaram maiores porcentagens de amostras de soja convencional abaixo dos níveis adequados foram N (63,1 %), P (61,2 %) e Mg (61,2 %). Observa-se também na Tabela 15 que a ordem de limitação dos nutrientes para soja convencional foi N > P = Mg > Fe > Zn > Mn > Cu > S > K > Ca.

**Tabela 15.** Distribuição de frequência dos nutrientes N, P, K, Ca, Mg, S, Cu, Fe, Mn e Zn, obtida pela análise de foliar em 103 glebas de soja convencional na região Sudeste do Estado de Goiás. Safra 2009/2010

| Variável                  | Critério de Interpretação <sup>1</sup> |          |       |
|---------------------------|----------------------------------------|----------|-------|
|                           | Abaixo                                 | Adequado | Acima |
|                           | -----%                                 |          |       |
| N (g kg <sup>-1</sup> )   | 63,1                                   | 27,2     | 9,7   |
| P (g kg <sup>-1</sup> )   | 61,2                                   | 21,3     | 17,5  |
| K (g kg <sup>-1</sup> )   | 39,8                                   | 40,8     | 19,4  |
| Ca (g kg <sup>-1</sup> )  | 38,8                                   | 44,7     | 16,5  |
| Mg (g kg <sup>-1</sup> )  | 61,2                                   | 35,9     | 2,9   |
| S (g kg <sup>-1</sup> )   | 42,7                                   | 46,6     | 10,7  |
| Cu (mg kg <sup>-1</sup> ) | 50,5                                   | 42,7     | 6,8   |
| Fe (mg kg <sup>-1</sup> ) | 57,3                                   | 28,1     | 14,6  |
| Mn (mg kg <sup>-1</sup> ) | 53,4                                   | 24,3     | 22,3  |
| Zn (mg kg <sup>-1</sup> ) | 54,4                                   | 32,0     | 13,6  |

<sup>1</sup> Baseado nas faixas de suficiência obtidas pelo método DRIS para soja convencional deste trabalho.

Para as cultivares de soja transgênica, a interpretação baseada nas faixas de suficiência obtidas pelo método DRIS para a soja transgênica (Tabela 16), indica que os nutrientes que apresentaram maiores porcentagens de amostras abaixo dos níveis adequados foram P (71,5 %) e N (63,5 %). Observa-se ainda na Tabela 16 que a ordem de limitação dos nutrientes para soja transgênica foi P > N > Fe > Zn > Mn > Ca > Cu > K > Mg > S.

Uma grande quantidade de amostras apresentou deficiência de N tanto na interpretação pelo método das Faixas de Concentração quanto pelo método DRIS. Entretanto, utilizando as faixas de suficiência obtidas através do método DRIS, observa-se que a porcentagem de amostras com deficiência de N é menor do que pelo método das Faixas de Concentração. Esse resultado se deve a diminuição dos teores de nutrientes nas faixas obtidas através do método DRIS (Tabela 14). Já, para o nutriente P foi observada uma alta porcentagem de amostras deficientes neste nutriente tanto nas amostras de soja convencional como nas amostras de soja transgênica, interpretadas pelas faixas de suficiência DRIS (Tabela 15 e 16). Pelo método das Faixas de Concentração, quase não foi observada amostras com deficiência de P.

**Tabela 16.** Distribuição de frequência dos nutrientes N, P, K, Ca, Mg, S, Cu, Fe, Mn e Zn, obtida pela análise de foliar em 260 glebas de soja transgênica na região Sudeste do Estado de Goiás. Safra 2009/2010

| Variável                  | Critério de Interpretação <sup>1</sup> |          |       |
|---------------------------|----------------------------------------|----------|-------|
|                           | Abaixo                                 | Adequado | Acima |
|                           | -----%                                 |          |       |
| N (g kg <sup>-1</sup> )   | 63,5                                   | 25,7     | 10,8  |
| P (g kg <sup>-1</sup> )   | 71,5                                   | 28,1     | 0,4   |
| K (g kg <sup>-1</sup> )   | 31,5                                   | 46,6     | 21,9  |
| Ca (g kg <sup>-1</sup> )  | 44,6                                   | 41,2     | 14,2  |
| Mg (g kg <sup>-1</sup> )  | 21,5                                   | 62,3     | 16,2  |
| S (g kg <sup>-1</sup> )   | 15,0                                   | 71,5     | 13,5  |
| Cu (mg kg <sup>-1</sup> ) | 36,5                                   | 51,2     | 12,3  |
| Fe (mg kg <sup>-1</sup> ) | 51,5                                   | 41,6     | 6,9   |
| Mn (mg kg <sup>-1</sup> ) | 48,1                                   | 34,2     | 17,7  |
| Zn (mg kg <sup>-1</sup> ) | 48,8                                   | 42,0     | 9,2   |

<sup>1</sup> Baseado nas faixas de suficiência obtidas pelo método DRIS para soja transgênica deste trabalho.

Para os nutrientes N, K, Ca, Mg, Cu e Zn foi visível a redução dos teores dos nutrientes nas faixas para interpretação das análises foliares para os dois tipos de soja quando comparadas às Faixas de Concentração de Sfredo et al. (1986) e Malavolta et al. (1997). Esses resultados se devem ao método de cálculo na obtenção das faixas e também às diferenças edafoclimáticas e genéticas das cultivares no momento da determinação das faixas. Foi observada inclusive diferenças nos teores de nutrientes entre as faixas de suficiência obtidas pelo Método DRIS para a soja convencional e soja transgênica.

Kurihara et al. (2008) estabeleceram os teores adequados de nutrientes para soja e algodão, por meio do ajuste de um modelo de regressão para o teor foliar de nutrientes em função do índice DRIS e observaram que as faixas estabelecidas pelo DRIS apresentaram redução em suas amplitudes para alguns nutrientes e elevação para outros nutrientes em relação às Faixas de Concentração clássicas. Os autores também observaram grandes diferenças entre as faixas obtidas pelo DRIS com análises foliares com e sem o pecíolo das folhas.

O DRIS tem grande potencial para obtenção de faixas de suficiência para interpretação das análises de folha, porém a discriminação dessas faixas por região, produtividade da população de referência, cultivares, parte da planta amostrada, sistemas de preparo do solo, constitui-se em um refinamento importante para obter confiabilidade e precisão nas interpretações.

## **5 CONCLUSÕES**

Os resultados permitem concluir que:

- 1) Os métodos de diagnose avaliados neste trabalho apresentaram algumas interpretações distintas tanto para soja convencional como para soja transgênica;
- 2) O nutriente N é o mais limitante para a cultura da soja nas áreas de amostragem da região Sudeste de Goiás obtido pela análise foliar, diagnosticado pelos métodos das Faixas de Concentração e DRIS;
- 3) Os nutrientes N e P são os mais limitantes para a cultura da soja nas áreas de amostragem da região Sudeste de Goiás obtido pela análise foliar, diagnosticado pelo método DRIS;
- 4) Por meio do DRIS é possível estabelecer a ordem de limitação dos nutrientes nas análises de folha de soja convencional e soja transgênica;
- 5) Estabeleceu-se normas para composição de bancos de dados para soja convencional e para soja transgênica para a utilização do DRIS na região Sudeste do Estado de Goiás e
- 6) O método DRIS possibilitou a determinação de faixas de suficiência específicas para soja convencional e para soja transgênica.

## 6 REFERÊNCIAS

- ABREU, C. A.; LOPES, A. S.; SANTOS, G. C. G. Micronutrientes. 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, MG: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2007. cap. 11, p. 646-736.
- ALMEIDA NETO, J. X.; SOBRINHO, M. O. C. Fixação de fósforo em três solos sob Cerrado de Goiás. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 1, n. 1, p. 12-15, 1977.
- ALVAREZ, V. H. & LEITE, R. A. Fundamentos estatísticos das fórmulas usadas para cálculo dos índices dos nutrientes no Sistema Integrado de Diagnóstico e Recomendação – DRIS. In: REUNIÃO BRASILEIRA DE FERTILIDADE DO SOLO E NUTRIÇÃO DE PLANTAS, 20., 1992, Piracicaba. **Anais...** Piracicaba: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 1992. p. 186-187.
- ALVAREZ, V. H., ROSCOE, R., KURIHARA, C. H., PEREIRA, N. F. Enxofre. 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. cap. 10, p. 595-644.
- ALVES, A. R.; PASSOS, M. A. A.; HOLANDA, A. C. Níveis críticos de potássio para o crescimento inicial de nim (*Azadirachta indica* A. juss.) em solos a zona da mata de Pernambuco. **Revista Verde**, Mossoró, v. 5, n. 1, p. 58-71, 2010.
- AMORIM, F. A. **Efeito do gene CP4 EPSPS na produtividade de óleo em populações de soja**. 2011. 198 f. Tese (Doutorado em Agronomia) Escola Superior “Luiz de Queiroz” (ESALQ). – Piracicaba, 2011.
- ANUÁRIOS. **Anuário Brasileiro de Algodão**. Rio Grande do Sul: Editora Gazeta Santa Cruz do Sul, 2012. 79 p. Disponível em: <<http://www.anuarios.com.br/>> Acesso em: 02 dez. 2012.
- APROSOJA, Associação dos Produtores de Soja e Milho do Estado de Mato Grosso. **Notícias sobre o plantio de cultivares de soja transgênica safra 2010/2011**. Disponível em: <<http://www.aprosoja.com.br/comunicacao/noticias>>. Acesso em: 22 Nov. 2012.
- ARANTES, N. E.; SOUZA, P. I. de M de. **Cultura da soja nos cerrados**. Piracicaba: POTAFOS, 1993. 535 p.

AZAMBUJA, J. M. V. **O solo e o clima na produtividade agrícola**: agrometeorologia, fitossanidade, conservação do solo, fertilidade do solo, edafologia e calagem. Guaíba: Agropecuária, 1996. 164 p.

BALDOCK, J. O. & SCHULTE, E. E. Plant analysis with standardized scores combines DRIS and sufficiency range approaches for corn. **Agronomy Journal**, Madison, v. 88, n. 3, p. 448-456, 1996.

BATAGLIA, O. C. & DECHEN, A. R. Critérios alternativos para diagnose foliar. In: SIMPÓSIO AVANÇADO DE QUÍMICA E FERTILIDADE DO SOLO, 1., 1986, Piracicaba. **Anais...** Campinas: Fundação Cargill, 1986, p. 179.

BATAGLIA, O. C. & DECHEN, A. R. Princípios da diagnose foliar. In: ALVAREZ, V. H.; FONTES, L. E.; FONTES, M. P. F. (Ed.). **O solo nos grandes domínios morfológicos do Brasil e o desenvolvimento sustentável**. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo/Universidade Federal de Viçosa, 1996. p. 646-659.

BATAGLIA, O. C.; DECHEN, A. R.; SANTOS, W. R. dos. Diagnose visual e análise de plantas. In: REUNIÃO BRASILEIRA DE FERTILIDADE DO SOLO E NUTRIÇÃO DE PLANTAS, 20., 1992, Piracicaba. **Anais...** Piracicaba: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 1992. p. 369-393.

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 de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 14, n. 3, p. 339-344, 1990.

BATAGLIA, O. C.; TEIXEIRA, J. P. F.; FURLANI, P. R.; FURLANI, A. M. C.; GALLO, J. R. **Análise química de plantas**. Campinas: Instituto Agrônomo, 1978. 31 p. (Boletim Técnico, 87).

BEAUFILS, E. R. **Contribution to the study of mineral elements it field latex**. London: Proc. 3<sup>rd</sup> Rubb. Tech. Conf., 1954. 87 p.

BEAUFILS, E. R.; Pesquisa de uma exploração racional de hévea após um diagnostico fisiológico demorado sobre a análise mineral de diversas partes da planta. **Fertilité**, Paris, v. 3, n. 27, p. 27-38, 1957.

BEAUFILS, E. R. Physiological diagnosis: a guide for improving maize production based on principles developed for rubber trees. **Fertilizer Society of South African Journal**, Pietermaritzburg, v. 1, n. 1, p. 1-30, 1971.

BEAUFILS, E. R. **Diagnosis and Recommendation Integrated System (DRIS). A general scheme for experimentation and calibration based on principles developed from research in plant nutrition**. Pietermaritzburg: University of Natal, Soil Science. 1973. 132 p. (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. In: South African Sugar Technologists Association, 50., 1976, KwaZulu-Natal. **Proceedings...** KwaZulu-Natal: SASTA, 1976. p. 118-124.

BEAUFILS, E. R.; SUMNER, M. E. Effect of time of sampling on the diagnosis of the N, P, K, Ca and Mg requirements of sugarcane by DRIS approach. In: South African Sugar Technologists Association, 51., 1977, KwaZulu-Natal. **Proceedings...** KwaZulu-Natal: SASTA, 1977. p. 123-127.

BELL, P. F.; HALLMARK, W. B.; SABBE, W. E.; DOMBECK, D. G. Diagnosing nutrient deficiencies in soybean, using M-DRIS and critical nutrient level procedures. **Agronomy Journal**, Madison, v. 87, n. 5, p. 859-865, 1995.

BEVERLY, R. B. Comparison of DRIS and alternative nutrients diagnostic methods for soybean. **Journal of Plant Nutrition**, Philadelphia, v. 10, n. 8, p. 901-920, 1987a

BEVERLY, R. B. Modified DRIS method for simplified nutrient diagnostic of “Valencia” oranges. **Journal of Plant Nutrition**, Philadelphia, v. 10, n. 9, p. 1401-1408, 1987b.

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, n. 3, p. 237-256, 1986.

BEVERLY, R. B. **A practical guide to the Diagnosis and Recommendation Integrated System (DRIS)**. Atenas: Micro-Macro-Publishing, 1991. 87 p.

BORKERT, C. M.; YORINORI, J. T.; CORRÊA-FERREIRA, B. S.; ALMEIDA, A. M. R.; FERREIRA, L. P.; SFREDO, G. J. **Seja o doutor da sua soja**. Piracicaba: Potafós, 1994. 16 p. (Arquivo do Agrônomo, 5).

BORKERT, C. M.; FARIAS, J. R. B.; SFREDO, G. J.; TUTIDA, F.; SPOLADORI, C. L. Resposta da soja à adubação e disponibilidade de potássio em Latossolo Roxo Eutrófico. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.32, n. 1, p. 1009-1022, 1997.

BRASIL. Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento. **Registro Nacional de Cultivares – RNC**. Disponível em: <http://extranet.agricultura.gov.br/php/snpc/cultivarweb/>. Acesso em: 25 mar. 2013

CAMACHO, M. A.; VARGAS DA SILVEIRA, M.; CAMARGO, R.; NATALE, W. Faixas normais de nutrientes pelos métodos ChM, DRIS e CND e nível crítico pelo método de distribuição normal reduzida para laranjeira-pera. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 36, n. 1, p. 193-200, 2012.

CANTARELLA, 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. cap. 7, p. 376-449.

CANTARELLA, H.; RAIJ, B.; QUAGGIO, J. A. Situação da análise de solo e planta no Brasil. In: REUNIÃO BRASILEIRA DE FERTILIDADE DO SOLO E NUTRIÇÃO DE PLANTAS, 21., 1994, Petrolina. Fertilizantes: insumo básico para agricultura e combate à fome. **Anais...** Petrolina: EMBRAPA/CPATSA/SBCS, 1995. p. 9-33.

CHAPMANN, H. D. **Diagnosis criteria for plants and soils**. Riverside: University of California, 1973. 793 p.

CHIMELLO, M. A. **Efeito do pH do solo e da aplicação de manganês na distribuição e disponibilidade do micronutriente para a soja (*Glycine max.*(L.) Merrill)**. 2001. 107 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia, Ciência do Solo) - Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal, 2011.

COMISSÃO DE FERTILIDADE DO SOLO DO ESTADO DE GOIÁS. **Recomendações para o uso de corretivos e fertilizantes em Goiás**. Goiânia: UFG-Emgopa, 1988. 101 p. (5ª aproximação).

CONAB. Companhia Nacional de Abastecimento. **Estimativa de safra 2012/2013**. Disponível em: <<http://www.conab.gov.br/>>. Acesso em: 20 dez. 2012.

CONAB. Companhia Nacional de Abastecimento. **Estimativa de safra 2012/2013**. Disponível em: <<http://www.conab.gov.br/>>. Acesso em: 21 mar. 2013.

CORRÊA, J. C.; MAUAD, M.; ROSOLEM, C. Fósforo no solo e desenvolvimento de soja influenciado pela adubação fosfatada e cobertura vegetal. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 39, n. 12, p.1231-1237, 2004.

COUTINHO, C. F. B.; MAZO, L. H. Metallic complex with glyphosate: a review. **Química Nova**, São Paulo, v. 28, n. 6, p. 1038-1045, 2005.

CUNHA, P. P. da. **Sistema Integrado de Diagnose e Recomendação (DRIS) para a cultura da soja (*Glicine max* (L.) Merrill)**. 2002. 115 f. Dissertação (Mestrado em Produção Vegetal)-Escola de Agronomia, Universidade Federal de Goiás, Goiânia, 2002.

CZYCZA, R. V.; FONTANIVA, S.; LANA, M. C.; FRANDOLOSO, J. F.; VALE, F. Eficiência agrônômica de diferentes fertilizantes contendo enxofre para a cultura do milho. In: REUNIÃO BRASILEIRA DE FERTILIDADE DO SOLO E NUTRIÇÃO DE PLANTAS, 28., 2008. Londrina. **Anais...** Londrina: Embrapa Soja/SBCS/IAPAR/UEL, 2008. 1 CD-ROM

DAHNIKE, W. C.; OLSEN, R. A. Soil test correlation, calibration, and recommendation. In: WESTERMAN, R. L. (Ed.). **Soil testing and plant analysis**. 3. ed. Madison: American Society of Agronomy, 1990. p. 45-71.

DARA, S. T.; FIXEN, P.E. & GELDERMAN, R.H. Sufficiency level and diagnosis and recommendation integrated system approaches for evaluating the nitrogen status of the corn. **Agronomy Journal**, Madison, v. 84, n. 6, p. 1006-1010, 1992.

DENCK, J. C.; MUNIZ, A. S.; SILVA, M. A. G.; MATA, J. D. V. Adubação com enxofre para a cultura da soja, em solo da Região de Goioerê – PR. In: REUNIÃO BRASILEIRA DE FERTILIDADE DO SOLO E NUTRIÇÃO DE PLANTAS, 28., 2008. Londrina. **Anais...** Londrina: Embrapa Soja/SBCS/IAPAR/UDEL, 2008. 1 CD-ROM.

DIAS, J. R. M.; PEREZ, D. V.; SILVA, L. M.; LEMOS, C. O.; WADT, P. G. S. Normas DRIS para cupuaçuzeiro cultivado em monocultivo e em sistemas agroflorestais. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 45, n. 1, p. 64-71, 2010.

DOW, A. I.; ROBERTS, S. Proposal: Critical nutrient ranges for crop diagnosis. **Agronomy Journal**, Madison, v. 74, n. 2, p. 401-403, 1982.

DVORANEN, E. C.; OLIVEIRA JR., R. S.; CONSTANTIN, J.; CAVALIERI, S. D.; BLAINSKI, E. Nodulação e crescimento de variedades de soja rr sob aplicação de glyphosate, fluazifop- butyl e fomesafen. **Planta Daninha**, Viçosa, v. 26, n. 3, p. 619-625, 2008.

ELWALI, A. M. O & GASCHO, G. J. Soil testing, foliar analysis and DRIS as a guide for sugarcane fertilization. **Agronomy Journal**, Madison, v. 76, n. 3, p. 466-470, 1984.

EMBRAPA. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária – Sistemas de Produção, 2. **Tecnologias de produção de soja Paraná 2003**. Londrina: Embrapa/Soja, 2002. 195 p.

EMBRAPA. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária – Publicações institucionais sobre temas do agronegócio. **A Embrapa nos Biomas Brasileiros: Avanços no Manejo Sustentável dos Recursos Naturais**. Brasília: Embrapa/Sede, 2012. 16 p.

EPSTEIN, E.; BLOOM, A.J. **Nutrição mineral de plantas: princípios e perspectivas**. 2.ed. Londrina: Planta, 2006. 403 p.

ERNANI, P. R.; ALMEIDA, J. A.; SANTOS, F. C. Potássio. 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. cap. 9, p. 552-594.

ESCANO, C. R.; JONES, C. A.; UEHARA, G. Nutrient diagnosis in corn on Hydric Dystrandepts: II. Comparison of two systems of tissue diagnosis. **Soil Science Society of America Journal**, Madison, v. 45, n. 3, p. 1140-1144, 1981.

EVANYLO, G. K.; SUMNER, M. E.; LETZSCH, W. S. Preliminary development and testing of DRIS soil norms for soybean production. **Communications in Soil Science and Plant Analysis**, New York, v. 18, n. 12, p. 1355-1377, 1987.

EVENHUIS, B.; WAARD, P. W. F. **Principles and practices in plant analysis**. Rome: FAO Soils, 1980. p. 152-163. (FAO. Bulletin, 38/1).

FAGERIA, N. K. Critical P, K, Ca and Mg contents in the tops of rice and peanut plants. **Plant and Soil**, Grahamstown, v. 45, n. 2, p. 421-431, 1976.

FAGERIA, N. K. Variação em diferentes estádios de crescimento do nível crítico de fósforo em plantas da arroz. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.11, n. 1, p. 77-80, 1987.

FAGERIA, N. K.; BALIGAR, V. C.; JONES, C. A. **Growth and mineral nutrition of field crops**. 1. ed. New York: Marcel Dekker, 1991. 476 p.

FAGERIA, N.K.; BALIGAR, V.C.; JONES, C.A. **Growth and mineral nutrition of field crops**. 2.ed. New York: Marcel Dekker, 1997. 656 p.

FARNEZI, M. M. M.; SILVA, E. B.; GUIMARÃES, P. T. G. Diagnose nutricional de cafeeiros da região do Alto Jequitinhonha (MG): normas DRIS e faixas críticas de nutrientes. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 33, n. 1, p. 969-978, 2009.

FEHR, W. R.; CAVINESS, C. E. **Stages of soybean development**. Ames: Iowa State University of Science and Technology, 1977. 11 p.

FIGUEIREDO, L. A.; BOARETTO, A. E.; RIBEIRINHO, V. S.; SILVA, D. E. Estado nutricional de soja transgênica e convencional tratadas com glifosato em solução nutritiva. **Revista Brasileira de Oleaginosas e Fibrosas**, Campina Grande, v. 13, n. 1, p. 19-27, 2009.

FRANZEN, D. W.; O'BARR, J. H.; ZOLLINGER, R. K. Interaction of a foliar application of iron HEDTA and three postemergence broadleaf herbicides with soybeans stressed from chlorosis. **Journal of Plant Nutrition**, London, v. 26, n. 12, p. 2365-2374, 2003.

FREUND, R. J.; LITTELL, R. C. **SAS for linear models: a guide to the ANOVA and GLM procedures**. Cary: SAS Institute, 1981. 231 p.

GOEDERT, W. J.; SOUSA, D. M. G. de; LOBATO, E. Fósforo. In: GOEDERT, W. J. (Ed.). **Solos dos Cerrados: tecnologia e estratégias de manejo**. São Paulo: Nobel, 1985. p. 129-163.

GUINDANI, R. H. P.; ANGHINONI, I.; NACHTIGALL, G. R. DRIS na avaliação do estado nutricional do arroz irrigado por inundação. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 33, n. 1, p. 109-118, 2009.

HALLMARK, W. B.; BEVERLY, R. B. Review: an update in the use of the diagnosis and recommendation integrated system. **Journal of Fertilizers**, Manchester, v. 8, n. 3, p. 74-88, 1991.

HALLMARK, W. B.; BEVERLY, R. B.; MORRIS, L. M.; SHUMAN, L. M.; WILSON, D. O.; BOSWELL, F. C.; ADAMS, J. F.; WALL, D. A. Continued modification of the M-DRIS for soybean. **Communications in Soil Science and Plant Analysis**, New York, v. 21, n. 13, p. 1313-1328, 1990a.

HALLMARK, W. B.; BEVERLY, R. B.; SUMNER, M. E.; MOOY, C. J. de; MORRIS, H. F.; PESEK, J.; FONTENOT, J.D. Soybean phosphorus and potassium requirements evaluation by three M-DRIS data base. **Agronomy Journal**, Madison, v. 82, n. 2, p. 323-328, 1990b.

HALLMARK, W. B.; WALWORTH, J. L.; SUMNER, M. E.; MOOY, C. J. de ; PESEK, J.; SHAO, K. P. Separating limiting from non-limiting nutrients. **Journal of Plant Nutrition**, Philadelphia, v. 10, n. 9, p. 1381-1390, 1987.

HANSON, R. G. DRIS evaluation of N, P, K status of determinant soybean in Brazil. **Communications in Soil Science and Plant Analysis**, New York, v. 12, n. 9 p. 933-948, 1981.

HANWAY, J. J.; WEBER, C. R. N, P and K percentages in soybean plant parts. **Agronomy Journal**, Madison, v. 63, n. 2, p. 286-290, 1971.

HARDISON, C. D.; QUADE, D.; LANGSTON, R. E. Nine functions for probability distributions. In: SAS INSTITUTE (Cary, Estados Unidos). **SUGI supplemental library user's guide**. Cary: SAS, 1983. p.229-236.

HARGER, N.; FIORETTO, R.; RALISCH, R. Avaliação nutricional da cultura da soja pelos métodos DRIS e Níveis de suficiência. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v. 24, n. 2, p. 219-224, 2003.

HOOGERHEIDE, H.C. **DRIS para avaliação do estado nutricional da soja em duas regiões do Cerrado brasileiro**. 2005. 94 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia: Solos e Nutrição de Plantas)-Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2005.

HUBER, D. M. **Efeitos do glifosato em doenças de plantas. Problemas de nutrição e de doenças de plantas na agricultura moderna: ameaças à sustentabilidade**. Piracicaba: IPNI, 2007. CD-ROM

HUNGRIA, M.; VARGAS, M.A.T. & ARAUJO, R.S. Fixação biológica de nitrogênio em feijoeiro. In: VARGAS, M.A.T. & HUNGRIA, M. (Ed.). **Biologia dos solos dos cerrados**. Planaltina, Embrapa-CPAC, 1997. p.189-294.

HUNGRIA, M.; CAMPO, R. J.; MENDES, I. C. **Fixação biológica do nitrogênio na cultura da soja**. Londrina: Embrapa Soja; Planaltina: Embrapa Cerrados, 2001. 48 p. (Embrapa Soja. Circular Técnica, 35; Embrapa Cerrados. Circular Técnica, 13).

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Distribuição de solos na região do Cerrado**, 1992. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br>>. Acesso em: 22 Nov. 2012.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **O bioma Cerrado, 2004**. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br>>. Acesso em: 22 Nov. 2012.

INOCÊNCIO, M. F.; RESENDE, A. V.; FURTINI NETO, A. E.; VELOSO, M. P.; FERRAZ, F. M.; HICKMANN, C. Resposta da soja à adubação com zinco em solo com teores acima do nível crítico. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 47, n. 10, p. 1550-1554, 2012.

ISAAA. Serviço Internacional para a Aquisição de Aplicações em Agrobiotecnologia. **Relatório de área plantada com transgênicos no Brasil 2010**. Disponível em: <http://www.agenciabrasil.gov.br/>. Acesso em: 22 Nov. 2012.

JOHAL, G. S.; HUBER, D. M. Glyphosate effects on disease and disease resistance in plants. **European Journal of Agronomy**, Montpellier, v. 31, n. 3, p. 144-152, 2009.

JONES, C. A. & BOWEN, J. E. Comparative DRIS and crop log analysis diagnosis of sugarcane tissue analysis. **Agronomy Journal**, Madison, v.73, n. 6, p. 941-944, 1981.

JONES, W. W. Proposed modifications of the diagnosis and recommendation integrated system (DRIS) for interpreting plant analyses. **Communications in Soil Science and Plant Analysis**, New York, v. 12, n. 8, p. 785-794, 1981.

JONES JR. J. B.; WOLF, B.; MILLES, H. A. **Plant analysis handbook: a practical sampling, preparation, analysis and interpretation guide**. Atenas: Micro-Macro-Publishing, 1991. 210 p.

KEISLING, T. C.; MULLIXINS, B. Statistical considerations for evaluating micronutrient tests. **Soil Science Society of America Journal**, Madison, v. 43, n. 6, p. 1181-1184, 1979.

KELLING, K. A.; SCHULTE, E. E. Review. DRIS as a part of a routine plant analysis program. **Journal of Fertilizers**, Manchester, n. 3, v. 3, p. 107-112, 1986.

KEOGH, J. L.; SABBE, W. B.; CAVINESS, C. E. Nutrient concentration of selected soybean cultivars. **Communications in Soil Science and Plant Analysis**, New York, v. 3, n. 1, p. 29-36, 1972.

KLIEMANN, H. J.; MAGALHÃES, R. T.; OLIVEIRA, I. P.; MORAES, M. F. Relações da produção de massa verde de *Brachiaria brizantha* com os índices de disponibilidade de nutrientes em solos sob o sistema Barreirão de manejo. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia, v. 33, n. 1, p. 49-56, 2003.

KURIHARA, C. H.; STAUT, L. A.; MAEDA, S. Faixas de suficiência para teores foliares de nutrientes em algodão e soja, definidas pelo uso do método DRIS de diagnose do estado nutricional. In: REUNIÃO BRASILEIRA DE FERTILIDADE DO SOLO E NUTRIÇÃO DE PLANTAS, 28., 2008. Londrina. **Anais...** Londrina: Embrapa Soja/SBCS/IAPAR/UEL, 2008. 1 CD-ROM.

LANA, R. M. Q; HAMAWAKE, O. T; LIMA, L. M. L; ZANÃO JUNIOR, L. A. Resposta da soja a doses e modos de aplicação de potássio em solos do Cerrado. **Bioscience Journal**, Uberlândia, v. 18, n. 2, p. 17-23, 2002.

LANA, R. M. Q.; BUCK, G. B.; LANA, M. Q.; PEREIRA, R. P. Doses multifosfato magnesiano aplicados a lanço em pré-semeadura, sob sistema plantio direto – cultura da soja. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 31, n. 6, p. 1654-1660, 2007.

LANA, R. M. Q.; OLIVEIRA, S. A.; LANA, Â. M. Q.; FARIA, M. V. Levantamento do estado nutricional de plantas de Coffea arabica L. PELO DRIS, NA Região do Alto Paranaíba-Minas Gerais. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 34, n. 1, p. 1147-1156, 2010.

LANTMANN, A.F.; PEREIRA, L.R.; ZOBIOLE, L.H.S.; CASTRO, C.; ORTIZ, F.R. Normas DRIS regionalizadas para avaliação do balanço nutricional da soja no Estado do Paraná. In: REUNIÃO DE PESQUISA DE SOJA DA REGIÃO CENTRAL DO BRASIL, 24., São Pedro, 2002. **Resumos...** Londrina, Embrapa Soja, 2002. p. 128.

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. 157 f. Tese (Doutorado em Agronomia: Produção Vegetal)-Escola de Agronomia, Universidade Federal de Goiás, Goiânia, 1998.

LETZSCH, W. S. & SUMNER, M. E. Effect of population size and yield level in selection of Diagnosis and recommendation Integrated System (DRIS) norms. **Communications in Soil Science and Plant Analysis**, New York, v.15, n. 9, p. 997-1006, 1984.

LOPES, A. S. **Solos sob Cerrado: Características, propriedades e manejo**. 2. ed. Piracicaba: Potafós, 1984. 162 p.

LOPES, A. S. **Micronutrientes: Filosofia de aplicação e eficiência agrônoma**. São Paulo: ANDA, 1999. 72 p. (Boletim Técnico, 8)

LOPES, A. S.; CARVALHO, J. G. de. Técnicas de levantamento e diagnose da fertilidade do solo. In: OLIVEIRA, A. J. de; GARRIDO, W. E.; ARAUJO, J. D. de; LOURENÇO, S. (Coord.). **Métodos de pesquisa em fertilidade do solo**. Brasília: EMBRAPA-SEA, 1991. p. 7-61. (EMBRAPA-SEA. Documentos, 3).

LOPES, A. S.; WIETHÖLTER, S.; GUILHERME, L. R. G.; SILVA, C. A. **Sistema plantio direto: bases para o manejo da fertilidade do solo**. São Paulo: ANDA, 2004. 110 p.

MAEDA, S. **Interpretação do estado nutricional de soja pelo DRIS no Mato Grosso do Sul**. 2002. 107 f. Tese (Doutorado em Agronomia: Produção Vegetal)-Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2002.

MAEDA, S.; NOVACHINSKI, J. R.; SCORZA JÚNIOR, R. P.; LIMA FILHO, O. F.; FABRÍCIO, A. C. **Valores de referência e programa DRIS para avaliação nutricional de soja em Naviraí, MS**. Dourados: Embrapa-CPAO, 2003. 22 p. (Documentos, 59).

MALAVOLTA, E. **Elementos de nutrição mineral de plantas**. São Paulo: Agronômica Ceres, 1980. 251 p.

MALAVOLTA, E. Mineral nutrition of higher plants: the first 150 years. In: SIQUEIRA, J. O.; MOREIRA, F. M. S.; LOPES, A. S.; GUILHERME, L. R. G.; FAQUIN, V.; FURTINI NETO, A. E.; CARVALHO, J. G. (Ed.). **Inter-relação fertilidade, biologia do solo e nutrição de plantas**. Viçosa, MG: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo; Lavras: UFLA, DCS, 1999. p. 51-122.

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

MALAVOLTA, E.; CRUZ, V. F. da. A meaning for foliar diagnosis. In: SAMISH, R. (Ed.). **Recent advances in plant nutrition**. New York: Gordon & Breach Science, 1971. v. 1, cap. 1, p. 1-13.

MALAVOLTA, E.; GOROSTIAGA, O. L. Studies on the zinc phosphate relationships in plants. In: INTERNATIONAL COLLOQUIUM ON PLANT ANALYSIS AND FERTILIZER PROBLEMS, 7., 1974, Hanover. **Proceedings...** Hanover: German Society of plant Nutrition, 1974. v. 2, p. 261-272.

MALAVOLTA, E.; KLIEMANN, H. J. **Desordens nutricionais no Cerrado**. Piracicaba: Potafos, 1985. 136 p.

MALAVOLTA, E.; VITTI, G. C.; OLIVEIRA, S. A. **Avaliação do estado nutricional das plantas: princípios e aplicações**. 1. ed. Piracicaba: Potafos, 1989. 201 p.

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

MARTINS, L. A.; FIORETTO, R. A.; FONSECA, I. C. B.; CARNEIRO, C. E. A. Monitoramento nutricional do trigo através do índice de balanço nutricional – DRIS. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v. 26, n. 4, p. 455-462, 2005.

MARCANDALLI, L. H.; LEAL, A. J. F.; LAZARINI, E.; OLIVEIRA, W. A. S. Resposta da cultura da soja a adubação potássica em cobertura na Região dos Chapadões. In: REUNIÃO BRASILEIRA DE FERTILIDADE DO SOLO E NUTRIÇÃO DE PLANTAS, 29., 2008, Londrina. **Resumos...** Londrina: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2008. 1 CD-ROM.

MARIANO, E. D.; FAQUIN, V.; FURTINI NETO, A. E.; ANDRADE, A. T.; MARIANO, I. O. S. Níveis críticos de boro em solos de várzea para o cultivo do feijoeiro. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 35, n. 8, p. 1637-1644, 2000.

MARTINS, O. C.; LIMA, R. O.; VIVIANI, C. A.; BORGES, F. G. Aplicação do DRIS, do PASS e do PIDAP (Programa Integrado de Diagnósticos para Aumento da Produtividade) no Monitoramento Nutricional de Soja e Algodão. In: SIMPÓSIO SOBRE MONITORAMENTO NUTRICIONAL PARA A RECOMENDAÇÃO DE ADUBAÇÃO DE CULTURAS, 1999. Piracicaba. **Anais...** Piracicaba: POTAFOS, 1999. 1 CD-ROM.

MARTIN-PREVEL, P.; GAENARD, J.; GAUTIER, P. **L'analyse vegetable dans le controle de l'alimentation des plantes temperées et tropicales**. Paris: Techn. Docum., 1984. 802 p.

MARTUSCELLO, J. A.; FONSECA, D. M.; MOREIRA, L. M.; RUPPIN, R. F.; CUNHA, D. N. F. Níveis críticos de fósforo no solo e na parte aérea no estabelecimento de capim-elefante. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Brasília, v. 38, n. 10, p. 1878-1885, 2009.

MASCARENHAS, H. A. A.; MIYASAKA, S.; FREIRE, E. S.; IGUE, T. Adubação da soja IV. Efeito do enxofre e de vários micronutrientes (Zn, Cu, B, Mn, Fe e Mo), em Latossolo Roxo com vegetação de Cerrado. **Bragantia**, Campinas, v. 26, n. 1, p. 373-379, 1967.

MASCARENHAS, H. A. A.; NEPTUNE, A. M. L.; MURAOKA, T.; BULISANI, E. A.; HIROCE, R. Absorção de nutrientes por cultivares de soja. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 4, n. 2, p. 92-96, 1980.

MASCARENHAS, H.A.A.; VALADARES, J.M.A.; ROTTA, C.L.; BULISANI, E.A. Adubação potássica na produção de soja, nos teores de potássio em Latossolo Roxo Distrófico de cerrado. **Bragantia**, Campinas, v. 40, n. 1, p. 125-134, 1981.

MENDES, I.C.; REIS JUNIOR, F.B.; HUNGRIA, M.; SOUSA, D.M.G.; CAMPO, R.J. Adubação nitrogenada suplementar tardia em soja cultivada em latossolos do Cerrado. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.43, n. 1, p.1053-1060, 2008.

MIYASAKA, S.; FREIRE, E. S.; MASCARENHAS, H. A. A. Adubação da Soja III – Efeito do NPK, do enxofre e de micronutrientes em solo do arenito Botucatu, com vegetação de Cerrado. **Bragantia**, Campinas, v. 23, n. 1, p. 65-71, 1964.

MONSANTO. Monsanto Company. Sobre a tecnologia Soja Intacta RR2 PRO 2013. Disponível em: <[http:// www.intactarr2pro.com.br/Sobre-OQueE.aspx](http://www.intactarr2pro.com.br/Sobre-OQueE.aspx)>. Acesso em: 5 Fev. 2013.

MORAIS, N. R. **Critério de interpretação da qualidade do solo para a cotonicultura no Cerrado goiano**. 2008. 79 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia: Solo e Água)-Escola de Agronomia, Universidade Federal de Goiás, Goiânia, 2008.

MOREIRA, S. G.; KIEHL, J. C.; PROCHNOW, L. I. & PAULETTI, V. Calagem em sistema de semeadura direta e efeitos sobre a acidez do solo, disponibilidade de nutrientes e produtividade de milho e soja. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 25, n. 1, p. 71-81, 2001.

MOREIRA, S. G.; PROCHNOW, L. I.; KIEHL, J. C.; Ladislau Martin Neto, L. M.; PAULETTI, V. Formas químicas, disponibilidade de manganês e produtividade de soja em solos sob semeadura direta. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 30, n. 1, p. 121-136, 2006.

MOTTA, A. C. & PREVEDELLO, B. M. S. Micronutrientes: fatores que afetam a disponibilidade e respostas das culturas. In: SÁ, J.C.M. (Ed.). **Curso sobre o manejo do solo no sistema de plantio direto**. Castro, Fundação ABC, 1995. p. 302-327.

MÜLLER, L. Anatomia, morfologia e desenvolvimento. In: MIYASAKA, S.; MEDINA, J. C. (Ed.) **A soja no Brasil**. Campinas: Instituto de Tecnologia de Alimentos, 1981. p.65-104.

MUNIZ, A. S.; NOVAIS, R. F.; BARROS, N. F.; NEVES, J. C. L. Nível crítico de fósforo na parte aérea da soja como variável do fator capacidade de fósforo no solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 9, n. 3, p. 237-243, 1985.

MUNSON, R. D.; NELSON, W. L. Principles and practices in plant analysis. In: WASH, L. M.; BEATON, J. D. (Ed.). **Soil testing and plant analysis**. Madison: Soil Science Society of America, 1990, p. 223-248.

NACHTIGALL, G. R.; DECHEN, A. R. DRIS norms for evaluating the nutritional state of apple tree. **Scientia Agricola**, Piracicaba, Braz., v. 64, n. 3, p. 282-287, 2007.

NOVAIS, R. F.; SMYTH, T. J.; NUNES, F. N. Fósforo. 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. cap. 8, p. 472-550.

OLIVEIRA, S. A. Avaliação do balanço nutricional no sistema solo-planta. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 24., 1993, Goiânia. **Anais...** Goiânia: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 1993. p. 243-264.

OLIVEIRA, S. A. Avaliação do balanço nutricional no sistema solo - planta pelo DRIS. In: SIMPÓSIO SOBRE FERTILIDADE DO SOLO EM PLANTIO DIRETO, 1., 1997, Dourados. **Anais...** Dourados: EMBRAPA-CPAO, 1998. p. 81-87. (Documentos, 22).

OLIVEIRA, A. J.; GARRIDO, W. E.; ARAÚJO, J. D.; LOURENÇO, S. **Métodos de pesquisa em fertilidade de solos**. Brasília: EMBRAPA-SEA, 1991. 392 p.

OLIVEIRA, S. A., SOUSA, D. M. G. Interpretação de análise de solo pelo método DRIS (Sistema Integrado de Diagnose e Recomendação). In: REUNIÃO BRASILEIRA DE FERTILIDADE DO SOLO, 18., 1988, Guarapari, ES. **Anais...** Guarapari: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 1988. p. 47-48.

OLIVEIRA, S. A., & SOUSA, D. M. G. Uso do DRIS modificado na interpretação de análise de solo para soja no leste do Mato Grosso. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 24., 1993, Goiânia. **Anais...** Goiânia: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 1993. p. 83-84.

OLIVEIRA, R. F.; TAKAMATSU, J. A. **Uso do DRIS para avaliação do estado nutricional da pimenteira-do-reino, em Tomé-Açu, PA**. Belém: Embrapa Amazônia Oriental, 2004. 4 p. (Comunicado Técnico 94).

OLIVEIRA JÚNIOR, R. S.; DVORANEN, E. C.; CONSTANTIN, J.; CAVALIERI, S. D.; BLAINSKI, E. Influência do glyphosate sobre a nodulação e o crescimento de cultivares de soja resistente ao glyphosate. **Planta Daninha**, Viçosa, v.26, n. 1, p. 831-843, 2008.

ORLANDO FILHO, J. **Nutrição e adubação da cana de açúcar no Brasil**. Piracicaba: Planalsucar/IAA, 1983. 368 p.

PADGETTE, S. R.; KOLACZ, K. H.; DELANNAY, X.; RE, D. B.; LAVALLEE, B. J.; TINIUS, C. N.; RHODES, W. K.; OTERO, Y. I.; BARRY, G. F.; EICHHOLTZ, D. A.; PESCHKE, V. M.; NIDA, D. L.; TAYLOR, N. B.; KISHORE, M. G. Development, identification, and characterization of a glyphosate-tolerant soybean line. **Crop Science**, Madison, v.35, n. 1, p.1451-1461, 1995.

PARENT, L. E.; DAFIR, M. A theoretical concept of compositional nutrient diagnosis. **Journal of the American Society for Horticultural Science**, Alexandria, v. 117, n. 1, p. 219-242, 1992.

PARENT, L.E., ISFAN, D., TREMBLAY, N., KARAM, A. Multivariate nutrient diagnosis of the carrot crop. **Journal of the American Society for Horticultural Science**, Alexandria, v. 119, n. 3, p. 420-426, 1994.

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, n. 6, p. 1456-1460, 2005.

PARTELLI, F. L.; VIEIRA, H. D.; MONNERAT, P. H.; VIANA, A. P. Estabelecimento de normas DRIS em cafeeiro conilon orgânico ou convencional no Estado do Espírito Santo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 30, n. 3, p. 443-451, 2006.

PAULETTI, V. Disponibilidade e resposta de culturas a micronutrientes em solos arenosos. In: FRIES, M.R. (Ed.). **Plantio direto em solos arenosos: alternativas de manejo para a sustentabilidade agropecuária**. Santa Maria: Universidade Federal de Santa Maria, 1998. p. 82-103.

PECK, T. R. Plant analysis for production agriculture. In: SOIL PLANT ANALYSIS WORKSHOP, 7., 1979, Bridgetown. **Proceedings...** Bridgetown: [s. n.], 1979. p. 1-45.

PELAEZ, V.; ALBERGONI, L.; GUERRA, M. P. Soja transgênica versus soja convencional: uma análise comparativa de custos e benefícios. **Cadernos de Ciência & Tecnologia**, Brasília, v. 21, n. 2, p. 279-309, 2004.

POLITI, L. S.; FLORES, R. A.; SILVA, J. A. S.; WADT, P. G. S.; PINTO, P. A. C.; PRADO, R. M. Estado nutricional de mangueiras determinado pelos métodos DRIS e CND. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 17, n. 1, p. 11-18, 2013.

QAIM, M.; TRAXLER, G. Roundup Ready soybeans in Argentina: farm level and aggregate welfare effects. **Agricultural Economics Journal**, West Lafayette, v. 32, n. 1, p. 73-86, 2005.

RAIJ, B. V. **Fertilidade do solo e adubação**. Piracicaba: Ceres, Potafós, 1991. 343 p.

REDDY, K. N.; RIMANDO, A. M.; DUKE, S. O. Aminomethylphosphonic acid, a metabolite of glyphosate, causes injury in glyphosate-treated, glyphosate-resistant soybean. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, Califórnia v. 52, n. 16, p. 5139-5143, 2004.

REETZ, E. R. **Anuário Brasileiro de Soja**. Santa Cruz do Sul: Editora Gazeta Santa Cruz, 2012. 156 p.

REHM, G. W. Sulfur Management for Corn Growth with Conservation Tillage. **Soil Science Society of America Journal**, Madison, v. 69, n. 3, p. 709–717, 2005.

REIS JUNIOR, 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, n. 2, p. 277-282, 2003a.

REIS JUNIOR, R. A.; MONNERAT, P. H. DRIS norms validation for sugarcane crop. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 38, n. 3, p. 379-385, 2003b.

RESENDE, A. V. **Adubação da soja em áreas de Cerrado: Micronutrientes**. Planaltina: Embrapa Cerrados, 2004. 29 p. (Documentos, 115)

RIBEIRO, A. C.; GUIMARÃES, P. T. G.; ALVAREZ V., V. H. **Recomendações para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais, 5ª aproximação**. Viçosa, MG: Comissão de Fertilidade do Solo do Estado de Minas Gerais, 1999. 359 p.

ROESSING, A. C.; LAZZAROTTO, J. J. Soja transgênica no Brasil: situação atual e perspectivas para os próximos anos. In: REUNIÃO DE PESQUISA DE SOJA DA REGIÃO CENTRAL DO BRASIL, 2005, Londrina, PR. **Resumos...** Londrina: Embrapa, 2005. p. 578.

ROMAN, E. E., BECKIE, H., VARGAS, L., HALL, L., RIZZARDI, M. A. & WOLF, T. M. **Como funcionam os herbicidas da biologia à aplicação**. Passo Fundo: Editora Berthier, 2007. 160 p.

ROSOLEM, C. A.; NAKAGAWA, J.; MACHADO, J. R. Adubação potássica da soja em Latossolo Vermelho Escuro fase arenosa. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.19, n. 1, p.1319-1326, 1984.

SANTOS, F. C. **Sistema de recomendação de corretivos e fertilizantes para a cultura da soja**. 2002 . 64 p. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2002.

SANTOS, E. A. & KLIEMANN, H. J. Disponibilidade de fósforo de fosfatos naturais em solos de Cerrado e sua avaliação por extratores químicos. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia, v. 35, n. 3, p. 139-146, 2005.

SANTOS, A. L.; MONNERAT, P. H.; CARVALHO, A. J. C. Estabelecimento de normas DRIS para o diagnóstico nutricional do coqueiro-anão verde na região Norte Fluminense. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 26, n. 2, p. 330-334, 2004.

SANTOS, J. B.; SANTOS, E. A.; FIALHO, C. M. T.; SILVA, A. A.; FREITAS, M. A. M. Época de dessecação anterior à semeadura sobre o desenvolvimento da soja resistente ao glyphosate. **Planta Daninha**, Viçosa, v.25, n. 1, p. 869-875, 2007.

SCHERER, E. E. Níveis críticos de potássio para a soja em Latossolo húmico de Santa Catarina. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 22, n. 1, p. 57-62, 1998.

SEDIYAMA, T. **Tecnologias de produção e usos da soja**. Londrina: Mecenass, 2009. 314 p.

SERRA, A. P.; MARCHETTI, M. E.; VITORINO, A. C. T.; NOVELINO, J. O.; SILVA, M. A. C.; GOMES, C. F. Determinação de faixas ótimas de nutrientes no algodoeiro pelos métodos ChM, CND e DRIS In: REUNIÃO BRASILEIRA DE FERTILIDADE DO SOLO E NUTRIÇÃO DE PLANTAS, 28., 2008. Londrina. **Anais...** Londrina: Embrapa Soja: SBSCS: IAPAR: UEL, 2008. 1 CD-ROM.

SERRA, A. P.; MARCHETTI, M. E.; VITORINO, A. C. T.; NOVELINO, J. O. CAMACHO, M. A. Determinação de faixas normais de nutrientes no algodoeiro pelos métodos CHM, CND E DRIS. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 34, n. 1, p. 105-113, 2010.

SERRA, A. P.; MARCHETTI, M. E.; CANDIDO, A. C. S.; SILVA, A. C.; DIAS, A. C. R.; CHRISTOFFOLETI, P. J. Influência do glifosato na eficiência nutricional do nitrogênio, manganês, ferro, cobre e zinco em soja resistente ao glifosato. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 41, n. 1, p.77-84, 2011.

SFREDO, G. J.; BORKERT, C. M. **Deficiência e toxicidade de nutrientes em plantas de soja**. Londrina: Embrapa Soja, 2004. 44 p. (Documentos, 231)

SFREDO, G. J.; LANTMANN, A. F.; COMPO, R. J.; BORKERT, C. M. **Soja: nutrição mineral, adubação e calagem**. Londrina: Embrapa-CNPSO, 1986. 52 p. (Documentos, 17).

SFREDO, G.J.; OLIVEIRA, M.C.N. de. **Soja: molibdênio e cobalto**. Londrina: Embrapa Soja, 2010. 36 p. (Documentos / Embrapa Soja, 322)

SFREDO, G. J.; KLEPKER, D.; ORTIZ, F. R.; OLIVEIRA NETO, W. Enxofre: níveis críticos para a soja, nos solos do Brasil. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 29., 2003. Ribeirão preto. **Anais...** Ribeirão Preto: Universidade Estadual de São Paulo, 2003. CD-ROM.

SILVA, E. B.; NOGUEIRA, F. D.; GUIMARÃES, P. T. G. Uso do DRIS na avaliação do estado nutricional do cafeeiro em resposta à adubação potássica. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 27, n. 2, p. 247-255, 2003.

SILVA, G.G.C.; NEVES, J.C.L.; ALVAREZ V., V.H.; LEITE, F.P. Nutritional diagnosis for eucalypt by DRIS, M-DRIS and CND. **Scientia Agricola**, Piracicaba, Braz, v. 61, n. 5, p. 507-515, 2004.

SILVA, M. A. C. **Métodos de avaliação do estado nutricional para o algodoeiro no Centro-Oeste do Brasil**. 2006. 75 f. Tese (Doutorado em Agronomia: Produção Vegetal)-Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal, 2006.

SILVA, M. A. C.; NATALE, W.; MALHEIROS, E. B. Estabelecimento de normas DRIS para a cultura do algodoeiro. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ALGODÃO, 7., 2007. Uberlândia, MG. **Anais...** Brasília: Embrapa, 2007. 1 CD-ROM.

SILVEIRA, C. P.; NACHTIGALL, G. R; MONTEIRO, F. A. Testing and validation of methods for the Diagnosis and Recommendation Integrated System for signal grass. **Scientia Agricola**, Piracicaba, Braz., v. 62, n. 6, p. 520-527, 2005.

SOLTANPOUR, P. N.; MALAKOWTI, M. J.; RONAGHI, A. Comparison of Diagnosis and Recommendation System and nutrient sufficiency range for corn. **Soil Science Society of America Journal**, Madison, v. 59, n. 1, p. 133-139, 1995.

SOUSA, D. M. G.; LOBATO, E. **Cerrado: correção do solo e adubação**. 2. ed. Brasília, DF: Embrapa Informações Tecnológicas, 2004. 416 p.

SOUZA, P. I. M.; CARVALHO, L. J. C. B. Nutrição mineral de plantas. In: GOEDERT, W. J. (Ed.). **Solos dos Cerrados: tecnologias e estratégias de manejo**. São Paulo: Nobel, 1985. p. 75-98.

SOUZA, R. F. **Sistema Integrado de Diagnose e Recomendação (DRIS) para a cultura do algodão no município de Silvânia-Goiás**. 2009. 116 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia: Produção Vegetal) – Escola de Agronomia e Engenharia de Alimentos, Universidade Federal de Goiás, Goiânia, 2009.

STANZANI, E. L; BABUJIA, L. C.; PEREIRA, A. S; SOUZA, R. A.; FRANCHINI, J.C.; HUNGRIA, M. **Estado Nutricional de Soja Transgênica e Não-Transgênica, com os Respectivos Manejos Associados ao Uso dessas Cultivares**. In: JORNADA ACADÊMICA DA EMBRAPA SOJA, 3., 2007. Londrina. **Anais...** Londrina: Embrapa Soja, 2007. 1 CD-ROM.

SUMNER, M. E. Preliminary N, P, and K foliar diagnostic norms for soybeans. **Agronomy Journal**, Madison, v. 69, n. 2, p. 226-230, 1977a.

SUMNER, M. E. Effect of corn leaf sampled on N, P, K, Ca and Mg content and calculated DRIS Index. **Communications in Soil Science and Plant Analysis**, New York, v. 8, n. 3, p. 269-280, 1977b.

SUMNER, M. E. Interpretation of foliar analysis for diagnostic purposes. **Agronomy Journal**, Madison, v. 71, n. 2, p. 343-348, 1979.

SUMNER, M. E. Advances in the use application of plant analysis. **Communications in Soil Science and Plant Analysis**, New York, v. 21, n. 13, p. 1409-1430, 1990.

SUMNER, M. E.; BEAUFILS, E. R. Diagnosis of the N, P, the P requirements of Sugarcane irrespective of plant age and season using Beaufils system (DRIS) – preliminary observation. In: South African Sugar Technologists Association, 49., 1975, KwaZulu-Natal. **Proceedings...** KwaZulu-Natal: SASTA, 1975. p. 137-141.

TANAKA, R. T.; MASCARENHAS, H. A. A. **Soja, nutrição, correção do solo e adubação**. Campinas: Fundação Cargill, 1992. 60 p. (Série Técnica, 7)

TANAKA, R.T.; MASCARENHAS, H.A.A.; BULISANI, E.A. Deficiência de manganês em soja induzida por excesso de calcário. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 27, n. 2, p. 247-250, 1992.

TERRA, M. M.; GUILHERME, M. A. S.; SANTOS, W. R.; PAIOLI-PIRES, E. J.; POMMER, C. V.; BOTELHO R. V. Avaliação do estado nutricional da videira Itália na região de Jales, SP, usando o Sistema Integrado de Diagnóstico e Recomendação. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 25, n. 2, p. 309-314, 2003.

TONI, L.R.M.; SANTANA, H.; ZAIA, D.A.M. Adsorção de glyphosate sobre solos e minerais. **Química Nova**, São Paulo, v.29, n.4, p.829-833, 2006.

TRANI, P. E.; HIROCE, R.; BATAGLIA, O. C. **Análises foliar: amostragem e adubação**. Campinas: Fundação Cargill, 1983. 60 p.

ULRICH, A.; HILLS, F. J. Principles and practices of plant analysis. In: WASH, L. M.; BEATON, J. D. (Ed.). **Soil testing and plant analysis**. Madison: Soil Science Society of America, 1967. v. 2, n. 1, p. 11-24. (Special Publications Series)

URANO, E. O. M.; KURIHARA, C. H.; MAEDA, S.; VITORINO, M. C. T.; GONÇALVES, C. M.; MARCHETTI, M. E. Determinação de teores ótimos de nutrientes em soja pelos métodos Chance Matemática, Sistema Integrado de Diagnóstico e Recomendação e Diagnóstico da Composição Nutricional. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 31, n. 1, p. 63-72, 2007.

USDA. United States Department of Agriculture. Oilseeds: World Markets and Trade 2012. Disponível em: < <http://www.usdabrazil.org.br/home/>>. Acesso em: 5 Jan. 2013.

VALDAMERI, M. L.; POUYÚ-ROJAS, E. Sistema Integrado de Diagnóstico e Recomendação (DRIS) para a diagnose nutricional do algodoeiro em algumas áreas no Estado de Mato Grosso. REUNIÃO BRASILEIRA DE FERTILIDADE DO SOLO E NUTRIÇÃO DE PLANTAS, 28., 2008. Londrina. **Anais...** Londrina: Embrapa Soja/SBCS/IAPAR/UEL, 2008. 1 CD-ROM.

VIGIER, B.; MACKENZIE, A. F.; CHEN, Z. Evaluation of diagnosis and recommendation integrated system (DRIS) on early maturing soybeans. **Communications in Soil Science and Plant Analysis**, New York, v. 20, n. 5, p. 685-693, 1989.

VITTI, G. C.; TREVISAN, W. **Manejo de macro e micronutrientes para alta produtividade da soja**. Piracicaba: Informações Agronômicas, 2002. 16 p.

VITTI, G. C.; FAVARIN, J. L.; GALLO, L.A; PIEDADE, S. M. de S.; FARIA, M. R. M. de; CICARONE, F. Assimilação foliar de enxofre elementar pela soja. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 42, n. 2, p. 225-229, 2007.

WALLACE, T. Methods of diagnosing the mineral status of plants. In: WALLACE, T. (Ed.) **Analyse des plantes et problemes des fumeres minerals**. Paris: I.R.H.O., 1957. p. 13-22.

WALSH, L. M.; BEATON, J. D. **Soil Testing and Plant Analysis**. Madison: Soil Science Society of America, 1973. 491 p.

WALWORTH, J. L.; SUMNER, M. E. The diagnosis and recommendation system (DRIS). **Advances in Soil Science**, Boca Raton, Flórida, v. 6, n. 1, p. 149-188, 1987.

WALWORTH, J. L.; WOODARD, H. J.; SUMNER, M. E. Generation of corn tissue norms from a small, high-yielding data base. **Communications in Soil Science and Plant Analysis**, New York, v. 19, n. 5, p. 563-577, 1988.

YAMADA, T.; ALBADALLA, S. R. S.; VITTI, C. **Nitrogênio e Enxofre na Agricultura Brasileira**. Piracicaba: Potafós, 2006. 722 p.

ZABLOTOWICZ, R. M.; REDDY, K. N. Nitrogenase activity, nitrogen content, and yield responses to glyphosate in glyphosate-resistant soybean. **Crop Protection**, Philadelphia, v. 26, n. 3, p. 370-376, 2007.

ZAMBELLO JÚNIOR, E. & ORLANDO FILHO, J. Aplicação do Sistema Integrado de Diagnose e Recomendação (DRIS) em soqueiras de três variedades de cana-de-açúcar. **Saccharum STAB**, Piracicaba, v. 3, n. 4, p. 23-28, 1980.

ZHONG, A. L.; HSIUNG, W. Y. Evaluation and diagnosis of tree nutritional status in chines-fir plantations, Jiangxi, China. **Forest Ecology and Management**, Amsterdam, v. 62, n. 4, p. 245-270, 1993.

ZOBIOLE, L. H. S. I; OLIVEIRA JR., R. S. II; CONSTANTIN, J. II; BIFFE, D. F. I; KREMER, R. J. Uso de aminoácido exógeno na prevenção de injúrias causadas por glyphosate na soja RR. **Planta Daninha**, Viçosa, v. 28, n. 3, p. 643-653, 2010a.

ZOBIOLE, L.H.S.; OLIVEIRA JR, R.S.; HUBER, D.M.; CONSTANTIN, J.; CASTRO, C.; OLIVEIRA, F.A.; OLIVEIRA JUNIOR, A. Glyphosate reduces shoot concentrations of mineral nutrients in glyphosate-resistant soybeans. **Plant and Soil**, Crawley v. 328, p. 57-69, 2010b.

ZOBIOLE, L. H. S.; OLIVEIRA JR., R. S.; CONSTANTIN, J.; OLIVEIRA JR, A.; CASTRO, C.; OLIVEIRA, F. A.; KREMER, R. J.; MOREIRA, A.; ROMAGNOLI, L. M. Acúmulo de nutrientes em soja convencional e soja RR em diferentes tipos de controle de planta daninha. **Planta Daninha**, Viçosa, v. 30, n. 1, p. 75-85, 2012.

## APÊNDICES

- Apêndice A.** Índices DRIS calculados pelo procedimento de Alvarez & Leite (1992) e Índice de Balanço Nutricional (IBN) obtidos pelas análises foliares das 103 glebas para cultura da soja convencional na região Sudeste do Estado de Goiás, na safra 2009/2010.....106
- Apêndice B.** Índices DRIS calculados pelo procedimento de Alvarez & Leite (1992) e Índice de Balanço Nutricional (IBN) obtidos pelas análises foliares das 260 glebas para cultura da soja transgênica na região Sudeste do Estado de Goiás, na safra 2009/2010.....110

**Apêndice A.** Índices DRIS calculados pelo procedimento de Alvarez & Leite (1992) e Índice de Balanço Nutricional (IBN) obtidos pelas análises foliares das 103 glebas para cultura da soja convencional na região Sudeste do Estado de Goiás, na safra 2009/2010

| Gleba | Índices <sup>1</sup> |     |    |     |     |     |     |     |    |     | IBN <sup>2</sup> | Ordem de Limitação (Deficiência a Excesso) |
|-------|----------------------|-----|----|-----|-----|-----|-----|-----|----|-----|------------------|--------------------------------------------|
|       | N                    | P   | K  | Ca  | Mg  | S   | Cu  | Fe  | Mn | Zn  |                  |                                            |
| 1     | 9                    | -2  | 3  | 1   | 0   | -4  | -3  | -1  | 5  | -8  | 36               | Zn>S>Cu>P>Fe>Mg>Ca>K>Mn>N                  |
| 2     | -4                   | -17 | 20 | 4   | 10  | 5   | -5  | -12 | 11 | -12 | 100              | P>Fe=Zn>Cu>N>Ca>S>Mg>Mn>K                  |
| 3     | -19                  | -15 | 11 | -1  | 11  | 6   | 0   | 7   | 7  | -7  | 84               | N>P>Zn>Ca>Cu>S>Fe=Mn>K=Mg                  |
| 4     | -20                  | -13 | 16 | 3   | 9   | 7   | 0   | -7  | 12 | -9  | 97               | N>P>Zn>Fe>Cu>Ca>S>Mg>Mn>K                  |
| 5     | -26                  | -7  | -3 | 25  | 18  | 10  | -5  | 0   | -6 | -5  | 106              | N>P>Mn>Cu=Zn>K>Fe>S>Mg>Ca                  |
| 6     | -10                  | -22 | 12 | 20  | 21  | 3   | -11 | -10 | 16 | -20 | 147              | P>Zn>Cu>Fe=N>S>K>Mn>Ca>Mg                  |
| 7     | -18                  | -15 | 15 | 9   | 1   | 12  | -8  | 4   | 17 | -17 | 115              | N>Zn>P>Cu>Mg>Fe>Ca>S>K>Mn                  |
| 8     | -11                  | -15 | 16 | 1   | -6  | 11  | -2  | -5  | 14 | -3  | 84               | P>N>Mg>Fe>Zn>Cu>Ca>S>Mn>K                  |
| 9     | -13                  | -30 | 14 | -5  | -5  | 6   | -2  | 17  | 28 | -10 | 131              | P>N>Zn>Ca=Mg>Cu>S>K>Fe>Mn                  |
| 10    | -22                  | -13 | 13 | -4  | -17 | 8   | 2   | 1   | 37 | -5  | 122              | N>Mg>P>Zn>Ca>Fe>Cu>S>K>Mn                  |
| 11    | -23                  | -23 | 9  | 1   | -1  | 5   | 1   | -3  | 39 | -6  | 112              | N=P>Zn>Fe>Mg>Ca=Cu>S>K>Mn                  |
| 12    | -10                  | -31 | 15 | -15 | 14  | 8   | -4  | -6  | 34 | -6  | 143              | P>Ca>N>Zn=Fe>Cu>S>Mg>K>Mn                  |
| 13    | -13                  | -38 | 20 | -7  | -12 | 9   | 0   | 4   | 31 | 6   | 140              | P>N>Mg>Ca>Cu>Fe>Zn>S>K>Mn                  |
| 14    | -23                  | -25 | 19 | 0   | -13 | 9   | -6  | -3  | 40 | 2   | 142              | P>N>Mg>Cu>Fe>Ca>Zn>S>K>Mn                  |
| 15    | -15                  | -26 | 7  | 3   | 15  | -6  | -4  | 1   | 24 | 1   | 102              | P>N>S>Cu>Fe=Zn>Ca>K>Mg>Mn                  |
| 16    | -18                  | -16 | 9  | 3   | 9   | 0   | -5  | -1  | 10 | 10  | 81               | N>P>Cu>Fe>S>Ca>K=Mg>Mn=Zn                  |
| 17    | -27                  | -8  | 7  | 5   | -2  | 4   | 0   | -1  | 10 | 12  | 76               | N>P>Mg>Fe>Cu>S>Ca>K>Mn>Zn                  |
| 18    | -17                  | -11 | 13 | 1   | 7   | 3   | 2   | -8  | 11 | 0   | 73               | N>P>Fe>Zn>Ca>Cu>S>Mg>Mn>K                  |
| 19    | 3                    | 2   | 3  | -2  | -3  | -7  | -1  | -5  | 10 | 1   | 36               | S>Fe>Mg>Ca>Cu>Zn>P>N=K>Mn                  |
| 20    | -8                   | -6  | 19 | -5  | -18 | 8   | 0   | -4  | 10 | 3   | 81               | Mg>N>P>Ca>Fe>Cu>Zn>S>Mn>K                  |
| 21    | -13                  | 6   | 16 | -9  | -14 | 1   | -2  | -4  | 8  | 10  | 83               | Mg>N>Ca>Fe>Cu>S>P>Mn>Zn>K                  |
| 22    | -8                   | 4   | 17 | -7  | -1  | 1   | -4  | -9  | 9  | -1  | 60               | Fe>N>Ca>Cu>Mg=Zn>S>P>Mn>K                  |
| 23    | -13                  | -18 | 15 | -6  | 0   | 6   | -4  | -12 | 22 | 9   | 105              | P>N>Fe>Ca>Cu>Mg>S>Zn>K>Mn                  |
| 24    | -16                  | -4  | 11 | 4   | 10  | -12 | -10 | 1   | 11 | 5   | 83               | N>S>Cu>P>Fe>Ca>Zn>Mg>Mn=K                  |

Continua...

**Apêndice A.** Continuação.

| Gleba | Índices <sup>1</sup> |     |     |    |     |     |     |     |     |    | IBN <sup>2</sup> | Ordem de Limitação (Deficiência a Excesso) |
|-------|----------------------|-----|-----|----|-----|-----|-----|-----|-----|----|------------------|--------------------------------------------|
|       | N                    | P   | K   | Ca | Mg  | S   | Cu  | Fe  | Mn  | Zn |                  |                                            |
| 25    | -17                  | -28 | 18  | 9  | 15  | 7   | -7  | -9  | 2   | 9  | 121              | P>N>Fe>Cu>Mn>S>Zn=Ca>Mg>K                  |
| 26    | -17                  | -7  | 18  | -9 | -13 | 11  | -2  | -3  | 10  | 12 | 102              | N>Mg>Ca>P>Fe>Cu>Mn>S>Zn>K                  |
| 27    | 0                    | -15 | -13 | 18 | 12  | 4   | 1   | -5  | -5  | 3  | 77               | P>K>Fe=Mn>N>Cu>Zn>S>Mg>Ca                  |
| 28    | 5                    | 2   | -11 | 7  | 5   | 0   | 0   | -4  | -4  | -1 | 40               | K>Fe=Mn>Zn>S=Cu>P>N=Mg>Ca                  |
| 29    | 4                    | -4  | -6  | 1  | -4  | 14  | 8   | -8  | -8  | 5  | 62               | Fe=Mn>K>P=Mg>Ca>N>Zn>Cu>S                  |
| 30    | 9                    | 6   | -15 | 8  | 5   | 6   | 5   | -4  | -26 | 7  | 92               | Mn>K>Fe>Mg=Cu>S=P>Zn>Ca>N                  |
| 31    | -1                   | -10 | -7  | 8  | -5  | 12  | -1  | 9   | -14 | 10 | 76               | Mn>P>K>Mg>N=Cu>Ca>Fe>Zn>S                  |
| 32    | -27                  | -5  | -2  | 19 | 3   | 12  | -13 | -7  | 20  | 1  | 108              | N>Cu>Fe>P>K>Zn>Mg>S>Ca>Mn                  |
| 33    | -12                  | 13  | -24 | 13 | 3   | -13 | 3   | -6  | 21  | 2  | 109              | K>S>N>Fe>Zn>Mg=Cu>P=Ca>Mn                  |
| 34    | 1                    | 6   | -14 | 9  | 6   | -3  | 1   | -9  | 7   | -2 | 57               | K>Fe>S>Zn>Cu=N>Mg>Ca=P>Mn                  |
| 35    | 0                    | 5   | -10 | 5  | 3   | -3  | -6  | -1  | 9   | -2 | 44               | K>Cu>S>Zn>Fe>N>Mg>Ca=P>Mn                  |
| 36    | -1                   | 7   | -4  | 7  | 5   | 4   | -11 | -11 | 2   | 2  | 54               | Fe=Cu>K>N>Mn=Zn>S>Mg>Ca=P                  |
| 37    | 3                    | 11  | -11 | -4 | -9  | -3  | 0   | -6  | 16  | 4  | 69               | K>Mg>Fe>Ca>S>Cu>N>Zn>P>Mn                  |
| 38    | 1                    | 8   | -6  | -2 | -7  | -1  | -3  | -2  | 7   | 5  | 41               | Mg>K>Cu>Fe=Ca>S>N>Zn>Mn>P                  |
| 39    | -10                  | 0   | 13  | -7 | -11 | 16  | -6  | -2  | 13  | -7 | 86               | Mg>N>Ca=Zn>Cu>Fe>P>K=Mn>S                  |
| 40    | -13                  | 10  | 16  | -7 | -12 | 3   | -6  | 6   | 4   | -1 | 78               | N>Mg>Ca>Cu>Zn>S>Mn>Fe>P>K                  |
| 41    | -25                  | 12  | 7   | 12 | 4   | -3  | -12 | 0   | 5   | 0  | 80               | N>Cu>S>Fe=Zn>Mg>Mn>K>P=Ca                  |
| 42    | 1                    | 2   | -6  | 12 | 12  | -8  | -8  | -10 | 6   | -3 | 69               | Fe>Cu=S>K>Zn>N>P>Mn>Ca=Mg                  |
| 43    | 2                    | -6  | -9  | 9  | 7   | -9  | -4  | -1  | 6   | 5  | 58               | S=K>P>Cu>Fe>N>Zn>Mn>Mg>Ca                  |
| 44    | -18                  | 0   | 6   | 1  | -4  | -4  | 3   | 6   | 2   | 8  | 54               | N>Mg=S>P>Ca>Mn>Cu>K=Fe>Zn                  |
| 45    | 9                    | 1   | -2  | 2  | -10 | 0   | 5   | -7  | -7  | 9  | 52               | Mg>Fe=Mn>K>S>P>Ca>Cu>Zn=N                  |
| 46    | -21                  | -10 | 10  | 16 | 7   | 7   | -4  | 2   | -16 | 10 | 101              | N>Mn>P>Cu>Fe>S=Mg>K=Zn>Ca                  |
| 47    | -13                  | -5  | 13  | 5  | 3   | 10  | -6  | -11 | -2  | 5  | 74               | N>Fe>Cu>P>Mn>Mg>Ca=Zn>S>K                  |
| 48    | 6                    | 8   | 2   | -3 | -8  | 1   | -4  | -3  | -3  | 3  | 42               | Mg>Cu>Ca=Fe=Mn>S>K>Zn>N>P                  |
| 49    | 5                    | 4   | -2  | 11 | 8   | -2  | -3  | -6  | -16 | 1  | 57               | Mn>Fe>Cu>S=K>Zn>P>N>Mg>Ca                  |
| 50    | -9                   | -3  | 15  | 10 | 8   | 14  | -19 | 0   | -21 | 4  | 103              | Mn>Cu>N>P>Fe>Zn>Mg>Ca>S>K                  |
| 51    | -15                  | -21 | 6   | 10 | 16  | 0   | -14 | 10  | 1   | 6  | 99               | P>N>Cu>S>Mn>K=Zn>Ca=Fe>Mg                  |

Continua...

**Apêndice A. Continuação.**

| Gleba | Índices <sup>1</sup> |     |     |     |     |     |     |     |     |     | IBN <sup>2</sup> | Ordem de Limitação (Deficiência a Excesso) |
|-------|----------------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|------------------|--------------------------------------------|
|       | N                    | P   | K   | Ca  | Mg  | S   | Cu  | Fe  | Mn  | Zn  |                  |                                            |
| 52    | -15                  | 5   | 9   | -3  | -8  | 2   | -10 | -1  | 9   | 11  | 72               | N>Cu>Mg>Ca>Fe>S>P>K=Mn>Zn                  |
| 53    | -11                  | -5  | 12  | 4   | -8  | 9   | -9  | -2  | 6   | 3   | 70               | N>Cu>Mg>P>Fe>Zn>Ca>Mn>S>K                  |
| 54    | -12                  | 12  | 14  | 6   | 12  | 3   | 1   | -12 | -11 | -13 | 96               | Zn>Fe=N>Mn>Cu>S>Ca>P=Mg>K                  |
| 55    | 6                    | -10 | 0   | 4   | -3  | 6   | -1  | -2  | 10  | -10 | 54               | P=Zn>Mg>Fe>Cu>K>Ca>N=S>Mn                  |
| 56    | 9                    | 1   | 0   | 1   | -1  | -1  | 4   | -7  | -4  | -2  | 31               | Fe>Mn>Zn>Mg=S>K>P=Ca>Cu>N                  |
| 57    | 11                   | -8  | 6   | 3   | -9  | 10  | 1   | 2   | -12 | -3  | 65               | Mn>Mg>P>Zn>Cu>Fe>Ca>K>S>N                  |
| 58    | 4                    | 5   | 2   | -5  | -10 | 4   | 4   | -3  | 0   | -2  | 39               | Mg>Ca>Fe>Zn>Mn>K>Cu=S=N>P                  |
| 59    | 7                    | -8  | 3   | -4  | -8  | 7   | 1   | 7   | -1  | -4  | 50               | P>Mg>Ca=Zn>Mn>Cu>K>N=S=Fe                  |
| 60    | -11                  | -11 | 12  | 0   | -2  | 7   | -4  | -4  | 22  | -7  | 81               | N=P>Zn>Cu=Fe>Mg>Ca>S>K>Mn                  |
| 61    | -11                  | -9  | 12  | 4   | 3   | 9   | -6  | 2   | 2   | -6  | 64               | N>P>Cu=Zn>Fe=Mn>Mg>Ca>S>K                  |
| 62    | 0                    | -8  | -13 | 3   | 8   | -12 | 16  | -9  | -6  | 22  | 99               | K>S>Fe>P>Mn>N>Ca>Mg>Cu>Zn                  |
| 63    | -13                  | -7  | 14  | 3   | 1   | 11  | -2  | -8  | -12 | 15  | 87               | N>Mn>Fe>P>Cu>Mg>Ca>S>K>Zn                  |
| 64    | -5                   | -8  | 21  | 0   | -12 | 17  | -5  | 6   | -19 | 4   | 98               | Mn>Mg>P>N=Cu>Ca>Zn>Fe>S>K                  |
| 65    | -14                  | -16 | 20  | 3   | 2   | 21  | -2  | -3  | -8  | -3  | 91               | P>N>Mn>Zn=Fe>Cu>Mg>Ca>K>S                  |
| 66    | -10                  | -9  | 14  | 1   | -11 | 5   | 0   | 5   | 0   | 6   | 60               | Mg>N>P>Mn=Cu>Ca>S=Fe>Zn>K                  |
| 67    | -9                   | -6  | 19  | -2  | -14 | 11  | -7  | 7   | 3   | -3  | 81               | Mg>N>Cu>P>Zn>Ca>Mn>Fe>S>K                  |
| 68    | 9                    | 15  | -6  | -5  | 0   | -7  | -16 | 2   | 5   | 3   | 69               | Cu>S>K>Ca>Mg>Fe>Zn>Mn>N>P                  |
| 69    | 10                   | 6   | -2  | -17 | 10  | -12 | 3   | 6   | -4  | -1  | 71               | Ca>S>Mn>K>Zn>Cu>Fe=P>N=Mg                  |
| 70    | 9                    | 1   | -13 | -6  | 12  | -2  | 0   | 8   | -3  | -5  | 60               | K>Ca>Zn>Mn>S>Cu>P>Fe>N>Mg                  |
| 71    | 3                    | 4   | -1  | -3  | 3   | 1   | 0   | -2  | -5  | 0   | 23               | Mn>Ca>Fe>K>Cu=Zn>S>N=Mg>P                  |
| 72    | -7                   | -21 | -15 | -8  | -2  | -2  | 98  | -4  | -17 | -22 | 196              | Zn>P>Mn>K>Ca>N>Fe>Mg=S>Cu                  |
| 73    | -3                   | 5   | -7  | 8   | 8   | -7  | -1  | 6   | -5  | -5  | 55               | K=S>Mn=Zn>N>Cu>P>Fe>Ca=Mg                  |
| 74    | -21                  | -6  | 5   | 4   | 10  | 12  | 0   | 10  | -8  | -6  | 83               | N>Mn>Zn=P>Cu>Ca>K>Mg=Fe>S                  |
| 75    | 6                    | -9  | -6  | 4   | 4   | 9   | 0   | 4   | 1   | -13 | 56               | Zn>P>K>Cu>Mn>Ca=Mg=Fe>N>S                  |
| 76    | 3                    | 16  | -2  | -11 | 1   | -6  | 1   | 4   | -3  | -3  | 52               | Ca>S>Mn=Zn>K>Mg=Cu>N>Fe>P                  |
| 77    | 22                   | 5   | -9  | 6   | 6   | -15 | 8   | -1  | -11 | -12 | 94               | S>Zn>Mn>K>Fe>P>Ca=Mg>Cu>N                  |
| 78    | -14                  | 5   | 12  | -4  | 8   | 3   | 6   | 7   | -11 | -11 | 81               | N>Mn=Zn>Ca>S>P>Cu>Fe>Mg>K                  |

Continua...

**Apêndice A.** Continuação.

| Gleba | Índices <sup>1</sup> |     |     |     |     |     |     |    |     |    | IBN <sup>2</sup> | Ordem de Limitação (Deficiência a Excesso) |
|-------|----------------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|----|-----|----|------------------|--------------------------------------------|
|       | N                    | P   | K   | Ca  | Mg  | S   | Cu  | Fe | Mn  | Zn |                  |                                            |
| 79    | 1                    | -1  | -9  | -10 | 3   | -4  | -1  | 25 | 1   | -5 | 59               | Ca>K>Zn>S>P=Cu>Mn=N>Mg>Fe                  |
| 80    | 0                    | -5  | -6  | -6  | 7   | 12  | -2  | 11 | -11 | 1  | 60               | Mn>K=Ca>P>Cu>N>Zn>Mg>Fe>S                  |
| 81    | 7                    | 2   | -7  | -2  | 10  | -10 | 3   | 3  | -9  | 3  | 55               | S>Mn>K>Ca>P>Cu=Fe=Zn>N>Mg                  |
| 82    | -31                  | 6   | 2   | -16 | -2  | -5  | 49  | 2  | -6  | 2  | 121              | N>Ca>Mn>S>Mg>K=Fe=Zn>P>Cu                  |
| 83    | 6                    | 12  | -1  | -19 | -14 | 2   | 10  | 3  | -4  | 4  | 76               | Ca>Mg>Mn>K>S>Fe>Zn>N>Cu>P                  |
| 84    | 14                   | 7   | -4  | -6  | -6  | 8   | 1   | 2  | -9  | -7 | 64               | Mn>Zn>Ca=Mg>K>Cu>Fe>P>S>N                  |
| 85    | 6                    | 7   | -2  | -10 | 3   | -4  | 2   | -2 | 0   | 1  | 38               | Ca>S>K=Fe>Mn>Zn>Cu>Mg>N>P                  |
| 86    | 7                    | 9   | -7  | -3  | 9   | -12 | -5  | 4  | -9  | 7  | 73               | S>Mn>K>Cu>Ca>Fe>N=Zn>P=Mg                  |
| 87    | 3                    | 9   | -7  | 6   | 6   | -3  | -7  | 2  | -10 | 0  | 52               | Mn>K=Cu>S>Zn>Fe>N>Ca=Mg>P                  |
| 88    | 21                   | 6   | -6  | -18 | -23 | -1  | 13  | 9  | -13 | 12 | 122              | Mg>Ca>Mn>K>S>P>Fe>Zn>Cu>N                  |
| 89    | -17                  | 0   | 12  | -13 | 1   | 18  | 1   | 2  | -7  | 2  | 74               | N>Ca>Mn>P>Mg=Cu>Fe=Zn>K>S                  |
| 90    | -1                   | 3   | -6  | 13  | 7   | -1  | -1  | -8 | -9  | 2  | 51               | Mn>Fe>Ca>N=S=Cu>Zn>P>Mg>Ca                 |
| 91    | -26                  | 5   | -3  | 40  | 11  | -9  | -1  | -5 | -8  | -3 | 112              | N>S>Mn>Fe>K>Zn>Cu>P>Mg>Ca                  |
| 92    | 2                    | -7  | -4  | 4   | 0   | 9   | 13  | 0  | -14 | -3 | 56               | Mn>P>K>Zn>Mg=Fe>N>Ca>S>Cu                  |
| 93    | 15                   | 5   | -1  | 10  | 6   | 4   | -13 | -8 | -11 | -7 | 79               | Cu>Mn>Fe>Zn>K>S>P>Mg>Ca>N                  |
| 94    | 16                   | 22  | -40 | -6  | -12 | -31 | 39  | 11 | -4  | 7  | 187              | K>S>Mg>Ca>Mn>Zn>Fe>N>P>Cu                  |
| 95    | 2                    | -13 | -5  | -11 | 8   | 5   | 30  | -1 | -10 | -6 | 91               | P>Ca>Mn>Zn>K>Fe>N>S>Mg>Cu                  |
| 96    | -23                  | 5   | 4   | 3   | 3   | -7  | 36  | 2  | -13 | -9 | 105              | N>Mn>Zn>S>Fe>Ca=Mg>K>P>Cu                  |
| 97    | -20                  | 7   | 4   | -7  | 5   | -4  | 27  | -4 | -4  | -4 | 85               | N>Ca>Fe=Mn=Zn=S>K>Mg>P>Cu                  |
| 98    | -17                  | 13  | 11  | -5  | 0   | 12  | -3  | 0  | -7  | -3 | 72               | N>Mn>Ca>Cu=Zn>Mg=Fe>K>S>P                  |
| 99    | 5                    | 15  | 3   | -18 | -13 | 7   | -7  | 10 | -4  | 2  | 83               | Ca>Mg>Cu>Mn>Zn>K>N>S>Fe>P                  |
| 100   | -16                  | 8   | 9   | 4   | 10  | -3  | 0   | -1 | -5  | -5 | 63               | N>Mn=Zn>S>Fe>Cu>Ca>P>K>Mg                  |
| 101   | -16                  | 8   | 9   | 9   | 9   | 1   | 0   | -5 | -8  | -8 | 74               | N>Mn=Zn>Fe>Cu>S>P>K=Ca=Mg                  |
| 102   | 23                   | 7   | -6  | -7  | -2  | -10 | -1  | 0  | 0   | -3 | 59               | S>Ca>K>Zn>Mg>Cu>Fe=Mn>P>N                  |
| 103   | 11                   | 3   | -9  | 7   | 3   | -2  | -1  | -8 | 0   | -5 | 49               | K>Fe>Zn>S>Cu>Mn>Mg=P>Ca>N                  |

<sup>1</sup>Índice para cálculo do IBN; <sup>2</sup>Utilizou-se para cálculo do IBN o procedimento de Beaufils (1973).

**Apêndice B.** Índices DRIS calculados pelo procedimento de Alvarez & Leite (1992) e Índice de Balanço Nutricional (IBN) obtidos pelas análises foliares das 260 glebas para cultura da soja transgênica na região Sudeste do Estado de Goiás, na safra 2009/2010

| Gleba | Índices <sup>1</sup> |     |     |     |     |     |     |     |     |    | IBN <sup>2</sup> | Ordem de Limitação (Deficiência a Excesso) |
|-------|----------------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|----|------------------|--------------------------------------------|
|       | N                    | P   | K   | Ca  | Mg  | S   | Cu  | Fe  | Mn  | Zn |                  |                                            |
| 1     | 13                   | -4  | -10 | -12 | -4  | -15 | 10  | -6  | -14 | 42 | 129              | S>Mn>Ca>K>Fe>P=Mg>Cu>N>Zn                  |
| 2     | 23                   | 8   | -21 | -1  | 2   | -3  | -4  | -1  | -3  | 0  | 65               | K>Cu>Mn=S>Fe=Ca>Zn>Mg>P>N                  |
| 3     | 25                   | 11  | 0   | -5  | -4  | -6  | -1  | -14 | -7  | 1  | 74               | Fe>Mn>S>Ca>Mg>Cu>K>Zn>P>N                  |
| 4     | -2                   | 5   | 16  | 6   | 5   | -2  | -5  | -6  | -17 | 0  | 65               | Mn>Fe>Cu>S=N>Zn>Mg=P>Ca>K                  |
| 5     | 12                   | -15 | 2   | 3   | 3   | 10  | -15 | 1   | -6  | 5  | 73               | Cu=P>Mn>Fe>K>Ca=Mg>Zn>S>N                  |
| 6     | 13                   | -1  | 3   | -1  | -4  | -5  | -6  | -2  | -9  | 13 | 57               | Mn>Cu>S>Mg>Fe>P=Ca>K>N=Zn                  |
| 7     | 15                   | -10 | 4   | -8  | -14 | 14  | 4   | -6  | -7  | 8  | 91               | Mg>P>Ca>Mn>Fe>Cu=K>Zn>S>N                  |
| 8     | 23                   | -8  | 5   | -12 | -13 | 18  | -5  | -8  | -8  | 8  | 108              | Mg>Ca>P=Fe=Mn>Cu>K>Zn>S>N                  |
| 9     | 14                   | -4  | 11  | -24 | -32 | 23  | -8  | -3  | 4   | 19 | 139              | Mg>Ca>Cu>P>Fe>Mn>K>N>Zn>S                  |
| 10    | 5                    | -14 | -1  | 2   | 5   | 12  | -1  | -2  | -13 | 6  | 61               | P>Mn>Fe>K=Cu>Ca>Mg=N>Zn>S                  |
| 11    | -14                  | -11 | 10  | 10  | 14  | 15  | -19 | -6  | -8  | 9  | 117              | Cu>N>P>Mn>Fe>Zn>K=Ca>Mg>S                  |
| 12    | -10                  | -11 | 9   | 6   | 5   | 16  | -20 | -4  | 0   | 9  | 91               | Cu>P>N>Fe>Mn>Mg>Ca>K=Zn>S                  |
| 13    | 10                   | -10 | -1  | 7   | 6   | 15  | -19 | -2  | -15 | 9  | 96               | Cu>Mn>P>Fe>K>Mg>Ca>Zn>N>S                  |
| 14    | 9                    | 1   | 0   | 10  | 13  | -2  | -20 | -2  | -16 | 6  | 80               | Cu>Mn>S=Fe>K>P>Zn>N>Ca>Mg                  |
| 15    | -10                  | 0   | 13  | 7   | 14  | -1  | -20 | -1  | -9  | 7  | 80               | Cu>N>Mn>Fe=S>P>Zn=Ca>K>Mg                  |
| 16    | -13                  | 5   | 7   | 4   | 6   | -1  | -10 | 6   | -13 | 9  | 74               | N=Mn>Cu>S>Ca>P>Mg=Fe>K>Zn                  |
| 17    | 10                   | 0   | 6   | 2   | 5   | -3  | -12 | 2   | -16 | 6  | 63               | Mn>Cu>S>P>Ca=Fe>Mg>K=Zn>N                  |
| 18    | 11                   | -19 | -1  | 8   | 12  | 8   | -13 | -1  | -11 | 6  | 91               | P>Cu>Mn>K=Fe>Zn>S=Ca>N>Mg                  |
| 19    | -8                   | -20 | 10  | 12  | 17  | 5   | -15 | 4   | -7  | 2  | 100              | P>Cu>N>Mn>Zn>Fe>S>K>Ca>Mg                  |
| 20    | -6                   | -1  | 13  | 4   | -2  | -3  | -11 | 8   | -7  | 5  | 60               | Cu>Mn>N>S>Mg>P>Ca>Zn>Fe>K                  |
| 21    | -11                  | -15 | 10  | -3  | -2  | 11  | 0   | 3   | 2   | 4  | 60               | P>N>Ca>Mg>Cu>Mn>Fe>Zn>K>S                  |
| 22    | -6                   | -15 | 13  | 1   | 4   | 11  | 2   | 0   | -11 | 0  | 63               | P>Mn>N>Fe=Zn>Ca>Cu>Mg>S>K                  |
| 23    | 3                    | -16 | 1   | 6   | 10  | 10  | -3  | -10 | 2   | -3 | 63               | P>Fe>Cu=Zn>K>Mn>N>Ca>Mg=S                  |
| 24    | -8                   | -16 | 12  | 0   | -3  | 9   | -5  | -4  | 16  | 0  | 73               | P>N>Cu>Fe>Mg>Ca=Zn>S>K>Mn                  |

Continua...

**Apêndice B.** Continuação.

| Gleba | Índices <sup>1</sup> |     |     |    |    |    |     |    |     |    | IBN <sup>2</sup> | Ordem de Limitação (Deficiência a Excesso) |
|-------|----------------------|-----|-----|----|----|----|-----|----|-----|----|------------------|--------------------------------------------|
|       | N                    | P   | K   | Ca | Mg | S  | Cu  | Fe | Mn  | Zn |                  |                                            |
| 25    | -3                   | -16 | 15  | 4  | 7  | 9  | -10 | 2  | -13 | 4  | 85               | P>Mn>Cu>N>Fe>Ca=Zn>Mg>S>K                  |
| 26    | -6                   | -21 | 14  | 1  | -1 | 8  | -4  | 0  | 7   | 4  | 66               | P>N>Cu>Mg>Fe>Ca>Zn>Mn>S>K                  |
| 27    | -14                  | -16 | 10  | 9  | 13 | 12 | -11 | 2  | -5  | 0  | 92               | P>N>Cu>Mn>Zn>Fe>Ca>K>S>Mg                  |
| 28    | -5                   | -16 | 17  | 2  | 8  | 12 | -30 | 9  | -1  | 4  | 104              | Cu>P>N>Mn>Ca>Zn>Mg>Fe>S>K                  |
| 29    | 13                   | -18 | 5   | -1 | 0  | 10 | -8  | 3  | -12 | 6  | 77               | P>Mn>Cu>Ca>Mg>Fe>K>Zn>S>N                  |
| 30    | -10                  | -13 | 15  | 0  | 1  | 13 | -15 | 0  | -2  | 11 | 80               | Cu>P>N>Mn>Ca=Fe>Mg>Zn>S>K                  |
| 31    | 21                   | -13 | 3   | -2 | -1 | 14 | -19 | 4  | -12 | 5  | 95               | Cu>P>Mn>Ca>Mg>K>Fe>Zn>S>N                  |
| 32    | 21                   | -14 | 6   | 1  | -1 | 13 | -10 | 3  | -23 | 4  | 98               | Mn>P>Cu>Mg>Ca>Fe>Zn>K>S>N                  |
| 33    | 9                    | -14 | 6   | 4  | 6  | 11 | -5  | -1 | -22 | 5  | 83               | Mn>P>Cu>Fe>Ca>Zn>K=Mg>N>S                  |
| 34    | 10                   | 7   | 0   | -1 | -3 | -3 | -1  | -4 | -6  | 0  | 37               | Mn>Fe>S=Mg>Ca=Cu>Zn=K>P>N                  |
| 35    | 18                   | -18 | -11 | -1 | 5  | 10 | 8   | 4  | -13 | -2 | 89               | P>Mn>K>Zn>Ca>Fe>Mg>Cu>S>N                  |
| 36    | 19                   | -18 | -7  | -1 | -3 | 12 | 4   | 3  | -6  | -3 | 76               | P>K>Mn>Zn=Mg>Ca>Fe>Cu>S>N                  |
| 37    | -16                  | -11 | 3   | -2 | -1 | 15 | 14  | 1  | -1  | -1 | 65               | N>P>Ca>Mg=Mn=Zn>Fe>K>Cu>S                  |
| 38    | 1                    | -14 | -4  | 0  | 6  | 13 | 5   | 5  | -8  | -5 | 60               | P>Mn>Zn>K>Ca>N>Cu=Fe>Mg>S                  |
| 39    | -17                  | -12 | 3   | 4  | 6  | 16 | 1   | 6  | 2   | -9 | 74               | N>P>Zn>Cu>Mn>K>Ca>Mg=Fe>S                  |
| 40    | -10                  | -10 | 10  | 4  | 2  | 16 | 0   | -2 | -10 | 0  | 63               | N=P=Mn>Fe>Zn=Cu>Mg>Ca>K>S                  |
| 41    | -4                   | -9  | -7  | 3  | 1  | 17 | 3   | 1  | -7  | 1  | 52               | P>K=Mn>N>Mg=Fe=Zn>Ca=Cu>S                  |
| 42    | 4                    | -11 | -7  | -1 | -4 | 15 | -1  | 11 | -5  | -1 | 60               | P>K>Mn>Mg>Ca=Cu=Zn>N>Fe>S                  |
| 43    | -1                   | -13 | -12 | 4  | 11 | 12 | 3   | 4  | -7  | 0  | 68               | P>K>Mn>N>Zn>Cu>Fe=Ca>Mg>S                  |
| 44    | 4                    | -13 | -11 | 5  | 7  | 16 | -9  | 9  | -13 | 3  | 91               | P=Mn>K>Cu>Zn>N>Ca>Mg>Fe>S                  |
| 45    | -16                  | -10 | 3   | 7  | 15 | 16 | -10 | 8  | -14 | 2  | 100              | N>Mn>P=Cu>Zn>K>Ca>Fe>Mg>S                  |
| 46    | 5                    | -11 | -9  | -3 | -2 | 16 | 1   | 16 | -16 | 3  | 82               | Mn>P>K>Ca>Mg>Cu>Zn>N>S=Fe                  |
| 47    | 6                    | -13 | -5  | -3 | -1 | 13 | -4  | 6  | 1   | 0  | 52               | P>K>Cu>Ca>Mg>Zn>Mn>N=Fe>S                  |
| 48    | 9                    | -11 | -8  | 0  | 6  | 15 | -5  | 4  | -11 | 2  | 70               | P=Mn>K>Cu>Ca>Zn>Fe>Mg>N>S                  |
| 49    | -12                  | -7  | 8   | 6  | 10 | 18 | -8  | -4 | -12 | 2  | 88               | N=Mn>Cu>P>Fe>Zn>Ca>K>Mg>S                  |
| 50    | -13                  | 4   | 9   | 5  | 12 | -3 | -1  | -8 | -7  | 1  | 63               | N>Fe>Mn>S>Cu>Zn>P>Ca>K>Mg                  |
| 51    | -19                  | 11  | 8   | 2  | 0  | 5  | 2   | 0  | -13 | 3  | 64               | N>Mn>Mg=Fe>Ca=Cu>Zn>S>K>P                  |

Continua...

**Apêndice B.** Continuação.

| Gleba | Índices <sup>1</sup> |     |     |     |     |     |     |     |     |    | IBN <sup>2</sup> | Ordem de Limitação (Deficiência a Excesso) |
|-------|----------------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|----|------------------|--------------------------------------------|
|       | N                    | P   | K   | Ca  | Mg  | S   | Cu  | Fe  | Mn  | Zn |                  |                                            |
| 52    | -27                  | 9   | -1  | 17  | 22  | 3   | -11 | -3  | -14 | 5  | 114              | N>Mn>Cu>Fe>K>S>Zn>P>Ca>Mg                  |
| 53    | -33                  | -2  | -5  | 24  | 43  | -4  | -15 | 0   | -13 | 5  | 144              | N>Cu>Mn>K>S>P>Fe>Zn>Ca>Mg                  |
| 54    | -20                  | -16 | 1   | 12  | 29  | 12  | -5  | -6  | -14 | 7  | 124              | N>P>Mn>Fe>Cu>K>Zn>Ca=S>Mg                  |
| 55    | -13                  | -11 | 7   | -1  | 4   | 15  | 3   | -4  | -3  | 1  | 62               | N>P>Fe>Mn>Ca>Zn>Cu>Mg>K>S                  |
| 56    | -10                  | -5  | 9   | -5  | -4  | 20  | 3   | -6  | 0   | -1 | 64               | N>Fe>P=Ca>Mg>Zn>Mn>Cu>K>S                  |
| 57    | 19                   | 8   | -8  | 3   | 5   | -3  | -5  | -3  | -16 | 0  | 70               | Mn>K>Cu>S=Fe>Zn>Ca>Mg>P>N                  |
| 58    | 11                   | 5   | -7  | -6  | -13 | 3   | -4  | 5   | -2  | 7  | 64               | Mg>K>Ca>Cu>Mn>S>P=Fe>Zn>N                  |
| 59    | 16                   | 7   | -6  | -12 | -13 | 3   | 1   | 5   | -7  | 3  | 73               | Mg>Ca>Mn>P>Cu>S=Zn>Fe>P>N                  |
| 60    | -23                  | 6   | 3   | 8   | 12  | 5   | -6  | -2  | -10 | 7  | 80               | N>Mn>Cu>Fe>K>S>P>Zn>Ca>Mg                  |
| 61    | -11                  | 13  | 10  | -3  | -2  | -1  | -4  | -1  | -8  | 8  | 61               | N>Mn>Cu>Ca>Mg>S=Fe>Zn>K>P                  |
| 62    | -2                   | 7   | -4  | -5  | -11 | 4   | 2   | 1   | -1  | 9  | 47               | Mg>Ca>K>N>Mn>Fe>Cu>S>P>Zn                  |
| 63    | -13                  | 9   | 6   | -4  | -10 | 6   | -8  | 4   | -9  | 20 | 89               | N>Mg>Mn>Cu>Ca>Fe>K=S>P>Zn                  |
| 64    | 8                    | -6  | -5  | -1  | -12 | 20  | -9  | 0   | -4  | 8  | 72               | Mg>Cu>P>K>Mn>Ca>Fe>N=Zn>S                  |
| 65    | -24                  | -6  | -2  | 12  | 17  | 20  | -25 | 4   | 3   | 2  | 116              | Cu>N>P>K>Zn>Mn>Fe>Ca>Mg>S                  |
| 66    | -2                   | 4   | -7  | -2  | -1  | 0   | -3  | 2   | 2   | 7  | 30               | K>Cu>N=Ca>Mg>S>Fe=Mn>P>Zn                  |
| 67    | 0                    | -1  | -15 | 13  | 18  | -4  | -14 | 1   | -3  | 4  | 73               | K>Cu>S>Mn>P>N>Fe>Zn>Ca>Mg                  |
| 68    | 4                    | 7   | 0   | -6  | -13 | 3   | -10 | 5   | 1   | 8  | 57               | Mg>Cu>Ca>K>Mn>S>N>Fe>P>Zn                  |
| 69    | -15                  | 2   | 3   | -5  | -3  | 1   | -6  | 6   | -2  | 20 | 63               | N>Cu>Ca>Mg>Mn>S>P>K>Fe>Zn                  |
| 70    | 4                    | -13 | -6  | -2  | -4  | 13  | -2  | -2  | 3   | 10 | 58               | P>K>Mg>Ca=Cu=Fe>Mn>N>Zn>S                  |
| 71    | -4                   | -11 | -9  | 10  | 18  | 17  | -23 | -1  | -5  | 7  | 106              | Cu>P>K>Mn>N>Fe>Zn>Ca>S>Mg                  |
| 72    | 2                    | -9  | -8  | -2  | 4   | 16  | -13 | 1   | 3   | 6  | 64               | Cu>P>K>Ca>Fe>N>Mn>Mg>Zn>S                  |
| 73    | -25                  | -9  | -4  | 11  | 11  | 17  | -6  | -4  | 1   | 7  | 95               | N>P>Cu>K=Fe>Mn>Zn>Ca=Mg>S                  |
| 74    | -10                  | -14 | 11  | -5  | -11 | 16  | 11  | 2   | -7  | 8  | 96               | P>Mg>N>Mn>Ca>Fe>Zn>K=Cu>S                  |
| 75    | -12                  | -18 | 7   | 2   | 4   | 11  | -1  | 11  | -3  | -1 | 71               | P>N>Mn>Cu=Zn>Ca>Mg>K>S=Fe                  |
| 76    | -19                  | -8  | -1  | 23  | -19 | -33 | 3   | 2   | 6   | 45 | 160              | S>N=Mg>P>K>Fe>Cu>Mn>Ca>Zn                  |
| 77    | -8                   | -2  | -13 | 5   | -34 | -20 | 4   | 21  | 17  | 30 | 152              | Mg>S>K>N>P>Cu>Ca>Mn>Fe>Zn                  |
| 78    | -16                  | -12 | 4   | 16  | -14 | 17  | -4  | -11 | 7   | 12 | 112              | N>Mg>P>Fe>Cu>K>Mn>Zn>Ca>S                  |

Continua...

**Apêndice B.** Continuação.

| Gleba | Índices <sup>1</sup> |     |     |    |     |     |    |     |     |     | IBN <sup>2</sup> | Ordem de Limitação (Deficiência a Excesso) |
|-------|----------------------|-----|-----|----|-----|-----|----|-----|-----|-----|------------------|--------------------------------------------|
|       | N                    | P   | K   | Ca | Mg  | S   | Cu | Fe  | Mn  | Zn  |                  |                                            |
| 79    | 12                   | 1   | -4  | 5  | -1  | -22 | 2  | -10 | 4   | 12  | 72               | S>Fe>K>Mg>P>Cu>Mn>Ca>N=Zn                  |
| 80    | 0                    | -14 | -3  | 17 | -19 | 11  | 6  | -7  | 6   | 3   | 85               | Mg>P>Fe>K>N>Zn>Cu=Mn>S>Ca                  |
| 81    | 2                    | -12 | -7  | 3  | -3  | 13  | 0  | -6  | 3   | 7   | 58               | P>K>Fe>Mg>Cu>N>Ca=Mn>Zn>S                  |
| 82    | -18                  | -9  | 6   | 6  | -12 | 17  | 7  | -11 | 8   | 7   | 100              | N>Mg>Fe>P>K=Ca>Cu=Zn>Mn>S                  |
| 83    | 0                    | -8  | -3  | 11 | -36 | 18  | 11 | -14 | 13  | 6   | 120              | Mg>Fe>P>K>N>Zn>Ca=Cu>Mn>S                  |
| 84    | 5                    | -13 | -8  | 4  | -15 | 13  | 12 | -8  | 9   | 1   | 88               | Mg>P>K=Fe>Zn>Ca>N>Mn>Cu>S                  |
| 85    | 3                    | -9  | -17 | 8  | -14 | 16  | 10 | -9  | 6   | 7   | 99               | K>Mg>Fe=P>N>Mn>Zn>Ca>Cu>S                  |
| 86    | -17                  | -16 | 1   | 15 | 5   | 9   | 8  | -6  | 4   | -2  | 82               | N>P>Fe>Zn>K>Mn>Mg>Cu>S>Ca                  |
| 87    | -18                  | -14 | 2   | 11 | -2  | 14  | 10 | -12 | 8   | 1   | 90               | N>P>Fe>Mg>Zn>K>Mn>Cu>Ca>S                  |
| 88    | -24                  | -16 | 5   | 16 | -14 | 11  | 11 | -7  | 14  | 4   | 123              | N>P>Mg>Fe>Zn>K>S=Cu>Mn>Ca                  |
| 89    | -17                  | -17 | 3   | 8  | -4  | 8   | 11 | -5  | 12  | 1   | 87               | N=P>Fe>Mg>Zn>K>Ca=S>Cu>Mn                  |
| 90    | -12                  | -15 | 7   | 15 | -14 | 11  | 14 | -16 | 7   | 4   | 115              | Fe>P>Mg>N>Zn>K=Mn>S>Cu>Ca                  |
| 91    | -23                  | 5   | -1  | 15 | -5  | -5  | 7  | -11 | 12  | 6   | 89               | N>Fe>Mg>S>K>P>Zn>Cu>Mn>Ca                  |
| 92    | -15                  | 0   | 3   | 5  | -4  | -2  | 7  | -11 | 13  | 3   | 64               | N>Fe>Mg>S>P>K=Zn>Ca>Cu>Mn                  |
| 93    | 4                    | 0   | -12 | 11 | -15 | -4  | 9  | -15 | 16  | 7   | 92               | Mg=Fe>K>S>P>N>Zn>Cu>Ca>Mn                  |
| 94    | -10                  | 3   | 10  | 5  | -4  | -3  | 3  | -20 | 9   | 6   | 73               | Fe>N>Mg>S>P=Cu>Ca>Zn>Mn>K                  |
| 95    | -11                  | -18 | 10  | 13 | 4   | 7   | 6  | -26 | 8   | 7   | 109              | Fe>P>N>Mg>Cu>Zn=S>Mn>K>Ca                  |
| 96    | -16                  | 1   | 7   | 18 | -4  | -3  | 7  | -10 | -1  | 1   | 68               | N>Fe>Mg>S>Mn>P=Zn>K=Cu>Ca                  |
| 97    | 2                    | -2  | -1  | 9  | -4  | -4  | 11 | -12 | 1   | 0   | 46               | Fe>Mg=S>P>K>Zn>Mn>N>Ca>Cu                  |
| 98    | -20                  | 3   | 8   | 15 | -2  | 0   | 6  | -6  | -5  | 2   | 68               | N>Fe>Mn>Mg>S>Zn>P>Cu>K>Ca                  |
| 99    | -16                  | -17 | 9   | 13 | -5  | 8   | 10 | -6  | 2   | 2   | 88               | P>N>Fe>Mg>Mn=Zn>S>K>Cu>Ca                  |
| 100   | -15                  | -11 | 4   | 9  | -1  | 16  | 11 | -10 | -5  | 2   | 83               | N>P>Fe>Mn>Mg>Zn>K>Ca>Cu>S                  |
| 101   | -18                  | -15 | 16  | 17 | -12 | 14  | 12 | -9  | -6  | 2   | 122              | N>P>Mg>Fe>Mn>Zn>Cu>S>K>Ca                  |
| 102   | -10                  | -2  | 10  | 13 | -6  | -4  | 6  | 12  | -10 | -10 | 82               | N=Mn=Zn>Mg>S>P>Cu>K>Fe>Ca                  |
| 103   | -14                  | -22 | 8   | 20 | 1   | 7   | 8  | 4   | -2  | -9  | 95               | P>N>Zn>Mn>Mg>Fe>S>K=Cu>Ca                  |
| 104   | -23                  | -5  | 7   | 23 | 1   | -14 | 4  | 18  | -1  | -10 | 104              | N>S>Zn>P>Mn>Mg>Cu>K>Fe>Ca                  |
| 105   | -31                  | -23 | 2   | 33 | 15  | 1   | -2 | 35  | -13 | -16 | 170              | N>P>Zn>Mn>Cu>S>K>Mg>Ca>Fe                  |

Continua...

**Apêndice B.** Continuação.

| Gleba | Índices <sup>1</sup> |     |    |    |     |     |    |     |     |     | IBN <sup>2</sup> | Ordem de Limitação (Deficiência a Excesso) |
|-------|----------------------|-----|----|----|-----|-----|----|-----|-----|-----|------------------|--------------------------------------------|
|       | N                    | P   | K  | Ca | Mg  | S   | Cu | Fe  | Mn  | Zn  |                  |                                            |
| 106   | -20                  | 0   | 1  | 15 | 10  | -7  | 6  | 4   | 2   | -10 | 74               | N>Zn>S>P>K>Mn>Fe>Cu>Mg>Ca                  |
| 107   | -14                  | -23 | 8  | 19 | -7  | 5   | 1  | 18  | 4   | -12 | 110              | P>N>Zn>Mg>Cu>Mn>S>K>Fe>Ca                  |
| 108   | -33                  | -3  | 10 | 21 | 4   | -11 | 8  | 29  | -6  | -18 | 143              | N>Zn>S>Mn>P>Mg>Cu>K>Ca>Fe                  |
| 109   | -19                  | -5  | 6  | 13 | -1  | -20 | 16 | 17  | -1  | -6  | 103              | S>N>Zn>P>Mg=Mn>K>Ca>Cu>Fe                  |
| 110   | -12                  | -2  | 9  | 10 | -3  | -26 | 0  | 40  | -14 | -1  | 118              | S>Mn>N>Mg>P>Zn>Cu>K>Ca>Fe                  |
| 111   | 1                    | -6  | -2 | 9  | 9   | -12 | 7  | -6  | 2   | -3  | 56               | S>P=Fe>Zn>K>N>Mn>Cu>Ca=Mg                  |
| 112   | -8                   | -3  | 11 | 9  | 2   | -9  | 10 | -4  | 0   | -7  | 63               | S>N>Zn>Fe>P>Mn>Mg>Ca>Cu>K                  |
| 113   | -14                  | 2   | 8  | 16 | 18  | -20 | 11 | -2  | -6  | -14 | 110              | S>N=Zn>Mn>Fe>P>K>Cu>Ca>Mg                  |
| 114   | -19                  | 2   | 8  | 16 | 22  | -14 | 5  | 1   | -22 | 0   | 109              | Mn>N>S>Zn>Fe>P>Cu>K>Ca>Mg                  |
| 115   | -14                  | 0   | 6  | 25 | 18  | -11 | -2 | -4  | -8  | -10 | 99               | N>S>Zn>Mn>Fe>Cu>P>K>Mg>Ca                  |
| 116   | -5                   | -21 | 14 | 11 | 4   | 6   | -1 | -3  | -6  | 0   | 71               | P>Mn>N>Fe>Cu>Zn>Mg>S>Ca>K                  |
| 117   | -14                  | -18 | 6  | 18 | -2  | 9   | 5  | -3  | 5   | -5  | 85               | P>N>Zn>Fe>Mg>Cu=Mn>K>S>Ca                  |
| 118   | -9                   | -24 | 9  | 21 | -4  | 6   | 3  | -6  | 0   | 4   | 86               | P>N>Fe>Mg>Mn>Cu>Zn>S>K>Ca                  |
| 119   | -6                   | -20 | 13 | 8  | -13 | 11  | 1  | -4  | 5   | 6   | 87               | P>Mg>N>Fe>Cu>Mn>Zn>Ca>S>K                  |
| 120   | -22                  | -17 | 5  | 6  | 13  | 12  | -6 | -6  | 14  | 0   | 99               | N>P>Cu=Fe>Zn>K>Ca>S>Mg>Mn                  |
| 121   | -42                  | -11 | 4  | 12 | 12  | 21  | 6  | -4  | -1  | 4   | 118              | N>P>Fe>Mn>K=Zn>Cu>Ca=Mg>S                  |
| 122   | 6                    | -1  | -4 | -2 | 4   | -3  | 3  | 0   | 3   | -5  | 31               | Zn>K>S>Ca>P>Fe>Cu=Mn>Mg>N                  |
| 123   | 6                    | -14 | -4 | 8  | 12  | 12  | 7  | -8  | -16 | -4  | 91               | Mn>P>Fe>K=Zn>N>Cu>Ca>Mg=S                  |
| 124   | 13                   | 0   | -5 | 1  | 8   | -7  | -4 | -9  | 0   | 3   | 51               | Fe>S>K>Cu>Mn=P>Ca>Zn>Mg>N                  |
| 125   | 8                    | 3   | -5 | 3  | 10  | -2  | 1  | -13 | -3  | -2  | 50               | Fe>K>Mn>S=Zn>Cu>P=Ca>N>Mg                  |
| 126   | 6                    | 2   | -6 | -1 | 10  | -2  | 9  | -20 | 1   | 1   | 55               | Fe>K>S>Ca>Mn=Zn>P>N>Cu>Mg                  |
| 127   | -11                  | -17 | 8  | 5  | -6  | 9   | 12 | -7  | 3   | 6   | 84               | P>N>Fe>Mg>Mn>Ca>Zn>K>S>Cu                  |
| 128   | 12                   | -2  | 0  | 3  | 2   | -5  | 1  | -8  | -1  | -2  | 37               | Fe>S>P=Zn>Mn>K>Cu>Mg>Ca>N                  |
| 129   | -10                  | -3  | 11 | 9  | 10  | -6  | 2  | -11 | -2  | 0   | 65               | Fe>N>S>P>Mn>Zn>Cu>Ca>Mg>K                  |
| 130   | -6                   | 5   | 16 | -6 | -1  | 4   | -3 | -9  | -1  | 3   | 53               | Fe>N=Ca>Cu>Mg=Mn>Zn>S>P>K                  |
| 131   | 9                    | -11 | -2 | 4  | -14 | 14  | 0  | -4  | 4   | -1  | 66               | Mg>P>Fe>K>Zn>Cu>Ca=Mn>N>S                  |
| 132   | 5                    | 2   | 0  | 4  | -1  | -22 | 5  | 0   | 10  | -3  | 52               | S>Zn>Mg>K=Fe>P>Ca>N=Cu>Mn                  |

Continua...

**Apêndice B.** Continuação.

| Gleba | Índices <sup>1</sup> |     |    |     |     |     |     |    |     |     | IBN <sup>2</sup> | Ordem de Limitação (Deficiência a Excesso) |
|-------|----------------------|-----|----|-----|-----|-----|-----|----|-----|-----|------------------|--------------------------------------------|
|       | N                    | P   | K  | Ca  | Mg  | S   | Cu  | Fe | Mn  | Zn  |                  |                                            |
| 133   | -15                  | 1   | 6  | 8   | 8   | -25 | 11  | -4 | 9   | 2   | 89               | S>N>Fe>P>Zn>K>Ca=Mg>Mn>Cu                  |
| 134   | -6                   | 0   | 11 | 5   | -4  | -15 | -6  | -2 | 7   | 8   | 65               | S>N=Cu>Mg>Fe>P>Ca>Mn>Zn>K                  |
| 135   | -7                   | 3   | 10 | 2   | 4   | -9  | -1  | -4 | 0   | 2   | 44               | S>N>Fe>Cu>Mn>Ca=Zn>P>Mg>K                  |
| 136   | 4                    | -3  | -1 | 6   | -5  | -5  | 1   | -7 | 8   | 1   | 42               | Fe>Mg=S>P>K>Cu=Zn>N>Ca>Mn                  |
| 137   | -15                  | -16 | 7  | 7   | -7  | 9   | 3   | -2 | 10  | 4   | 81               | P>N>Mg>Fe>Cu>Zn>K=Ca>S>Mn                  |
| 138   | 9                    | -5  | -2 | -1  | 1   | -7  | 7   | -2 | 2   | -2  | 39               | S>P>K=Fe=Zn>Ca>Mg>Mn>Cu>N                  |
| 139   | 7                    | 0   | -2 | -9  | 1   | -4  | 7   | -5 | 8   | -3  | 46               | Ca>Fe>S>Zn>K>P>Mg>N=Cu>Mn                  |
| 140   | 10                   | 1   | -2 | -1  | 1   | -3  | 0   | -2 | 0   | -3  | 25               | S=Zn>K>Fe>Ca>Cu=Mn>P=Mg>N                  |
| 141   | 7                    | 0   | -1 | -6  | -4  | -4  | 6   | 4  | 2   | -5  | 39               | Ca>Zn>Mg=S>K>P>Mn>Fe>Cu>N                  |
| 142   | 2                    | -3  | -2 | 0   | 3   | -6  | 13  | -6 | 7   | -7  | 50               | Zn>S=Fe>P>K>Ca>N>Mg>Mn>Cu                  |
| 143   | 5                    | 0   | -2 | 1   | -4  | -6  | -2  | 11 | -3  | -1  | 36               | S>Mg>Mn>K=Cu>Zn>P>Ca>N>Fe                  |
| 144   | -14                  | 1   | 8  | -2  | -13 | -6  | 5   | 17 | 5   | 0   | 72               | N>Mg>S>Ca>Zn>P>Cu=Mn>K>Fe                  |
| 145   | 12                   | 5   | 1  | -7  | -2  | -1  | -4  | 7  | -10 | -1  | 51               | Mn>Ca>Cu>Mg>S=Zn>K>P>Fe>N                  |
| 146   | 4                    | 8   | 1  | -10 | -11 | 1   | -2  | 13 | -1  | -3  | 54               | Mg>Ca>Zn>Cu>Mn>K=S>N>P>Fe                  |
| 147   | 9                    | 3   | -2 | -13 | -2  | 2   | 0   | 4  | -1  | 0   | 36               | Ca>K=Mg>Mn>Cu=Zn>S>P>Fe>N                  |
| 148   | 4                    | 2   | -1 | -8  | 6   | -1  | 0   | -4 | 5   | -5  | 36               | Ca>Zn>Fe>K=S>Cu>P>N>Mn>Mg                  |
| 149   | -8                   | 3   | 10 | -7  | -1  | -1  | 5   | -7 | 3   | 5   | 50               | N>Ca=Fe>Mg=S>P=Mn>Cu=Zn>K                  |
| 150   | -9                   | -11 | 10 | -4  | -2  | 14  | 0   | 2  | 1   | -2  | 56               | P>N>Ca>Mg=Zn>Cu>Mn>Fe>K>S                  |
| 151   | 4                    | -14 | 0  | 1   | -2  | 12  | -4  | 0  | 7   | -6  | 50               | P>Zn>Cu>Mg>K=Fe>Ca>N>Mn>S                  |
| 152   | -7                   | 2   | 12 | -1  | 0   | 1   | -17 | 15 | -1  | -4  | 61               | Cu>N>Zn>Ca=Mn>Mg>S>P>K>Fe                  |
| 153   | 4                    | -1  | -5 | 2   | 5   | -2  | -12 | 5  | 14  | -9  | 59               | Cu>Zn>K>S>P>Ca>N>Mg=Fe>Mn                  |
| 154   | 7                    | 4   | 1  | -3  | 6   | 3   | -19 | 2  | 4   | -4  | 53               | Cu>Zn>Ca>K>Fe>S>P=Mn>Mg>N                  |
| 155   | -3                   | 8   | 20 | -8  | 12  | -7  | -14 | 2  | 2   | -12 | 87               | Cu>Zn>Ca>S>N>Fe=Mn>P>Mg>K                  |
| 156   | -6                   | 0   | 20 | -7  | -1  | -7  | -4  | 3  | 3   | -1  | 52               | Ca=S>N>Cu>Mg=Zn>P>Fe=Mn>K                  |
| 157   | 3                    | 1   | 0  | -5  | 0   | -4  | 3   | 6  | 5   | -8  | 35               | Zn>Ca>S>K=Mg>P>N=Cu>Mn>Fe                  |
| 158   | 8                    | 0   | 2  | 4   | 14  | -3  | -19 | 7  | -5  | -8  | 70               | Cu>Zn>Mn>S>P>K>Ca>Fe>N>Mg                  |
| 159   | -1                   | 0   | -5 | -13 | 16  | -6  | -10 | 12 | 9   | -3  | 75               | Ca>Cu>S>K>Zn>N>P>Mn>Fe>Mg                  |

Continua...

**Apêndice B.** Continuação.

| Gleba | Índices <sup>1</sup> |     |     |     |    |     |     |     |    |     | IBN <sup>2</sup> | Ordem de Limitação (Deficiência a Excesso) |
|-------|----------------------|-----|-----|-----|----|-----|-----|-----|----|-----|------------------|--------------------------------------------|
|       | N                    | P   | K   | Ca  | Mg | S   | Cu  | Fe  | Mn | Zn  |                  |                                            |
| 160   | -7                   | 0   | 14  | -2  | 17 | -4  | -8  | 0   | -4 | -6  | 63               | Cu>N>Zn>S=Mn>Ca>P=Fe>K>Mg                  |
| 161   | -13                  | -16 | 8   | -3  | 16 | 10  | -18 | 10  | 9  | -3  | 106              | Cu>P>N>Ca=Zn>K>Mn>S=Fe>Mg                  |
| 162   | -1                   | -17 | -7  | 9   | 13 | 8   | -12 | 8   | 8  | -7  | 90               | P>Cu>K=Zn>N>S=Fe=Mn>Ca>Mg                  |
| 163   | -12                  | 1   | 6   | -2  | 4  | 0   | 6   | 3   | -3 | -4  | 41               | N>Zn>Mn>Ca>S>P>Fe>Mg>K=Cu                  |
| 164   | 14                   | -14 | 1   | 2   | 4  | 14  | -1  | 2   | -5 | -16 | 73               | Zn>P>Mn>Cu>K>Ca=Fe>Mg>N=S                  |
| 165   | -7                   | -14 | 12  | -10 | 5  | 12  | 3   | 1   | 5  | -7  | 75               | P>Ca>N=Zn>Fe>Cu>Mn=Mg>K=S                  |
| 166   | -9                   | -17 | 9   | 2   | 9  | 9   | 1   | 5   | -3 | -8  | 72               | P>N>Zn>Mn>Cu>Ca>Fe>K=Mg=S                  |
| 167   | -1                   | -22 | -4  | 0   | 7  | 4   | 3   | 0   | 13 | 1   | 56               | P>K>N>Ca=Fe>Zn>Cu>S>Mg>Mn                  |
| 168   | -20                  | -17 | 5   | 7   | 8  | 10  | 0   | 10  | 10 | -13 | 101              | N>P>Zn>Cu>K>Ca>Mg>S=Fe=Mn                  |
| 169   | 1                    | -4  | -4  | 8   | 16 | -13 | -4  | 6   | 6  | -12 | 74               | S>Zn>K=P=Cu>N>Fe=Mn>Ca>Mg                  |
| 170   | -16                  | -4  | 12  | 5   | 7  | -11 | 1   | 2   | 10 | -6  | 75               | N>S>Zn>P>Cu>Fe>Ca>Mg>Mn>K                  |
| 171   | -8                   | 5   | 12  | 1   | 19 | -16 | -2  | -2  | 7  | -15 | 87               | S>Zn>N>Cu=Fe>Ca>P>Mn>K>Mg                  |
| 172   | 6                    | 3   | -1  | -5  | 6  | -17 | 8   | -4  | 17 | -14 | 81               | S=Zn>Ca>Fe>K>P>N=Mg>Cu>Mn                  |
| 173   | 6                    | 2   | 1   | -5  | -3 | -15 | 7   | -2  | 11 | -1  | 52               | S>Ca>Mg>Fe>Zn>K>P>N>Cu>Mn                  |
| 174   | 3                    | 2   | 2   | -4  | -2 | -8  | 16  | 0   | -6 | -3  | 48               | S>Mn>Ca>Zn>Mg>Fe>P=K>N>Cu                  |
| 175   | -1                   | 1   | -4  | 0   | 2  | -2  | 8   | 1   | 5  | -11 | 35               | Zn>K>S>N>Ca>P=Fe>Mg>Mn>Cu                  |
| 176   | 6                    | -14 | -4  | -6  | 4  | 12  | 7   | 1   | 3  | -10 | 67               | P>Zn>Ca>K>Fe>Mn>Mg>N>Cu>S                  |
| 177   | -6                   | -1  | 17  | -3  | 11 | -7  | 5   | -5  | -3 | -7  | 65               | S=Zn>N>Fe>Ca=Mn>P>Cu>Mg>K                  |
| 178   | -8                   | 0   | 10  | -1  | 14 | -16 | 9   | -6  | 1  | -4  | 69               | S>N>Fe>Zn>Ca>P>Mn>Cu>K>Mg                  |
| 179   | 8                    | 1   | 1   | -6  | 4  | 0   | 6   | -3  | -3 | -8  | 40               | Zn>Ca>Fe=Mn>S>P=K>Mg>Cu>N                  |
| 180   | -4                   | 3   | 14  | -4  | 6  | -2  | 8   | -3  | -7 | -11 | 62               | Zn>Mn>N=Ca>Fe>S>P>Mg>Cu>K                  |
| 181   | -8                   | 3   | 10  | -2  | -4 | -3  | 10  | 1   | 3  | -10 | 54               | Zn>N>Mg>S>Ca>Fe>P=Mn>K=Cu                  |
| 182   | 1                    | -2  | -2  | -6  | 9  | -7  | 18  | -7  | 10 | -13 | 75               | Zn>S=Fe>Ca>P=K>N>Mg>Mn>Cu                  |
| 183   | -18                  | -16 | -1  | 0   | 3  | 11  | 6   | -5  | 36 | -16 | 111              | N>P=Zn>Fe>K>Ca>Mg>Cu>S>Mn                  |
| 184   | -5                   | -18 | -12 | -7  | 4  | 9   | 14  | 4   | 28 | -17 | 118              | P>Zn>K>Ca>N>Mg=Fe>S>Cu>Mn                  |
| 185   | -13                  | -18 | 10  | -2  | -7 | 10  | 7   | -10 | 17 | 7   | 100              | P>N>Fe>Mg>Ca>Cu=Zn>K=S>Mn                  |
| 186   | -11                  | -19 | 12  | 0   | 2  | 8   | 4   | 2   | -1 | 1   | 61               | P>N>Mn>Ca>Zn>Mg=Fe>Cu>S>K                  |

Continua...

**Apêndice B.** Continuação.

| Gleba | Índices <sup>1</sup> |     |    |     |    |     |     |     |     |     | IBN <sup>2</sup> | Ordem de Limitação (Deficiência a Excesso) |
|-------|----------------------|-----|----|-----|----|-----|-----|-----|-----|-----|------------------|--------------------------------------------|
|       | N                    | P   | K  | Ca  | Mg | S   | Cu  | Fe  | Mn  | Zn  |                  |                                            |
| 187   | -8                   | -16 | 13 | -9  | -3 | 9   | 7   | 0   | 9   | -2  | 76               | P>Ca>N>Mg>Zn>Fe>Cu>S=Mn>K                  |
| 188   | -12                  | -9  | 15 | -11 | 0  | 18  | 11  | 1   | -12 | 0   | 90               | N>Mn>Ca>P>Mg=Zn>Fe>Cu>K>S                  |
| 189   | -30                  | -20 | 22 | -3  | 8  | 8   | 11  | -1  | 5   | 0   | 108              | N>P>Ca>Fe>Zn>Mn>Mg>S>Cu>K                  |
| 190   | -6                   | 0   | 12 | -5  | -3 | -9  | 15  | 3   | -3  | -3  | 60               | S>N>Ca>Mg=Mn=Zn>P>Fe>K>Cu                  |
| 191   | -14                  | -18 | 12 | -6  | -4 | 7   | 10  | 3   | 12  | -3  | 89               | P>N>Ca>Mg>Zn>Fe>S>Cu>K=Mn                  |
| 192   | -12                  | 1   | 12 | -2  | 4  | -10 | 10  | -8  | 11  | -6  | 77               | N>S>Fe>Zn>Ca>P>Mg>Cu>Mn>K                  |
| 193   | -11                  | 1   | 11 | -7  | -1 | -7  | 9   | 3   | 0   | 2   | 52               | N>Ca>S>Mg>Mn>P>Zn>Fe>Cu>K                  |
| 194   | -13                  | -3  | 13 | -11 | -4 | -10 | 11  | -8  | 24  | 0   | 96               | N>Ca>S>Fe>Mg>P>Zn>Cu>K>Mn                  |
| 195   | -9                   | -14 | 15 | -19 | -1 | 11  | 5   | 2   | 11  | -2  | 89               | Ca>P>N>Zn>Mg>Fe>Cu>S>Mn>K                  |
| 196   | -12                  | -19 | 8  | -1  | 6  | 7   | 8   | -1  | 11  | -8  | 82               | P>N>Zn>Ca=Fe>Mg>S>Cu=K>Mn                  |
| 197   | -8                   | -13 | 13 | -17 | 0  | 13  | 6   | 1   | 6   | -1  | 78               | Ca>P>N>Zn>Mg>Fe>Mn=Cu>K=S                  |
| 198   | -11                  | 4   | 11 | 3   | 1  | 1   | 8   | -2  | -6  | -7  | 54               | N>Zn>Mn>Fe>Mg=S>Ca>P>Cu>K                  |
| 199   | -5                   | -2  | 17 | -8  | -2 | -7  | 13  | 0   | 5   | -10 | 68               | Zn>Ca>S>N>P=Mg>Fe>Mn>Cu>K                  |
| 200   | -10                  | -2  | 14 | -12 | 0  | -6  | 6   | -11 | 27  | -6  | 94               | Ca>Fe>N>Zn=S>P>Mg>Cu>K>Mn                  |
| 201   | -6                   | 1   | 11 | -12 | -1 | -2  | 9   | -3  | 3   | -1  | 51               | Ca>N>Fe>S>Mg=Zn>P>Mn>Cu>K                  |
| 202   | 8                    | 2   | 3  | -9  | 6  | -4  | 0   | -4  | 4   | -6  | 45               | Ca>Zn>S=Fe>Cu>P>K>Mn>Mg>N                  |
| 203   | -9                   | -13 | 11 | -13 | -2 | 11  | 13  | -5  | 12  | -4  | 93               | P=Ca>N>Fe>Zn>Mg>K=S>Mn>Cu                  |
| 204   | -8                   | -16 | 17 | 6   | 5  | 9   | -6  | -9  | 18  | -14 | 107              | P>Zn>Fe>N>Cu>Mg>Ca>S>K>Mn                  |
| 205   | -7                   | -13 | 17 | -13 | 8  | 12  | -4  | -7  | 17  | -9  | 107              | P=Ca>Zn>N=Fe>Cu>Mg>S>K=Mn                  |
| 206   | -10                  | 3   | 18 | -11 | 0  | -1  | -3  | 0   | 8   | -5  | 59               | Ca>N>Zn>Cu>S>Mg=Fe>P>Mn>K                  |
| 207   | -12                  | -7  | 17 | -15 | 2  | 19  | -1  | 3   | -3  | -2  | 80               | Ca>N>P>Mn>Zn>Cu>Mg>Fe>K>S                  |
| 208   | -4                   | 1   | 16 | -2  | -1 | -5  | -9  | 0   | 8   | -4  | 50               | Cu>S>Zn=N>Ca>Mg>Fe>P>Mn>K                  |
| 209   | -9                   | 3   | 20 | -9  | 11 | -3  | -15 | -4  | 6   | -1  | 81               | Cu>N=Ca>Fe>S>Zn>P>Mn>Mg>K                  |
| 210   | 0                    | 4   | 20 | -7  | -1 | -2  | -10 | -4  | 1   | 0   | 49               | Cu>Ca>Fe>S>Mg>Zn=N>Mn>P>K                  |
| 211   | -7                   | 3   | 18 | -12 | -1 | 0   | -10 | -5  | 14  | -1  | 69               | Ca>Cu>N>Fe>Zn=Mg>S>P>Mn>K                  |
| 212   | -6                   | -9  | 18 | -12 | -1 | 17  | -19 | 0   | 16  | -4  | 101              | Cu>Ca>P>N>Zn>Mg>Fe>Mn>S>K                  |
| 213   | -8                   | -8  | 13 | -7  | -1 | 18  | -4  | -5  | 3   | 0   | 67               | N=P>Ca>Fe>Cu>Mg>Zn>Mn>K>S                  |

Continua...

**Apêndice B.** Continuação.

| Gleba | Índices <sup>1</sup> |     |     |     |     |    |     |    |     |    | IBN <sup>2</sup> | Ordem de Limitação (Deficiência a Excesso) |
|-------|----------------------|-----|-----|-----|-----|----|-----|----|-----|----|------------------|--------------------------------------------|
|       | N                    | P   | K   | Ca  | Mg  | S  | Cu  | Fe | Mn  | Zn |                  |                                            |
| 214   | -4                   | 7   | 15  | -8  | -2  | -2 | -11 | 4  | 6   | -4 | 63               | Cu>Ca>N=Zn>Mg=S>Fe>Mn>P>K                  |
| 215   | -5                   | 2   | 14  | -8  | -3  | -8 | -5  | 1  | 14  | -1 | 62               | Ca=S>N=Cu>Mg>Zn>Fe>P>K=Mn                  |
| 216   | -6                   | -20 | 22  | -1  | 10  | 13 | -16 | -2 | 6   | -6 | 102              | P>Cu>Zn=N>Fe>Ca>Mn>Mg>S>K                  |
| 217   | -6                   | -20 | 17  | -5  | 1   | 12 | -9  | -1 | 13  | -1 | 85               | P>Cu>N>Ca>Zn=Fe>Mg>S>Mn>K                  |
| 218   | -7                   | -18 | 16  | -2  | 0   | 12 | -9  | -2 | 12  | -2 | 80               | P>Cu>N>Ca=Fe=Zn>Mg>S=Mn>K                  |
| 219   | 3                    | -15 | -1  | -5  | -3  | 11 | -6  | 8  | 9   | -1 | 63               | P>Cu>Ca>Mg>K=Zn>N>Fe>Mn>S                  |
| 220   | 3                    | -10 | -2  | -5  | -11 | 16 | -3  | 2  | 10  | -1 | 63               | Mg>P>Ca>Cu>K>Zn>Fe>N>Mn>S                  |
| 221   | 2                    | -15 | 0   | -2  | -1  | 15 | -9  | 2  | 11  | -3 | 61               | P>Cu>Zn>Ca>Mg>K>N=Fe>Mn>S                  |
| 222   | -9                   | -7  | 15  | -11 | -12 | 25 | -18 | 1  | 14  | 4  | 117              | Cu>Mg>Ca>N>P>Fe>Zn>Mn>K>S                  |
| 223   | -10                  | -9  | 13  | 2   | -1  | 18 | -18 | 4  | 6   | -4 | 84               | Cu>N>P>Zn>Mg>Ca>Fe>Mn>K>S                  |
| 224   | -9                   | -10 | 11  | -1  | 5   | 16 | -21 | 2  | 6   | 1  | 82               | Cu>P>N>Ca>Zn>Fe>Mg>Mn>K>S                  |
| 225   | -6                   | -18 | -10 | -17 | -14 | 7  | -12 | 77 | -3  | -4 | 167              | P>Ca>Mg>Cu>K>N>Zn>Mn>S>Fe                  |
| 226   | -5                   | -6  | 15  | -7  | -14 | 24 | -20 | 6  | 7   | 1  | 104              | Cu>Mg>Ca>P>N>Zn>Fe>Mn>K>S                  |
| 227   | -5                   | -11 | 16  | -11 | -12 | 23 | -10 | -1 | 4   | 7  | 100              | Mg>P=Ca>Cu>N>Fe>Mn>Zn>K>S                  |
| 228   | -2                   | -12 | 16  | -7  | -13 | 20 | -19 | 3  | 10  | 4  | 106              | Cu>Mg>P>Ca>N>Fe>Zn>Mn>K>S                  |
| 229   | -7                   | -10 | 13  | -7  | -13 | 23 | -19 | 11 | 6   | 2  | 112              | Cu>Mg>P>N=Ca>Zn>Mn>Fe>K>S                  |
| 230   | -10                  | -9  | 13  | -5  | 0   | 17 | 2   | -2 | -13 | 7  | 79               | Mn>N>P>Ca>Fe>Mg>Cu>Zn>K>S                  |
| 231   | 6                    | -13 | 5   | -4  | -2  | 20 | -5  | -1 | -5  | -1 | 61               | P>Cu=Mn>Ca>Mg>Fe=Zn>K>N>S                  |
| 232   | -14                  | -7  | 13  | -10 | -11 | 25 | -9  | 2  | 6   | 3  | 101              | N>Mg>Ca>Cu>P>Fe>Zn>Mn>K>S                  |
| 233   | -4                   | -1  | 15  | -16 | -17 | 31 | 7   | 3  | -13 | -4 | 111              | Mg>Ca>Mn>N=Zn>P>Fe>Cu>K>S                  |
| 234   | 18                   | 7   | -1  | -12 | -13 | 3  | 1   | 8  | -10 | -2 | 75               | Mg>Ca>Mn>Zn>K>Cu>S>P>Fe>N                  |
| 235   | 9                    | 9   | 1   | -26 | -11 | 5  | 7   | 6  | 0   | 1  | 75               | Ca>Mg>Mn>Zn=K>S>Fe>Cu>N=P                  |
| 236   | 19                   | 6   | -4  | -8  | -15 | 1  | 4   | 3  | -6  | -1 | 67               | Mg>Ca>Mn>K>Zn>S>Fe>Cu>P>N                  |
| 237   | 10                   | -7  | -4  | -8  | -14 | 18 | 9   | 6  | -13 | 3  | 91               | Mg>Mn>Ca>P>K>Zn>Fe>Cu>N>S                  |
| 238   | 12                   | -7  | -3  | -3  | -6  | 23 | 1   | 0  | -14 | -2 | 72               | Mn>P>Mg>K=Ca>Zn>Fe>Cu>N>S                  |
| 239   | 12                   | -6  | -3  | -14 | -15 | 23 | 12  | 6  | -16 | 1  | 107              | Mn>Mg>Ca>P>K>Zn>Fe>Cu=N>S                  |
| 240   | 12                   | -7  | -3  | -5  | -4  | 21 | 3   | 0  | -13 | -5 | 73               | Mn>P>Ca=Zn>Mg>K>Fe>Cu>N>S                  |

Continua...

**Apêndice B.** Continuação.

| Gleba | Índices <sup>1</sup> |     |    |     |     |    |     |    |     |    | IBN <sup>2</sup> | Ordem de Limitação (Deficiência a Excesso) |
|-------|----------------------|-----|----|-----|-----|----|-----|----|-----|----|------------------|--------------------------------------------|
|       | N                    | P   | K  | Ca  | Mg  | S  | Cu  | Fe | Mn  | Zn |                  |                                            |
| 241   | 7                    | -2  | 0  | -16 | -11 | 29 | -3  | 2  | -5  | -1 | 77               | Ca>Mg>Mn>Cu>P>Zn>K>Fe>N>S                  |
| 242   | 10                   | -4  | -5 | -24 | -18 | 22 | 10  | 11 | 1   | -3 | 108              | Ca>Mg>K>P>Zn>Mn>N=Cu>Fe>S                  |
| 243   | 12                   | -6  | -4 | -12 | -13 | 20 | 1   | 4  | 0   | -2 | 75               | Mg>Ca>P>K>Zn>Mn>Cu>Fe>N>S                  |
| 244   | -10                  | 1   | 10 | -21 | -15 | 31 | 18  | 3  | -17 | 1  | 126              | Ca>Mn>Mg>N>Zn=P>Fe>K>Cu>S                  |
| 245   | -10                  | -4  | 9  | -19 | -13 | 27 | 9   | 4  | -2  | 0  | 98               | Ca>Mg>N>P>Mn>Zn>Fe>Cu=K>S                  |
| 246   | -9                   | -5  | 12 | -24 | -10 | 30 | 4   | 11 | -9  | 1  | 115              | Ca>Mg>N=Mn>P>Zn>Cu>Fe>K>S                  |
| 247   | -8                   | -4  | 11 | -23 | -9  | 24 | 4   | 7  | -3  | 2  | 96               | Ca>Mg>N>P>Mn>Zn>Cu>Fe>K>S                  |
| 248   | -6                   | 5   | 14 | -52 | -31 | 34 | 7   | 10 | 11  | 8  | 177              | Ca>Mg>N>P>Cu>Zn>Fe>Mn>K>S                  |
| 249   | -14                  | 47  | 4  | -22 | -17 | 7  | -1  | 0  | 0   | -3 | 117              | Ca>Mg>N>Zn>Cu>Fe=Mn>K>S>P                  |
| 250   | 8                    | -5  | -2 | -10 | -12 | 20 | -3  | 5  | -1  | 0  | 66               | Mg>Ca>P>Cu>K>Mn>Zn>Fe>N>S                  |
| 251   | -10                  | -2  | 12 | -11 | -4  | 29 | 7   | 0  | -16 | -4 | 96               | Mn>Ca>N>Zn=Mg>P>Fe>Cu>K>S                  |
| 252   | -19                  | -4  | 2  | -30 | -22 | 24 | 75  | 0  | -20 | -7 | 203              | Ca>Mg>Mn>N>Zn>P>Fe>K>S>Cu                  |
| 253   | -16                  | -2  | 8  | -12 | -13 | 28 | 5   | 5  | -5  | 2  | 97               | N>Mg>Ca>Mn>P>Zn>Cu=Fe>K>S                  |
| 254   | -23                  | 2   | 8  | -12 | -13 | 33 | 1   | 5  | -6  | 6  | 109              | N>Mg>Ca>Mn>Cu>P>Fe>Zn>K>S                  |
| 255   | -13                  | -5  | 9  | -10 | -4  | 26 | -1  | 1  | -10 | 6  | 86               | N>Ca=Mn>P>Mg>Cu>Fe>Zn>K>S                  |
| 256   | -9                   | -4  | 12 | -13 | -14 | 28 | 5   | 8  | -12 | -1 | 106              | Mg>Ca>Mn>N>P>Zn>Cu>Fe>K>S                  |
| 257   | -19                  | -1  | 11 | -16 | -11 | 31 | 3   | 10 | -9  | 0  | 111              | N>Ca>Mg>Mn>P>Zn>Cu>Fe>K>S                  |
| 258   | -14                  | 1   | 8  | -8  | -3  | 28 | -12 | 7  | -10 | 3  | 94               | N>Cu>Mn>Ca>Mg>P>Zn>Fe>K>S                  |
| 259   | -13                  | -4  | 7  | -10 | -17 | 23 | 3   | 10 | -1  | 2  | 88               | Mg>N>Ca>P>Mn>Zn>Cu>K>Fe>S                  |
| 260   | -21                  | -12 | 4  | -13 | -19 | 18 | 9   | 4  | 14  | 18 | 132              | N>Mg>Ca>P>K=Fe>Cu>Mn>Zn=S                  |

<sup>1</sup>Índice para cálculo do IBN; <sup>2</sup>Utilizou-se para cálculo do IBN o procedimento de Beaufils (1973).