

UNIVERSIDADE DE PASSO FUNDO
FACULDADE DE AGRONOMIA E MEDICINA VETERINÁRIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA

NORMAS DRIS PARA RENDIMENTO DE GRÃO E
TEOR DE ÓLEO DA CULTURA DA SOJA,
CULTIVADA NO PLANALTO MÉDIO DO RIO
GRANDE DO SUL

Tese apresentada ao Programa de Pós-graduação em Agronomia da Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária da UPF, para obtenção do título de Doutor em Agronomia – Área de concentração em Produção Vegetal.

Passo Fundo, outubro de 2009

**UNIVERSIDADE DE PASSO FUNDO
FACULDADE DE AGRONOMIA E MEDICINA VETERINÁRIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA**

**NORMAS DRIS PARA RENDIMENTO DE GRÃO E
TEOR DE ÓLEO DA CULTURA DA SOJA,
CULTIVADA NO PLANALTO MÉDIO DO RIO
GRANDE DO SUL**

ALFREDO CASTAMANN

Orientador: Prof. Ph. D. Pedro Alexandre Varella Escosteguy

Tese apresentada ao Programa de Pós-graduação em Agronomia da Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária da UPF, para obtenção do título de Doutor em Agronomia – Área de concentração em Produção Vegetal.

Passo Fundo, outubro de 2009



UNIVERSIDADE DE PASSO FUNDO
FACULDADE DE AGRONOMIA E MEDICINA VETERINÁRIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA
ÁREA DE CONCENTRAÇÃO EM PRODUÇÃO VEGETAL



A Comissão Examinadora, abaixo assinada, aprova a tese

“Normas DRIS para rendimento do grão e teor do óleo da cultura da soja, cultivada
no Planalto Médio do Rio Grande do Sul”

Elaborado por

ALFREDO CASTAMANN

Como requisito parcial para a obtenção do grau de
Doutor em Agronomia – Área de Produção Vegetal

Aprovada em: 05/10/2009
Pela Comissão Examinadora


Dr. Pedro Alexandre Varella Escosteguy
Presidente da Comissão Examinadora
Orientador


Dr. Vilson Antonio Klein
Coordenador PPGAgro


Dr. Vilson Antonio Klein
Universidade de Passo Fundo


Dr. Mauro Antonio Rizzardi
Diretor FAMV


Dr. Edson Campanhola Bortoluzzi
Universidade de Passo Fundo


Dr. Antonio Eneidi Boaretto
USP


Dr. Gilmar Ribeiro Nachtigall
Embrapa Uva e Vinho

C346n Castamann, Alfredo

Normas DRIS para rendimento de grão e teor de óleo da cultura da soja, cultivada no planalto médio do Rio Grande do Sul / Alfredo Castamann. – 2009.
xv, 154 f. : il. color. ; 25 cm.

Tese (Doutorado em Agronomia) – Universidade de Passo Fundo, 2009.

Orientador: Prof^o. Ph. D. Pedro Alexandre Varella Escosteguy.

1. Soja – Cultivo. 2. Soja – Rio Grande do Sul. 3. Fertilidade do solo. 4. Plantas – Melhoramento genético.
I. Escosteguy, Pedro Alexandre Varella, orientador. II. Título.

CDU: 633.34(816.5)

Bibliotecária responsável Angela Saadi Machado - CRB 10/1857

DEDICATÓRIA

À Carla, ao Eduardo e à Luiza

AGRADECIMENTOS

Ao Professor Dr. Pedro Alexandre Varella Escosteguy pela orientação, pelos ensinamentos, pela amizade e confiança.

Ao Programa de Pós-graduação em Agronomia da Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária da Universidade de Passo Fundo por ter me oportunizado a realização do doutorado.

À Universidade do Oeste de Santa Catarina, Campus de São Miguel do Oeste e Campus de Xanxerê, pelo apoio.

Aos Professores Dr. Edson C. Bortoluzzi e Dr. Vilson A. Klein pelo incentivo.

Às Professoras Ms. Marcieli Maccari e Ms. Graciele Barbieri pelo apoio (UNOESC/Xanxerê).

Aos funcionários do laboratório de análise de solos da FAMV/UPF pela colaboração.

Aos produtores André Scharlau, Bernardo Tissot, Clóvis D. Marcolin, Luciane Horner e Sérgio Bertagnolli pela disponibilização das áreas de lavoura e demais informações relativas ao cultivo.

À Cotrijal (Não-Me-Toque) por intermédio de seu departamento técnico, pela inestimável colaboração.

Aos produtores associados à Cotrijal que disponibilizaram as áreas de lavoura.

Aos acadêmicos do Curso de Agronomia da FAMV André Scharlau, Diego Berres, Vanessa Dalmaso, Sérgio Bertagnolli, Silas Zanella.

Aos amigos Jaime Giolo, João e Rose Grando, Lizete Lorini, Odorico e Noeli Ribeiro, pelas palavras de incentivo e pelo convívio fraterno.

SUMÁRIO

	Páginas
1 INTRODUÇÃO	5
2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	9
2.1 A cultura da soja.....	9
2.1.1 A soja no Brasil.....	10
2.1.2 A Soja no Rio Grande do Sul.....	11
2.2 Importância da cultura.....	14
2.3 Avaliação do estado nutricional	15
2.4 O DRIS e a fisiologia das plantas cultivadas	22
2.5 O DRIS como método diagnóstico do estado nutricional de plantas	25
2.6 O DRIS e atual “filosofia” de diagnóstico da nutrição de plantas e de adubação adotadas no Sul do Brasil	28
2.7 A eficiência do DRIS em culturas produtoras de grão	32
2.8 Nutrição de plantas e o teor de óleo em grãos de oleaginosas ..	38
3 MATERIAL E MÉTODOS	41
3.1 Características gerais das áreas de cultivo	41
3.2 Áreas selecionadas para obtenção de normas DRIS do rendimento de grãos	42
3.3 Áreas selecionadas para obtenção de normas DRIS do teor de óleo do grão	44
3.4 Amostragem e análise química das folhas	45
3.5 Rendimento de grão	47
3.6 Determinação do teor de óleo	48
3.7 Geração das normas DRIS	48
3.7.1 Seleção dos valores de referência (norma)	49
3.8 Obtenção dos índices DRIS (primários)	50
3.9 Obtenção do índice de balanço nutricional (IBN)	51
3.10 Interpretação dos índices DRIS	52
3.11 Interpretação dos teores foliares pelo método da faixa de suficiência	55
3.12 Análise estatística	58
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO	59
4.1 DRIS para rendimento de grão	59
4.1.1 Estatística descritiva.....	59
4.1.2 Normas DRIS	67
4.1.3 Diagnóstico nutricional	74
4.1.3.1 Diagnóstico nutricional com as normas DRIS.....	77

4.1.3.2 Comparação entre método DRIS e o da faixa de suficiência	87
4.2 DRIS para teor de óleo no grão	95
4.2.1 Estatística descritiva.....	95
4.2.2 Normas DRIS.....	105
4.2.3 Diagnóstico nutricional.....	120
4.2.3.1 Diagnóstico nutricional com as normas DRIS.....	124
4.2.3.2 Comparação entre o DRIS e a faixa de suficiência.....	134
5 CONCLUSÕES.....	137
CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	139
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	140

LISTA DE TABELAS

Tabela	páginas
1	Classes de interpretação dos índices primários obtidos pelo método DRIS com cinco níveis 53
2	Classes de interpretação dos índices primários obtidos pelo método DRIS com três níveis 53
3	Interpretação do teor foliar de nutrientes em soja estágio do início do florescimento 56
4	Faixa de suficiência do teor foliar de nutrientes em soja..... 57
5	Interpretação do teor dos nutrientes de acordo com a faixa de suficiência 57
6	Média, desvio padrão (s), variância (S ²), coeficiente de variação (CV) dos teores foliares dos nutrientes obtidos na folha diagnóstico da cultura da soja das safras 2008 e 2009 63
7	Média, desvio padrão (s), variância (S ²), coeficiente de variação (CV) dos teores foliares dos nutrientes obtidos na folha diagnóstico da cultura da soja das safras 2008 e 2009 64
8	Média, desvio padrão (s), variância (S ²), coeficiente de variação (CV) do rendimento de grão de soja, colhidos nas safras 2008 e 2009, e na média das safras (Geral)..... 64
9	Teor foliar mínimo, máximo e amplitude total do banco de dados utilizado para gerar as normas DRIS dos resultados das duas safras da cultura da soja avaliadas 65
10	Valores de D _{max} e da probabilidade (p<D) da prova de normalidade de Kolmogorov-Smirnov dos teores de nutrientes das folhas da cultura da soja nas safras 2008 e 2009 e na média destas safras65
11	Valores de D _{max} e da probabilidade (p<D) da prova de normalidade de Kolmogorov-Smirnov dos teores de nutrientes das folhas da cultura da soja, das amostras

	de alto rendimento de grão, nas safras 2008 e 2009 e do conjunto geral	66
12	Valores da média, desvio padrão (s), limite inferior (LI) e limite superior (LS) calculados com os resultados de rendimento de grão da cultura da soja, obtidos nas safras 2008 e 2009 e na média destas safras (geral)	67
13	Normas DRIS calculadas com os teores de nutrientes da folhas diagnóstico e o rendimento de grão da cultura da soja, avaliadas na safra 2008 ¹	68
14	Normas DRIS calculadas com os teores de nutrientes da folhas diagnóstico e o rendimento de grão da cultura da soja, avaliadas na safra 2009 ¹	70
15	Normas DRIS calculadas com os teores de nutrientes da folhas diagnóstico e o rendimento de grão da cultura da soja, avaliadas nas safras 2008 e 2009 ¹	72
16	Valores da média, da variância e da probabilidade (p), obtidos com o teste “t”, aplicados aos teores médios dos nutrientes da folha diagnóstico e ao rendimento de grão (RG) da cultura da soja das safras 2008 e 2009, e do conjunto formado por estas duas safras (geral)	75
17	Valores da média, da variância e da probabilidade (p), obtidos com o teste “t”, aplicados aos teores médios dos nutrientes da folha diagnóstico e ao rendimento de grão (RG) da cultura da soja nas respectivas populações de referência das safras 2008, 2009 e geral	76
18	Valores da probabilidade (p) da prova do qui-quadrado aplicado à frequência de eventos interpretados pelo método proposto por Wadt (1996), para índices DRIS de macronutrientes gerados com as normas das safras 2008 e 2009 e com o conjunto formado por estas duas safras (geral)	78
19	Prova do qui-quadrado (χ^2), frequências observadas (FO) e frequência esperada (FE) de amostras com nutrientes mais limitantes por deficiência pelo método DRIS (índice primário mais negativo, utilizando as normas da safra 2008, em 36 amostras de áreas cultivadas nas safras 2008 e 2009.....	82
20	Prova do qui-quadrado (χ^2), frequências observadas (FO) e frequência esperada (FE) de amostras com	

	nutrientes mais limitantes por deficiência pelo método DRIS (índice primário mais negativo, utilizando as normas da safra 2009, em 36 amostras de áreas cultivadas nas safras 2008 e 2009.....	83
21	Prova do qui-quadrado (χ^2), frequências observadas (FO) e frequência esperada (FE) de amostras com nutrientes mais limitantes por deficiência pelo método DRIS (índice primário mais negativo, utilizando as normas “geral”, em 36 amostras de áreas cultivadas nas safras 2008 e 2009.....	84
22	Coefficiente de correlação (r) obtido dos índices DRIS de cada nutriente e do índice de balanço nutricional (IBN), com o rendimento de grão da cultura da soja, de 36 amostras das safras 2008 e 2009 analisadas com as normas obtidas nas safras 2008, 2009 e o conjunto destas duas safras (geral).....	85
23	Coefficiente de correlação (r) obtido entre os teores foliares de cada nutriente analisado da cultura da soja e os índices DRIS destes nutrientes calculados com as normas obtidas nas safras 2008 e 2009, e pelo conjunto destas duas safras (geral), em 36 amostras analisadas nas safras 2008 e 2009.....	86
24	Valores da probabilidade (p) da prova do qui-quadrado para a frequência de eventos interpretados pela faixa de suficiência (FS) proposta por Tecnologias...(2006) e àqueles interpretados pelo método proposto por Wadt (1996) para índices DRIS, quando utilizadas as normas das safras 2008, 2009 e o conjunto das safras.....	88
25	Valores da probabilidade (p) da prova do qui-quadrado para a frequência de eventos interpretados pela faixa de suficiência (FS) sugerida por Sociedade... (2004) e àqueles interpretados pelo método proposto por Wadt (1996) para índices DRIS com adaptação para três classes de interpretação.....	89
26	Valores da média, desvio padrão (s), variância (S ²), coeficiente de variação (CV) dos teores dos nutrientes na folha diagnóstico de soja de todas as amostras monitoradas e daquelas da área experimental (AE), nas safras 2008 e 2009.....	97

27	Valores da média, desvio padrão (s), variância (S^2), coeficiente de variação (CV) dos teores dos nutrientes na folha diagnóstico de soja de todas as amostras monitoradas e daquelas da área experimental (AE), na média das safras.....	98
28	Teor foliar mínimo, máximo e amplitude total do banco de dados com todas as amostras (Todas) e com as amostras da área experimental (AE)	99
29	Valores da média, desvio padrão (s), variância (S^2), coeficiente de variação (CV) do teor de óleo (%) no grão, em amostras de todas as áreas e em amostras da área experimental (AE), nas safras 2008 e 2009 e na média das safras.....	99
30	Valores de D_{max} e da probabilidade ($p < D$) da prova de Kolmogorov-Smirnov dos teores foliares dos nutrientes em amostras de todas as áreas, safra 2008 e 2009 e Geral (média das safras)	101
31	Valores de D_{max} e da probabilidade ($p < D$) da prova de Kolmogorov-Smirnov dos teores foliares de nutrientes em amostras da área experimental, safras 2008 e 2009 e Geral (média das safras)	102
32	Valores de D_{max} e da probabilidade ($p < D$) da prova de normalidade de Kolmogorov-Smirnov com os teores foliares de nutrientes nas amostras das PRs de todas as áreas das safras 2008 e 2009 e Geral (média das safras).....	103
33	Valores de D_{max} e da probabilidade ($p < D$) da prova de Kolmogorov-Smirnov dos teores foliares de nutrientes nas amostras das PRs selecionadas da área experimental das safras 2008, 2009 e Geral (média das safras)	103
34	Valores de D_{max} e da probabilidade ($p < D$) da prova de Kolmogorov-Smirnov dos teores de óleo no grão. Amostras das PRs selecionadas de todas as áreas das safras 2008, 2009 e Geral (média das safras)	104
35	Valores da média, desvio padrão (s), limite inferior (LI), limite superior (LS) dos teores de óleo no grão de todas as amostras coletadas safras 2008 e 2009, e na média das safras (geral)	105

36	Normas DRIS calculadas com os teores de nutrientes da folha diagnóstico e o teor de óleo no grão de soja, safra 2008, em lavouras do Planalto Médio do Rio Grande do Sul	108
37	Normas DRIS calculadas com os teores de nutrientes da folha diagnóstico e o teor de óleo no grão de soja, safra 2009, em lavouras do Planalto Médio do Rio Grande do Sul	110
38	Normas DRIS calculadas com os teores de nutrientes da folha diagnóstico e o teor de óleo no grão de soja, safras 2008 e 2009, em lavouras do Planalto Médio do Rio Grande do Sul	112
39	Normas DRIS calculada com os teores de nutrientes da folha diagnóstico e teor de óleo no grão avaliados na safra 2008, cultivada na área experimental (AE) da UPF.....	114
40	Normas DRIS calculada com os teores de nutrientes da folha diagnóstico e teor de óleo no grão avaliados na safra 2009, cultivada na área experimental (AE) da UPF.....	116
41	Normas DRIS calculada com os teores de nutrientes da folha diagnóstico e teor de óleo no grão avaliados nas safras 2008 e 2009 (geral), cultivada na área experimental (AE) da UPF	118
42	Valores da média, variância (S^2) e da probabilidade (p) do teste “t” obtidos com os teores foliares dos nutrientes analisados na folha diagnóstico, de amostras coletadas na área experimental da UPF, nas safras 2008 e 2009 e média das safras (geral)	122
43	Valores da média, variância (S^2) e da probabilidade (p) do teste “t” obtidos com os teores foliares dos nutrientes analisados na folha diagnóstico, de amostras das PRs, coletadas na área experimental da UPF, nas safras 2008 e 2009 e média das safras (geral).....	123
44	Valores da probabilidade da prova do qui-quadrado, obtidos com a frequência de eventos interpretados pelos critérios propostos por Wadt (1996) para índices DRIS calculados com as diferentes normas da área experimental da UPF, nas safras 2008 e 2009, do	

	conjunto de dados desta área e do conjunto geral de todas as amostras	124
45	Prova do qui-quadrado com as frequências observadas dos nutrientes considerados mais limitantes por deficiência pelo método DRIS, calculados com a norma da AE safra 2008, considerando que as frequências observadas supostamente ocorreriam ao acaso, em 29 amostras de áreas cultivadas nas safras 2008 e 2009	126
46	Prova do qui-quadrado com as frequências observadas dos nutrientes considerados mais limitantes por deficiência pelo método DRIS, calculados com a norma do banco de dados da AE safra 2009, considerando que as frequências observadas supostamente ocorreriam ao acaso, em 29 amostras de áreas cultivadas nas safras 2008 e 2009	126
47	Prova do qui-quadrado para as frequências observadas dos nutrientes considerados mais limitantes por deficiência pelo método DRIS, calculados com a norma do banco de dados da AE geral, considerando que as frequências observadas supostamente ocorreriam ao acaso, em 29 amostras de áreas cultivadas nas safras 2008 e 2009.....	127
48	Prova do qui-quadrado com as frequências observadas dos nutrientes considerados mais limitantes por deficiência pelo método DRIS, calculados com a norma todas as amostras, safra 2008 e 2009, considerando que as frequências observadas supostamente ocorreriam ao acaso, em 29 amostras de áreas cultivadas nas safras 2008 e 2009	127
49	Coeficiente de correlação (r) do IBN pelo método DRIS com o teor de óleo no grão de soja, em 29 amostras das safras 2008 e 2009, analisadas com as normas obtidas nas safras 2008 e 2009, e da média das safras na área experimental, e pelo conjunto de todas as amostras	129
50	Coeficiente de correlação (r) entre os índices primários de cada nutriente, calculados com as normas obtidas nas safras 2008, 2009 e médias das safras (geral) na área experimental (AE) e pelo	

	conjunto de todas as amostras nas duas safras, com o teor de óleo no grão de soja em 29 amostras analisadas nas safras 2008 e 2009	132
51	Valores da probabilidade da prova do qui-quadrado para a frequência de eventos interpretados pela faixa de suficiência (FS) proposta por Tecnologias...(2006) e àqueles interpretados pelo método proposto por Wadt (1996) para índices DRIS.....	136

LISTA DE FIGURAS

Figura		páginas
1	Relação entre crescimento e suprimento de nutrientes	18
2	Folha coletada na amostragem.	45

**NORMAS DRIS PARA RENDIMENTO DE GRÃO E TEOR DE
ÓLEO DA CULTURA DA SOJA, CULTIVADA NO
PLANALTO MÉDIO DO RIO GRANDE DO SUL**

ALFREDO CASTAMANN¹, PEDRO A. V. ESCOSTEGUY²

RESUMO – Entre outros fatores, o diagnóstico nutricional das plantas e a avaliação da fertilidade do solo podem ser utilizados para incrementar o rendimento das culturas agrícolas. A faixa de suficiência (FS) tem sido o método de diagnóstico foliar mais utilizado para avaliar as condições nutricionais das plantas. Este método não considera a relação entre os nutrientes analisados no tecido foliar, mas isto pode ser obtido com o DRIS. A aplicação deste último método requer o conhecimento das relações binárias dos teores foliares dos nutrientes, as normas DRIS, que variam com a cultura, as condições edafo-climáticas e a variável resposta considerada no rendimento buscado. As normas DRIS ainda não foram estabelecidas para a maior parte das regiões produtoras de soja do Brasil, incluindo o Rio Grande do Sul (RS), o que restringe a aplicação deste método de diagnóstico. O objetivo geral do trabalho consistiu em inserir o método DRIS no contexto da avaliação do estado nutricional da cultura da soja, relacionado com o rendimento de grão (RG) e o teor de óleo do grão, nas condições edafo-climáticas do Planalto Médio do RS, em 2008 e 2009. Os objetivos específicos foram: gerar as normas DRIS relacionadas ao RG e ao teor de óleo do grão da cultura da soja; avaliar o diagnóstico nutricional efetuado com estas normas e a concordância das normas geradas em duas safras consecutivas;

¹ Eng.-Agr., doutorando do Programa de Pós-graduação da FAMV/UPF (PPGAgro), Área de concentração em Produção Vegetal.

² Orientador, Eng.-Agr., Ph. D., Professor da FAMV/PPGAgro/UPF – escosteguy@upf.br

verificar a correlação dos índices DRIS com o RG e com o teor de óleo no grão; comparar o diagnóstico do método DRIS com o diagnóstico do método da faixa de suficiência. As amostras foliares e dos grãos analisadas foram coletadas em lavouras do Planalto Médio e na área experimental da Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária da UPF. Foram analisados os teores totais de macro e micronutrientes (exceto molibdênio e cloro) do terceiro trifólio completamente expandido da haste principal, coletados no estágio R2. As normas DRIS foram geradas relativas ao RG e ao teor de óleo do grão. Os valores dos índices DRIS foram interpretados com os critérios do potencial de resposta a adubação, enquanto que os teores foliares foram interpretados com os critérios propostos por Tecnologias... (2006), além dos sugeridos pela pesquisa oficial do Rio Grande do Sul e de Santa Catarina. Os resultados obtidos possibilitaram a geração das normas DRIS, relacionadas ao RG e ao teor de óleo do grão. As normas diferiram entre as safras monitoradas. O RG foi maior com o acréscimo dos valores dos índices DRIS de Ca e de Mg, ocorrendo o contrário com o aumento dos valores dos índices de K e de B. O teor de óleo do grão de soja foi maior com o acréscimo dos valores dos índices DRIS de B, Ca, Mg e S, ocorrendo o contrário com o acréscimo dos valores dos índices de K, N e P. O diagnóstico nutricional obtido com este método foi mais abrangente que obtido com a FS, sendo isto verificado com o RG e o teor de óleo no grão.

Palavras-chave: diagnóstico nutricional, análise foliar, nutrição mineral, rendimento de grão, óleo vegetal, soja.

**DRIS NORMS FOR GRAIN YIELD AND OIL SEED CONTENT
OF SOYBEAN, GROWING IN PLANALTO MEDIO REGION
OF RIO GRANDE DO SUL STATE, BRAZIL**

ALFREDO CASTAMANN³, PEDRO A. V. ESCOSTEGUY⁴

ABSTRACT - Among others factors, the nutritional diagnosis of plants and growing medium can be used to improve the yield of agricultural crops. The nutrient sufficient range (SR) approach has been the leaf diagnosis methods most used to evaluate the nutritional condition of plants. This method does not consider the relation between the nutrients analyzed in the leaf tissue, but it can be evaluated by using DRIS. In order to use this last method, it is required to know the binary rations between the nutrients concentrations, the DRIS norms, which change with the crop, soil and whether conditions as well as the variable evaluated as harvested product. The DRIS norms have not been established for the most soybean regions of Brazil, including the state of Rio Grande do Sul (RS), which limit the application of this method. The general objective of this work was to insert the DRIS method for the nutritional diagnosis of soybean crops, related to the grain yield and the grain oil concentration, for the soil and whether conditions of Planalto Médio Region, RS state, Brazil, in 2008 and 2009. The specific objectives were to generate the DRIS norms for soybean crops, related to the grain yield and the grain oil concentration; to compare the DRIS norms obtained in 2008 with the obtained in 2009; to evaluate the

³ Agronomist, graduate student, doctorate in Agronomy - Crop production, Univesity of Passo Fundo

⁴ Agronomist, Ph. D., Professor of the college of Agriculture and Veterinary Medicine of Passo Fundo.

correlation between the DRIS index and the grain yield and the grain oil concentration; and to compare the DRIS and SR diagnoses. The leaf and grain samples analyzed were sampled at farmer production and UPF research fields, in Planalto Médio Region, RS, Brazil. The total macro and micronutrients content (except molybdenum and chloride), of the third trifoliolate leaf fully expanded, sampled at R2 (full-bloom) growth stage, were analyzed. The DRIS norms were obtained by relating the binary values of the nutrients ratios with the grain yield and oil contents, of the reference population, by using Beaufils approach. The DRIS index values were evaluated according to the fertilization response potential criteria, while the nutrient leaf content was evaluated according to the sufficient range criteria, proposed by Tecnologias... (2006), besides the references values suggested by the official research of Santa Catarina and RS states. It was possible to generate the DRIS norms with the grain yield and grain oil results. The norms changed with the year evaluated. Plants with higher values of Ca and Mg DRIS indexes showed higher grain yield, while the opposite was found with higher values of K and B indexes. The grain oil content was higher with higher values of B, Ca, Mg, and S DRIS indexes, while the opposite was found with higher values of K, N, and P indexes. The diagnostic obtained with this method was more comprehensive than the obtained with the SR, with both response variable, grain yield and grain oil content.

Key words: nutritional diagnosis, leaf analysis, mineral nutrition, grain yield, vegetal oil, soybean.

1 INTRODUÇÃO

A atividade econômica brasileira tem fundamentos sólidos no setor agrícola. A agricultura participa na formação do PIB brasileiro e de acordo com o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 2009), a atividade agropecuária experimentou o maior crescimento dentre os segmentos no ano de 2008. No ano de 2008 este segmento contribuiu com 6,7% do valor adicionado. A taxa de crescimento do setor em 2008 foi da ordem de 5,8%, com relevante desempenho da lavoura. Os destaques positivos na produção agrícola do ano foram: trigo (47,5%), café em grão (25,0%), cana (19,2%), milho em grão (13,3%), arroz (9,7%), feijão (5,0%) e soja (3,4%).

De acordo com o IBGE (2009), as culturas que ocuparam as maiores áreas em 2008 foram a soja, com 21,3 milhões de hectares, o milho com 14,4 milhões de hectares e o arroz com 2,9 milhões de hectares. O somatório das safras destes três produtos representa 89,7% da produção nacional estimada de grãos. Grande parte da soja produzida no Brasil é destinada ao mercado externo e seu consumo interno in natura pode ser considerado irrisório.

Há demanda crescente na produção de alimentos e mais recentemente por biomassa utilizada como fonte de energia renovável. Destacam-se a obtenção do álcool e do biodiesel como fontes que servirão de transição entre o petróleo e outras fontes, como por exemplo, o hidrogênio e a fusão nuclear.

Neste contexto, crescerá a demanda por produtos capazes de oferecer biomassa compatível com essa necessidade transitória.

Dentre estes produtos, considerando o parque industrial e a disponibilidade tecnológica atual, a soja vem sendo citada como fonte alternativa objetivando a produção de biodiesel. Inevitavelmente a cultura da soja irá sofrer maior demanda pela sua inserção no segmento alimentar, como fonte de proteína e óleo comestível, e, pelo seu potencial uso como fonte alternativa de energia (CONAB, 2008). Por certo a cultura não será descartada como principal fonte proteica, indispensável à alimentação humana e animal.

Juntamente com o aumento da demanda por grãos de soja, tem crescido a demanda por fertilizantes, uma vez que esta cultura é uma das que mais consomem fertilizantes no Brasil (LOPES e GUILHERME, 2007).

Para fazer frente a esta necessidade mundial, será necessário aumentar a produção desta que é a principal oleaginosa produzida no mundo.

O incremento na produção e na produtividade das culturas agrícolas não depende apenas do fornecimento de maior quantidade de fertilizantes, depende também do manejo adequado da adubação. Ainda, o aumento nos custos de produção, decorrente do aumento nos custos dos insumos, do maior consumo de fertilizantes, a maior demanda de produtos agrícolas e as preocupações ambientais, impõem um uso mais eficiente dos adubos. Estes estão entre os itens de maior participação no custo, podendo representar entre 20 e 30% do custo total.

A busca por maior rendimento deverá estar atrelada a busca por rentabilidade, o que requer a otimização do uso de

fertilizantes. Desta forma, o adequado diagnóstico da fertilidade do solo e do estado nutricional da planta serão imprescindíveis.

No Rio Grande do Sul e em Santa Catarina o método de diagnose do estado nutricional de plantas mais utilizado é o da faixa de suficiência. Esta não foi estabelecida com base nos teores foliares de referência, na cultura da soja, obtidos em condições locais, mas em outros estados. Entretanto, a avaliação do estado nutricional das plantas deva ser realizada com base em padrões regionais. Ainda, o método da faixa de suficiência tem como desvantagem a impossibilidade de avaliar a relação entre os nutrientes. Em função destes aspectos, outros métodos, como o Sistema Integrado de Diagnose e Recomendação (DRIS), têm sido propostos, como alternativa ao da faixa de suficiência.

Apesar do DRIS ter sido proposto com caráter de uso universal (BEAUFILS, 1973; WALWORTH e SUMNER, 1986), trabalhos recentes indicam que o estabelecimento de padrões ou normas DRIS regionais possibilitam diagnósticos mais adequados do estado nutricional das culturas (LANTMAN e CASTRO, 2003; SILVA et al., 2005; FARNEZI et al., 2009). Este aspecto deve-se a obtenção de diferentes normas DRIS em função das condições edafo-climáticas e das diferentes cultivares cultivadas em cada região.

Como as normas DRIS ainda não foram estabelecidas para a maior parte das regiões produtoras de soja do Brasil, a aplicação deste método de diagnóstico ainda é restrita. Adicionalmente, não consta na literatura científica normas DRIS geradas tendo o teor de óleo como a variável resposta, considerada no rendimento buscado.

A seguinte hipótese foi avaliada neste trabalho: o diagnóstico efetuado com o método DRIS possibilita avaliar as condições nutricionais da cultura de soja, tendo em vista o maior rendimento de grão e o maior teor de óleo no grão dessa oleaginosa.

Para testar esta hipótese, o objetivo geral do trabalho consistiu inserir o método DRIS no contexto da avaliação do estado nutricional da cultura da soja cultivada na região do Planalto Médio do Estado do Rio Grande do Sul, na perspectiva de um maior rendimento de grão e de um maior teor de óleo no grão. Os objetivos específicos do trabalho foram: a) gerar as normas DRIS relacionadas ao RG e ao teor de óleo do grão da cultura da soja; b) avaliar o diagnóstico nutricional efetuado com estas normas e a concordância das normas geradas em duas safras consecutivas; c) verificar a correlação dos índices DRIS com o rendimento de grão e com o teor de óleo no grão; d) comparar o diagnóstico do método DRIS com o diagnóstico do método da faixa de suficiência. Os objetivos do trabalho foram delimitados às condições edafoclimáticas e às cultivares de soja normalmente utilizadas no Planalto Médio do RS.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 A cultura da soja

Consta que a soja (*Glycine Max* (L.) Merrill) começou a ser domesticada a cerca de cinco mil anos pelos chineses. A cultura da soja que tem como provável centro de origem a China, foi cultivada inicialmente para fins forrageiros e como “adubo verde”. Tratava-se de uma planta rasteira que habitava principalmente a região norte da China (BERTRAND, LAURENT e LECRERCD, 1987; BRASIL, 2007; DALL'AGNOL et al., 2007; FEDERIZZI, sd; MUNDSTOCK, sd). Cientistas da antiga China domesticaram e melhoraram plantas que se originaram de cruzamentos naturais entre duas espécies de soja selvagem, dando início a evolução da cultura (BRASIL, 2007).

De acordo com os primeiros relatos, a produção de soja foi exclusiva da China até próximo da guerra China-Japão, ocorrida durante 1894 e 1895, quando os japoneses começaram a importar a soja como fertilizante. Navios carregados de soja foram enviados a Europa em 1908, mas os Europeus já haviam tomado conhecimento da existência da soja através dos escritos de um botânico alemão por volta de 1712. Também é possível que missionários tenham enviado sementes de soja por volta de 1740 para a França onde foram semeadas (FEDERIZZI, sd).

Apesar da importância do grão na dieta alimentar do oriente remontar mais de cinco mil anos atrás, somente no início do século vinte sua exploração comercial teve início no ocidente. Pioneiramente, os Estados Unidos passaram a cultivá-la primeiro com

finalidade forrageira e posteriormente como produtora de grãos (REIS et al., 2007; DALL'AGNOL et al., 2007). Provavelmente a soja tenha sido introduzida nas Américas em 1765, como cultura forrageira, sendo utilizada tanto como feno quanto como forragem verde (COSTA, 1996). Os primeiros relatos de estudos científicos feitos com soja nos Estados Unidos datam de 1879, no Rutgers Agricultural College em Nova Jersey. As primeiras variedades utilizadas nos Estados Unidos eram originárias da China (FEDERIZZI, sd). O desenvolvimento das primeiras cultivares ocorreu nos Estados Unidos a partir do início do século XX, quando esta cultura passou a ser cultivada comercialmente naquele país (REIS et al., 2007).

Até 1940 praticamente toda área cultivada nos Estados Unidos tinha propósitos forrageiros. Entretanto, freqüentemente era também usada para o fornecimento de nitrogênio para o milho, como adubação verde (COSTA, 1996). Em meados da década de sessenta praticamente desapareceu o cultivo para fins forrageiros, passando a existir cultivos exclusivamente com a finalidade de produção de grãos naquele país (DALL'AGNOL et al., 2007).

2.1.1 A soja no Brasil

Em 1882 foram introduzidos os primeiros materiais genéticos no Brasil (EMBRAPA, 1981). As mais antigas citações encontradas na literatura sobre soja no Brasil se referem a experiências feitas na Bahia por Gustavo Dutra em 1882. Da Bahia teria sido levada para São Paulo, ao Instituto Agrônomo de Campinas por Daffert, sendo os primeiros resultados experimentais

relatados em 1892 (BERTRAND, LAURENT e LECRERCD, 1987)(COSTA, 1996) (FEDERIZZI, sd) (DALL'AGNOL et al., 2007) (DOS SANTOS, 1988). As primeiras experiências na Bahia não foram exitosas, pois o germoplasma introduzido não era adaptado às condições de baixa latitude (DALL'AGNOL et al., 2007).

Segundo Reis et al. (2007), o grão chegou ao Brasil com os primeiros imigrantes japoneses em 1908, porém, sua expansão aconteceu nos anos 70, com o interesse crescente da indústria de óleo e o aumento da demanda no mercado internacional.

2.1.2 A Soja no Rio Grande do Sul

Embora tenha sido inicialmente introduzida na Bahia, foi no Rio Grande do Sul que a produção alcançou escala comercial (COSTA, 1996).

Em 1914 F. C. Craig, um professor norte-americano que viera lecionar e realizar atividades de pesquisa na Escola Superior de Agronomia e Veterinária, da então Universidade Técnica de Porto Alegre, introduziu sementes de variedades de soja. Na mesma época, também distribuiu sementes para as diferentes estações experimentais que estavam subordinadas a Escola (COSTA, 1996) (Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária, 1981) (FEDERIZZI, sd). Estas estações estavam localizadas nos municípios de Alegrete, Bagé, Bento Gonçalves, Cachoeira do Sul, Julio de Castilhos, Porto Alegre, Santa Rosa e Viamão. Como as condições climáticas são similares àquelas do local de origem do material introduzido, a experiência foi mais

bem sucedida. Muito embora, seguindo os mesmos propósitos iniciais norte americanos, qual seja a produção de forragem (FEDERIZZI, sd).

A ampla adequação das exigências da planta às condições ambientais encontradas no Estado indicou que o cultivo desta espécie poderia ser incrementado como o foi, devido aos fatores favoráveis de clima e solo (MUNDSTOCK, sd).

No Estado é possível que tenha sido cultivada inicialmente em Dom Pedrito, no ano de 1900, de acordo com relatos obtidos por Costa (1996). Ainda segundo o autor, Guilherme Minssen, professor da Escola de Agronomia de Guignon na França, teria publicado o primeiro trabalho no Estado, na época em que atuava como cientista e professor no Liceu Rio-Grandense de Agronomia.

Segundo Dos Santos (1988), os bons resultados obtidos em Dom Pedrito fizeram com que a cultura expandisse para Santa Rosa e Viamão (1917), Missões e demais regiões do estado. Consta que a primeira avaliação com caráter experimental teria ocorrido em Santa Rosa, pelo professor Gentil Coelho Leal e pelo técnico rural Floriano Peixoto de Machado, no ano agrícola 1920/21 (COSTA, 1996).

Registros oficiais de produção no Estado datam de 1941. A partir desta data a área cultivada com a cultura experimentou um crescimento constante (COSTA, 1996). Em 1955, a cultura foi escolhida para fazer parte do sistema de produção em sucessão ao trigo, dando início a modificação da matriz produtiva do Estado (DOS SANTOS, 1988).

A história da soja no Brasil, iniciada exatamente no Noroeste do Rio Grande do Sul, mais precisamente na grande região

de Santa Rosa, está ligada a chamada modernização da agricultura gaúcha, pioneira neste contexto no Brasil. A partir da Revolução Verde proposta ao mundo, o governo brasileiro nos anos de 1950 passou a apoiar uma nova agricultura, a comercial. A transformação das lavouras de subsistência e de culturas diversificadas, junto a uma grande maioria de pequenos e médios produtores do Noroeste gaúcho, em culturas modernas de trigo, com forte uso de máquinas, implementos agrícolas, insumos químicos em geral, levou a um determinado desenvolvimento do agronegócio que, para se viabilizar efetivamente, necessitava de uma alternativa no verão. A cultura da soja veio exatamente preencher esta lacuna já nos anos de 1960 (BRUM, 2004).

No período compreendido entre os anos de 1961 a 1965 o Estado foi responsável por até 90 % da produção nacional (COSTA, 1996). O rápido desenvolvimento da soja verificado a partir da década de 60 pode ser creditado, em grande parte, ao aproveitamento da infra-estrutura destinada ao cultivo do trigo. Naquela época, a infra-estrutura permanecia ociosa no período do verão. Também merece crédito a necessidade de intercalar uma leguminosa no período entre safras de trigo (EMBRAPA, 1981). Na década de 70, mais precisamente entre 1970 e 1978, constatou-se um expressivo crescimento da produção nacional, que alcançou uma taxa geométrica anual de 30%. Neste período o Estado do Paraná também se torna um importante produtor de soja, dividindo com o Rio Grande do Sul a contribuição para com o total de soja produzido no Brasil (COSTA, 1996; DOS SANTOS, 1988; EMBRAPA, 1981).

2.2 Importância da cultura

Em tempos remotos os chineses faziam uso da soja como alimento e como medicamento decorrente de remédios obtidos a partir dela. Seu uso pelos chineses como fonte de proteína residia na dificuldade daquele povo em obter a carne bovina e o leite.

Atualmente se constitui numa das mais importantes fontes tanto de proteína quanto de óleo vegetal, destinada ao abastecimento humano e animal. É a espécie cultivada mais valiosa e de modo preponderante sustenta o comércio mundial de óleo e proteína.

A produção mundial de soja em 2008 foi de 220,9 milhões de toneladas, em uma área de 90,8 milhões de hectares. Na América do Sul, na mesma safra, a produção foi de 116,4 milhões de toneladas em 41,7 milhões de hectares. O Brasil obteve 60 milhões de toneladas, em 21,3 milhões de hectares de área cultivada, alcançando uma produtividade média de 2.816 kg ha⁻¹ (EMBRAPA, 2009).

Apesar do incremento na área plantada em 2008/2009 (2,1%), houve retração na produção em 5,2%, resultando em uma produtividade média inferior a da safra passada (IBGE, 2009)

O maior produtor mundial é os Estados Unidos que produziu 72,9 milhões de toneladas, em 25,96 milhões de hectares no ano de 2008. A produtividade média naquele país foi de 2.807 kg ha⁻¹ (EMBRAPA, 2009).

Em âmbito nacional o estado maior produtor de soja é o Mato Grosso (MT). Este produziu em 2008 17,85 milhões de toneladas em 5,68 milhões de hectares. A produtividade média foi de 3.145 kg ha⁻¹. A seguir vem o estado do Paraná que alcançou uma

produção de 11,9 milhões de toneladas em 3,98 milhões de hectares. A produtividade média neste estado foi de 2.991 kg ha⁻¹ (EMBRAPA, 2009).

O estado do Rio Grande do Sul é o terceiro maior produtor de soja no Brasil (IBGE, 2009). Alcançou uma produção total de 7,77 milhões de toneladas em 2008, em 3,83 milhões de ha, atingindo um rendimento médio de 2.028 kg ha⁻¹. Em 2009, o acumulado até o mês de julho mostra a produção total de 7,91 milhões de toneladas em 3,82 milhões de ha. Nesta última safra o rendimento médio foi de 2.071 kg ha⁻¹.

A importância da cultura para o RS pode ser constatada na análise das exportações do Estado, realizada pela Fundação de Economia e Estatística (FEE, 2009). Segundo a Fundação, as exportações do Estado atingiram US\$ 8,2 bilhões no acumulado até o mês de junho de 2009, representando 9,76 % do total do país. No período, as exportações do RS apresentaram melhor desempenho que as exportações do país. O desempenho do Estado, de acordo com a FEE, deve-se às exportações de soja, concentrada nos meses de maio a julho. O crescimento no volume de soja exportado, no período, foi de 37,9 %, especialmente para a China, proporcionando incremento de US\$ 220,00 milhões em relação ao mesmo período do ano de 2008, relativos ao setor agropecuário.

2.3 Avaliação do estado nutricional

O estudo da nutrição de plantas estabelece os elementos essenciais às plantas, os mecanismos de absorção e translocação, as

funções, as exigências, os teores foliares adequados e os distúrbios que podem ocorrer quando as quantidades forem aquém ou além da demanda (ROZANE et al. , 2008).

A análise do solo é insuficiente para garantir o adequado acompanhamento do estado nutricional de plantas. A existência de nutrientes no solo, mesmo que supostamente em suficientes quantidades disponíveis, não garante o suprimento às plantas, visto que muitos fatores podem influir na absorção. Além disso, para diversos nutrientes não há critérios adequados de análise do solo. Assim, a avaliação direta do estado nutricional de plantas é uma necessidade na agricultura. (RAIJ, 1991).

Numa agricultura intensiva, o diagnóstico do estado nutricional visa identificar carências e, ou, excessos antes que estes possam manifestar-se na forma de sintomas, de modo a corrigi-los antes que representem risco para a produtividade das culturas. Para isso é empregada a análise dos tecidos das plantas, existindo vários métodos de análise e interpretação dos resultados (CANTARUTTI et al., 2007).

A avaliação do estado nutricional de espécies vegetais, baseada na interpretação de resultados de análise foliar, tem sido amplamente utilizada e discutida, objetivando possibilitar intervenções mais precisas em sistemas de produção vegetal, por meio das práticas de manejo e adubação (NZIGUHEBA et al., 2009; BAILEY, RAMAKRISHNA e KIRCHHOF, 2009; URANO et al., 2006; BAILEY, BEATTIE e KILPATRICK, 1997).

A análise química das plantas com propósito de diagnose, está baseada no fato de que existe relação causal entre a taxa de

crescimento da planta e o conteúdo de nutrientes na matéria fresca ou seca, ou seja da concentração dos nutrientes na seiva extraída dos tecidos. Geralmente o estado nutricional de uma dada planta, ou cultura, é mais bem refletido no conteúdo de elementos minerais nas folhas que em outros órgãos das plantas. Por esta razão, as folhas são a parte das plantas usualmente empregadas na análise química da planta (MARSCHNER, 1995).

No entanto, o teor dos elementos nas folhas é influenciado por vários fatores, que agem e às vezes interagem até o momento da coleta da amostra e, por vezes, mesmo após a coleta, antes da análise. Por este motivo, os teores considerados adequados, ou não, que se encontram na literatura, somente servem de padrão se a amostra for obtida nas mesmas condições de coleta da amostra que possibilitou o estabelecimento dos valores de referência (MALAVOLTA, 2006).

Com base na dinâmica dos nutrientes nas plantas, pode-se esperar que mudanças nos teores dos mesmos ocorram durante o desenvolvimento vegetativo das folhas (MAEDA, 2002).

A relação entre o crescimento e o suprimento de nutrientes resulta em uma curva de crescimento, amplamente conhecida, que apresenta três regiões claramente definidas (Figura 1). Na primeira região, a taxa de crescimento aumenta com o aumento no suprimento de nutrientes (faixa de deficiência). Na segunda região, a taxa de crescimento alcança um máximo e não mais é afetada pelo aumento no suprimento de nutrientes (faixa adequada). Finalmente, na terceira região, a taxa de crescimento declina com o aumento no suprimento de nutrientes (faixa de toxidez) (MARSCHNER, 1995).

Para auxiliar a realização do diagnóstico de problemas nutricionais em plantas, vem sendo utilizada a análise dos tecidos, de determinados órgãos, em determinados estádios de desenvolvimento das plantas. Essa tem sido considerada como uma importante ferramenta, pois o estado nutricional revelado por ela decorre dos efeitos produzidos pelos fatores ambientais sobre o desenvolvimento das plantas. Assim, a realização de um diagnóstico adequado está na relação direta com a investigação e análise das causas de determinada condição, situação ou problema (WALWORTH e SUMNER, 1987).

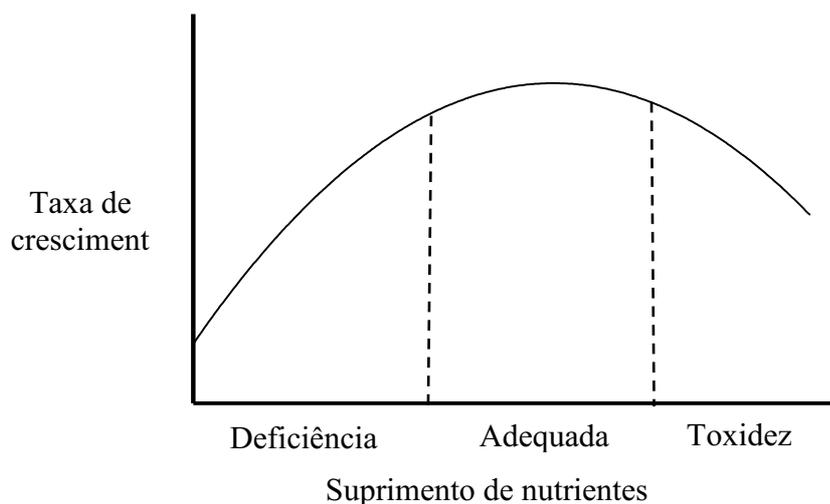


Figura 1. Relação entre crescimento e suprimento de nutrientes

Alterações na nutrição mineral são refletidas nas concentrações dos nutrientes nas folhas. A utilização da análise foliar como meio de diagnóstico, baseia-se na premissa de que existe relação entre o suprimento de nutrientes e os níveis dos elementos. Ainda, aumentos ou decréscimos nas concentrações se relacionam com

produções mais altas ou mais baixas, respectivamente (MALAVOLTA, 2006).

O teor de um nutriente dentro da planta é um valor integral de todos os fatores que interagiram para afetá-lo. Para fins de interpretação dos resultados de análise de plantas é preciso conhecer os fatores que afetam a concentração dos nutrientes, os procedimentos padronizados de amostragem e as relações entre produção, suprimento e concentração de nutrientes nas folhas (BATAGLIA e SANTOS, 2001).

O estágio de desenvolvimento tem grande influência na concentração dos nutrientes foliares e, a menos que a amostra seja retirada em um período apropriado, os resultados da análise poderão ser de pouco valor (TISDALE et al., 1993). Há muito tempo é reconhecido que as concentrações dos nutrientes (massa do nutriente/matéria seca total da planta) mudam marcadamente com a idade da planta (WALWORTH e SUMNER, 1987).

As condições que aceleram ou retardam os processos de maturação das plantas também podem influenciar as relações entre a concentração dos nutrientes e o estágio de desenvolvimento (WALWORTH e SUMNER, 1987).

As conseqüências da concentração e diluição dos nutrientes minerais nas plantas precisam ser cuidadosamente consideradas na interpretação dos teores, seja em termos de antagonismos ou sinergismos, ou de ambos, durante a absorção (MARSCHNER, 1995). De acordo com o autor, se, por exemplo, os teores de dois nutrientes estão em uma faixa de deficiência e um deles é suprido, o aumento no crescimento causa a diluição do outro

nutriente mineral (decréscimo do conteúdo na matéria seca) e é induzida uma grave deficiência, sem ocorrer qualquer competição na absorção ou dentro da planta.

Os efeitos de diluição e de concentração dos teores dos nutrientes, decorrentes de variações da produção de matéria seca por fatores alheios à disponibilidade de nutrientes, têm gerado dificuldades nas interpretações. Conseqüentemente, desde o surgimento da diagnose foliar, são buscadas alternativas que considerem a relação entre os teores de nutrientes (ALVAREZ V. e LEITE, 1999).

Existem muitos de métodos de interpretação da análise química foliar, objetivando um diagnóstico mais acurado quanto possível do estado nutricional das culturas. Os métodos de interpretação podem ser considerados estáticos, quando implicam uma mera comparação entre o teor de um elemento na amostra em teste e seu valor de referência (padrão ou norma), ou dinâmicos, quando usam as relações entre dois ou mais elementos. O nível crítico, a faixa de suficiência, fertigramas e o desvio do percentual ótimo (DOP) são exemplos do primeiro caso. Já o Sistema Integrado de Diagnose e Recomendação (DRIS) e a Diagnose da Composição Nutricional (CND) são exemplos do segundo caso (CANTARUTTI et al., 2007).

O Sistema Integrado de Diagnose e Recomendação proposto por Beaufils (1973), foi inicialmente concebido com o objetivo de sistematizar o maior número possível de fatores envolvidos na produção, devidamente organizados, de forma a possibilitar o desenvolvimento de um novo sistema de calibração do rendimento das culturas considerando os efeitos edáficos, climáticos,

de manejo e nutricionais no processo de produção (SUMNER, 1977a; WALWORTH e SUMNER, 1987; RAIJ, 1991).

O DRIS é um conceito de interpretação relativamente novo (BEAUFILS, 1973). A técnica baseia-se na comparação de índices, calculados através das relações entre nutrientes. Em essência, o índice de um nutriente é uma média dos desvios das relações que contém um dado nutriente em relação ao seu respectivo valor ótimo ou a sua norma (BAILEY, BEATTIE e KILPATRICK, 1997).

Na sua concepção, o DRIS foi desenvolvido para tornar a interpretação menos dependente de variações de amostragens com respeito à idade e origem do tecido, permitir um ordenamento de fatores limitantes de produção, e realçar a importância do balanço de nutrientes (BATAGLIA e SANTOS, 2001). A maior força do DRIS está na habilidade em diagnosticar o estado nutricional de plantas amostradas em vários estádios de crescimento. A relação entre nutrientes é frequentemente menos afetada pela idade da planta que a concentração do nutriente com base na matéria seca (MARSCHNER, 1995; WALWORTH e SUMNER, 1987).

Os índices dos nutrientes calculados através do DRIS, usados na interpretação do estado nutricional das plantas, são menos sensíveis as mudanças que ocorrem durante a maturação das folhas e ontogênese, mas dependem em alguma extensão do fator local (MARSCHNER, 1995).

2.4 O DRIS e a fisiologia das plantas cultivadas

O estudo da fisiologia vegetal possibilita compreender as transformações nos sistemas biológicos. Quaisquer transformações, físicas (absorção de água, nutrientes e gás carbônico, perda de água e oxigênio), químico/físicas (fotossíntese, respiração e fotorrespiração) e químicas (síntese de glicídios, proteínas, lipídios, ácidos nucleicos, clorofila e hormônios) constituem os processos fisiológicos ou fenômenos biológicos. Tais processos podem ocorrer dentro da célula ou através de qualquer troca entre a célula e o ambiente (FLOSS, 2004).

De acordo com o autor, todos os processos que ocorrem na planta estão sujeitos a influência do genótipo, do ambiente e da interação entre eles. A fisiologia vegetal estuda os processos fisiológicos, examinando os fatores internos e externos que interferem nos processos de síntese, com o objetivo de explicar os fenômenos observados.

Pode-se afirmar que todos os elementos minerais participam, direta ou indiretamente, de todos os processos da vida da planta. Os elementos que exercem funções na vida da planta são considerados essenciais. Muitas dessas funções, mas não todas, foram esclarecidas nos níveis molecular, celular, de tecido, órgão e na planta como um todo. Essas funções normalmente são estudadas isoladamente, um ou poucos elementos de cada vez, o que não dá uma idéia do conjunto (MALAVOLTA, 2008).

O estado nutricional da planta tem estreita relação com a atividade fotossintética. Além do nitrogênio e do magnésio que

constituem a molécula central da clorofila, os demais macro e micronutrientes interferem no processo seja por acelerar reações ou por constituir os compostos orgânicos sintetizados. Dos 17 nutrientes considerados essenciais, 12 estão diretamente relacionados com a fotossíntese (FLOSS, 2004).

O suprimento inadequado de um elemento essencial resulta em um distúrbio nutricional que se manifesta por sintomas de deficiência característicos. Tais problemas estão relacionados às funções desempenhadas pelos elementos essenciais no metabolismo e funcionamento normais da planta (TAIZ e ZEIGER, 2004).

Se a concentração no tecido da planta de um elemento essencial está abaixo do nível necessário ao crescimento ótimo, a planta é dita deficiente daquele elemento. Determinada deficiência poderá decorrer da baixa disponibilidade do elemento no solo ou de sua ocorrência em forma não disponível para absorção. Ainda, o desequilíbrio na disponibilidade dos diferentes elementos poderá resultar no excesso de uns interferindo na taxa de absorção de outros (EPSTEIN e BLOOM, 2006).

O efeito da adição de um elemento no teor de outro pode ser aumentado, diminuído ou não ser modificado. Na adubação equilibrada ou num solo fértil, os nutrientes são fornecidos nas proporções mais favoráveis ao crescimento, produção e qualidade do produto e do ambiente, o que pode ser avaliado pela análise de folha (MALAVOLTA, 2006).

Após o suprimento mineral, a idade fisiológica da uma planta ou de uma dada parte da planta é o fator mais importante que afeta o conteúdo de nutrientes na matéria seca dos tecidos. A exceção

do cálcio e às vezes do ferro e do boro, ocorre um usualmente claro declínio no conteúdo mineral na matéria seca com a idade das plantas ou dos órgãos em questão (MARSCHNER, 1995).

Ainda que existam variações genéticas, em geral as concentrações dos nutrientes nitrogênio, fósforo, potássio e enxofre tendem a diminuir com a idade das plantas. Entretanto, o aumento das concentrações de cálcio e magnésio com a idade se verifica até o início do florescimento das culturas, declinando após este estágio (WALWORTH e SUMNER, 1987).

Muitas interações específicas e não específicas entre nutrientes afetam seu teor crítico nas plantas. Pode ocorrer aumento na concentração do nitrogênio com o aumento no conteúdo de fósforo e vice-versa. Como já foi referido, o maior suprimento de um nutriente estimula o crescimento, o que pode levar a deficiência do outro pelo efeito da diluição. Portanto, ótimas relações entre os nutrientes são tão importantes quanto seu conteúdo absoluto. Pode-se citar como exemplo de interação específica a competição entre o potássio e o magnésio ao nível celular, que usualmente envolve o risco da deficiência induzida de magnésio pelo potássio (MARSCHNER, 1995).

O DRIS, inicialmente denominado “Physiological Diagnosis” (PD), foi proposto por Beaufils (1973), teve como objetivo “reproduzir condições de campo em uma sala de computação, de forma similar ao que seria possível em um laboratório, tal que viabilizasse o estudo da influência de um grande número de fatores relacionados com a produção, sob um conjunto arbitrário e pré-selecionado de condições”. Sua intenção era “proporcionar uma forma

rápida, flexível, segura e abrangente de experimentação de campo do tipo clássico” e, ao mesmo tempo, “estabelecer um sistema para a diagnose e recomendação que pudesse ser aplicado sob condições as mais diversas, por exemplo, em qualquer estágio de desenvolvimento da planta”.

O estudo de todos esses fatores e suas relações de causa e efeito possibilitaria a calibração de um sistema para a recomendação (prescrição de tratamentos, por exemplo, aplicação de fertilizantes). Entretanto, a evolução posterior de DRIS, caracterizou-se por uma ênfase no aspecto “diagnóstico foliar” (identificação dos nutrientes em déficit ou excesso na composição foliar da planta), em detrimento do aspecto “recomendação” (BATAGLIA, 1999). Assim, o DRIS passou a ser avaliado como outra metodologia de interpretação dos resultados de análise foliar, que utiliza as relações entre nutrientes, em vez da concentração absoluta e isolada de cada um deles (MOURÃO FILHO et al., 2002).

2.5 O DRIS como método diagnóstico do estado nutricional de plantas

O desempenho de uma planta ou cultura, medida em termos de produtividade ou qualidade tem como limite o potencial genético. Ainda, sofre a influência dos fatores do ambiente de crescimento, tais como: luz, temperatura, suprimento de água e de nutrientes. Mesmo que todos os demais fatores sejam otimizados, o crescimento e o desenvolvimento dependerão do suprimento de nutrientes. O maior crescimento da planta, como resultado do

suprimento de um nutriente é, em regra, acompanhado do aumento da absorção e do acúmulo desse elemento na planta, resultando em aumentos de sua concentração nos tecidos (CANTARUTTI et al., 2007).

O estabelecimento de valores de referência para a concentração de nutrientes nas folhas, através de experimentos de calibração, é fundamental para a adequada identificação do estado nutricional. No entanto, os valores obtidos em ensaios de calibração devem ser aplicados na avaliação do estado nutricional de plantas que se encontrem em condições muito similares àquelas em que se deu a obtenção dos parâmetros. Também deve ser considerado que os valores de referência estarão sujeitos a revisões periódicas como consequência da introdução de novos materiais genéticos, novas tecnologias de cultivo, entre outros (WADT et al., 1998)

Entretanto, é sabido que os nutrientes na planta ou na folha não existem de forma independente e nem se relacionam apenas dois a dois, havendo um balanço entre eles, complexo e dinâmico (FONTES, 2001).

O método DRIS envolve a comparação das relações de cada par de nutrientes encontrados em determinado tecido da planta, com as relações médias correspondentes às normas pré-estabelecidas a partir de uma população de referência. Essas relações sofrem menores variações com a idade da planta, por exemplo, do que os níveis críticos ou as faixas de suficiência (MALAVOLTA, 2006; CANTARUTTI et al., 2007). Cabe salientar que Epstein e Bloom (2006) consideram que a alegada independência das normas em relação à idade e localização da parte amostrada na planta não é certa.

O uso das relações entre os nutrientes tem por base o fato de que essas tendem a permanecer razoavelmente constantes durante o crescimento das plantas. Walworth e Sumner (1987) comprovaram o fato ao analisar os teores de nutrientes em folhas de pessegueiro. Constataram que os teores individuais dos nutrientes (nitrogênio e fósforo) mudaram rapidamente durante cinco meses de avaliação, para menos de 50% do valor inicial, enquanto a relação entre os nutrientes, após cinco meses, correspondia a 90% do valor inicial. Constataram também que enquanto os teores de cálcio e magnésio aumentaram 90 e 100%, respectivamente, a relação entre ambos permaneceu essencialmente inalterada.

O DRIS está baseado na obtenção de índices calculados a partir das razões entre as concentrações de nutrientes da amostra e das razões ótimas estabelecidas entre as concentrações dos nutrientes obtidas em plantas com alto rendimento (BAILEY, BEATTIE e KILPATRICK, 1997). Estabelece-se um índice para cada nutriente, comparando-se as razões entre um nutriente (como por exemplo, o nitrogênio) e cada um dos demais nutrientes (N/P, N/K, etc.) da amostra sob diagnose com valores referência (normas DRIS). O resultado do cálculo do índice, negativo ou positivo, indicará deficiência relativa ou excesso relativo, respectivamente (REIS et al., 2002). O DRIS possibilita ainda um meio de ordenar as relações ou produtos dos nutrientes na forma de índices denominados de índices DRIS (BAILEY, BEATTIE e KILPATRICK, 1997).

A interpretação de relações dos teores de nutrientes apresenta suas sutilezas, uma vez que não refletem a magnitude dos componentes. Tomando como exemplo a relação N/S. Se a relação

entre estes nutrientes estiver ótima, os teores dos dois nutrientes podem estar ótimos. No entanto, também é possível que ambos estejam baixos ou em excesso. Ainda, se a relação estiver acima do ótimo, isto pode se dar tanto pelo teor insuficiente do S quanto pelo excesso de N (RAIJ, 1991). Por esta razão o estudo das relações deve ser estendido a vários nutrientes, o que se constitui em pressuposto para a metodologia DRIS.

De acordo com (CANTARUTTI et al., 2007) o DRIS permite identificar casos em que desequilíbrios nutricionais limitam a produtividade, mesmo quando nenhum dos nutrientes avaliados se encontra abaixo de seu nível crítico. Contudo, não permite o cálculo da quantidade de nutrientes que deva ser aplicada para corrigir uma determinada deficiência. Ainda, o suprimento de determinado nutriente não significa que o segundo nutriente passará a ser a maior limitação, pois as relações podem ser alteradas.

2.6 O DRIS e atual “filosofia” de diagnóstico da nutrição de plantas e de adubação adotadas no Sul do Brasil

Mais de uma centena de atributos de solo, clima, planta e sistemas de manejo afetam o crescimento dos vegetais, direta ou indiretamente (MEURER, 2007). O uso de novas cultivares associado à implantação de outros sistemas de manejo do solo, por si só, impõem a necessidade de aprofundar o conhecimento sobre as atuais demandas nutricionais das culturas.

Além de ser avaliada a capacidade do solo em fornecer nutrientes, para a planta crescer e produzir faz-se necessário avaliar o

estado nutricional das culturas (MALAVOLTA, 2006). O conhecimento deste irá contribuir para um melhor entendimento da capacidade do solo e dos fertilizantes proporcionarem um adequado desenvolvimento das plantas.

Em termos gerais, nos últimos anos o Brasil está apresentando um aumento no consumo de fertilizantes. No final dos anos 80 e início da década de 90 o consumo médio nacional era de 52 kg ha⁻¹, passando para 110 kg ha⁻¹ no final da década de 90. Em 2002 o consumo atingiu 138 kg ha⁻¹ e, finalmente, em 2004 atingiu a marca de 154 kg ha⁻¹. Este fato, associado a expansão da fronteira agrícola, possibilitou um aumento na produção e, especialmente, na produtividade das maioria das culturas, principalmente daquelas destinadas a exportação (LOPES e GUILHERME, 2007).

Na cultura da soja os fertilizantes representam o item de maior participação no custo total, representando 26% do custo de produção da soja convencional e 27% do custo de produção da soja transgênica (MENEGATTI, 2006). Dados apresentados pela Fundação ABC⁵ em maio de 2008, apontam que os fertilizantes representam 22,65% do custo de produção dessa cultura.

Nos Estados do Rio Grande do Sul e Santa Catarina o programa de recomendações de adubação está baseado na análise de solos e, para algumas culturas, na análise do tecido vegetal, tendo sido desenvolvido com o apoio de 12 instituições de ensino, pesquisa e extensão (SOCIEDADE..., 2004). O período mais intenso de trabalho de pesquisa, que iniciou em 1966 e foi encerrado em 1986, constituiu

⁵ Disponível em: <http://www.fundacaoabc.org.br/custos/Soja0809B.pdf>, acessado em 23/07/2008.

a base das indicações atualmente em uso (GIANELLO e BISSANI, 2004). Naquela época o sistema de manejo do solo adotado era predominante convencional, que consistia no intenso revolvimento do solo com o uso de arados e grades.

Mais recentemente o sistema plantio direto foi adotado de forma preferencial, dadas as inúmeras vantagens associadas à este sistema de manejo (SOCIEDADE..., 2004). Dentre estas pode-se destacar a redução dos riscos de erosão e o incremento nos teores de matéria orgânica do solo (MOS), especialmente na camada superficial. O incremento na MOS trouxe efeitos importantes tais como, o aumento na CTC do solo, a redução do efeito fitotóxico do alumínio (devido sua complexação por substâncias húmicas) e o estímulo à atividade biológica, dentre outros (MEURER, 2007).

Neste sentido, a Comissão de Química e Fertilidade do Solo (CQFS-RS/SC) do Núcleo Regional Sul da Sociedade Brasileira de Ciência do Solo propôs, ao final de 1999, um processo de revisão das recomendações de adubação e de calagem. Dentre os itens sugeridos para revisão constaram: sistemas de manejo do solo e de culturas; critérios de amostragem do solo; calagem do solo para o sistema de plantio direto; alterações na tabela de interpretação dos teores de P e de K no solo; teor crítico de K no solo; etc. Essas e outras alterações foram incorporadas no atual Manual (SOCIEDADE..., 2004).

Ou seja, embora citada como ferramenta para a avaliação da fertilidade do solo, a análise de tecido vegetal não foi contemplada na proposta de atualização da mais recente versão do Manual. Todavia tenham sido verificadas mudanças importantes na interpretação dos

teores de P e K no solo, bem como no nível crítico deste, não ocorreram avanços na interpretação dos teores de micronutrientes no solo.

No que se refere à análise foliar, estão estabelecidas faixas de interpretação obtidas das relações entre os teores foliares dos nutrientes e o rendimento da cultura da soja. A interpretação dos resultados da análise foliar que constam no manual é baseada em teores obtidos de Malavolta (1987), Lopes e Coelho (1988) e Raji et al. (1997), acrescida de informações regionais (SOCIEDADE..., 2004). Os autores indicam, com base em informações de literatura, que as faixas de suficiência dos nutrientes apresentam variações com diferenças regionais, devido às cultivares utilizadas e aos fatores ambientais e de manejo.

Caldeira (2007) sugere que as faixas de suficiência indicadas em Sociedade... (2004), indicadas para interpretação dos teores dos nutrientes em tecido foliar da soja, possam ser atualizadas tendo por base os índices nutricionais obtidos com a metodologia DRIS.

Se os pressupostos que sustentam o DRIS forem confirmados nas condições locais, esta ferramenta poderá contribuir com a filosofia de diagnóstico nutricional e adubação, especialmente no que se refere à melhoria na interpretação dos resultados da análise foliar.

Qualquer amostra originada de um campo comercial ou de uma parcela experimental pode ser considerada como uma parcela de um gigantesco experimento a ser incorporada ao total de dados coletados (BEAUFILS, 1971 apud BEAUFILS, 1973). Dados

precisam ser por essa razão coletados em número suficientemente grande e aleatoriamente. Assim, um dos passos para a implantação do DRIS é coletar todos os dados confiáveis disponíveis, quer sejam gerados em condições de campo ou experimentais.

O DRIS está sendo apontado como um método eficiente de diagnose nutricional. Deve-se considerar que este método poderá se tornar mais uma importante ferramenta de interpretação dos resultados da análise foliar e auxiliar na avaliação, calibração e planejamento da adubação das culturas.

2.7 A eficiência do DRIS em culturas produtoras de grão

O incremento no rendimento médio que vem sendo observado nas culturas anuais, recentemente, está exigindo que sejam aumentadas as quantidades aplicadas de nutrientes, visando atender a maior demanda nutricional.

As indicações de adubação para as culturas anuais, que constam no Manual de adubação e calagem para os estados do Rio Grande do Sul e de Santa Catarina, consideram, além da capacidade do solo fornecer nutrientes, a expectativa de rendimento das culturas. No entanto, além dos aspectos relacionados à maior demanda de nutrientes, deverá ser considerado o equilíbrio nutricional, ou seja, qual a relação mais equilibrada entre os nutrientes.

Até o início do século vinte, as únicas deficiências minerais reconhecidas eram aquelas dos macronutrientes nitrogênio, fósforo e potássio, e a fertilização mineral considerava apenas esses três elementos. Desde então, tornaram-se dramaticamente visíveis a

importância e a extensão da deficiência de outros macronutrientes e especialmente dos micronutrientes (EPSTEIN e BLOOM, 2006).

O distúrbio do metabolismo normal, causado por deficiências, pode tornar o crescimento das plantas lento e diminuir a produção. Tal redução no crescimento pode acontecer sem o desenvolvimento de quaisquer sintomas óbvios de deficiência, ou bem antes que os mesmos apareçam. Buscando vencer esta dificuldade foi desenvolvida a técnica da análise de tecidos como forma de obter a informação a partir da própria planta sobre o seu estado nutricional (EPSTEIN e BLOOM, 2006).

De acordo com Sociedade... (2004), os resultados da análise foliar podem ser utilizados nas recomendações para culturas perenes, especialmente em frutíferas. Em outros casos, podem ser utilizados para o acompanhamento dos resultados da adubação e calagem.

Ao apresentar a metodologia DRIS, Beaufils (1973) utiliza como exemplo dados compilados de experimentos realizados com a cultura do milho, evidenciando desde o início a possibilidade de uso da metodologia em culturas anuais. Muitos trabalhos com culturas anuais foram realizados para avaliar a metodologia após a sua proposição.

O método DRIS representa um passo a frente na tentativa de realizar a diagnose do estado nutricional das plantas cultivadas e poderá resultar em significativo impacto nas práticas agrícolas (SUMNER, 1977_b; WALWORTH e SUMNER, 1987). Estes autores afirmam terem obtido resultados satisfatórios com o uso do DRIS em culturas como a batata, milho e a cana-de-açúcar.

A utilização da metodologia DRIS na avaliação do estado nutricional da soja foi testada em ensaios com fósforo e potássio. O objetivo foi o de aferir as normas e padrões estabelecidos pelo método, em função de uma base de dados formada por amostras (amostras foliares e rendimento) dos Ensaio Finais do Programa de Melhoramento da Embrapa Soja no Estado do Paraná, localidade de Londrina. Os resultados indicaram que o DRIS foi capaz de evidenciar deficiências de P e K para a soja de maneira correta (ZOBIOLE et al., 2002).

A utilização do DRIS para diagnosticar a deficiência de nutrientes em trigo de inverno nos Estados Unidos e no Canadá não foi promissora (AMUNDSON e KOEHLER, 1985).

O método DRIS, juntamente com o método da Chance Matemática e o da Diagnose da composição nutricional mostraram-se promissores para a calibração de teores ótimos na cultura da soja, considerando dados obtidos através do monitoramento de lavouras comerciais (URANO, 2004).

No estado do Rio Grande do Sul há registros de trabalhos com DRIS em culturas anuais. Em trigo o IBN (índice de balanço nutricional) resultante da aplicação da metodologia DRIS, apresentou correlação com o rendimento de grão da cultura (CALDEIRA et al., 2007). Na cultura da soja, foi possível utilizar a metodologia DRIS visando antecipar o diagnóstico do estado nutricional (CALDEIRA, 2007). Obviamente está é uma linha de trabalho que merecerá mais estudos.

No norte do Paraná, a avaliação do estado nutricional da soja, nos diferentes estádios fenológicos, permitiu coletar tecidos

vegetais em condições climáticas adequadas, minimizando especialmente seus efeitos na absorção de nutrientes. As coletas antecipadas possibilitaram a avaliação do estado nutricional também no período vegetativo. Desequilíbrios nutricionais, como para o N, P e S foram identificados desde o início da avaliação, e se mantiveram ao longo das demais avaliações. Os autores concluíram que a avaliação nutricional da planta pelo índice de balanço nutricional (DRIS) pode ser utilizada como método diagnóstico a partir dos 27 DAE, independente da cultivar (HARGHER, FIORETTO e RALISCH, 2003).

No RS, o DRIS foi avaliado na cultura do arroz irrigado quanto a possibilidade de estabelecer padrões nutricionais. Concluiu-se que o DRIS permitiu o estabelecimento do padrão nutricional e que o mesmo foi eficiente no diagnóstico do estado nutricional da cultura (GUINDANI, 2007; GUINDANI, ANGHINONI e NACHTIGALL, 2009).

Na diagnose foliar da soja cultivada no sistema plantio direto e utilizando técnicas de agricultura de precisão, em Carambeí (PR), os métodos de avaliação do estado nutricional faixa de suficiência e DRIS foram complementares (BERNARDI et al., 2003).

Kurihara (2004) estabeleceu níveis críticos, teores ótimos e faixas ótimas dos teores de nutrientes na folha índice da soja, tendo por base o uso de índices balanceados de Kenworthy e índices de balanço nutricional do método DRIS. Para tanto, foi formado um banco de dados constituído por 254 amostras, obtidas em lavouras comerciais de soja cultivadas nos estados do Mato Grosso do Sul, Mato Grosso e Goiás.

Maeda (2002) considerou que o método DRIS mostrou-se mais eficiente que o da faixa de suficiência, na interpretação dos resultados analíticos de amostras de folhas da cultura da soja, no Estado do Mato Grosso do Sul. Neste trabalho, o autor verificou concordância entre os diagnósticos realizados pelo método da diagnose visual e do DRIS, com base em sintomas foliares caracterizados como provocados por deficiência de manganês, indicando a eficiência do método DRIS em realizar a diagnose do estado nutricional na cultura da soja.

A utilização do método DRIS possibilitou melhorar a predição do equilíbrio nutricional do girassol e, assim, aumentar a eficiência da interpretação da análise foliar e da recomendação de adubação, no Estado do Paraná (RAMPAZO et al., 2003).

Martins et al. (2005) concluíram que o método DRIS foi mais eficiente em indicar deficiências nutricionais na cultura do trigo do que a interpretação dos teores dos nutrientes foliares de forma isolada.

O método DRIS foi eficiente no diagnóstico do estado nutricional da cultura da soja, especialmente quando utilizou normas específicas para as regiões do sul do Maranhão, sudoeste do Piauí e para o Mato Grosso (HOOGERHEIDE, 2005).

O emprego das normas estabelecidas pela Embrapa Soja, através da metodologia DRIS, mostrou boa eficiência na identificação de prováveis desequilíbrios nutricionais que justificariam maiores ou menores rendimentos em soja (LANTMANN e CASTRO, 2003). Segundo os autores, os estudos realizados mostraram o potencial que o método apresenta em evidenciar desequilíbrios nutricionais,

identificar a mais adequada concentração de nutrientes nas folhas de soja, em função do grupo de maturação da cultura, e ainda, possibilitar aferição de macro e micronutrientes específicos para as variedades. Os autores também ressaltam que a formação de uma base de dados regionalizada, para a geração de normas DRIS, possibilita melhor predição do equilíbrio nutricional da soja e, assim, aumenta a eficiência da interpretação da análise foliar e da recomendação de adubação.

A habilidade do DRIS em identificar diferenças no status de nutrientes não pode servir como justificativa para utilização de normas geradas a partir de um amplo banco de dados (normas gerais). Utilizando essas normas, pode-se obter diagnósticos incorretos, ou menos acurados, do que aqueles obtidos a partir de normas específicas (SILVA, 2005).

Se os valores de referência do DRIS forem obtidos e validados regionalmente, esse método poderá ser eficiente para diagnósticos mais precisos dos distúrbios nutricionais de soja. Ainda, se forem considerados os procedimentos inerentes ao DRIS, o método poderá se mostrar mais eficiente que o da faixa de suficiência para interpretar o estado nutricional de culturas anuais como a soja (MAEDA, 2002).

Quanto mais regionalizados e particularizados quanto ao material genético, época de amostragem e parte da planta amostrada, ou seja, quanto maior o refinamento, maior será a capacidade do DRIS em fornecer um diagnóstico mais acurado (BEAUFILS, 1973; AMUNDSON e KOEHLER, 1985).

Enfim, são muitos os exemplos da eficiência da metodologia DRIS em culturas anuais. Há exemplos de maior eficiência da metodologia em culturas perenes, em especial as espécies frutíferas. No entanto, repousa aí o desafio em aprofundar o conhecimento da técnica para reafirmá-la ou não como ferramenta a ser empregada de maneira a auxiliar as metodologias existentes para culturas anuais.

2.8 Nutrição de plantas e o teor de óleo em grãos de oleaginosas

A cultura da soja é a principal fonte de óleo e proteína destinada a abastecer o mercado mundial. Muito do valor econômico da cultura está baseado no teor de óleo e proteína associados ao grão (CÂMARA, PIPOLO e SINCLAIR, 2004). Os teores de óleo e proteína no grão da soja são consequência da base genética da cultura (RANGEL et al., 2004). Certamente os fatores ambientais também exercem influência e associam-se a carga genética na expressão do teor de óleo no grão (CARRERA et al., 2009; ALBRECHT et al., 2008). Portanto, este resulta da interação entre a carga genética e o ambiente, em última análise.

Carrera et al. (2009) encontraram que as diferenças constatadas dos teores de óleo no grão são principalmente resultados dos fatores ambientais e não efeitos dos cultivares avaliados. Particularmente houve efeito preponderante da temperatura média diária durante a fase de enchimento de grão, em soja cultivada na Argentina. Quanto maior a temperatura média nesta fase, maiores os teores de óleo e proteína no grão.

Este estudo demonstrou ainda, que a ocorrência de déficit hídrico, na fase de enchimento de grão, resulta em diminuição na concentração de proteína e aumento na concentração de óleo no grão.

Do ponto de vista nutricional, poucos trabalhos estão sendo conduzidos com o objetivo de avaliar se o estado nutricional resulta em modificação no teor de óleo no grão em oleaginosas. Sawan et al. (2006) em experimento realizado no Egito, constataram aumento na concentração de óleo em sementes de algodão como consequência da fertilização com potássio, zinco e fósforo. Seguin e Zheng (2006) não constataram efeito da fertilização com potássio, fósforo, enxofre e boro sobre o teor de óleo no grão em soja no Canadá. Atribuíram a ausência de resposta a alta fertilidade inicial do solo onde conduziram o experimento.

Sexton, Paek e Shibles (1998) avaliaram o efeito da fertilização com enxofre sobre a qualidade das proteínas no grão de soja, nos Estados Unidos. No entanto, neste estudo não avaliaram o efeito desta prática sobre os teores de óleo e proteína.

Paek et al. (1997) encontraram que a substituição de fonte nitrogenada amoniacal por fonte nítrica resultou em incremento de 4 a 5 % no teor de proteína no grão de soja. Wilcox e Shibles (2001) constataram que o incremento no rendimento de grão foi correspondido pelo aumento no teor de óleo. De acordo com os autores, o teor de óleo no grão aumentou na base de 0,19 % por 100 kg ha⁻¹ de incremento no rendimento de grão. Constataram ainda que houve decréscimo no teor de proteína com o incremento no rendimento de grão. A correlação negativa entre o teor de proteína e o rendimento de grão também foi constatada por Chung et al. (2003).

A correlação negativa entre teor de óleo e teor de proteína em soja é amplamente conhecida (CARRERA et al., 2009; CHUNG et al. 2003).

Estudos relacionados com a obtenção de maiores teores de óleo no grão têm sido restritos às condições ambientais ou à influência de alguns nutrientes sobre o teor de óleo no grão. Não têm sido empregados métodos de interpretação da análise foliar, seja o método da faixa de suficiência, do nível crítico ou DRIS, objetivando um melhor entendimento do estado nutricional relacionado com o teor de óleo no grão.

3 MATERIAL E MÉTODOS

Inicialmente o trabalho consistiu em avaliar os teores de macro e dos micronutrientes (exceto molibdênio, cloro e níquel) da folha diagnóstica, o rendimento de grão e o teor de óleo no grão da cultura da soja (*Glycine Max* (L.) Merrill). Os resultados obtidos foram utilizados para a geração das normas DRIS, geradas com as amostras das safras 2008 e 2009, analisadas em separado e em conjunto (reunião dos resultados das duas safras).

3.1 Características gerais das áreas de cultivo

As áreas de cultivo são da região fisiográfica do Planalto Médio do RS. De acordo com a Classificação de Köppen o clima desta região é do tipo fundamental C, subtipo fa, caracterizado como clima subtropical úmido, sem estação seca definida, com a temperatura do mês mais quente superior à 22° C (CUNHA, 1997) e temperatura média anual 17,5° C, precipitação média anual de 1787,8 mm. A umidade relativa do ar é de em média 72 % (EMBRAPA TRIGO, 2008).

As amostras foliares analisadas foram obtidas de áreas onde o sistema plantio direto é utilizado a mais de dez anos. Os solos destas áreas são classificados como Latossolo Vermelho Distrófico típico, Latossolo Vermelho Distrófico húmico, Latossolo Vermelho Aluminoférrico típico e Nitossolo Vermelho Distroférico típico (EMBRAPA, 2006; STRECK et al., 2008). Trata-se de solos profundos, bem drenados, com predomínio de caulinita e óxidos de ferro, derivados de rochas magmáticas vulcânicas (basalto), exceto no

caso do Latossolo Vermelho Distrófico típico que sofre a influência de rochas sedimentares (arenito) (STRECK et al., 2008). Os teores de argila das áreas amostradas variaram de 20 a 60%.

3.2 Áreas selecionadas para obtenção de normas DRIS do rendimento de grão

A primeira condição estabelecida para a seleção das áreas amostradas foi a variabilidade do rendimento de grão. Para tanto, foi realizado contato prévio com os produtores e/ou com assistentes técnicos da Cooperativa Cotrijal de Não-Me-Toque (RS). Em conjunto com eles, procedeu-se a análise do histórico de produção das áreas amostradas. Quando contatado diretamente o produtor, foi realizada visita a propriedade, para verificar “in loco” as condições da área e para o planejamento da amostragem.

Nas lavouras dos produtores associados a Cotrijal, os assistentes técnicos responsáveis pelas áreas selecionadas auxiliaram na identificação da condição de variabilidade buscada no trabalho. As áreas destes produtores fazem parte do projeto de agricultura de precisão da Cotrijal. As mesmas foram subdivididas em seis talhões, com área de um ha cada, considerando o histórico produtivo observado em mapas de colheita. Essas áreas foram selecionadas de acordo com o seguinte critério: a) talhões de alto rendimento: rendimento superior a 3.300 kg ha^{-1} ; b) talhões de médio rendimento: rendimento entre 2.700 e 3.300 kg ha^{-1} ; c) talhões de baixo rendimento: rendimento inferior a 2.700 kg ha^{-1} . O nome dos

produtores das áreas amostradas, cooperativados ou não, constam no Apêndice 1.

Na safra 2008, foram coletadas amostras de uma área de cerca de um ha utilizada para experimento com doses de dejetos líquidos de suínos, na Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária da Universidade de Passo Fundo (FAMV/UPF). Noventa e oito amostras foram monitoradas nesta condição. Além destas amostras, foram selecionados cinco produtores de diferentes localidades, associados da Cotrijal, e cinco não associados (Apêndice 1). Nas áreas dos produtores associados à Cotrijal foram coletadas 48 amostras. Nas áreas dos produtores não associados, igualmente de localidades diferentes, foram coletadas 26 amostras. Assim, na safra de 2008, foram analisadas 172 amostras. No entanto, o número de amostras utilizadas para gerar as normas DRIS foi de 153 amostras, pois 19 amostras foram descartadas devido a inconsistência dos dados relacionados com o rendimento de grão.

Na safra 2009, foram selecionadas 48 áreas sob a supervisão da Cotrijal, de cinco produtores. Destas, 30 amostras foram obtidas em áreas amostradas na safra 2008. A não inclusão da totalidade das áreas amostradas na safra anterior foi devido a necessidade de rotação de cultura, condicionada ao sistema de cultivo, adotado pelo produtor, e necessária ao sistema plantio direto. Foram selecionados seis produtores não associados à Cotrijal, onde foram obtidas 30 amostras.

Além das amostras dos produtores associados a Cotrijal, na safra 2009, também foram coletadas amostras da área experimental

da FAMV/UPF, nos mesmos locais amostrados na safra 2008. Assim, o total de amostras analisadas nesta safra, foi de 176.

Como ocorreu na safra anterior, áreas com rendimento de grão inconsistente foram descartadas do banco de dados. Assim, na safra 2009 foram utilizadas 152 amostras na geração das normas DRIS.

3.3 Áreas selecionadas para obtenção de normas DRIS do teor de óleo do grão

Nas safras 2008 e 2009, foram coletadas amostras de uma área de cerca de um ha utilizada para experimento com doses de dejetos líquidos de suínos, na Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária da Universidade de Passo Fundo (FAMV/UPF). Noventa e oito amostras foram monitoradas nesta condição.

Na safra 2008, além das amostras obtidas na área experimental (AE), outras 15 amostras foram coletadas em áreas de produtores não cooperativados.

Na safra 2009, foram incluídas 14 amostras monitoradas de produtores não cooperativados, em áreas diferentes daquelas obtidas na safra de 2008, além daquelas 98 amostras obtidas na área experimental.

Desta forma, na safra 2008 foram obtidas 113 amostras, enquanto na safra 2009 foram obtidas 112 amostras.

3.4 Amostragem e análise química das folhas

As amostras de folhas foram coletadas quando 50 % das plantas do talhão ou da gleba estavam em pleno florescimento (fase de desenvolvimento R2). Esta fase é caracterizada pelo aparecimento de duas flores abertas nos últimos quatro nós da haste principal (FARIAS, NEPOMUCENO e NEUMAIER, 2007).

Foram colhidos 30 trifólios, recém-maduros, com pecíolo (MAEDA, LIMA FILHO e FABRÍCIO, 2004), que de modo geral, correspondem ao terceiro trifólio completamente expandido a partir do ápice da haste principal (Figura 2) (OLIVEIRA et al., 2007).

Uma vez coletadas, as folhas foram acondicionadas em sacos de papel limpos e imediatamente encaminhadas ao laboratório, para os procedimentos de preparo da amostra para a análise química.



Figura 2. Folha coletada na amostragem.

No laboratório, as folhas foram inicialmente lavadas com água destilada e secadas em estufa com circulação de ar quente à 65 °C, até peso constante. Após secas, as amostras foram submetidas a

moagem. Esta foi realizada em moinho de facas em aço inox, tipo Wiley, acoplado a peneira de 0,5 mm de diâmetro de abertura das malhas.

As técnicas analíticas de determinação dos teores de macro e micronutrientes nos tecidos foliares foram as descritas em Tesdesco et al. (1995), conforme sintetizadas a seguir.

A determinação dos teores de nitrogênio (N), fósforo (P), potássio (K), cálcio (Ca) e magnésio (Mg) teve início pela pré-digestão da amostra em tubos de digestão, com adição de peróxido de hidrogênio seguida da adição de H_2SO_4 . A seguir realizou-se a completa digestão da amostra em bloco digestor com temperatura entre 350 e 375 °C. O N foi determinado por destilação de uma alíquota diluída do material digerido. A destilação foi realizada em destilador modelo semi-micro Kjeldal. O teor de P foi determinado por espectrofotometria em alíquota adicionada de molibdato de amônio e ácido amononaftolsulfônico. O teor de K foi determinado em fotômetro de chama, após diluição do extrato. Os teores de Ca e Mg foram determinados por espectrofotometria de absorção atômica após a diluição do extrato e adição de La ou Sr em solução ácida.

Os micronutrientes foram determinados por digestão nitroperclórica. As quantidades de HNO_3 e $HClO_4$ são reduzidas ao máximo. Este procedimento visa manter a concentração do $HClO_4$ em 0,5M no extrato diluído a 20 mL. Após foi realizada a leitura direta no fotômetro de absorção. No processo de digestão foram usados funis pequenos como tampa dos tubos de digestão para evitar a perda de $HClO_4$ e do S.

A determinação do S foi feita em 1 mL do sobrenadante, acrescido de 10 mL de HCl 0,1M e de 1 mL da solução BaCl₂-gelatina, com leitura no fotômetro em 440 nm. A determinação do Cu foi realizada em 10 mL do sobrenadante e leitura no fotômetro de absorção. As determinações de Zn, Fe e Mn foram realizadas em 5,0 mL do sobrenadante acrescido de 10 mL de água destilada e leitura no fotômetro de absorção.

3.5 Rendimento de grão

Os rendimentos das áreas de lavouras foram determinados nas diferentes glebas com área conhecida, sempre que possível, com colhedora automotriz.

Quando não foi possível determinar o rendimento desta forma, o rendimento das áreas foi estimado com a colheita manual de 2 linhas de plantas com 3 m de comprimento. Após colhido, o material foi trilhado em colhedora de parcelas e beneficiado para determinação da massa de grãos e do teor de água. Na área experimental a colheita de grãos foi realizada com a colhedora de parcelas, seguindo-se o beneficiamento e a determinação de umidade, do mesmo modo que o descrito nas áreas colhidas manualmente.

O rendimento de grão em todas as áreas monitoradas, foi obtido após a limpeza e correção da umidade. A umidade dos grãos foi expressa a 13%, para fins de padronização dos resultados de rendimento.

3.6 Determinação do teor de óleo

A determinação do teor de óleo do grão foi realizada pelo método de análise NIRs (Near infrared reflectance spectroscopy), (ASSOCIATION..., 2000; VAN KEMPEM e JACKSON, 1996; VOGEL, 1992) no laboratório de físico-química do Centro de Pesquisa em Alimentos (CEPA), da UPF. Os teores de óleo foram expressos em base seca (65 °C).

3.7 Geração das normas DRIS

Os resultados da análise foliar, do rendimento de grão e do teor de óleo do grão foram digitados e processados no software desenvolvido na UPF, que gerou as normas DRIS e os índices dos nutrientes, utilizando a metodologia proposta por Beaufils (1973).

Inicialmente reuniu-se o maior número possível de amostras obtidas em diferentes condições ambientais, pois a variação ambiental pode afetar as relações entre os nutrientes na planta (MOURÃO FILHO, 2004; RAIJ, 1991; WADT, 1999).

Numa segunda etapa, foram reunidos os resultados em dois conjuntos de dados. Um conjunto foi formado com as amostras com alto rendimento de grão e/ou teor de óleo, enquanto o outro conjunto foi constituído com a população de baixo rendimento de grão e/ou teor de óleo.

O critério de separação dos conjuntos é arbitrário, sendo geralmente definido com base no rendimento médio de grão obtido na região, ou em um determinado percentual dos valores máximos obtidos, ou, ainda, de acordo com o valor médio do rendimento de

grão ou do teor de óleo no grão, acrescido do valor do desvio padrão destas variáveis. Neste trabalho o critério utilizado foi o do rendimento médio de grão e/ou do teor de óleo mais um desvio padrão (média + 1s). Assim, as amostras com valores de rendimento de grão ou com teor de óleo no grão, conforme a variável resposta avaliada, maior que este valor, foram incluídas na população de “alto rendimento”, ou da população de referência (PR). Esses valores de rendimento de grão e do teor de óleo utilizados na obtenção das PR(s) constam respectivamente nos itens 4.1.2 e 4.2.2.

3.7.1 Seleção dos valores de referência (norma)

Foram efetuados cálculos estatísticos para estimar os valores médios, das possíveis relações binárias existentes entre os nutrientes analisados, o desvio padrão (s), coeficientes de variação (CV) e variância (S^2). Na literatura, a média, o desvio padrão e o coeficiente de variação das relações binárias dos nutrientes foliares, obtidos nas amostras da PR, são denominados de “valor padrão”, “valor de referência” ou “norma” (BEAUFILS, 1973; WALWORTH E SUMNER, 1987; RAIJ, 1991; ALVAREZ V. e LEITE, 1999; MALAVOLTA, 2006).

Após a determinação das estatísticas mencionadas anteriormente, escolheu-se a relação binária de ordem direta ou inversa utilizada no cálculo dos “índices diagnósticos”. No método DRIS, somente uma das relações, direta ou inversa, é utilizada para relacionar cada par de nutrientes. Entre os critérios adotados na seleção da expressão mais adequada desta relação, um dos mais

utilizados é o que se baseia no maior valor da relação de variâncias, obtido entre as populações de alta e baixa produtividade.

A maior relação de variância, preferencialmente significativa de acordo com o teste F, foi utilizada para selecionar a relação de nutrientes incluída no cálculo dos índices DRIS. Esta seleção foi realizada com o auxílio do software já referido.

3.8 Obtenção dos índices DRIS (primários)

A função A/B é usada no cálculo dos índices de ambos os nutrientes A e B. Esta função é calculada de duas maneiras, dependendo se a relação A/B da amostra é maior ou menor que a norma (a/b). Quando estiver sendo usada para calcular o índice A, a função A/B é incluída antes das demais funções {índice A = [f(A/B) + f(A/C)...]/z}. Entretanto, a mesma função (A/B) é usada para a obtenção do índice B, mas por estar o B no denominador da função, esta é considerada como um valor negativo no cálculo deste índice {índice B = [- f(A/B) + f(B/C)...]/z} (WALWORTH e SUMNER, 1987).

Quando $A/B < a/b$,

$$f(A/B) = \left(1 - \frac{a/b}{A/B}\right) \times \frac{1.000}{CV} \quad (1)$$

Quando $A/B > a/b$

$$f(A/B) = \left(\frac{A/B}{a/b} - 1\right) \times \frac{1.000}{CV} \quad (2)$$

Uma vez obtido o valor da função (A/B) ou (B/A), Beaufils (1973), propõe o cálculo do índice diagnóstico para (IA) conforme segue:

$$I_A = \frac{\sum_{i=1}^n [f(\frac{A}{B})_1 k + f(\frac{A}{C})_2 k + \dots + f(\frac{A}{N})_n k] - \sum_{i=1}^m [f(\frac{B}{A})_1 k + f(\frac{C}{A})_2 k + \dots + f(\frac{N}{A})_m k]}{n+m} \quad (3)$$

Para calcular as funções das razões dos nutrientes existem outro dois métodos: a) o método Beaufils (1973) modificado por Elwali e Gascho (1988); b) o método Jones (1981).

Neste trabalho foi adotado método original proposto por Beaufils (1973).

Uma vez obtido o índice diagnóstico, ou índice primário, pode-se interpretar o valor obtido para cada nutriente, indicando quais os nutrientes que se encontram em equilíbrio, em excesso ou que estão mais ou menos limitantes (WADT, 1996; LANTMANN et al., 2002; BATAGLIA e SANTOS, 1990).

No item 3.11 está descrito em detalhes a interpretação do valor do índice DRIS.

3.9 Obtenção do índice de balanço nutricional (IBN)

Após a obtenção dos índices primários dos nutrientes analisados, calculou-se o IBN da amostra. Esse índice consiste na soma de todos índices primários em valores absolutos (WADT, 1996), como segue:

$$IBN = |I_A| + |I_B| + |I_C| + \dots + |I_N| \quad (4)$$

Calculou-se, ainda, o índice de balanço nutricional médio (IBN), que foi obtido dividindo-se o IBN pelo número de índices

primários (por nutriente) utilizados no cálculo (WADT, 1996), conforme a equação abaixo:

$$IBN_m = \frac{|I_A|+|I_B|+|I_C|+\dots+|I_N|}{n} \quad (5)$$

3.10 Interpretação dos índices DRIS

Os índices DRIS foram interpretados de acordo com a metodologia proposta por Wadt (1996), que considera o potencial de resposta a adubação (PRA). Neste método o índice DRIS (ou primário) de um dado nutriente é comparado com o IBNm. Wadt (1996) propôs cinco classes de probabilidade de resposta a adubação, que foram adaptadas neste trabalho (Tabelas 1 e 2), para comparação do DRIS com os métodos da faixa de suficiência.

Foi comparada a interpretação do estado nutricional à cada uma das 5 classes propostas por Wadt (1996), com as classes da faixa de suficiência proposta por Tecnologias...(2006) (Tabela 3).

Já para comparar com a faixa de suficiência, indicada em Sociedade...(2004), foi necessário reduzir para três as classes propostas por Wadt (1996), de modo similar ao adotado por Nachtigall (2004), na interpretação dos índices DRIS, na cultura da macieira. Assim, o índice com valor negativo maior em módulo que o IBNm, tem o nutriente interpretado como “baixo”. De outra forma, aquele índice positivo que apresenta valor maior que o valor do IBNm, tem o nutriente interpretado como “alto”. Aquele índice DRIS, positivo ou negativo, cujo valor em módulo for menor que o IBNm, tem o nutriente interpretado como suficiente (Tabela 2).

Foram avaliadas as frequências observadas com que os índices DRIS ocorreram em cada uma das classes de interpretação com as classes propostas.

O cálculo dos índices DRIS resultante da aplicação das normas da safra 2008 e 2009, e do conjunto geral, obtidas com o rendimento de grãos foi realizado em 18 amostras da safra 2008 e 18 amostras da safra 2009, obtidas no mesmo local, resultando em 36 amostras. Nestas 18 áreas onde foi realizada a coleta de amostras foliares, também foram coletadas amostras de solo, na profundidade de 0 a 10 cm, cujos resultados constam no Apêndice 2.

Tabela 1 - Classes de interpretação dos índices primários obtidos pelo método DRIS com cinco níveis

Critério	Interpretação do estado nutricional
Índice primário < zero (Menor valor)	Muito baixo
Índice primário < zero > IBN médio	Baixo
Índice primário > ou < zero < IBN médio	Médio (Suficiente)
Índice primário > zero e > IBN médio	Alto
Maior índice primário	Muito alto

Adaptado de Wadt (1996).

Tabela 2 - Classes de interpretação dos índices primários obtidos pelo método DRIS com três níveis

Critério	Interpretação do estado nutricional
Índice primário < zero > IBN médio	Baixo
Índice primário > ou < zero < IBN médio	Médio (Suficiente)
Índice primário > zero e > IBN médio	Alto

Adaptado de Wadt (1996) e Nachtigall (2004).

Foram avaliadas as frequências observadas dos teores foliares dos macronutrientes interpretados pela faixa de suficiência, dentro das cinco classes propostas por Tecnologias...(2006) (Tabela

3), em correspondência às cinco classes de interpretação para os índices dos nutrientes (índices primários) gerados pelo método DRIS, propostas por Wadt (1996) (Tabela 1). Os resultados foram discriminados pela prova do qui-quadrado.

Considerando a condição regional, foi adaptada a metodologia proposta por Wadt (1996), para interpretação dos valores dos índices primários, de cinco para apenas três classes de interpretação (Tabela 2). Esta adaptação teve por objetivo comparar os diagnósticos proporcionados pela metodologia da faixa de suficiência, descrita em Sociedade (2004), com aquela proposta por Wadt (1996), com modificações, de modo similar ao realizado por Nachtigall (2004), na cultura da maçã.

Assim, foram avaliadas as freqüências com que os teores dos nutrientes ocorriam em cada uma das classes de interpretação propostas, dentro do mesmo conjunto de 36 amostras utilizadas como termo de comparação das metodologias anteriores.

No cálculo dos índices DRIS com a norma obtida com o teor de óleo, optou-se por utilizar as normas geradas com os dados avaliados nas amostras obtidas na área experimental, em detrimento daquelas obtidas com os dados de todas as amostras. Isto foi adotado neste trabalho, pois desta forma a variabilidade edafo-climática foi limitada, uma vez que os dados foram obtidos de duas safras conduzidas em mesma local.

Para avaliar a capacidade de diagnóstico do estado nutricional com essas normas, foram utilizadas 29 amostras do conjunto das duas safras (todas as amostras), que não fizeram parte do banco de dados da área experimental.

Após, foi realizada a quantificação das freqüências com que os índices primários, calculados com as normas da área experimental (AE), ocorreram em cada uma das classes de interpretação do diagnóstico nutricional, obtido com os critérios utilizados por Wadt (1996) (Tabela 1). Também foram quantificadas as freqüências com que os índices primários ocorreram nas classes de interpretação, quando calculados com a norma resultante do conjunto todas as amostras, das duas safras (geral). Os resultados foram discriminados pela prova do qui-quadrado.

3.11 Interpretação dos teores foliares pelo método da faixa de suficiência.

Foram avaliadas as freqüências observadas dos teores foliares dos macronutrientes interpretados pela faixa de suficiência, dentro das cinco classes propostas por Tecnologias...(2006) (Tabela 3), e das três classes indicadas em Sociedade... (2004) (Tabela 4 e 5).

Tabela 3 - Interpretação do teor foliar de nutrientes em soja estágio do início do florescimento

Nutriente	Deficiente ou muito baixo	Baixo	Suficiente ou médio	Alto	Excessivo ou muito alto
..... g kg ⁻¹					
N	< 32,5	32,5 a 45,0	45,0 a 55,0	55,0 a 70,0	> 70,0
P	< 1,6	1,6 a 2,5	2,5 a 5,0	5,0 a 8,0	> 8,0
K	< 12,5	12,5 a 17,0	17,0 a 25,0	25,0 a 27,5	> 27,5
Ca	< 2,0	2,0 a 3,5	3,5 a 20,0	20,0 a 30,0	> 30,0
Mg	< 1,0	1,0 a 2,5	2,5 a 10,0	10,0 a 15,0	> 15,0
S	< 1,5	1,5 a 2,0	2,0 a 4,0	> 4,0	-
..... mg kg ⁻¹					
Mn	< 15	15 a 20	20 a 100	100 a 250	> 250
Fe	< 30	30 a 50	50 a 350	350 a 500	> 500
B	< 10	10 a 20	20 a 55	55 a 80	> 80
Cu		< 6	6 a 14	> 14	
Zn	< 11	11 a 20	20 a 50	50 a 75	> 75
Mo	< 0,5	0,5 a 1	1 a 5,0	5,0 a 10	> 10
Relações entre os nutrientes em folhas de soja					
Ca/Mg		< 1,5	1,5 a 3,5	> 3,5	
K/Ca		< 3,1	3,1 a 6,3	> 6,3	
K/Mg		< 5,6	5,6 a 10,0	> 10,0	
K/(Ca+Mg)		< 1,4	1,4 a 3,3	> 3,3	
K/(Ca/Mg)		< 0,8	0,8 a 1,7	> 1,7	

Tecnologias... (2006).

Tabela 4 - Faixa de suficiência do teor foliar de nutrientes em soja

Nutrientes	Teor	
	%	
N	4,50	5,50
P	0,25	0,50
K	1,70	2,50
Ca	0,40	2,00
Mg	0,30	1,00
S	0,21	0,40
	mg kg ⁻¹	
Zn	20,0	50,0
Cu	10,0	30,0
Mn	20,0	100,0
Fe	50,0	350,0
B	21,0	55,0

Indicada em Sociedade... (2004).

Tabela 5 - Interpretação do teor dos nutrientes de acordo com a faixa de suficiência

Nutriente	Baixo	Médio	Alto
	(insuficiente)	(suficiente)	(suficiente)
	%		
N	< 4,50	> 4,50 e < 5,50	> 5,50
P	< 0,25	> 0,25 e < 0,50	> 0,50
K	< 1,70	> 1,70 e < 2,50	> 2,50
Ca	< 0,40	> 0,40 e < 2,00	> 2,00
Mg	< 0,30	> 0,30 e < 1,00	> 1,00
S	< 0,21	> 0,21 e < 0,40	> 0,40
	mg Kg ⁻¹		
Zn	< 20,00	> 20,00 e < 50,00	> 50,00
B	< 21,00	> 21,00 e < 55,00	> 55,00
Mn	< 20,00	> 20,00 e < 100,00	> 100,00
Cu	< 10,00	> 10,00 e < 30,00	> 30,00
Fe	< 50,00	> 50,00 e < 350,00	> 350,00

Adaptada da sugerida em Sociedade... (2004).

3.12 Análise estatística

Os resultados foram submetidos ao teste de normalidade, discriminado pela prova de Kolmogorov-Smirnov. As médias dos teores foliares, do rendimento de grão e do teor de óleo, obtidos nas safras 2008 e 2009 e no conjunto destas safras, foram comparadas pelo teste “t”. Estas e outras estatísticas descritivas foram realizadas com o auxílio do software Sisvar (FERREIRA, 2000).

A comparação das normas DRIS e dos métodos de interpretação dos teores dos nutrientes na folha obtidos com o DRIS e a FS foram realizadas com a prova do qui-quadrado e com o cálculo de medidas de correlação, utilizando o software Excel (Microsoft Office 2007).

Foi avaliada a capacidade das diferentes normas DRIS indicarem o nutriente mais limitante por deficiência, nas amostras analisadas. O nutriente mais limitante por deficiência pelo método DRIS é aquele que apresenta o índice DRIS mais negativo. A discriminação da frequência com que cada índice primário mais negativo ocorre foi avaliada pela prova do qui-quadrado.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Foram geradas normas DRIS e realizada a avaliação do estado nutricional com base nas normas geradas, considerando tanto o rendimento de grão, quanto o teor de óleo no grão. Inicialmente, são apresentados os resultados obtidos com o rendimento de grão e, em seqüência, os resultados obtidos com o teor de óleo no grão.

4.1 DRIS para rendimento de grão

4.1.1 Estatística descritiva

Os resultados dos parâmetros estatísticos estimados com os teores dos macro e micronutrientes da folha diagnóstico da cultura da soja constam nas Tabelas 6, 7 e 8.

Como mostram os resultados da Tabela 6, na safra 2008, o maior valor de coeficiente de variação (C.V.) foi observado nos teores de enxofre (S), sendo esse seguido do fósforo (P), manganês (Mn), ferro (Fe), magnésio (Mg), zinco (Zn), cobre (Cu) e potássio (K), todos com valores maiores que 20 %. Já o CV do Ca foi próximo a 20 % e o menor valor de CV desta safra foi observado nos resultados de N (12,9 %), sendo esse semelhante ao do boro (13,1 %).

Na safra 2009, o teor foliar com maior valor de CV foi observado nos resultados do Fe, sendo esse seguido do S, Mn, P, B, Zn, Mg e Cu (Tabela 6). Da mesma forma que o verificado na safra anterior, os valores de CV destas variáveis foram maiores que 20 %, o valor do CV do Ca foi próximo a 20 % e o valor de CV do teor foliar de N foi menor que o dos demais nutrientes analisados. Ao contrário

do observado na safra 2008, o valor do CV dos teores de K foi menor que 20 %, enquanto que o do B foi maior que este valor.

A análise do conjunto dos resultados obtidos nas duas safras mostrou a mesma seqüência decrescente dos valores de CV observada na safra 2009. Na média das safras, o valor do CV do Mg foi maior que o do Zn (Tabela 7), diferindo do observado na última safra. Como esperado, o teor foliar com menor valor de CV foi o do N, acompanhando os resultados analisados em cada safra.

Além dos valores de CV, os valores do desvio padrão (s) e da variância (S^2) revelam que, a exceção do N, houve alta variabilidade dos nutrientes analisados. Assim, constatou-se adequada a variabilidade para gerar as normas DRIS (Tabelas 6 e 7). Além desta variabilidade, foi constatada variabilidade dos dados de rendimento de grão (Tabela 8). Os resultados desta Tabela e das Tabelas 6 e 7 atendem a condição de variabilidade buscada na formação do banco de dados, necessários para as normas DRIS.

Os teores foliares mínimo, máximo e a amplitude total observada nos teores dos nutrientes analisados, de todas as amostras obtidas nas duas safras analisadas constam na Tabela 9. Estes resultados corroboram a variabilidade observada nos parâmetros apresentados nas Tabelas 6 a 8, embora a análise desta medida seja limitada por considerar apenas os limites extremos. Deve-se considerar que os teores foliares dos nutrientes, nesta amplitude, são usualmente constatados em resultados de análises foliares em soja.

Os resultados da análise da condição de normalidade da distribuição dos dados pela prova de Kolmogorov-Smirnov, em cada safra avaliada e na média destas, constam na Tabela 10. Como

mostram os resultados desta Tabela, os teores foliares dos nutrientes B, Mn, Ca, N e Cu, verificados na safra 2008, resultaram com frequência de distribuição normal. No entanto, na safra 2009 e na média das safras, esta condição não foi atendida. Já com os demais nutrientes analisados ocorreu frequência de distribuição normal.

O teste de normalidade aplicado aos teores dos nutrientes analisados, nas populações de referência selecionadas das safras, 2008 e 2009, revelou frequência de distribuição normal dos teores foliares de todos os nutrientes (Tabela 11). Por outro lado, quando este teste foi aplicado na população de referência do conjunto das duas safras (geral), observou-se que não ocorreu frequência de distribuição normal dos teores foliares dos nutrientes P, Mg, B, Cu e Fe (Tabela 11).

A seleção da população de referência constitui-se em estratégia para a obtenção da normalidade da distribuição dos dados (WALWORTH e SUMNER, 1987), tendo se revelado capaz de produzir o efeito desejado nas populações de referência das safras 2008 e 2009.

A verificação da condição de frequência de distribuição normal dos dados é necessária, pois o teste estatístico empregado neste trabalho, baseia-se na curva de distribuição normal do erro. Se esta pressuposição não é atendida, pode-se obter resultado pouco provável (COIMBRA, CARVALHO e OLIVEIRA, 2004). Devido a ao aspecto condicional desta consideração, resulta que muitos testes estatísticos assumem que os valores de uma amostra retirada de uma população seguem distribuição normal. Assim, embora os teores dos nutrientes P, Mg, B, Cu e Fe, obtidos na população de referência

“geral” não atenderem o pressuposto, a geração de normas e índices DRIS foi efetuada sem a transformação dos dados, sendo que isto também foi necessário para comparar as diferentes normas obtidas nas safras avaliadas.

Tabela 6 - Média, desvio padrão (s), variância (S²), coeficiente de variação (CV) dos teores foliares dos nutrientes obtidos na folha diagnóstico da cultura da soja das safras 2008 e 2009

Nutriente	Média	s	S ²	CV (%)
Safra 2008				
N (%)	4,71	0,61	0,37	12,9
P (%)	0,31	0,11	0,01	35,3
K (%)	2,52	0,54	0,29	21,3
Ca (%)	0,77	0,15	0,02	19,5
Mg (%)	0,36	0,09	0,01	25,8
S (%)	0,21	0,08	0,01	39,9
Zn (mg kg ⁻¹)	32	7,45	55,5	23,5
B (mg kg ⁻¹)	42	5,55	30,8	13,1
Mn (mg kg ⁻¹)	62	16,5	272	26,7
Cu (mg kg ⁻¹)	7,76	1,67	2,80	21,5
Fe (mg kg ⁻¹)	105	27,5	758	26,3
Safra 2009				
N (%)	4,73	0,41	0,17	8,7
P (%)	0,35	0,10	0,01	28,7
K (%)	3,20	0,32	0,10	10,0
Ca (%)	0,76	0,15	0,02	19,7
Mg (%)	0,28	0,07	0,00	24,8
S (%)	0,20	0,07	0,01	35,8
Zn (mg kg ⁻¹)	38,0	9,95	99,1	25,9
B (mg kg ⁻¹)	26,0	6,73	45,3	26,0
Mn (mg kg ⁻¹)	71,0	24,7	609	34,6
Cu (mg kg ⁻¹)	10,4	2,14	4,59	20,5
Fe (mg kg ⁻¹)	108	73,9	5.467	68,4

Tabela 7 - Média, desvio padrão (s), variância (S²), coeficiente de variação (CV) dos teores foliares dos nutrientes obtidos na folha diagnóstico da cultura da soja das safras 2008 e 2009

Nutriente	Média	s	S ²	CV (%)
Média das safras				
N (%)	4,71	0,51	0,26	10,8
P (%)	0,33	0,11	0,01	32,3
K (%)	2,87	0,56	0,31	19,5
Ca (%)	0,76	0,15	0,02	19,6
Mg (%)	0,32	0,09	0,01	28,5
S (%)	0,20	0,08	0,01	37,8
Zn (mg kg ⁻¹)	35	9,41	88,5	26,8
B (mg kg ⁻¹)	34	10,35	107	30,3
Mn (mg kg ⁻¹)	66	21,56	464	32,4
Cu (mg kg ⁻¹)	9,11	2,34	5,50	25,7
Fe (mg kg ⁻¹)	106	55,82	3115	52,5

Tabela 8 - Média, desvio padrão (s), variância (S²), coeficiente de variação (CV) do rendimento de grão de soja, colhidos nas safras 2008 e 2009, e na média das safras (Geral)

Média	s	S ²	CV
(kg ha ⁻¹)			(%)
Safra 2008			
2.777	347,6	120.855	12,5
Safra 2009			
3.313	407,3	165.921	12,3
Média das safras			
3.046	464,3	215.581	15,2

Tabela 9 - Teor foliar mínimo, máximo e amplitude total do banco de dados utilizado para gerar as normas DRIS dos resultados das duas safras da cultura da soja avaliadas

Nutriente	Mínimo	Máximo	Amplitude
		%	
N	3,06	5,98	2,92
P	0,04	0,56	0,52
K	1,08	4,91	3,83
Ca	0,33	1,31	0,98
Mg	0,15	0,68	0,53
S	0,05	0,40	0,35
		mg kg ⁻¹	
Zn	16,06	75,61	59,55
B	14,48	58,95	44,47
Mn	22,05	137,63	115,58
Cu	3,81	23,75	19,94
Fe	30,19	676,54	646,35

Tabela 10 - Valores de D_{max} e da probabilidade ($p < D$) da prova de normalidade de Kolmogorov-Smirnov dos teores de nutrientes das folhas da cultura da soja nas safras 2008 e 2009 e na média destas safras

Nutriente	Saфра 2008		Saфра 2009		Média das safras	
	D_{max}^1	p	D_{max}^1	p	D_{max}^1	p
N	0,061	0,595	0,088	0,184	0,072	0,080
P	0,181	0,000	0,149	0,020	0,153	0,000
K	0,085	0,205	0,071	0,406	0,084	0,024
Ca	0,061	0,607	0,146	0,002	0,060	0,208
Mg	0,218	0,000	0,201	0,000	0,101	0,004
S	0,180	0,000	0,089	0,175	0,111	0,001
Zn	0,089	0,165	0,108	0,054	0,098	0,005
B	0,042	0,949	0,113	0,038	0,011	0,113
Mn	0,058	0,663	0,074	0,365	0,078	0,074
Cu	0,062	0,571	0,176	0,000	0,100	0,004
Fe	0,082	0,246	0,241	0,000	0,181	0,000

¹ Diferença máxima absoluta entre as frequências observadas e esperadas e o número de observações.

Tabela 11 - Valores de D_{\max} e da probabilidade ($p < D$) da prova de normalidade de Kolmogorov-Smirnov dos teores de nutrientes das folhas da cultura da soja, das amostras de alto rendimento de grão, nas safras 2008 e 2009 e do conjunto geral

Nutriente	Safrá 2008		Safrá 2009		Média das safras	
	D_{\max}^1	p	D_{\max}^1	p	D_{\max}^1	p
N	0,101	0,981	0,210	0,212	0,164	0,085
P	0,212	0,295	0,217	0,182	0,227	0,004
K	0,164	0,616	0,189	0,325	0,133	0,242
Ca	0,128	0,874	0,228	0,143	0,157	0,110
Mg	0,279	0,072	0,201	0,257	0,234	0,003
S	0,117	0,933	0,186	0,344	0,151	0,136
Zn	0,143	0,773	0,128	0,801	0,086	0,776
B	0,156	0,678	0,147	0,639	0,191	0,027
Mn	0,138	0,810	0,125	0,818	0,075	0,893
Cu	0,121	0,914	0,210	0,212	0,192	0,026
Fe	0,193	0,404	0,223	0,158	0,262	0,000

¹ Diferença máxima absoluta entre as frequências observadas e esperadas e o número de observações.

Os valores dos limites inferior e superior do rendimento de grão, obtido em cada uma das safras e no conjunto das safras, constam na Tabela 12. Os valores destes limites correspondem ao valor da média subtraído do valor de um desvio padrão (média - 1s) e ao valor da média acrescido do valor de um desvio padrão (média + 1s), respectivamente. Os valores dos limites superiores forma utilizados na a seleção da população de referência (PR), também denominada de população de alto rendimento (PAR), em cada dos bancos de dados.

Tabela 12 – Valores da média, desvio padrão (s), limite inferior (LI) e limite superior (LS) calculados com os resultados de rendimento de grão da cultura da soja, obtidos nas safras 2008 e 2009 e na média destas safras (geral)

Safra	Média	s	LI (média – 1s)	LS (média + 1s)
kg ha ⁻¹			
2008	2.777	348	2.430	3.125
2009	3.313	407	2.906	3.721
Geral	3.046	464	2.582	3.510

4.1.2 Normas DRIS

As normas DRIS obtidas com os resultados do rendimento de grão de cada uma das safras e do conjunto geral dos dados, constam nas Tabelas 13 a 15. A PR da safra 2008 foi constituída de 20 amostras com rendimento superior a 3.125 kg ha⁻¹ (Tabela 12). Na safra de 2009, a PR consistiu de 24 amostras com rendimento superior a 3.721 kg ha⁻¹. Para gerar as normas do conjunto geral, formado com os resultados destas duas safras, a PR foi constituída por 57 amostras com rendimento superior a 3.510 kg ha⁻¹ (Tabela 12).

Tabela 13 - Normas DRIS calculadas com os teores de nutrientes da folhas diagnóstico e o rendimento de grão da cultura da soja, avaliadas na safra 2008¹

Norma	Média	s	S ²	Norma	Média	s	S ²
B/Ca	57,79	19,05	363,01	Cu/B	0,19	0,06	0,001
B/Cu	5,82	1,44	2,080	Cu/Ca	10,87	5,37	28,84
B/Fe	0,37	0,13	0,017	Cu/Fe	0,07	0,02	0,001
B/K	16,20	3,17	10,04	Cu/K	2,87	0,52	0,270
B/Mg	127,33	49,37	2437,06	Cu/Mg	23,38	10,96	120,12
B/Mn	0,66	0,26	0,067	Cu/Mn	0,12	0,04	0,001
B/N	9,14	1,90	3,61	Cu/N	1,62	0,35	0,122
B/P	165,61	48,73	2374,23	Cu/P	29,95	9,93	98,69
B/S	189,47	90,23	8142,14	Cu/S	32,11	10,95	119,99
B/Zn	1,36	0,30	0,090	Cu/Zn	0,25	0,08	0,006
Ca /B	0,02	0,01	0,001	Fe/B	3,04	1,08	1,17
Ca /Cu	0,11	0,04	0,001	Fe/Ca	173,13	75,69	5728,90
Ca /Fe	0,01	0,01	0,001	Fe/Cu	17,31	7,38	54,45
Ca /K	0,31	0,10	0,010	Fe/K	48,02	16,90	285,62
Ca /Mg	2,23	0,48	0,230	Fe/Mg	373,04	158,04	24977,41
Ca /Mn	0,01	0,01	0,001	Fe/Mn	1,88	0,62	0,38
Ca /N	0,17	0,06	0,001	Fe/N	27,30	10,63	112,94
Ca /P	3,16	1,37	1,880	Fe/P	495,48	197,25	38906,39
Ca /S	3,52	1,76	3,090	Fe/S	538,41	241,77	58451,04
Ca /Zn	0,03	0,01	0,001	Fe/Zn	4,03	1,41	1,99
K/B	0,06	0,01	0,001	Mn/B	1,68	0,51	0,26
K/Ca	3,80	1,91	3,63	Mn/Ca	98,06	47,60	2266,14
K/Cu	0,36	0,06	0,001	Mn/Cu	9,54	3,72	13,83
K/Fe	0,02	0,01	0,001	Mn/Fe	0,59	0,19	0,036
K/Mg	8,21	3,93	15,44	Mn/K	26,52	8,48	71,95
K/Mn	0,04	0,01	0,001	Mn/Mg	212,83	101,94	10391,38
K/N	0,57	0,08	0,010	Mn/N	15,36	6,28	39,49
K/P	10,34	2,66	7,100	Mn/P	278,77	109,01	11883,14
K/S	11,47	4,35	18,90	Mn/S	302,25	143,86	20695,57
K/Zn	0,09	0,02	0,001	Mn/Zn	2,26	0,76	0,58
Mg/B	0,01	0,01	0,001	N/B	0,11	0,03	0,009
Mg/Ca	0,47	0,11	0,010	N/Ca	6,70	2,96	8,74
Mg/Cu	0,05	0,02	0,001	N/Cu	0,64	0,12	0,014
Mg/Fe	0,01	0,01	0,001	N/Fe	0,04	0,01	0,001

Tabela 13 - Normas DRIS calculadas com os teores de nutrientes da folhas diagnóstico e o rendimento de grão da cultura da soja, avaliadas na safra 2008¹ (continuação...)

Norma	Média	s	S ²	Norma	Média	s	S ²
Mg/K	0,14	0,04	0,001	N/K	1,80	0,26	0,068
Mg/Mn	0,01	0,01	0,001	N/Mg	14,26	5,39	29,00
Mg/N	0,08	0,02	0,001	N/Mn	0,08	0,03	0,001
Mg/P	1,42	0,55	0,302	N/P	18,43	5,59	31,30
Mg/S	1,61	0,87	0,757	N/S	20,71	9,26	85,82
Mg/Zn	0,01	0,01	0,001	N/Zn	0,15	0,03	0,001
P/B	0,01	0,01	0,001	S/Mg	0,78	0,38	0,144
P/Ca	0,40	0,22	0,048	S/Mn	0,01	0,01	0,001
P/Cu	0,04	0,02	0,001	S/N	0,06	0,02	0,004
P/Fe	0,00	0,01	0,001	S/P	1,02	0,44	0,194
P/K	0,11	0,04	0,001	S/Zn	0,01	0,01	0,001
P/Mg	0,84	0,42	0,176	Zn/B	0,77	0,17	0,029
P/Mn	0,00	0,01	0,001	Zn/Ca	43,93	15,44	238,48
P/N	0,06	0,02	0,001	Zn/Cu	4,42	1,42	2,03
P/S	1,25	0,74	0,547	Zn/Fe	0,28	0,09	0,008
P/Zn	0,01	0,01	0,001	Zn/K	12,36	3,46	12,00
S/B	0,01	0,00	0,001	Zn/Mg	93,59	25,47	648,60
S/Ca	0,37	0,22	0,048	Zn/Mn	0,51	0,23	0,053
S/Cu	0,03	0,01	0,001	Zn/N	6,88	1,68	2,83
S/Fe	0,00	0,00	0,001	Zn/P	124,85	40,88	1670,92
S/K	0,10	0,03	0,001	Zn/S	145,04	79,27	6283,17

¹ Média de 20 amostras. Rendimento de referência > 3.125 kg ha⁻¹

Tabela 14 - Normas DRIS calculadas com os teores de nutrientes da folhas diagnóstico e o rendimento de grão da cultura da soja, avaliadas na safra 2009¹

Norma	Média	s	S ²	Norma	Média	s	S ²
B/Ca	34,27	6,37	40,63	Cu/B	0,38	0,09	0,008
B/Cu	2,76	0,66	0,435	Cu/Ca	12,79	2,43	5,890
B/Fe	0,33	0,12	0,014	Cu/Fe	0,12	0,05	0,002
B/K	9,59	3,21	10,33	Cu/K	3,45	0,74	0,548
B/Mg	101,06	23,65	559,51	Cu/Mg	37,58	8,01	64,20
B/Mn	0,36	0,17	0,029	Cu/Mn	0,13	0,04	0,002
B/N	6,16	1,92	3,700	Cu/N	2,22	0,35	0,122
B/P	103,86	41,34	1709,01	Cu/P	37,77	11,53	133,01
B/S	165,61	59,52	3542,70	Cu/S	62,17	22,66	513,36
B/Zn	0,77	0,43	0,185	Cu/Zn	0,27	0,11	0,012
Ca /B	0,03	0,01	0,001	Fe/B	3,41	1,03	1,060
Ca /Cu	0,08	0,02	0,004	Fe/Ca	113,06	28,72	825,04
Ca /Fe	0,01	0,01	0,001	Fe/Cu	9,22	3,00	9,000
Ca /K	0,28	0,09	0,008	Fe/K	33,22	17,08	291,82
Ca /Mg	2,96	0,50	0,250	Fe/Mg	336,08	109,85	12066,1
Ca /Mn	0,01	0,01	0,001	Fe/Mn	1,19	0,65	0,422
Ca /N	0,18	0,05	0,002	Fe/N	20,89	9,12	83,10
Ca /P	3,04	1,11	1,240	Fe/P	352,56	179,98	32392,8
Ca /S	4,83	1,38	1,920	Fe/S	531,85	175,56	30821,2
Ca /Zn	0,02	0,01	0,001	Fe/Zn	2,66	1,79	3,190
K/B	0,12	0,04	0,002	Mn/B	3,34	1,42	2,020
K/Ca	3,88	1,11	1,240	Mn/Ca	109,88	37,91	1437,15
K/Cu	0,30	0,06	0,003	Mn/Cu	8,55	2,37	5,620
K/Fe	0,04	0,02	0,004	Mn/Fe	1,04	0,43	0,185
K/Mg	11,37	3,19	10,17	Mn/K	28,83	7,65	58,51
K/Mn	0,04	0,01	0,001	Mn/Mg	319,86	108,24	11716,4
K/N	0,66	0,09	0,008	Mn/N	18,82	5,29	28,00
K/P	11,08	2,89	8,360	Mn/P	316,37	107,76	11612,6
K/S	19,20	8,51	72,46	Mn/S	528,41	226,71	51398,4
K/Zn	0,08	0,03	0,001	Mn/Zn	2,13	0,45	0,202
Mg/B	0,01	0,01	0,001	N/B	0,18	0,05	0,002
Mg/Ca	0,35	0,08	0,006	N/Ca	5,89	1,42	2,010
Mg/Cu	0,03	0,01	0,001	N/Cu	0,46	0,07	0,005
Mg/Fe	0,01	0,01	0,001	N/Fe	0,06	0,02	0,004

Tabela 14 - Normas DRIS calculadas com os teores de nutrientes da folhas diagnóstico e o rendimento de grão da cultura da soja, avaliadas na safra 2009¹ (continuação...)

Norma	Média	s	S ²	Norma	Média	s	S ²
Mg/K	0,10	0,04	0,002	N/K	1,55	0,22	0,048
Mg/Mn	0,01	0,01	0,001	N/Mg	17,25	4,32	18,64
Mg/N	0,06	0,02	0,004	N/Mn	0,06	0,02	0,004
Mg/P	1,02	0,28	0,078	N/P	17,06	4,99	24,89
Mg/S	1,65	0,45	0,202	N/S	28,77	11,56	133,68
Mg/Zn	0,01	0,01	0,001	N/Zn	0,12	0,05	0,002
P/B	0,01	0,01	0,001	S/Mg	0,66	0,21	0,044
P/Ca	0,37	0,12	0,014	S/Mn	0,01	0,01	0,001
P/Cu	0,03	0,01	0,001	S/N	0,04	0,02	0,004
P/Fe	0,01	0,01	0,001	S/P	0,68	0,35	0,122
P/K	0,10	0,03	0,009	S/Zn	0,01	0,01	0,001
P/Mg	1,05	0,26	0,068	Zn/B	1,64	0,75	0,56
P/Mn	0,01	0,01	0,001	Zn/Ca	55,02	24,60	605,25
P/N	0,06	0,02	0,001	Zn/Cu	4,19	1,41	1,988
P/S	1,73	0,59	0,348	Zn/Fe	0,53	0,29	0,084
P/Zn	0,01	0,01	0,001	Zn/K	13,87	3,67	13,47
S/B	0,01	0,01	0,001	Zn/Mg	159,87	68,29	4663
S/Ca	0,23	0,07	0,005	Zn/Mn	0,49	0,11	0,012
S/Cu	0,02	0,01	0,001	Zn/N	9,15	2,92	8,526
S/Fe	0,01	0,01	0,001	Zn/P	156,11	64,77	4194
S/K	0,07	0,03	0,009	Zn/S	269,86	144,46	20867

¹ Média de 24 amostras. Rendimento de referência > 3.721 kg ha⁻¹

Tabela 15 - Normas DRIS calculadas com os teores de nutrientes da folhas diagnóstico e o rendimento de grão da cultura da soja, avaliadas nas safras 2008 e 2009¹

Norma	Média	s	S ²	Norma	Média	s	S ²
B/Ca	34,27	9,78	95,73	Cu/B	0,43	0,16	0,026
B/Cu	2,66	1,12	1,254	Cu/Ca	13,68	3,68	13,51
B/Fe	0,30	0,11	0,012	Cu/Fe	0,12	0,05	0,003
B/K	8,65	3,67	13,48	Cu/K	3,30	0,88	0,774
B/Mg	98,41	28,9	836,5	Cu/Mg	39,33	12,07	145,7
B/Mn	0,35	0,18	0,032	Cu/Mn	0,14	0,06	0,004
B/N	5,73	2,09	4,360	Cu/N	2,21	0,48	0,230
B/P	91,00	43,3	1874	Cu/P	35,14	13,39	179
B/S	158,27	67,5	4561	Cu/S	63,47	26,69	712
B/Zn	0,69	0,37	0,137	Cu/Zn	0,26	0,10	0,010
Ca /B	0,03	0,01	0,001	Fe/B	3,78	1,33	1,760
Ca /Cu	0,08	0,02	0,004	Fe/Ca	124,35	45,26	2048
Ca /Fe	0,01	0,01	0,001	Fe/Cu	9,73	4,88	23,81
Ca /K	0,25	0,07	0,005	Fe/K	32,20	18,39	338,23
Ca /Mg	2,89	0,48	0,230	Fe/Mg	350,34	97,26	9459
Ca /Mn	0,01	0,01	0,001	Fe/Mn	1,29	0,76	0,580
Ca /N	0,17	0,04	0,002	Fe/N	21,04	10,28	105,6
Ca /P	2,65	0,96	0,922	Fe/P	328,16	167,8	28148
Ca /S	4,71	1,80	3,240	Fe/S	550,00	181,7	33027
Ca /Zn	0,02	0,01	0,001	Fe/Zn	2,54	1,48	2,180
K/B	0,13	0,04	0,002	Mn/B	3,45	1,43	2,040
K/Ca	4,25	0,97	0,940	Mn/Ca	109,98	35,01	1226
K/Cu	0,32	0,06	0,004	Mn/Cu	8,39	3,00	9,000
K/Fe	0,04	0,01	0,001	Mn/Fe	0,97	0,40	0,160
K/Mg	12,25	3,03	9,160	Mn/K	26,72	8,53	72,71
K/Mn	0,04	0,02	0,004	Mn/Mg	315,36	107,1	11466
K/N	0,68	0,09	0,008	Mn/N	18,00	5,64	31,81
K/P	10,62	2,62	6,860	Mn/P	287,59	118,71	14091
K/S	19,99	8,35	69,80	Mn/S	515,22	234,65	55059
K/Zn	0,08	0,02	0,004	Mn/Zn	2,04	0,60	0,360
Mg/B	0,01	0,01	0,001	N/B	0,19	0,05	0,002
Mg/Ca	0,36	0,07	0,005	N/Ca	6,23	1,23	1,520
Mg/Cu	0,03	0,01	0,001	N/Cu	0,47	0,07	0,005

Tabela 15 - Normas DRIS calculadas com os teores de nutrientes da folhas diagnóstico e o rendimento de grão da cultura da soja, avaliadas nas safras 2008 e 2009¹ (continuação...)

Norma	Média	s	S ²	Norma	Média	s	S ²
Mg/Fe	0,01	0,01	0,001	N/Fe	0,06	0,02	0,004
Mg/K	0,09	0,04	0,002	N/K	1,49	0,20	0,040
Mg/Mn	0,01	0,01	0,001	N/Mg	17,87	3,78	14,27
Mg/N	0,06	0,02	0,004	N/Mn	0,06	0,03	0,009
Mg/P	0,92	0,30	0,090	N/P	15,83	4,51	20,31
Mg/S	1,63	0,54	0,290	N/S	28,98	11,20	125,35
P/B	0,01	0,01	0,001	S/Mg	0,68	0,20	0,040
P/Ca	0,43	0,15	0,022	S/Mn	0,01	0,01	0,001
P/Cu	0,03	0,01	0,001	S/N	0,04	0,02	0,004
P/Fe	0,01	0,01	0,001	S/P	0,61	0,29	0,084
P/K	0,10	0,03	0,009	S/Zn	0,01	0,01	0,001
P/Mg	1,21	0,39	0,156	Zn/B	1,75	0,64	0,410
P/Mn	0,01	0,01	0,001	Zn/Ca	56,76	19,10	364,80
P/N	0,07	0,02	0,004	Zn/Cu	4,23	1,34	1,796
P/S	1,91	0,68	0,462	Zn/Fe	0,51	0,25	0,062
P/Zn	0,01	0,01	0,001	Zn/K	13,40	3,44	11,85
S/B	0,01	0,01	0,001	Zn/Mg	163,08	55,35	3063,30
S/Ca	0,24	0,09	0,008	Zn/Mn	0,54	0,18	0,032
S/Cu	0,02	0,01	0,001	Zn/N	9,12	2,65	7,020
S/Fe	0,01	0,01	0,001	Zn/P	143,93	57,08	3258,24
S/K	0,06	0,03	0,009	Zn/S	271,20	148,16	21952,51

¹ Média de 57 amostras. Rendimento de referência > 3.510 kg ha⁻¹

4.1.3 Diagnóstico nutricional

Na Tabela 16, constam os valores de probabilidade do erro (p) obtidos no teste “t”, utilizado para comparar a média dos teores de nutrientes foliares das plantas avaliadas nas duas safras e na média geral. Da análise dos resultados da Tabela 16 observa-se que em todas as comparações efetuadas com os valores médios dos teores foliares dos nutrientes K, Mg, Zn, B e Cu houve diferença estatística, ao nível de 1 % de probabilidade de erro, enquanto os valores médios do teor de P e de Mn diferiram ao nível de 5 % de probabilidade de erro. Por outro lado, os valores médios dos teores foliares de N, Ca, S e Fe não diferiram pelo teste “t”.

Na Tabela 17, constam os valores de probabilidade de erro obtidos no teste “t” utilizado para comparar a média dos teores de nutrientes foliares das plantas avaliadas nas diferentes PRs. Os resultados desta tabela mostram que houve divergência entre os valores médios de certos teores foliares das PRs. Os valores médios dos teores foliares de K, Zn, B e Mn, na PR das safras 2008, 2009 e na PR das duas safras (geral) diferiram ao nível de $p < 0,01$ (Tabela 17). Em nível de 5 % de probabilidade de erro, também houve divergência quanto aos valores médios dos teores foliares de S e de Fe das diferentes PRs (Tabela 17). A exceção dos valores médio do teor de Mg ($p=0,001$), os valores médio dos teores dos demais nutrientes da PR 2009 não diferiram pelo teste “t”, em relação aos valores médio dos teores destes nutrientes da PR geral.

Tabela 16 - Valores da média, da variância e da probabilidade (*p*), obtidos com o teste “t”, aplicados aos teores médios dos nutrientes da folha diagnóstico e ao rendimento de grão (RG) da cultura da soja das safras 2008 e 2009, e do conjunto formado por estas duas safras (geral)

Variáveis	Safr 2008		Safr 2009		Geral		P		
	Média	S ²	Média	S ²	Média	S ²	2008 x 2009	Geral x 2008	Geral x 2009
N	4,71	0,37	4,73	0,17	4,71	0,26*	0,754	0,984	0,692
P	0,31	0,01	0,35	0,01	0,33	0,01	0,001	0,039	0,044
K	2,52	0,29	3,21	0,10	2,87	0,31*	0,001	0,001	0,001
Ca	0,77	0,02	0,76	0,02	0,76	0,02	0,697	0,814	0,831
Mg	0,36	0,01	0,28	0,01	0,32	0,01	0,001	0,001	0,001
S	0,21	0,01	0,20	0,01	0,20	0,01	0,745	0,822	0,884
Zn	32	56	39	83	35	89*	0,001	0,001	0,001
B	42	31	26	45	34	107	0,001	0,001	0,001
Mn	62	273	72	558	67	465*	0,001	0,008	0,018
Cu	7,8	2,80	10,5	3,85	9,1	5,50*	0,001	0,001	0,001
Fe	105	758	109	5,339	106	3,115*	0,495	0,679	0,686
RG	2,777	120,855	3,315	166,592	3,046	215,582	0,001	0,001	0,001

* Variâncias não homogêneas, ao nível de 5% de probabilidade de erro.

Tabela 17 - Valores da média, da variância e da probabilidade (p), obtidos com o teste “t”, aplicados aos teores médios dos nutrientes da folha diagnóstico e ao rendimento de grão (RG) da cultura da soja nas respectivas populações de referência das safras 2008, 2009 e geral

Variável	Safr 2008		Safr 2009		Geral		p		
	Média	S ²	Média	S ²	Média	S ²	2008 x 2009	Geral x 2008	Geral x 2009
N	4,50	0,41	4,60	0,15	4,60	0,17*	0,389	0,288	0,765
P	0,25	0,00	0,29	0,01	0,32	0,01*	0,067	0,001	0,258
K	2,50	0,13	3,00	0,14	3,10	0,15	0,001	0,001	0,131
Ca	0,75	0,04	0,83	0,04	0,77	0,02	0,236	0,755	0,215
Mg	0,34	0,01	0,29	0,01	0,27	0,01*	0,115	0,001	0,001
S	0,24	0,01	0,19	0,01	0,18	0,01	0,042	0,011	0,776
	mg kg ⁻¹	-	mg kg ⁻¹	-	mg kg ⁻¹	-	-	-	-
Zn	30	40	42	168	42	117*	0,001	0,001	0,785
B	40	27	28	56	26	63*	0,001	0,001	0,308
Mn	67	327	86	535	82	541*	0,004	0,005	0,514
Cu	7	2	10	2	10	5	0,001	0,001	0,867
Fe	121	1.194	96	1.640	97	2.032	0,030	0,016	0,915
	kg ha ⁻¹	-	kg ha ⁻¹	-	kg ha ⁻¹	-	-	-	-
RG	3.374	55.727	3.900	25.756	3.746	33.585	0,001	0,001	0,001

* Variâncias não homogêneas, ao nível de 5% de probabilidade de erro.

Os valores médios do rendimento de grão divergiram, em todas as condições de comparação (Tabela 16). Os valores médios de rendimento de grão da safra 2009 foram superiores ao observado na safra anterior. Desta forma, o banco de dados da safra 2009 contribuiu com maior quantidade de amostras (áreas) na formação da PR do conjunto das duas safras, denominada de PR geral. Este aspecto contribuiu para a ausência de divergência observada entre os valores médios dos teores dos nutrientes, verificada entre a PR de 2009 e a PR geral.

4.1.3.1 Diagnóstico nutricional com as normas DRIS

Os valores médios dos teores foliares de certos nutrientes analisados variaram entre as PR das duas safras analisadas, caracterizando efeito ano, as normas DRIS foram geradas para as safras em separado. Desta forma, as normas geradas em cada safra foram avaliadas quanto a similaridade no diagnóstico nutricional, obtido com o DRIS.

Inicialmente, foi avaliada a capacidade das diferentes normas DRIS gerarem índices primários de macronutrientes com a mesma capacidade preditiva do estado nutricional da soja. Esta avaliação foi baseada na metodologia proposta por Wadt (1996), para interpretação dos índices primários (Tabela 1). A frequência de eventos concordantes foi comparada pela prova do qui-quadrado.

Na Tabela 18, constam os resultados obtidos com esta prova, onde pode ser constatada a similaridade de interpretação de diagnóstico nutricional dos teores de N, das 36 amostras avaliadas,

quando foram aplicadas as normas obtidas nas duas safras avaliadas e no conjunto geral destas safras. Além disso, houve similaridade de diagnóstico dos teores de todos os macronutrientes avaliados, quando aplicou-se as normas da safra 2009 e a geral (Tabela 18).

Quando comparados os índices obtidos com a norma 2008 e a norma “geral”, observou-se similaridade de interpretação dos índices primários relativos aos nutrientes: N, P, K e Mg (Tabela 18). Por outro lado, não houve concordância entre estas duas normas na interpretação dos índices dos nutrientes Ca e S.

Tabela 18 - Valores da probabilidade (p) da prova do qui-quadrado aplicado à frequência de eventos interpretados pelo método proposto por Wadt (1996), para índices DRIS de macronutrientes gerados com as normas das safras 2008 e 2009 e com o conjunto formado por estas duas safras (geral)

Nutriente	2008 x 2009	2008 x Geral	2009 x Geral
N	0,706	0,519	0,411
P	0,055	0,263	0,491
K	0,001	0,306	0,683
Ca	0,026	0,001	0,122
Mg	0,081	0,325	0,759
S	0,001	0,001	0,999

Assim, os bancos de dados da safras 2008 e 2009 proporcionaram normas DRIS diferentes dos nutrientes P, K, Ca, Mg e S. A norma da safra 2009 resultou em maior similaridade com a norma geral. Como mencionado anteriormente, possivelmente, isto deve estar relacionado a maior participação de amostras da safra 2009 no conjunto “geral”. Isto também está associado ao maior rendimento médio de grão observado na safra 2009.

Como pode ser observado, houve efeito do ano de avaliação sobre as normas DRIS. Contribuíram para este efeito, as diferentes condições climáticas, de manejo da cultura, das adubações, dentre outras, inerentes a cada safra.

Convém destacar que do ponto de vista hídrico, o regime de chuvas foi diferente em volume (altura) e periodicidade dos eventos de precipitação. Enquanto que na safra 2008, no período de 14/12/2007 à 15/05/2008, a precipitação pluvial foi de 862,2 mm, na safra 2009, no período de 02/12/2008 à 14/04/2009, correspondeu a 400,5 mm.

A necessidade total de água na cultura da soja, para obtenção do máximo rendimento, varia entre 450 a 800 mm ciclo⁻¹, dependendo das condições climáticas, do manejo da cultura e da duração do ciclo (EMBRAPA, 2003). Assim, os eventos de precipitação que ocorreram nas duas safras em questão, podem ser considerados adequados à necessidade da cultura.

Embora tenha ocorrido maior precipitação na safra 2008, no período de grande demanda de água por parte da cultura da soja, a precipitação em 25 dias (período de 04/02 a 28/02) foi de 63 mm, aproximadamente 2,5 mm dia⁻¹. De acordo com Embrapa (2003), a necessidade de água da cultura da soja vai aumentando com o desenvolvimento da planta, atingindo o máximo durante a floração-enchimento de grãos (7 a 8 mm dia⁻¹), decrescendo após esse período. Déficits hídricos expressivos, durante a floração e o enchimento de grãos, provocam alterações fisiológicas na planta, como o fechamento estomático e o enrolamento de folhas e, como consequência, causam a

queda prematura de folhas e de flores e abortamento de vagens, resultando, por fim, em redução do rendimento de grão.

Convém destacar que 41,5 % da precipitação pluvial na safra 2008 foi registrada nos últimos 45 dias desta safra. Na safra 2009, o maior período sem precipitação foi de 9 dias, que coincidiu com fase do ponto de colheita da cultura. Ficou evidente que a regularidade na oferta hídrica é mais importante que a quantidade.

Os resultados das Tabelas 19 a 21 possibilitaram avaliar a sensibilidade do método DRIS em indicar o nutriente mais limitante, considerando a interpretação do valor do índice primário por nutriente mais negativo, calculados com as normas obtidas nas safras 2008 e 2009, e no conjunto geral. Nestas tabelas constam os resultados da análise com a prova do qui-quadrado, realizada com o objetivo de avaliar se as frequências com que os índices DRIS primários mais negativos, calculados com todas as normas e obtidos em cada nutriente, são devidas ao acaso ou decorreram da capacidade do método em indicá-los.

Os resultados das tabelas 19 a 21 indicam que o método DRIS possibilitou discriminar de modo eficiente os nutrientes que são considerados mais limitantes por deficiência.

Observou-se concordância na correlação calculada entre os índices primários de cada um dos nutrientes analisados e o rendimento de grão, gerados com as diferentes normas (Tabela 22).

A correlação entre os valores dos índices DRIS e o rendimento de grão da cultura da soja mostrou associação positiva e significativa entre os índices de Ca e de Mg e o rendimento de grão das duas safras avaliadas (Tabela 22).

Resultaram sem correlação com o rendimento de grão os índices primários do P, S, Mn, Cu e Fe, em todas as condições de normas. Também o índice do Zn resultou positivo e significativo, no entanto, com valor r “baixo”, resultando em correlação mais “fraca”. Observou-se correlação negativa entre os valores dos índices de N, K e B e o rendimento de grão nas safras avaliadas.

Para avaliar qual das normas obtidas possibilita melhor diagnóstico, calculou-se a correlação entre o IBN e o rendimento de grão. A norma obtida com os dados da safra 2009 possibilitou maior grau de correlação negativa significativa entre o IBN e o rendimento de grão, sendo superior às demais (Tabela 22). Cabe salientar que a norma obtida do conjunto de dados das duas safras resultou em uma correlação superior a da safra 2008, sendo que para esta última a correlação não foi significativa.

Na Tabela 23, constam os resultados da correlação entre os teores foliares de cada nutriente e os índices DRIS destes nutrientes, obtidos com as diferentes normas geradas. Todos os teores foliares dos nutrientes, analisados nas 36 amostras que foram submetidas ao DRIS, resultaram com correlação positiva significativa com os respectivos índices DRIS.

Tabela 19 - Prova do qui-quadrado (χ^2), frequências observadas (FO) e frequência esperada (FE) de amostras com nutrientes mais limitantes por deficiência pelo método DRIS (índice primário mais negativo, utilizando as normas da safra 2008, em 36 amostras de áreas cultivadas nas safras 2008 e 2009)

Nutriente	FO	FE	(FO-FE) ² /FE
N	5,56	9,09	1,37
P	8,33	9,09	0,06
K	0,00	9,09	9,09
Ca	0,00	9,09	9,09
Mg	44,44	9,09	137,51
S	0,00	9,09	9,09
Zn	2,78	9,09	4,38
B	19,44	9,09	11,79
Mn	16,67	9,09	6,32
Cu	2,78	9,09	4,38
Fe	0,00	9,09	9,09
		χ^2	202,18
		p	0,001

Tabela 20 - Prova do qui-quadrado (χ^2), freqüências observadas (FO) e freqüência esperada (FE) de amostras com nutrientes mais limitantes por deficiência pelo método DRIS (índice primário mais negativo, utilizando as normas da safra 2009, em 36 amostras de áreas cultivadas nas safras 2008 e 2009)

Nutriente	FO	FE	(FO-FE) ² /FE
N	0,00	9,09	9,09
P	22,22	9,09	18,97
K	5,56	9,09	1,37
Ca	16,67	9,09	6,32
Mg	13,89	9,09	2,53
S	0,00	9,09	9,09
Zn	13,89	9,09	2,53
B	0,00	9,09	9,09
Mn	22,22	9,09	18,97
Cu	5,56	9,09	1,37
Fe	0,00	9,09	9,09
		χ^2	88,43
		p	0,001

Tabela 21 - Prova do qui-quadrado (χ^2), frequências observadas (FO) e frequência esperada (FE) de amostras com nutrientes mais limitantes por deficiência pelo método DRIS (índice primário mais negativo, utilizando as normas “geral”, em 36 amostras de áreas cultivadas nas safras 2008 e 2009

Nutriente	FO	FE	(FO-FE) ² /FE
N	2,78	9,09	4,38
P	22,22	9,09	18,97
K	5,56	9,09	1,37
Ca	8,33	9,09	0,06
Mg	22,22	9,09	18,97
S	0,00	9,09	9,09
Zn	13,89	9,09	2,53
B	0,00	9,09	9,09
Mn	22,22	9,09	18,97
Cu	2,78	9,09	4,38
Fe	0,00	9,09	9,09
		χ^2	96,92
		p	0,001

Tabela 22 - Coeficiente de correlação (r) obtido dos índices DRIS de cada nutriente e do índice de balanço nutricional (IBN), com o rendimento de grão da cultura da soja, de 36 amostras das safras 2008 e 2009 analisadas com as normas obtidas nas safras 2008, 2009 e o conjunto destas duas safras (geral)

	Índice DRIS											IBN
	N	P	K	Ca	Mg	S	Zn	B	Mn	Cu	Fe	
	Safra 2008											
r	-0,433	-0,081	-0,604	0,593	0,469	0,059	0,328	-0,630	0,127	0,169	-0,070	-0,201
t calc	-2,80	-0,47	-4,42	4,29	3,10	0,34	2,02	-4,73	0,75	1,00	-0,41	-1,19
p	0,008	0,638	0,001	0,001	0,004	0,735	0,051	0,001	0,460	0,326	0,684	0,241
	Safra 2009											
r	-0,462	-0,098	-0,602	0,595	0,441	-0,005	0,352	-0,631	0,112	0,136	-0,114	-0,522
t calc	-3,03	-0,57	-4,40	4,32	2,86	-0,03	2,19	-4,74	0,66	0,80	-0,67	-3,57
p	0,005	0,569	0,001	0,001	0,007	0,976	0,035	0,001	0,516	0,429	0,506	0,001
	Geral											
r	-0,499	-0,112	-0,601	0,598	0,451	0,023	0,330	-0,626	0,118	0,133	-0,109	-0,450
t calc	-3,36	-0,66	-4,39	4,35	2,95	0,13	2,04	-4,68	0,69	0,78	-0,64	-2,94
p	0,002	0,514	0,001	0,001	0,006	0,895	0,050	0,001	0,494	0,439	0,525	0,006

4.1.3.2 Comparação entre método DRIS e o da faixa de suficiência

A comparação entre os resultados obtidos com o DRIS e a FS foi realizada considerando dois critérios de interpretação dos teores foliares dos nutrientes: a) a faixa de suficiência proposta por Tecnologias...(2006); b) a da faixa de suficiência sugerida em Sociedade... (2004).

Quando comparada a interpretação pela FS proposta por Tecnologias...(2006), com a interpretação dos índices primários conforme Wadt (1996), calculados com norma da safra 2008, houve correspondência de interpretação dos teores foliares de N e S (Tabela 24). Já quando comparada a interpretação pela FS com a interpretação dos índices primários calculados com a norma da safra 2009 e com a norma “geral”, houve correspondência apenas na interpretação dos teores de N (Tabela 24). Isto revela que as duas metodologias de diagnose do estado nutricional da soja não produzem o mesmo resultado. Deve-se levar em consideração que a interpretação dos teores proposta por Tecnologias... (2006), pode não ser adequada para interpretar o estado nutricional da cultura da soja cultivada no Rio Grande do Sul. As condições de obtenção dos teores foliares (edáficas, climáticas, de cultivo, etc.) que baseiam essa interpretação, são diferentes das condições locais (Planalto Médio do RS).

Justifica-se a comparação entre as duas metodologias de diagnóstico visto apresentarem o mesmo número de classes interpretativas, e, na faixa considerada adequada (suficiente ou

médio), apresentar valores dos teores foliares para a cultura da soja, coincidentes aos da FS indicados em Sociedade... (2004) (Tabela 1 e Tabela 3).

Tabela 24 - Valores da probabilidade (p) da prova do qui-quadrado para a frequência de eventos interpretados pela faixa de suficiência (FS) proposta por Tecnologias...(2006) e àqueles interpretados pelo método proposto por Wadt (1996) para índices DRIS, quando utilizadas as normas das safras 2008, 2009 e o conjunto das safras

Nutrientes	FS x 2008	FS x 2009	FS x Geral
N	0,451	0,478	0,138
P	0,011	0,001	0,001
K	0,001	0,001	0,001
Ca	0,001	0,001	0,001
Mg	0,001	0,036	0,001
S	0,132	0,001	0,001

A comparação do diagnóstico do DRIS com a FS sugerida em Sociedade...(2004) consta na Tabela 25. Com uso das normas obtidas das safras 2008 e 2009 e do conjunto geral, houve concordância quanto à interpretação dos teores foliares de P e de Mg, entre as metodologias.

A interpretação dos teores de N foi semelhante entre os métodos, quando o índice DRIS primário foi obtido com as normas da safra 2008 e da safra 2009 (Tabela 25).

A interpretação dos teores de S tendo por base os métodos da FS e o método DRIS, com índices DRIS calculados com a norma da safra 2008, também resultou semelhança.

A interpretação dos teores de K também resultou semelhante entre os métodos quando o índice DRIS primário foi obtido com o uso da norma geral (Tabela 25).

A discordância na interpretação dos teores de Ca está relacionada com o fato de que todos os valores dos teores deste nutriente foram enquadrados dentro dos valores da classe “média” pela FS, portanto, considerada como suficiente (SOCIEDADE..., 2004). Ou seja, embora os valores dos teores foliares tenham variado de 0,48 à 1,05 %, teores mínimo e máximo, respectivamente, todos se enquadraram dentro daquela classe de interpretação indicada em (SOCIEDADE..., 2004) (Tabela 5).

Tabela 25 - Valores da probabilidade (p) da prova do qui-quadrado para a frequência de eventos interpretados pela faixa de suficiência (FS) sugerida por Sociedade... (2004) e àqueles interpretados pelo método proposto por Wadt (1996) para índices DRIS com adaptação para três classes de interpretação

Nutriente	FS x 2008*	FS x 2009*	FS x Geral*
N	0,385	0,288	0,050
P	0,155	0,410	0,600
K	0,026	0,093	0,377
Ca	0,001	0,001	0,001
Mg	0,707	0,306	0,167
S	0,143	0,001	0,001

* Índices DRIS em 36 amostras gerados com normas obtidas com dados da safra 2008, 2009 e para o conjunto das duas safras (GERAL).

A redução no número de classes aproximou os métodos de interpretação. No entanto, os métodos não revelaram similaridade de diagnóstico.

Nas 18 áreas amostradas (18 amostras da safra 2008 e 18 amostras da safra 2009, total 36 amostras) e monitoradas, os

resultados da análise de solo das áreas, em quase a totalidade das amostras, indicaram teores altos de todos os nutrientes avaliados, (Apêndice 2). Entretanto, foram observados teores baixos de boro ($<0,1 \text{ mg dm}^{-3}$) em 4 áreas. Nestas áreas os teores foliares de B não foram limitantes, seja pelo critério da faixa de suficiência (SOCIEDADE..., 2004) seja pelo método DRIS. Em uma das áreas amostradas o teor de P foi baixo (SOCIEDADE..., 2004), sendo que, na safra 2008, os teores foliares desse nutriente foram adequados, tanto pela faixa de suficiência quanto pelo DRIS.

É possível que na safra 2008, a menor absorção do Mg^{2+} e do Ca^{2+} tenha sido limitada pelo teor “muito alto” de K no solo. Cabe destacar que o teor de K no solo foi duas vezes maior que o valor limite superior da faixa “alto”, em 15 das 18 áreas amostradas, na camada de 0 a 10 cm de profundidade. Assim, pode ter ocorrido interação antagônica entre a absorção desse nutriente e o Ca e o Mg. Esta inibição se deve a competição entre estes nutrientes pelo mesmo sítio transportador trans-membrana (MALVOLTA, 2006; EPSTEIN e BLOOM, 2006).

Ocorre efeito depressivo na absorção de Mg^{2+} quando há aumento na concentração de K^+ em solução. No entanto, a absorção do Mg^{2+} somente ocorre quando a concentração de K^+ na solução torna-se igual a concentração mínima (abaixo da qual cessa o influxo de K) (MEURER, 2006). Ou seja, embora ocorra a inibição competitiva, esta irá se verificar quando for muito alta a concentração de K^+ em solução.

A taxa de absorção de Mg^{2+} pode ser muito afetada por outros cátions, como H^+ , K^+ , NH_4^+ , Ca^{2+} e Mn^{2+} (MALVOLTA, 2006;

VITTI et al., 2006). De acordo com os autores, tem sido constatada a deficiência de Mg^{2+} induzida pela competição com outros cátions. Portanto, a maior absorção de K^+ pode interferir de maneira negativa na absorção de Ca^{2+} e Mg^{2+} (MARSCHNER, 1995).

Vários são os fatores que afetam a disponibilidade do K às plantas. Fatores intrínsecos à planta, interações ou antagonismos entre íons, aeração e temperatura do solo podem afetar a absorção de K^+ (MEURER, 2006).

Segundo Meurer (2006), as condições de disponibilidade de água no solo associada ao teor inicial de K^+ em solução, juntamente com taxa de crescimento do sistema radical do sorgo, afetaram de forma preponderante a absorção de K^+ .

Em relação ao solo, vários autores destacaram que o teor de umidade influencia a atividade de K^+ na solução, o poder tampão e a suprimimento desse íon K^+ às raízes das plantas (ERNANI et al., 2007; MEURER, 2006; MALAVOLTA, 2006; RAIJ, 1991).

Quando os teores de K no solo são “muito altos”, associado a períodos de maior disponibilidade hídrica no solo, o K^+ é mais absorvido, exercendo maior inibição competitiva com os outros cátions básicos, especialmente o Mg^{2+} .

Por outro lado, na safra 2009, os dois métodos de diagnóstico nutricional comparados não indicaram deficiência de Ca e de Mg, embora tenham indicado altos teores de K, nas 18 áreas monitoradas. Isto ocorreu, possivelmente, porque em períodos em que a umidade volumétrica do solo é menor, há menor suprimimento de K^+ à raiz, uma vez que o movimento do nutriente em direção à planta se dá principalmente pelo mecanismo da difusão. Nesta condição há

aumento na concentração de íons na solução do solo e, em consequência, uma menor atividade do íon K^+ , em relação a atividade de Ca e de Mg. De acordo com Raij (1991), a relação de atividade do K^+ com a raiz quadrada das atividades de Ca^{2+} e Mg^{2+} resulta constante. Ainda segundo o autor, quando a umidade do solo é reduzida, aumentando a concentração de sais, as atividades de Ca^{2+} e de Mg^{2+} em solução aumentam mais rapidamente que a de K^+ . Isso explica a maior parte dos resultados verificados em 2009, quando se observou maiores teores de Mg^{2+} foliar, pois como mencionado, nestas safras houve menor disponibilidade hídrica.

Um dos indicadores do equilíbrio nutricional da planta é a relação entre os nutrientes K e Mg. Na planta a relação K/Mg varia entre 7 e 10. Quando esta relação estiver na ordem de 15 a 20 podem ocorrer sintomas de deficiência de Mg, se o seu teor absoluto no solo for relativamente baixo, associada à condição de saturação do Mg no complexo de troca menor que 10 % (VITTI et al., 2006).

As análises foliares revelaram que nas áreas monitoradas (controle) esta relação esteve entre 3,8 e 20,7. O índice primário do K obtido com a utilização da norma geral do DRIS resultou em correlação positiva (0,878; t calculado = 10,71; GL = 34; p = 0,001) com a relação K/Mg. Já o índice Mg resultou em correlação negativa com a relação K/Mg (-0,937; t calculado = -15,7; p = 0,001). A relação K/Mg foliar por sua vez resultou em correlação negativa com o rendimento de grão (-0,573; t calculado = -4,07; GL = 34; p = 0,001).

Os resultados da análise de solos nas áreas monitoradas apontaram saturação do Mg no complexo de troca variando entre 8,7 e 19,7 %, o que reduz a possibilidade de ocorrerem sintomas de

deficiência, não constatada a nível de campo. No entanto, houve redução no rendimento de grão, especialmente na safra 2008.

As correlações entre os índices primários (DRIS) de K e Mg (Tabela 22) foram positiva e negativa com o rendimento de grão, respectivamente, resultando em boa capacidade diagnóstica a partir da interpretação dos seus valores. Ou seja, estes índices indicaram que houve antagonismo entre o K e o Mg, por ter ocorrido o que também tem suporte na literatura. Além disso, estes resultados indicaram que a interação antagonista entre estes cátions comprometeu o rendimento da cultura. Sempre que a relação K/Mg na planta foi mais equilibrada, ou seja, compatível com os valores propostos por Vittori et al. (2006) e Tecnologias... (2006) (Tabela 3), o rendimento de grão nas áreas monitoradas foram superiores.

Os teores foliares absolutos de K foram menores que os da safra anterior, bem como foram maiores os teores foliares do Mg. Scherer (1998) em estudo sobre níveis críticos de K para a soja, em um Latossolo húmico no Estado de Santa Catarina, constatou efeito depressivo do K sobre o teor foliar de Mg na folha da soja. O autor concluiu que a absorção de Mg é mais uma função da disponibilidade de K do que propriamente de Mg, confirmando a interação negativa entre estes íons.

Convém destacar que também ocorreram maiores teores foliares absolutos de Ca. Estes valores refletiram em índices de Ca e Mg considerados na faixa menos limitante (DRIS).

Como mostram os resultados da Tabela 22, observou-se correlação negativa entre o índice DRIS de B e o rendimento de grão. Como os teores desse nutriente no solo resultaram interpretados como

“alto” ($> 0,3 \text{ mg dm}^{-3}$) pode-se supor que essa condição tenha favorecido a absorção deste nutriente. Por outro lado, os teores foliares de B foram “médio” de acordo com o critério da faixa de suficiência (Tabela 20), sendo considerado adequado.

Furlani et al. (2001) constataram efeitos de toxidez por B em cultivares de soja quando os teores foliares foram superiores à 83 mg kg^{-1} . Isto foi confirmado por Pegoraro et al. (2008), que constaram redução na produção de massa seca da parte aérea de soja em plantas com teores de B maior que 83 mg kg^{-1} . Como a toxidez de B ocorre em condição extrema de excesso deste nutriente, pode ocorrer efeito depressivo do rendimento de grão da soja com teores de B inferiores ao necessário para que ocorra a condição de toxidez, pois neste caso isto pode ser resultante de uma condição de desbalanço nutricional. Como se sabe, o excesso de B pode favorecer a absorção do K (YAMADA, 2000). Assim, neste trabalho, esta condição pode ter favorecido o desbalanço observado entre o K e Mg, o que parece estar relacionado de forma importante com a redução do rendimento da cultura.

Os resultados da diagnose efetuada com o critério da faixa de suficiência e com o método DRIS, indicam que a faixa de suficiência pode não representar adequadamente a condição nutricional observada para este nutriente, pois os teores de B com a faixa de suficiência, foram interpretados como limitantes pelo método DRIS.

4.2 DRIS para teor de óleo no grão

4.2.1 Estatística descritiva

Os resultados dos parâmetros estatísticos estimados com os teores dos macro e micronutrientes da folha diagnóstico da cultura da soja, do conjunto de todas as amostras avaliadas quanto ao teor de óleo no grão, constam nas Tabelas 26 e 27.

Constata-se da análise dos dados obtidos na safra 2008 que o teor foliar com maior variabilidade foi o do S. Os valores de coeficiente de variação maiores que 20 % foram os dos teores foliares dos nutrientes P, Mn, Zn, Cu e K. Resultaram em valores dos coeficientes de variação menores que 20 % os teores foliares do Mg, B, N e Ca (Tabela 26).

Na safra 2009, os teores foliares do N resultaram em menor variabilidade dentre todos os nutrientes. A variabilidade dos teores dos nutrientes K e Ca foi menor que na safra anterior. Já, os teores foliares de nutrientes com maior variabilidade nessa safra foram do Fe, S, Mn, P e Zn (Tabela 26).

Considerando o conjunto das safras, os teores foliares de S, P, B, Mn, Fe, Cu, Mg, Zn e K resultaram em valores de coeficientes de variação maiores que 20 % (Tabela 27). Já aqueles de menor variabilidade foram os do N e do Ca. As estimativas apresentadas das variáveis analisadas nas safras 2008 e 2009 mostram variabilidade.

As mesmas análises estatísticas foram realizadas com as amostras obtidas em parcelas da área experimental (AE), com efeito residual de adubação com dejetos de suínos em culturas anteriores. Os

resultados também constam nas Tabelas 26 e 27. Ocorreu variabilidade das variáveis analisadas de modo semelhante ao observado no conjunto de todas as amostras.

Os teores foliares mínimo e máximo e a amplitude dos teores dos nutrientes analisados nas amostras obtidas nas duas safras monitoradas constam na Tabela 28. As condições de variabilidade observadas nos parâmetros analisados são confirmadas com estas medidas de variabilidade.

Quanto aos teores de óleo no grão, no conjunto de todas as amostras, constatou-se menor variabilidade, especialmente na safra 2009 (Tabela 29). Nas amostras da AE, a menor variabilidade foi constatada na safra 2008 (Tabela 29).

Tabela 26 – Valores da média, desvio padrão (s), variância (S²), coeficiente de variação (CV) dos teores dos nutrientes na folha diagnóstico de soja de todas as amostras monitoradas e daquelas da área experimental (AE), nas safras 2008 e 2009

Nutriente	Média		s		S ²		CV (%)	
	Todas	AE	Todas	AE	Todas	AE	Todas	AE
Safra 2008								
N (%)	4,68	4,83	0,582	0,527	0,339	0,277	12,4	10,9
P (%)	0,33	0,35	0,120	0,117	0,014	0,014	36,4	33,5
K (%)	2,4	2,42	0,480	0,495	0,232	0,245	20,0	20,4
Ca (%)	0,83	0,80	0,113	0,089	0,013	0,008	13,6	11,1
Mg (%)	0,4	0,40	0,042	0,046	0,002	0,002	10,5	11,5
S (%)	0,18	0,16	0,072	0,052	0,005	0,003	40,0	32,1
Zn (mg kg ⁻¹)	34	34,7	7,46	7,260	55,7	52,71	22,1	20,9
B (mg kg ⁻¹)	42	42	4,60	4,54	21,2	20,6	10,8	10,8
Mn(mg kg ⁻¹)	59	59	16,20	16,55	261	273,8	27,4	28,3
Cu (mg kg ⁻¹)	7,54	7,54	1,580	1,632	2,5	2,663	21,0	21,6
Fe (mg kg ⁻¹)	98	96	21,70	21,86	471	477,8	22,2	22,7
Safra 2009								
N (%)	4,79	4,84	0,366	0,319	0,134	0,102	7,6	6,6
P (%)	0,36	0,38	0,099	0,103	0,010	0,011	27,5	27,0
K (%)	3,30	3,31	0,270	0,232	0,070	0,054	8,2	7,0
Ca (%)	0,69	0,71	0,070	0,072	0,005	0,005	10,1	10,1
Mg (%)	0,26	0,28	0,040	0,037	0,002	0,001	15,4	13,6
S (%)	0,19	0,19	0,068	0,069	0,005	0,005	35,8	35,5
Zn (mg kg ⁻¹)	41	41	8,70	10,49	76,10	110,0	21,4	25,7
B (mg kg ⁻¹)	23	23	3,890	3,811	15,12	14,52	17,2	16,9
Mn(mg kg ⁻¹)	74	75	23,10	25,06	532	628	31,0	33,2
Cu (mg kg ⁻¹)	10,1	9,95	2,050	1,213	4,2	1,472	20,3	12,2
Fe (mg kg ⁻¹)	86	85	31,30	21,66	979	469,1	36,4	25,5

Tabela 27 – Valores da média, desvio padrão (s), variância (S²), coeficiente de variação (CV) dos teores dos nutrientes na folha diagnóstico de soja de todas as amostras monitoradas e daquelas da área experimental (AE), na média das safras

Nutriente	Média		s		S ²		CV (%)	
	Todas	AE	Todas	AE	Todas	AE	Todas	AE
média das safras								
N (%)	4,74	4,79	0,488	0,419	0,238	0,274	10,3	8,7
P (%)	0,34	0,36	0,117	0,109	0,014	0,012	34,4	30,1
K (%)	2,85	2,89	0,605	0,598	0,366	0,380	21,2	20,7
Ca (%)	0,76	0,75	0,116	0,094	0,013	0,011	15,3	12,6
Mg (%)	0,33	0,33	0,08	0,080	0,006	0,007	24,2	24,3
S (%)	0,18	0,18	0,071	0,064	0,005	0,004	39,4	35,6
Zn (mg kg ⁻¹)	37	38	8,82	8,79	77,8	80,5	23,6	23,2
B (mg kg ⁻¹)	32	32	10,8	10,7	117,4	115,0	33,4	33,6
Mn(mg kg ⁻¹)	67	68	21,3	21,7	455	474	31,8	31,7
Cu (mg kg ⁻¹)	8,9	8,77	2,23	2,10	4,97	4,56	25,1	24,0
Fe (mg kg ⁻¹)	92	88	27,6	20,9	763	452	30,1	23,7

Tabela 28 - Teor foliar mínimo, máximo e amplitude total do banco de dados com todas as amostras (Todas) e com as amostras da área experimental (AE)

Nutriente	Teor foliar mínimo		Teor foliar máximo		Amplitude total	
	Todas	AE	Todas	AE	Todas	AE
			%			
N	3,28	3,55	6,44	5,94	3,16	2,39
P	0,04	0,04	0,56	0,56	0,52	0,52
K	1,08	1,08	4,67	4,67	3,59	3,59
Ca	0,50	0,53	1,27	1,03	0,77	0,50
Mg	0,18	0,18	0,50	0,48	0,32	0,30
S	0,05	0,05	0,35	0,35	0,30	0,30
			mg kg ⁻¹			
Zn	19	28	76	76	57	48
B	14	14	52	51	38	37
Mn	27	27	135	135	108	108
Cu	4	4	24	24	20	20
Fe	30	30	289	164	259	134

Tabela 29 – Valores da média, desvio padrão (s), variância (S²), coeficiente de variação (CV) do teor de óleo (%) no grão, em amostras de todas as áreas e em amostras da área experimental (AE), nas safras 2008 e 2009 e na média das safras

Média (%)		s		S ²		CV (%)	
Todas	AE	Todas	AE	Todas	AE	Todas	AE
Safra 2008							
18,60	18,01	1,51	0,66	2,27	0,44	8,1	3,67
Safra 2009							
20,21	20,17	1,17	1,16	1,34	1,37	5,8	5,8
média das safras							
19,15	19,39	1,56	1,46	2,43	2,14	8,0	7,63

A avaliação da freqüência de distribuição dos dados foi realizada com a prova de Kolmogorov-Smirnov. Verificou-se que, no conjunto de todas as amostras os teores foliares de P, S e Mg, da safra 2008, resultaram sem aderência a condição de distribuição normal (Tabela 30). Os demais teores dos nutrientes resultaram com freqüência de distribuição normal.

Na Safra 2009, no conjunto de todas as amostras, os teores dos nutrientes P, Mg, S, Cu e Fe resultaram sem aderência à condição de normalidade, enquanto os teores dos demais nutrientes resultaram com freqüência de distribuição normal (Tabela 30).

Quando analisados na média das safras (todas as amostras geral) a quase totalidade dos teores dos nutrientes resultaram sem aderência a condição de normalidade dos dados (Tabela 30).

Tabela 30 - Valores de D_{\max} e da probabilidade ($p < D$) da prova de Kolmogorov-Smirnov dos teores foliares dos nutrientes em amostras de todas as áreas, safra 2008 e 2009 e Geral (média das safras)

Nutriente	Safra 2008		Safra 2009		Geral	
	D_{\max}^1	p	D_{\max}^1	p	D_{\max}^1	p
N	0,088	0,417	0,099	0,230	0,085	0,093
P	0,128	0,069	0,155	0,009	0,127	0,001
K	0,106	0,202	0,056	0,872	0,110	0,018
Ca	0,053	0,903	0,079	0,483	0,089	0,063
Mg	0,133	0,054	0,168	0,003	0,136	0,001
S	0,248	0,001	0,117	0,097	0,157	0,001
Zn	0,104	0,216	0,101	0,211	0,101	0,024
B	0,050	0,960	0,067	0,702	0,143	0,001
Mn	0,072	0,658	0,052	0,921	0,073	0,207
Cu	0,095	0,322	0,226	0,001	0,138	0,001
Fe	0,072	0,666	0,220	0,001	0,123	0,003

¹ Diferença máxima absoluta entre as freqüências observadas e esperadas e o número de observações.

As estimativas dos dados selecionados da AE mostram resultados similares ao conjunto de todas as amostras. Este padrão era esperado, uma vez que a AE contribuiu com 85,8 e 87 % das amostras do conjunto todas as amostras, nas safras 2008 e 2009, respectivamente. As estimativas da AE estão apresentadas na Tabela 31.

Embora seja exigida condição de distribuição normal dos dados, para que sejam aceitos os pressupostos da diagnose do estado nutricional pelo método DRIS, proposto por Beaufils (1973), o mesmo indica em seus postulados que a ausência desta condição não deve ser impeditiva. Ou seja, pode-se realizar o diagnóstico, de acordo com a metodologia proposta por Beaufils, a despeito da condição de normalidade de distribuição dos dados.

Tabela 31 - Valores de D_{\max} e da probabilidade ($p < D$) da prova de Kolmogorov-Smirnov dos teores foliares de nutrientes em amostras da área experimental, safras 2008 e 2009 e Geral (média das safras)

Nutriente	Safrá 2008		Safrá 2009		Geral	
	D_{\max}^1	p	D_{\max}^1	p	D_{\max}^1	p
N	0,091	0,431	0,106	0,221	0,052	0,689
P	0,110	0,216	0,173	0,005	0,137	0,002
K	0,120	0,142	0,062	0,845	0,116	0,012
Ca	0,057	0,931	0,067	0,770	0,085	0,131
Mg	0,895	0,454	0,169	0,007	0,135	0,002
S	0,245	0,001	0,118	0,133	0,168	0,001
Zn	0,107	0,248	0,108	0,205	0,107	0,028
B	0,051	0,966	0,058	0,892	0,154	0,001
Mn	0,080	0,607	0,056	0,921	0,067	0,367
Cu	0,108	0,229	0,230	0,001	0,128	0,004
Fe	0,089	0,461	0,163	0,011	0,118	0,010

¹ Diferença máxima absoluta entre as frequências observadas e esperadas e o número de observações.

Por outra lado, a seleção das populações de alto rendimento (PAR), considerando todas as amostras ou apenas aquelas da área experimental, proporcionou nas PRs amostras com teores foliares com frequência de distribuição normal (Tabela 32 e 33).

A exceção ficou por conta do P, cujos teores resultaram sem aderência a normalidade de distribuição dos dados nas PRs da safra 2009 e geral.

A seleção da PR constitui-se em estratégia para obtenção de distribuição normal dos dados (WALWORTH e SUMNER, 1987), comprovando-se que a estratégia adotada foi capaz produzir o efeito desejado. Desta forma, não foi necessário realizar a transformação dos dados.

Tabela 32 - Valores de D_{\max} e da probabilidade ($p < D$) da prova de normalidade de Kolmogorov-Smirnov com os teores foliares de nutrientes nas amostras das PRs de todas as áreas das safras 2008 e 2009 e Geral (média das safras)

Nutriente	Safrá 2008		Safrá 2009		Géral	
	D_{\max}^1	p	D_{\max}^1	p	D_{\max}^1	p
N	0,14	0,93	0,12	0,85	0,10	0,84
P	0,13	0,95	0,27	0,03	0,26	0,02
K	0,15	0,87	0,12	0,84	0,13	0,58
Ca	0,13	0,96	0,11	0,87	0,07	0,99
Mg	0,21	0,52	0,15	0,53	0,13	0,63
S	0,21	0,49	0,13	0,74	0,13	0,59
Zn	0,16	0,83	0,17	0,43	0,14	0,44
B	0,11	0,99	0,08	0,99	0,10	0,87
Mn	0,16	0,84	0,14	0,62	0,10	0,85
Cu	0,13	0,97	0,19	0,27	0,18	0,22
Fe	0,11	0,99	0,18	0,35	0,15	0,43

¹ Diferença máxima absoluta entre as frequências observadas e esperadas e o número de observações.

Tabela 33 - Valores de D_{\max} e da probabilidade ($p < D$) da prova de Kolmogorov-Smirnov dos teores foliares de nutrientes nas amostras das PRs selecionadas da área experimental das safras 2008, 2009 e Geral (média das safras)

Nutriente	Safrá 2008		Safrá 2009		Géral	
	D_{\max}^1	p	D_{\max}^1	p	D_{\max}^1	p
N	0,17	0,82	0,11	0,90	0,10	0,87
P	0,16	0,83	0,27	0,05	0,26	0,01
K	0,15	0,92	0,13	0,80	0,13	0,53
Ca	0,12	0,99	0,10	0,95	0,08	0,98
Mg	0,12	0,99	0,15	0,59	0,14	0,51
S	0,25	0,36	0,14	0,71	0,12	0,62
Zn	0,14	0,96	0,16	0,52	0,14	0,46
B	0,13	0,96	0,08	0,99	0,10	0,82
Mn	0,13	0,97	0,12	0,87	0,11	0,80
Cu	0,20	0,65	0,22	0,17	0,18	0,21
Fe	0,14	0,93	0,16	0,56	0,16	0,33

¹ Diferença máxima absoluta entre as frequências observadas e esperadas e o número de observações.

A mesma situação foi encontrada quanto à análise da condição de normalidade de distribuição com os teores de óleo em

grãos de soja. Nas PRs das safras 2008 e 2009 e do conjunto destas safras os teores de óleo nos grãos resultaram com freqüência de distribuição normal (Tabela 34).

Tabela 34 - Valores de D_{\max} e da probabilidade ($p < D$) da prova de Kolmogorov-Smirnov dos teores de óleo no grão. Amostras das PRs selecionadas de todas as áreas das safras 2008, 2009 e Geral (média das safras)

Safra 2008		Safra 2009		Geral	
D_{\max}^1	p	D_{\max}^1	p	D_{\max}^1	p
0,08	0,99	0,16	0,44	0,11	0,78

¹ Diferença máxima absoluta entre as freqüências observadas e esperadas e o número de observações.

4.2.2 Normas DRIS

Na safra de 2008 foi avaliadas um total de 99 amostras, enquanto que na safra 2009, o conjunto foi formado por 108 amostras. Portanto, o conjunto geral destas safras foi constituído de 207 amostras.

Como efetuado com o rendimento de grão (item 4.1.2), as PRs foram constituídas de amostras com teores de óleo maiores que o valor médio mais um desvio padrão (s), sendo selecionada em cada safra avaliada e no conjunto das safras (geral) (Tabela 35).

Tabela 35 – Valores da média, desvio padrão (s), limite inferior (LI), limite superior (LS) dos teores de óleo no grão de todas as amostras coletadas safras 2008 e 2009, e na média das safras (geral)

Safra	Média	s	Li (média – 1s)	Ls (média + 1s)
	(%)			
2008	18,60	1,51	17,09	20,11
2009	20,17	1,15	19,01	21,32
Geral	19,39	1,56	17,83	20,95

Para obtenção da norma com os resultados da safra 2008, do conjunto todas as amostras, foram selecionadas 14 amostras com teor de óleo maior que 20,11%, que consistiram a PR desta safra. Na safra 2009, a PR foi formada por 26 amostras com teor de óleo maior que 21,32%. A PR geral consistiu de 49 amostras contendo teor de óleo superior a 20,95% (Tabela 35).

O número de amostras das PRs da AE foi de 13, na safra 2008; 24, na safra 2009; e de 35 amostras no conjunto geral. O teor de

óleo de referência para a seleção das PRs foi de 18,68 % na safra 2008, 21,36 % na safra 2009 e 20,62 % no conjunto geral da AE.

Como constatado com o rendimento de grão, os teores médios de óleo, da safra 2008, diferiram dos teores obtidos na safra 2009 e da média destas safras. Isso indica que, possivelmente, tenha ocorrido um efeito ano na expressão do teor de óleo no grão de soja.

Da mesma forma que o observado com o rendimento de grão, constatou-se que o teor médio de óleo, na safra 2009, foi superior ao da safra anterior; e que o teor médio de óleo do conjunto das safras (geral) foi maior que aquele da safra 2008, mas diferente e menor que o teor médio de óleo da safra 2009.

Vários autores relatam efeito do ano e da localização da lavoura sobre a qualidade de grãos de soja. Kravchenko e Bullock (2002) constataram que os teores de proteína e de óleo de grãos de soja foram influenciados pela topografia do terreno, mas os efeitos das condições climáticas forma mais importantes do que a topografia. Em locais altos, os teores de proteína foram elevados e similares aos locais com declividade acentuada quando sem limitação hídrica. Contudo, os mesmos locais revelaram teores mais baixos de proteína em condições de estresse hídrico.

Naeve e Huerd (2007) verificaram efeito da temperatura durante a fase de enchimento do grão, sobre os teores de óleo de grãos de soja. Segundo estes autores, a concentração de óleo aumentou à uma taxa de $6,6 \text{ g kg}^{-1} \text{ }^{\circ}\text{C}^{-1}$. Bachlava e Cardinal (2009) também observaram efeito da temperatura e da duração do fotoperíodo, durante a fase de enchimento de grão, sobre os teores de óleo em grãos de soja, em três diferentes materiais genéticos avaliados. Proulx

e Naeve (2009) constataram que o sombreamento e a redução no número de vagens afetaram os teores de óleo e de proteína de grãos de soja.

Estes trabalhos corroboram os efeitos da variabilidade espacial e temporal observados nos teores de óleo dos grãos de soja, avaliados neste trabalho.

As normas DRIS obtidas com os resultados do teor de óleo no grão, selecionadas em PRs de cada uma das safras e dos resultados médio das safras, constam nas tabelas 36 a 41, apresentadas a seguir.

Tabela 36 - Normas DRIS calculadas com os teores de nutrientes da folha diagnóstico e o teor de óleo no grão de soja, safra 2008, em lavouras do Planalto Médio do Rio Grande do Sul

Norma	Média	s	S ²	Norma	Média	s	S ²
B/Ca	45,82	6,921	47,90	Cu/B	0,173	0,027	0,01
B/Cu	5,91	0,900	0,81	Cu/Ca	7,899	1,495	2,24
B/Fe	0,43	0,104	0,01	Cu/Fe	0,073	0,014	0,00
B/K	19,14	3,83	14,65	Cu/K	3,268	0,584	0,34
B/Mg	107,1	15,52	240	Cu/Mg	18,34	2,708	7,33
B/Mn	0,763	0,256	0,07	Cu/Mn	0,129	0,037	0,01
B/N	10,90	0,815	0,66	Cu/N	1,884	0,322	0,10
B/P	211,2	39,89	1591	Cu/P	36,01	5,850	34,22
B/S	144,1	18,54	343	Cu/S	24,74	3,871	14,99
B/Zn	1,645	0,248	0,06	Cu/Zn	0,282	0,048	0,01
Ca /B	0,022	0,003	0,01	Fe/B	2,452	0,611	0,37
Ca /Cu	0,132	0,029	0,01	Fe/Ca	111,7	30,77	946,9
Ca /Fe	0,010	0,002	0,01	Fe/Cu	14,21	3,033	9,20
Ca /K	0,430	0,128	0,02	Fe/K	45,65	8,536	72,86
Ca /Mg	2,354	0,277	0,08	Fe/Mg	259,6	62,88	3954
Ca /Mn	0,017	0,004	0,01	Fe/Mn	1,799	0,482	0,23
Ca /N	0,243	0,041	0,01	Fe/N	26,67	6,617	43,78
Ca /P	4,703	1,167	1,36	Fe/P	501,9	79,82	6370
Ca /S	3,175	0,366	0,13	Fe/S	346,5	64,64	4178
Ca /Zn	0,037	0,007	0,01	Fe/Zn	3,955	0,806	0,65
K/B	0,054	0,009	0,01	Mn/B	1,419	0,364	0,13
K/Ca	2,482	0,589	0,35	Mn/Ca	63,52	13,60	185,1
K/Cu	0,316	0,059	0,01	Mn/Cu	8,251	2,037	4,15
K/Fe	0,023	0,005	0,01	Mn/Fe	0,592	0,152	0,02
K/Mg	5,805	1,352	1,83	Mn/K	27,14	8,921	79,58
K/Mn	0,041	0,015	0,01	Mn/Mg	147,8	27,12	735,6
K/N	0,584	0,088	0,01	Mn/N	15,58	4,638	21,51
K/P	11,15	1,703	2,90	Mn/P	293,0	71,20	5070
K/S	7,731	1,417	2,01	Mn/S	201,1	46,23	2137
K/Zn	0,088	0,015	0,01	Mn/Zn	2,324	0,733	0,54
Mg/B	0,010	0,001	0,01	N/B	0,092	0,007	0,01
Mg/Ca	0,430	0,049	0,01	N/Ca	4,229	0,736	0,54

Tabela 36 - Normas DRIS calculadas com os teores de nutrientes da folha diagnóstico e o teor de óleo no grão de soja, safra 2008, em lavouras do Planalto Médio do Rio Grande do Sul (continuação...)

Norma	Média	s	S ²	Norma	Média	s	S ²
Mg/Cu	0,056	0,009	0,001	N/Cu	0,545	0,089	0,010
Mg/Fe	0,004	0,001	0,001	N/Fe	0,040	0,010	0,001
Mg/K	0,184	0,054	0,003	N/K	1,753	0,306	0,090
Mg/Mn	0,007	0,002	0,001	N/Mg	9,916	1,809	3,270
Mg/N	0,104	0,020	0,001	N/Mn	0,071	0,025	0,001
Mg/P	2,001	0,444	0,197	N/P	19,43	3,680	13,54
Mg/S	1,362	0,196	0,039	N/S	13,28	1,884	3,550
Mg/Zn	0,016	0,004	0,001	N/Zn	0,151	0,024	0,001
P/B	0,005	0,001	0,001	S/Mg	0,749	0,109	0,012
P/Ca	0,223	0,050	0,002	S/Mn	0,005	0,001	0,001
P/Cu	0,029	0,005	0,001	S/N	0,077	0,011	0,001
P/Fe	0,002	0,001	0,001	S/P	1,475	0,269	0,072
P/K	0,091	0,013	0,001	S/Zn	0,011	0,002	0,001
P/Mg	0,520	0,101	0,010	Zn/B	0,620	0,091	0,008
P/Mn	0,004	0,001	0,001	Zn/Ca	28,25	4,695	22,05
P/N	0,053	0,009	0,001	Zn/Cu	3,634	0,561	0,310
P/S	0,698	0,122	0,015	Zn/Fe	0,262	0,051	0,003
P/Zn	0,008	0,002	0,001	Zn/K	11,74	2,247	5,050
S/B	0,007	0,001	0,001	Zn/Mg	66,35	12,41	154,0
S/Ca	0,319	0,037	0,001	Zn/Mn	0,467	0,134	0,018
S/Cu	0,041	0,006	0,001	Zn/N	6,750	1,029	1,060
S/Fe	0,003	0,001	0,001	Zn/P	130,0	25,66	658,4
S/K	0,134	0,028	0,001	Zn/S	88,69	12,06	145,7

Média de 14 amostras. Teor de óleo de referência > 20,11 %

Tabela 37 - Normas DRIS calculadas com os teores de nutrientes da folha diagnóstico e o teor de óleo no grão de soja, safra 2009, em lavouras do Planalto Médio do Rio Grande do Sul

Norma	Média	s	S ²	Norma	Média	s	S ²
B/Ca	32,98	8,019	64,30	Cu/B	0,45	0,101	0,010
B/Cu	2,32	0,474	0,225	Cu/Ca	14,22	2,033	4,130
B/Fe	0,29	0,129	0,017	Cu/Fe	0,13	0,043	0,002
B/K	6,99	1,395	1,940	Cu/K	3,04	0,428	0,183
B/Mg	85,28	19,05	363,05	Cu/Mg	37,36	6,906	47,69
B/Mn	0,34	0,137	0,019	Cu/Mn	0,15	0,054	0,003
B/N	4,90	1,301	1,690	Cu/N	2,13	0,422	0,178
B/P	67,37	27,46	754,02	Cu/P	29,69	11,697	136,82
B/S	136,3	77,08	5942,10	Cu/S	59,52	29,759	885,61
B/Zn	0,59	0,160	0,026	Cu/Zn	0,26	0,063	0,004
Ca /B	0,03	0,008	0,001	Fe/B	3,93	1,384	1,910
Ca /Cu	0,07	0,010	0,001	Fe/Ca	126,8	57,112	3261,80
Ca /Fe	0,01	0,003	0,001	Fe/Cu	8,77	2,759	7,610
Ca /K	0,22	0,026	0,001	Fe/K	27,11	11,652	135,77
Ca /Mg	2,65	0,465	0,217	Fe/Mg	332,6	156,07	24359,5
Ca /Mn	0,01	0,003	0,001	Fe/Mn	1,34	0,752	0,566
Ca /N	0,15	0,021	0,001	Fe/N	19,14	10,747	115,50
Ca /P	2,10	0,823	0,677	Fe/P	264,3	171,37	29369,0
Ca /S	4,29	2,352	5,530	Fe/S	500,3	225,00	50625,2
Ca /Zn	0,02	0,004	0,001	Fe/Zn	2,36	1,261	1,590
K/B	0,15	0,028	0,001	Mn/B	3,40	1,439	2,070
K/Ca	4,70	0,539	0,290	Mn/Ca	105,4	34,518	1191,48
K/Cu	0,33	0,046	0,002	Mn/Cu	7,61	2,819	7,950
K/Fe	0,04	0,017	0,001	Mn/Fe	0,96	0,504	0,254
K/Mg	12,31	1,910	3,650	Mn/K	22,83	7,820	61,15
K/Mn	0,05	0,019	0,001	Mn/Mg	279,1	103,82	10779,3
K/N	0,70	0,098	0,009	Mn/N	15,76	5,103	26,04
K/P	9,61	3,105	9,640	Mn/P	222,9	110,06	12115,0
K/S	19,59	8,930	79,74	Mn/S	449,7	268,72	72210,9
K/Zn	0,09	0,018	0,001	Mn/Zn	1,87	0,516	0,266
Mg/B	0,01	0,002	0,001	N/B	0,21	0,043	0,002
Mg/Ca	0,39	0,074	0,005	N/Ca	6,78	0,926	0,858
Mg/Cu	0,03	0,006	0,001	N/Cu	0,48	0,078	0,006

Tabela 37 - Normas DRIS calculadas com os teores de nutrientes da folha diagnóstico e o teor de óleo no grão de soja, safra 2009, em lavouras do Planalto Médio do Rio Grande do Sul (continuação...)

Norma	Média	s	S ²	Norma	Média	s	S ²
Mg/Fe	0,01	0,001	0,001	N/Fe	0,06	0,020	0,001
Mg/K	0,08	0,013	0,001	N/K	1,45	0,186	0,034
Mg/Mn	0,01	0,001	0,001	N/Mg	17,63	2,128	4,53
Mg/N	0,06	0,007	0,001	N/Mn	0,07	0,024	0,001
Mg/P	0,78	0,207	0,043	N/P	13,82	4,547	20,67
Mg/S	1,57	0,637	0,406	N/S	27,87	12,154	147,73
Mg/Zn	0,01	0,002	0,001	N/Zn	0,12	0,027	0,001
P/B	0,02	0,005	0,001	S/Mg	0,705	0,195	0,038
P/Ca	0,54	0,164	0,027	S/Mn	0,003	0,001	0,001
P/Cu	0,04	0,013	0,001	S/N	0,041	0,014	0,001
P/Fe	0,01	0,002	0,001	S/P	0,541	0,185	0,034
P/K	0,11	0,029	0,001	S/Zn	0,005	0,002	0,001
P/Mg	1,37	0,343	0,118	Zn/B	1,81	0,515	0,266
P/Mn	0,01	0,003	0,001	Zn/Ca	57,59	15,625	244,14
P/N	0,08	0,020	0,001	Zn/Cu	4,10	1,118	1,25
P/S	2,09	0,768	0,589	Zn/Fe	0,53	0,275	0,076
P/Zn	0,01	0,004	0,001	Zn/K	12,30	3,186	10,15
S/B	0,01	0,003	0,001	Zn/Mg	151,56	45,826	2100,03
S/Ca	0,28	0,111	0,012	Zn/Mn	0,58	0,166	0,027
S/Cu	0,02	0,008	0,001	Zn/N	8,57	2,238	5,01
S/Fe	0,01	0,001	0,001	Zn/P	120,97	58,143	3380,57
S/K	0,06	0,022	0,001	Zn/S	248,12	160,62	25799,5

*Média de 26 amostras. Teor de óleo de referência > 21,32 %

Tabela 38 - Normas DRIS calculadas com os teores de nutrientes da folha diagnóstico e o teor de óleo no grão de soja, safras 2008 e 2009, em lavouras do Planalto Médio do Rio Grande do Sul

Norma	Média	s	S ²	Norma	Média	s	S ²
B/Ca	36,31	9,15	83,65	Cu/B	0,37	0,14	0,019
B/Cu	3,24	1,66	2,760	Cu/Ca	12,59	3,36	11,30
B/Fe	0,32	0,13	0,015	Cu/Fe	0,11	0,04	0,002
B/K	9,94	5,68	32,29	Cu/K	3,05	0,47	0,223
B/Mg	91,93	22,50	506,4	Cu/Mg	32,68	10,96	120,21
B/Mn	0,45	0,25	0,064	Cu/Mn	0,14	0,05	0,002
B/N	6,39	2,85	8,120	Cu/N	2,05	0,39	0,152
B/P	103,18	70,52	4972	Cu/P	30,78	10,55	111,35
B/S	138,11	62,43	3897	Cu/S	50,23	28,13	791,23
B/Zn	0,84	0,46	0,215	Cu/Zn	0,26	0,06	0,003
Ca /B	0,03	0,01	0,001	Fe/B	3,57	1,31	1,710
Ca /Cu	0,09	0,03	0,001	Fe/Ca	124,75	50,44	2543,8
Ca /Fe	0,01	0,00	0,001	Fe/Cu	10,33	3,71	13,80
Ca /K	0,27	0,11	0,013	Fe/K	31,86	13,53	183,02
Ca /Mg	2,58	0,45	0,202	Fe/Mg	322,92	152,7	23339
Ca /Mn	0,01	0,00	0,001	Fe/Mn	1,47	0,72	0,524
Ca /N	0,17	0,05	0,002	Fe/N	21,18	9,79	95,84
Ca /P	2,72	1,47	2,160	Fe/P	326,91	186,0	34628
Ca /S	3,96	1,89	3,560	Fe/S	469,29	207,4	43044
Ca /Zn	0,02	0,01	0,001	Fe/Zn	2,75	1,34	1,800
K/B	0,13	0,05	0,002	Mn/B	2,89	1,48	2,190
K/Ca	4,20	1,12	1,240	Mn/Ca	95,76	36,75	1350,7
K/Cu	0,34	0,05	0,002	Mn/Cu	7,83	2,63	6,9200
K/Fe	0,04	0,02	0,001	Mn/Fe	0,86	0,46	0,207
K/Mg	10,87	3,54	12,51	Mn/K	23,68	8,07	65,18
K/Mn	0,05	0,02	0,000	Mn/Mg	248,05	106,0	11251
K/N	0,68	0,10	0,010	Mn/N	15,68	4,97	24,67
K/P	10,00	2,75	7,580	Mn/P	238,36	102,4	10494
K/S	16,70	8,91	79,45	Mn/S	383,43	240,8	57987
K/Zn	0,09	0,02	0,001	Mn/Zn	1,94	0,54	0,292
Mg/B	0,01	0,00	0,001	N/B	0,18	0,06	0,004
Mg/Ca	0,40	0,07	0,004	N/Ca	6,18	1,44	2,080
Mg/Cu	0,04	0,01	0,001	N/Cu	0,50	0,09	0,008

Tabela 38 - Normas DRIS calculadas com os teores de nutrientes da folha diagnóstico e teor de óleo no grão, avaliadas nas safras 2008 e 2009, no Planalto Médio do Rio Grande do Sul (continuação...)

Norma	Média	s	S ²	Norma	Média	s	S ²
Mg/Fe	0,01	0,01	0,001	N/Fe	0,05	0,02	0,001
Mg/K	0,11	0,05	0,002	N/K	1,51	0,25	0,061
Mg/Mn	0,01	0,01	0,001	N/Mg	15,90	4,31	18,58
Mg/N	0,07	0,02	0,000	N/Mn	0,07	0,02	0,001
Mg/P	1,08	0,61	0,371	N/P	15,18	4,96	24,56
Mg/S	1,50	0,51	0,260	N/S	24,25	11,81	139,39
Mg/Zn	0,01	0,01	0,001	N/Zn	0,13	0,03	0,001
P/B	0,01	0,01	0,001	S/Mg	0,72	0,17	0,031
P/Ca	0,46	0,19	0,038	S/Mn	0,01	0,01	0,001
P/Cu	0,04	0,01	0,001	S/N	0,05	0,02	0,001
P/Fe	0,01	0,01	0,001	S/P	0,77	0,47	0,218
P/K	0,11	0,03	0,001	S/Zn	0,01	0,00	0,001
P/Mg	1,17	0,48	0,231	Zn/B	1,52	0,66	0,438
P/Mn	0,01	0,00	0,001	Zn/Ca	51,12	19,15	366,81
P/N	0,07	0,02	0,001	Zn/Cu	4,06	0,97	0,941
P/S	1,75	0,90	0,808	Zn/Fe	0,46	0,25	0,060
P/Zn	0,01	0,01	0,001	Zn/K	12,24	3,05	9,31
S/B	0,01	0,01	0,001	Zn/Mg	132,94	55,95	3130,00
S/Ca	0,29	0,09	0,009	Zn/Mn	0,56	0,16	0,026
S/Cu	0,03	0,01	0,001	Zn/N	8,21	2,20	4,84
S/Fe	0,01	0,01	0,001	Zn/P	123,46	49,02	2402,69
S/K	0,08	0,04	0,002	Zn/S	208,36	144,4	20876,2

Média de 49 amostras. Teor de óleo de referência > 20,95%

Tabela 39 - Normas DRIS calculada com os teores de nutrientes da folha diagnóstico e teor de óleo no grão avaliados na safra 2008, cultivada na área experimental (AE) da UPF.

Norma	Média	s	S ²	Norma	Média	s	S ²
B/Ca	56,76	6,190	38,31	Cu/B	0,17	0,049	0,002
B/Cu	6,23	1,990	3,960	Cu/Ca	9,72	2,530	6,380
B/Fe	0,50	0,156	0,024	Cu/Fe	0,08	0,013	0,001
B/K	19,03	3,238	10,490	Cu/K	3,24	0,747	0,558
B/Mg	116	22,29	497	Cu/Mg	19,78	5,210	27,17
B/Mn	0,74	0,256	0,066	Cu/Mn	0,13	0,046	0,002
B/N	9,66	2,050	4,250	Cu/N	1,62	0,349	0,122
B/P	138	62,09	3855	Cu/P	24,28	12,61	159
B/S	309	98,29	9661	Cu/S	52,00	18,03	325
B/Zn	1,18	0,184	0,034	Cu/Zn	0,20	0,070	0,005
Ca /B	0,02	0,002	0,001	Fe/B	2,14	0,532	0,283
Ca /Cu	0,11	0,031	0,001	Fe/Ca	122	34,91	1219
Ca /Fe	0,01	0,003	0,001	Fe/Cu	12,61	2,250	5,050
Ca /K	0,34	0,059	0,004	Fe/K	40,51	10,60	112
Ca /Mg	2,04	0,291	0,084	Fe/Mg	249	77,89	6067
Ca /Mn	0,01	0,005	0,001	Fe/Mn	1,59	0,673	0,452
Ca /N	0,17	0,031	0,001	Fe/N	20,32	5,520	30,51
Ca /P	2,50	1,220	1,480	Fe/P	300	149	22319
Ca /S	5,54	1,910	3,660	Fe/S	633	183	33559
Ca /Zn	0,02	0,004	0,001	Fe/Zn	2,55	0,855	0,731
K/B	0,05	0,009	0,001	Mn/B	1,45	0,342	0,116
K/Ca	3,05	0,556	0,309	Mn/Ca	82,75	23,81	567
K/Cu	0,34	0,131	0,017	Mn/Cu	8,95	3,500	12,26
K/Fe	0,03	0,010	0,001	Mn/Fe	0,72	0,280	0,078
K/Mg	6,13	0,813	0,660	Mn/K	27,74	9,470	89,73
K/Mn	0,04	0,013	0,001	Mn/Mg	171	66,60	4435
K/N	0,51	0,069	0,005	Mn/N	14,24	5,560	30,96
K/P	7,42	3,610	13,050	Mn/P	207	115	13185
K/S	16,37	5,160	26,620	Mn/S	455	201	40232
K/Zn	0,06	0,016	0,001	Mn/Zn	1,69	0,454	0,207
Mg/B	0,01	0,002	0,001	N/B	0,11	0,026	0,001
Mg/Ca	0,49	0,059	0,003	N/Ca	6,06	1,130	1,270

Tabela 39 - Normas DRIS calculada com os teores de nutrientes da folha e teor de óleo no grão avaliados na safra 2008, cultivada na área experimental (AE) da UPF. (continuação...)

Norma	Média	s	S ²	Norma	Média	s	S ²
Mg/Cu	0,06	0,019	0,001	N/Cu	0,65	0,175	0,030
Mg/Fe	0,01	0,002	0,001	N/Fe	0,05	0,014	0,001
Mg/K	0,17	0,022	0,001	N/K	2,00	0,245	0,060
Mg/Mn	0,01	0,003	0,001	N/Mg	12,17	1,585	2,510
Mg/N	0,08	0,011	0,001	N/Mn	0,08	0,032	0,001
Mg/P	1,25	0,674	0,454	N/P	15,06	8,210	67,37
Mg/S	2,76	1,027	1,055	N/S	32,55	10,38	108
Mg/Zn	0,01	0,003	0,001	N/Zn	0,13	0,039	0,001
P/B	0,01	0,003	0,001	S/Mg	0,42	0,174	0,030
P/Ca	0,49	0,214	0,046	S/Mn	0,01	0,001	0,001
P/Cu	0,06	0,034	0,001	S/N	0,03	0,011	0,001
P/Fe	0,01	0,003	0,001	S/P	0,46	0,165	0,027
P/K	0,16	0,057	0,003	S/Zn	0,01	0,002	0,001
P/Mg	0,99	0,414	0,171	Zn/B	0,87	0,144	0,021
P/Mn	0,01	0,004	0,001	Zn/Ca	49,24	8,910	79,47
P/N	0,08	0,032	0,001	Zn/Cu	5,38	1,640	2,700
P/S	2,45	0,876	0,768	Zn/Fe	0,44	0,155	0,024
P/Zn	0,01	0,004	0,001	Zn/K	16,69	4,710	22,19
S/B	0,01	0,001	0,001	Zn/Mg	101,54	29,48	869
S/Ca	0,21	0,088	0,007	Zn/Mn	0,64	0,219	0,048
S/Cu	0,02	0,008	0,001	Zn/N	8,46	2,552	6,510
S/Fe	0,01	0,001	0,001	Zn/P	121,32	60,93	3712
S/K	0,08	0,021	0,001	Zn/S	274,20	111,77	12494

Média de 13 amostras. Teor de óleo de referência > 18,68 %

Tabela 40 - Normas DRIS calculada com os teores de nutrientes da folha diagnóstico e teor de óleo no grão avaliados na safra 2009, cultivada na área experimental (AE) da UPF

Norma	Média	s	S ²	Norma	Média	s	S ²
B/Ca	32,30	7,230	52,33	Cu/B	0,45	0,104	0,011
B/Cu	2,33	0,488	0,238	Cu/Ca	13,91	1,728	2,989
B/Fe	0,31	0,129	0,016	Cu/Fe	0,13	0,042	0,002
B/K	6,85	1,220	1,490	Cu/K	2,98	0,376	0,142
B/Mg	83,23	16,01	256	Cu/Mg	36,49	6,440	41,43
B/Mn	0,33	0,136	0,018	Cu/Mn	0,14	0,055	0,003
B/N	4,70	0,828	0,685	Cu/N	2,05	0,257	0,066
B/P	64,06	23,790	566	Cu/P	28,40	11,06	122,3
B/S	135,90	81,820	6695	Cu/S	58,96	31,24	975,8
B/Zn	0,57	0,134	0,018	Cu/Zn	0,25	0,056	0,003
Ca/B	0,03	0,008	0,001	Fe/B	3,70	1,220	1,480
Ca/Cu	0,07	0,009	0,001	Fe/Ca	113,40	25,32	641,1
Ca/Fe	0,01	0,003	0,001	Fe/Cu	8,19	1,730	2,980
Ca/K	0,22	0,027	0,001	Fe/K	24,33	5,550	30,82
Ca/Mg	2,65	0,491	0,241	Fe/Mg	297,20	78,14	6105
Ca/Mn	0,01	0,003	0,001	Fe/Mn	1,18	0,515	0,265
Ca/N	0,15	0,018	0,001	Fe/N	16,63	3,650	13,30
Ca/P	2,07	0,858	0,737	Fe/P	224,20	78,620	6181
Ca/S	4,32	2,440	5,970	Fe/S	462,60	201,70	40663
Ca/Zn	0,02	0,004	0,001	Fe/Zn	2,05	0,653	0,427
K/B	0,15	0,026	0,001	Mn/B	3,52	1,470	2,170
K/Ca	4,70	0,554	0,306	Mn/Ca	107,50	36,10	1303,2
K/Cu	0,34	0,042	0,002	Mn/Cu	7,88	2,870	8,240
K/Fe	0,04	0,016	0,001	Mn/Fe	1,02	0,497	0,247
K/Mg	12,29	1,940	3,760	Mn/K	23,28	8,140	66,32
K/Mn	0,05	0,019	0,001	Mn/Mg	284,50	109,10	11913
K/N	0,69	0,063	0,004	Mn/N	15,88	5,350	28,62
K/P	9,43	3,160	9,970	Mn/P	224,30	115,70	13377
K/S	19,69	9,190	84,46	Mn/S	461,90	280,90	78903
K/Zn	0,08	0,018	0,001	Mn/Zn	1,87	0,548	0,300
Mg/B	0,01	0,002	0,001	N/B	0,22	0,038	0,002
Mg/Ca	0,39	0,077	0,006	N/Ca	6,84	0,837	0,701

Tabela 40 - Normas DRIS calculada com os teores de nutrientes da folha diagnóstico e teor de óleo no grão avaliados na safra 2009, cultivada na área experimental (AE) da UPF (continuação...)

Norma	Média	s	S ²	Norma	Média	s	S ²
Mg/Cu	0,03	0,006	0,001	N/Cu	0,49	0,066	0,004
Mg/Fe	0,01	0,001	0,001	N/Fe	0,06	0,018	0,001
Mg/K	0,08	0,014	0,001	N/K	1,46	0,132	0,017
Mg/Mn	0,01	0,002	0,001	N/Mg	17,78	2,040	4,150
Mg/N	0,05	0,007	0,001	N/Mn	0,07	0,025	0,001
Mg/P	0,77	0,206	0,042	N/P	13,70	4,500	20,28
Mg/S	1,58	0,655	0,429	N/S	28,29	12,55	157,5
Mg/Zn	0,01	0,002	0,001	N/Zn	0,12	0,027	0,001
P/B	0,02	0,005	0,001	S/Mg	0,70	0,194	0,038
P/Ca	0,55	0,168	0,028	S/Mn	0,01	0,001	0,001
P/Cu	0,04	0,012	0,001	S/N	0,04	0,014	0,001
P/Fe	0,01	0,002	0,001	S/P	0,52	0,162	0,026
P/K	0,12	0,029	0,001	S/Zn	0,01	0,002	0,001
P/Mg	1,39	0,344	0,118	Zn/B	1,87	0,503	0,253
P/Mn	0,01	0,003	0,001	Zn/Ca	58,79	16,18	261,8
P/N	0,08	0,020	0,001	Zn/Cu	4,24	1,090	1,200
P/S	2,11	0,718	0,516	Zn/Fe	0,56	0,270	0,073
P/Zn	0,01	0,004	0,001	Zn/K	12,55	3,280	10,78
S/B	0,01	0,003	0,001	Zn/Mg	154,60	47,75	2280
S/Ca	0,28	0,114	0,013	Zn/Mn	0,58	0,175	0,031
S/Cu	0,02	0,008	0,001	Zn/N	8,64	2,300	5,310
S/Fe	0,01	0,001	0,001	Zn/P	121,95	61,20	3744,91
S/K	0,06	0,022	0,001	Zn/S	255,36	167,96	28210

Média de 24 amostras. Teor de óleo de referência > 21,36 %

Tabela 41 - Normas DRIS calculada com os teores de nutrientes da folha diagnóstico e teor de óleo no grão avaliados nas safras 2008 e 2009 (geral), cultivada na área experimental (AE) da UPF

Norma	Média	s	S ²	Norma	Média	s	S ²
B/Ca	32,38	7,260	52,76	Cu/B	0,44	0,095	0,009
B/Cu	2,35	0,459	0,210	Cu/Ca	13,82	1,815	3,294
B/Fe	0,30	0,116	0,013	Cu/Fe	0,13	0,036	0,001
B/K	6,80	1,230	1,515	Cu/K	2,93	0,381	0,145
B/Mg	83,55	18,60	345	Cu/Mg	36,21	7,200	51,85
B/Mn	0,33	0,131	0,017	Cu/Mn	0,14	0,053	0,003
B/N	4,73	0,805	0,647	Cu/N	2,04	0,276	0,077
B/P	63,23	23,97	574	Cu/P	27,47	10,13	102,7
B/S	136,60	74,54	5555	Cu/S	58,91	28,68	822,5
B/Zn	0,56	0,126	0,016	Cu/Zn	0,25	0,052	0,003
Ca /B	0,03	0,007	0,001	Fe/B	3,68	1,100	1,220
Ca /Cu	0,07	0,010	0,001	Fe/Ca	113,90	25,06	627,8
Ca /Fe	0,01	0,003	0,001	Fe/Cu	8,25	1,550	2,390
Ca /K	0,21	0,024	0,001	Fe/K	24,13	5,340	28,56
Ca /Mg	2,63	0,473	0,224	Fe/Mg	298,40	81,53	6648
Ca /Mn	0,01	0,003	0,001	Fe/Mn	1,19	0,522	0,273
Ca /N	0,15	0,018	0,001	Fe/N	16,76	3,680	13,52
Ca /P	2,01	0,759	0,577	Fe/P	220,20	72,68	5283
Ca /S	4,31	2,170	4,700	Fe/S	472,20	198,3	39319
Ca /Zn	0,02	0,004	0,001	Fe/Zn	2,03	0,591	0,349
K/B	0,15	0,026	0,001	Mn/B	3,48	1,380	1,910
K/Ca	4,75	0,510	0,260	Mn/Ca	107,80	36,58	1337,7
K/Cu	0,35	0,046	0,002	Mn/Cu	7,94	2,810	7,900
K/Fe	0,04	0,014	0,001	Mn/Fe	1,01	0,463	0,214
K/Mg	12,39	2,120	4,480	Mn/K	23,05	8,090	65,52
K/Mn	0,05	0,018	0,001	Mn/Mg	282,60	104,6	10948
K/N	0,69	0,070	0,005	Mn/N	15,89	5,230	27,37
K/P	9,30	2,860	8,160	Mn/P	219,10	109,8	12063
K/S	20,03	8,570	73,46	Mn/S	457,60	253,7	64374
K/Zn	0,08	0,018	0,001	Mn/Zn	1,85	0,533	0,284
Mg/B	0,01	0,002	0,001	N/B	0,22	0,037	0,001
Mg/Ca	0,39	0,074	0,005	N/Ca	6,83	0,870	0,758

Tabela 41 - Normas DRIS calculada com os teores de nutrientes da folha diagnóstico e teor de óleo no grão avaliados nas safras 2008 e 2009 (geral), cultivada na área experimental (AE) da UPF (continuação...)

Norma	Média	s	S ²	Norma	Média	s	S ²
Mg/Cu	0,03	0,007	0,001	N/Cu	0,50	0,073	0,005
Mg/Fe	0,01	0,001	0,001	N/Fe	0,06	0,017	0,001
Mg/K	0,08	0,014	0,001	N/K	1,44	0,143	0,020
Mg/Mn	0,01	0,002	0,001	N/Mg	17,71	2,470	6,120
Mg/N	0,06	0,008	0,001	N/Mn	0,07	0,024	0,001
Mg/P	0,76	0,193	0,037	N/P	13,40	4,310	18,58
Mg/S	1,59	0,577	0,332	N/S	28,44	11,62	135
Mg/Zn	0,01	0,002	0,001	N/Zn	0,12	0,027	0,001
P/B	0,02	0,005	0,001	S/Mg	0,69	0,184	0,034
P/Ca	0,55	0,154	0,024	S/Mn	0,01	0,001	0,001
P/Cu	0,04	0,011	0,001	S/N	0,04	0,014	0,001
P/Fe	0,01	0,001	0,001	S/P	0,51	0,159	0,025
P/K	0,12	0,027	0,001	S/Zn	0,01	0,002	0,001
P/Mg	1,41	0,342	0,117	Zn/B	1,86	0,462	0,213
P/Mn	0,01	0,003	0,001	Zn/Ca	59,27	16,62	276
P/N	0,08	0,019	0,001	Zn/Cu	4,29	1,020	1,040
P/S	2,18	0,734	0,539	Zn/Fe	0,55	0,236	0,056
P/Zn	0,01	0,004	0,001	Zn/K	12,51	3,340	11,15
S/B	0,01	0,003	0,001	Zn/Mg	155	49,12	2413
S/Ca	0,28	0,109	0,012	Zn/Mn	0,58	0,171	0,029
S/Cu	0,02	0,008	0,001	Zn/N	8,72	2,370	5,610
S/Fe	0,01	0,001	0,001	Zn/P	119	56,87	3234
S/K	0,06	0,022	0,001	Zn/S	255	150,54	22661

Média de 35 amostras. Teor de óleo de referência > 20,62 %

4.2.3 Diagnóstico nutricional

Os resultados dos valores médios dos teores foliares dos nutrientes das amostras da área experimental (AE) das safras 2008 e 2009 e do conjunto destas, foram comparados pelo teste “t”. Esses resultados indicam que houve diferença do estado nutricional da cultura entre as duas safras avaliadas nas áreas amostradas. Esta diferença pode resultar em diferentes normas DRIS, quando estas são geradas com os dados de cada safra e do conjunto destas.

Além de influenciar a qualidade dos grãos, as condições ambientais influenciam o estado nutricional das plantas, pois o teor dos nutrientes na matéria seca varia com todos os fatores que interagem com o metabolismo vegetal. Ainda, podem variar com os fatores edáficos, que influenciam a disponibilidade e o suprimento de nutrientes às plantas (MALAVOLATA, 2006; TAIZ e ZEIGER, 2004; FLOSS, 2004; BATAGLIA e SANTOS, 2001).

Os valores médios dos teores foliares de N e de P não foram diferentes entre as safras e destas com o conjunto das safras (Tabela 42). Por outro lado, isto não ocorreu com os outros nutrientes, pois houve diferença estatística entre os teores foliares médios das safras 2008 e 2009 e destas com o conjunto geral. O teor foliar médio de S da safra 2009 diferiu do obtido no conjunto geral, mas a probabilidade de erro foi de 7,47 %.

Os teores foliares médios dos nutrientes das amostras avaliados nas safras 2008 e 2009, variaram da mesma forma que o observado com o conjunto de amostras da AE destas safras (Tabela 43).

Os resultados da Tabela 43 mostram ainda que os teores médios de óleo no grão foram diferentes nas PRs.

Verificou-se uma maior influência dos resultados da safra 2009 sobre os resultados observados na PR do conjunto geral. A PR da safra 2008 foi formada por 13 amostras, enquanto que a PR do conjunto geral foi formada por 35 amostras. O teor de óleo para a seleção da PR desse conjunto foi maior que o observado na safra 2008 e menor que o observado na safra 2009. Desta forma, houve maior participação do conjunto de amostras da última safra no conjunto da PR geral. Além disso, observou-se que não houve diferença entre os resultados dos teores foliares médios das amostras da PR da última safra com aqueles da PR geral.

Tabela 42 - Valores da média, variância (S²) e da probabilidade (p) do teste “t” obtidos com os teores foliares dos nutrientes analisados na folha diagnóstico, de amostras coletadas na área experimental da UPF, nas safras 2008 e 2009 e média das safras (geral)

Variável	Safr 2008		Safr 2009		geral		2008 x 2009	geral x 2008	geral x 2009
	Média	S ²	Média	S ²	Média	S ²		p	
N	4,83	0,277	4,75	0,097	4,79	0,175	0,2070	0,5898	0,2915
P	0,35	0,014	0,37	0,010	0,36	0,012	0,1168	0,3541	0,3741
K	2,42	0,245	3,33	0,065	2,89	0,358	0,0001	0,0001	0,0001
Ca	0,80	0,008	0,70	0,005	0,75	0,009	0,0001	0,0001	0,0001
Mg	0,40	0,002	0,27	0,002	0,33	0,006	0,0001	0,0001	0,0001
S	0,16	0,003	0,19	0,005	0,18	0,004	0,0005	0,0218	0,0745
Zn	35	53	40,87	82,0	37,89	77,3	0,0001	0,0001	0,0001
B	42	21	22,30	11,5	31,84	115	0,0001	0,0001	0,0001
Mn	58	274	77,50	484	68,42	471	0,0001	0,0001	0,0012
Cu	7,54	2,66	9,89	3,44	8,77	4,41	0,0001	0,0001	0,0001
Fe	96	478	80,73	281	88,22	437	0,0001	0,0001	0,0001
Óleo	18,01	0,437	20,21	1,364	19,15	2,14	0,0001	0,0001	0,0001

Tabela 43 - Valores da média, variância (S^2) e da probabilidade (p) do teste “t” obtidos com os teores foliares dos nutrientes analisados na folha diagnóstica, de amostras das PRs, coletadas na área experimental da UPF, nas safras 2008 e 2009 e média das safras (geral)

Variável	PR 2008		PR 2009		PR geral		PR 2008 x 2009		PR geral x 2008		PR geral x 2009	
	Média	S^2	Média	S^2	Média	S^2	Média	S^2	Média	S^2	Média	S^2
N	4,66	0,344	4,83	0,106	4,77	0,103	0,338	0,524	0,338	0,103	0,338	0,477
P	0,37	0,018	0,38	0,011	0,39	0,009	0,843	0,792	0,843	0,009	0,843	0,930
K	2,39	0,085	3,32	0,036	3,33	0,049	0,001	0,001	0,001	0,049	0,001	0,899
Ca	0,79	0,006	0,71	0,005	0,70	0,005	0,009	0,004	0,009	0,005	0,009	0,684
Mg	0,39	0,002	0,27	0,002	0,28	0,002	0,001	0,001	0,001	0,002	0,001	0,896
S	0,16	0,002	0,20	0,005	0,19	0,005	0,045	0,040	0,045	0,005	0,045	0,856
Zn	39	70	41,53	113	41	111	0,385	0,417	0,385	-	0,385	0,889
B	45	22	23	15,19	22	12,8	0,001	0,001	0,001	12,8	0,001	0,815
Mn	66	405	77	667	75	620	0,183	0,203	0,183	620	0,183	0,845
Cu	7,44	2,32	9,88	1,543	9,69	1,56	0,001	0,001	0,001	1,56	0,001	0,556
Fe	96	626	82	258	81	254	0,084	0,061	0,084	254	0,084	0,826
Óleo	18,95	0,044	21,77	0,082	21,57	0,161	0,001	0,001	0,001	0,161	0,001	0,001

4.2.3.1 Diagnóstico nutricional com as normas DRIS

Os valores e a interpretação dos índices primários de K, Mg, S e B obtidos com a norma gerada com os teores foliares de nutrientes e o teor de óleo no grão, das amostras da AE, coletados na safra 2008, diferiram dos índices calculados com a norma obtida da safra 2009 e com o conjunto geral de dados da AE (Tabela 44). Por outro lado, houve similaridade de interpretação dos índices primários dos nutrientes N, P, Ca, Zn, Mn, Cu e Fe, quando utilizadas estas normas.

Tabela 44 - Valores da probabilidade da prova do qui-quadrado, obtidos com a frequência de eventos interpretados pelos critérios propostos por Wadt (1996) para índices DRIS calculados com as diferentes normas da área experimental da UPF, nas safras 2008 e 2009, do conjunto de dados desta área e do conjunto geral de todas as amostras

	AE 2008 X	AE 2008 X	AE 2009 X	AE geral X
	AE 2009	AE geral	AE geral	Todas geral
N	0,321	0,682	0,659	0,884
P	0,445	0,445	1,000	0,999
K	0,000	0,000	0,707	0,252
Ca	0,906	0,528	0,839	0,624
Mg	0,053	0,009	0,974	0,720
S	0,000	0,000	0,236	0,007
Zn	0,108	0,126	0,610	0,689
B	0,000	0,000	0,961	0,437
Mn	0,230	0,294	0,906	0,998
Cu	0,145	0,234	0,937	0,861
Fe	0,939	0,945	0,994	0,999

Os resultados da Tabela 44 também indicam que os índices primários calculados com a norma da AE, safra 2009 e geral, resultaram similares quanto ao diagnóstico nutricional das amostras.

A interpretação dos índices primários calculados com a norma do conjunto de todas as amostras (geral) e as 29 outras amostras, não foi diferente da interpretação dos índices resultantes da norma geral, obtidas com amostras da AE, a exceção da interpretação referente do índice referente ao S (Tabela 44).

Nas Tabelas 45 a 48, constam os resultados do teste do qui-quadrado efetuado para avaliar a sensibilidade do método DRIS em indicar o nutriente mais limitante, conforme a interpretação do valor do índice primário mais negativo, considerando o diagnóstico obtido com as diferentes normas geradas neste trabalho. Os resultados destas tabelas mostram que as frequências dos índices DRIS primários mais negativos verificados com cada nutriente, não foram devidas ao acaso, sendo isto observado em todas as normas. Isto indica que o método DRIS possibilitou discriminar quais os nutrientes que são considerados mais limitantes por deficiência.

Tabela 45- Prova do qui-quadrado com as freqüências observadas dos nutrientes considerados mais limitantes por deficiência pelo método DRIS, calculados com a norma da AE safra 2008, considerando que as freqüências observadas supostamente ocorreriam ao acaso, em 29 amostras de áreas cultivadas nas safras 2008 e 2009

Nutriente	FO	FE	(FO-FE) ² /FE
N	10,34	9,09	0,17
P	13,79	9,09	2,43
K	3,45	9,09	3,50
Ca	0,00	9,09	9,09
Mg	17,24	9,09	7,31
S	3,45	9,09	3,50
Zn	20,69	9,09	14,80
B	27,59	9,09	37,63
Mn	3,45	9,09	3,50
Cu	0,00	9,09	9,09
Fe	0,00	9,09	9,09
		χ^2	100,12
		p	0,001

Tabela 46 - Prova do qui-quadrado com as freqüências observadas dos nutrientes considerados mais limitantes por deficiência pelo método DRIS, calculados com a norma do banco de dados da AE safra 2009, considerando que as freqüências observadas supostamente ocorreriam ao acaso, em 29 amostras de áreas cultivadas nas safras 2008 e 2009

Nutriente	FO	FE	(FO-FE) ² /FE
N	6,90	9,09	0,53
P	27,59	9,09	37,63
K	24,14	9,09	24,91
Ca	3,45	9,09	3,50
Mg	3,45	9,09	3,50
S	10,34	9,09	0,17
Zn	0,00	9,09	9,09
B	3,45	9,09	3,50
Mn	13,79	9,09	2,43
Cu	6,90	9,09	0,53
Fe	0,00	9,09	9,09
		χ^2	94,89
		p	0,001

Tabela 47 - Prova do qui-quadrado para as freqüências observadas dos nutrientes considerados mais limitantes por deficiência pelo método DRIS, calculados com a norma do banco de dados da AE geral, considerando que as freqüências observadas supostamente ocorreriam ao acaso, em 29 amostras de áreas cultivadas nas safras 2008 e 2009

Nutriente	FO	FE	(FO-FE) ² /FE
N	6,90	9,09	0,53
P	27,6	9,09	37,63
K	20,7	9,09	14,80
Ca	6,90	9,09	0,53
Mg	3,45	9,09	3,50
S	6,90	9,09	0,53
Zn	3,45	9,09	3,50
B	3,45	9,09	3,50
Mn	13,8	9,09	2,43
Cu	6,90	9,09	0,53
Fe	0,00	9,09	9,09
		χ^2	76,58
		p	0,001

Tabela 48 - Prova do qui-quadrado com as freqüências observadas dos nutrientes considerados mais limitantes por deficiência pelo método DRIS, calculados com a norma todas as amostras, safra 2008 e 2009, considerando que as freqüências observadas supostamente ocorreriam ao acaso, em 29 amostras de áreas cultivadas nas safras 2008 e 2009

Nutriente	FO	FE	(FO-FE) ² /FE
N	13,79	9,09	2,43
P	24,14	9,09	24,91
K	3,45	9,09	3,50
Ca	6,90	9,09	0,53
Mg	10,34	9,09	0,17
S	6,90	9,09	0,53
Zn	10,34	9,09	0,17
B	6,90	9,09	0,53
Mn	13,79	9,09	2,43
Cu	3,45	9,09	3,50
Fe	0,00	9,09	9,09
		χ^2	47,80
		p	0,001

Para comparar o diagnóstico nutricional obtido com as normas geradas neste trabalho, calculou-se a correlação entre o teor de óleo no grão e o IBN (Tabela 49). Como consta nesta tabela, O IBN obtido com a norma gerada com os resultados da safra 2008 foi o único com correlação negativa com o teor de óleo. Por outro lado, houve correlação positiva entre os IBNs obtidos com as normas da PR da safra 2009 e do conjunto das duas safras com o teor de óleo (Tabela 49). Isto indica que as condições nutricionais das amostras que mais diferem em relação a PR proporcionaram maior teor de óleo.

Os resultados da Tabela 49 mostram ainda que a correlação entre o teor de óleo e o IBN obtido com a norma gerada os resultados de todas as amostras das duas safras, ou seja com a inclusão das 29 amostras, não foi significativa. Como também não houve correlação entre o teor de óleo e os índices primários obtidos com o uso desta norma (Tabela 50), isto indica que ela não pode ser utilizada para estabelecer um diagnóstico nutricional confiável, tendo em vista o maior teor de óleo em grãos de soja.

Os valores dos coeficientes de correlação obtidos entre o teor de óleo do grão e os índices DRIS dos nutrientes analisados foram semelhantes quando calculados com as diferentes normas (Tabela 50). Nas duas safras e no conjunto destas, com exceção dos índices de Fe e de Mn, houve correlação entre o teor de óleo do grão das amostras avaliadas e os índices DRIS. Os índices DRIS que resultaram com correlação positiva com o teor de óleo obtidos com todas as normas, foram os calculados com os teores de B, Ca, Mg e S.

Tabela 49 - Coeficiente de correlação (r) do IBN pelo método DRIS com o teor de óleo no grão de soja, em 29 amostras das safras 2008 e 2009, analisadas com as normas obtidas nas safras 2008 e 2009, e da média das safras na área experimental, e pelo conjunto de todas as amostras

NORMA	r	t calc	p tc>t
Norma AE 2008	-0,647	-3,36	0,002
Norma AE 2009	0,628	4,19	0,001
Norma AE geral	0,630	4,21	0,001
Norma todas as amostras	0,012	0,06	0,952

As funções do B ainda não foram suficientemente esclarecidas (EPSTEIN e BLOOM, 2006; MALAVOLTA, 2006; TAIZ e ZEIGER, 2004). Este nutriente tem sido relacionado a síntese de proteínas, a atividade fotossintética e a translocação de fotoassimilados para as regiões dreno (MALAVOLTA, 2006). Além disso o B atua na absorção de água e no metabolismo de glicídios e quando deficiente na planta, resulta em acumulação de açúcares nos tecidos (DECHEM e NACHTIGALL, 2007). Por outro lado a acumulação de açúcares propicia menor formação de ácidos graxos na planta (TAIZ e ZEIGER, 2004). Possivelmente, a maior formação de ácidos graxos e, conseqüentemente, de óleo no grão, da planta com valores de índice DRIS deste nutriente, explique a correlação positiva verificada entre os valores do índice e o teor de óleo.

Já a função do Ca na planta é estrutural (forma compostos químicos), catalisador enzimático e de mensageiro secundário. Nesta última função o Ca ativa a calmodulina, que, por sua vez, ativa muitas enzimas. Além disto o Ca forma ponte entre proteínas, denominadas

de anexinas e fosfolipídios. As anexinas, dentre outras funções, muitas não completamente esclarecidas, participam de processos como o metabolismo de fosfolipídios (EPSTEIN e BLOOM, 2006; VITTI et al., 2006; MALAVOLTA, 2006). Outro papel do Ca consiste em regular a permeabilidade e controlar a integridade da membrana plasmática, o que influencia o fluxo transmembrana dos nutrientes e, portanto, a absorção destes pelas plantas (MALAVOLTA, 2006).

O Ca e o B tem em comum a baixa mobilidade (solubilidade) no floema e a atuação na parede celular e nas membranas (VITTI et al., 2006; DECHEM e NACHTIGALL, 2007).

O Mg participa da ativação de muitas enzimas, em especial as enzimas fosforilativas que são fundamentais para a fotossíntese, respiração e as reações de síntese de compostos orgânicos como lipídios, entre outros (DECHEM e NACHTIGALL, 2007; VITTI et al., 2006; EPSTEIN e BLOOM, 2006; MALAVOLTA, 2006). Possivelmente, a maior síntese de lipídios das plantas com maior valor de índice DRIS explique a correlação observada entre o índice DRIS de Mg e o teor de óleo, nas plantas avaliadas neste trabalho.

O S participa da estrutura da cistina, da cisteína e metionina, que são aminoácidos essenciais para a formação de proteínas vegetais. Estes aminoácidos participam, ainda, das vitaminas biotina e tiamina, e de enzimas que sintetizam substâncias para a planta (DECHEM e NACHTIGALL, 2007). Entre outras enzimas, a cisteína e a metionina são também aminoácidos precursores na síntese da coenzima A (EPSTEIN e BLOOM, 2006; MARSCHNER, 1995). Esta, por sua vez, está envolvida na primeira etapa da rota

biossintética dos ácidos graxos (TAIZ e ZEIGER, 2004), o que fundamenta a importância do S na nutrição de plantas oleaginosas. Esta função do S e da cisteína e da metionina, possivelmente, expliquem a correlação positiva observada entre o maior valor do índice DRIS de S e o teor de óleo nos grãos de soja, monitorados neste trabalho.

De acordo Beaton e Soper (1986), a fertilização com S proporcionou incremento no teor de óleo em canola. Além do incremento no teor de óleo, estes autores constataram a influência desse nutriente na qualidade do óleo, pois a deficiência de S aumentou a concentração do ácido oléico.

Alvarez V. et al. (2007) relataram aumento do rendimento de grão da soja com a aplicação conjunta de P e S. Estes autores justificam esse efeito como resultado da participação dos dois nutrientes em vários processos metabólicos na planta, tais como a síntese de proteínas e de óleos. A participação do S na biossíntese de triglicerídios justifica que no RS e em SC, para o cultivo de leguminosas, o teor crítico de S no solo seja de 10 mg dm^{-3} .

Seguin e Zheng (2006) não observaram efeito da fertilização com K, P, S e B nos teores de óleo e de proteína bruta de grão de soja. Estes autores mencionam que o trabalho foi conduzido em solo com alta fertilidade inicial, o que pode explicar a ausência de resposta.

Tabela 50 - Coeficiente de correlação (r) entre os índices primários de cada nutriente, calculados com as normas obtidas nas safras 2008, 2009 e médias das safras (geral) na área experimental (AE) e pelo conjunto de todas as amostras nas duas safras, com o teor de óleo no grão de soja em 29 amostras analisadas nas safras 2008 e 2009

	B	Ca	Cu	Fe	K	Mg	Mn	N	P	S	Zn
	Norma AE safra 2008										
r	0,682	0,590	-0,805	0,127	-0,594	0,473	0,096	-0,627	-0,734	0,673	-0,647
t calc	4,39	5,17	-4,22	0,82	-3,50	2,47	0,64	-4,80	-5,16	4,59	-3,36
p tc>t	0,001	0,001	0,001	0,419	0,002	0,020	0,528	0,001	0,001	0,001	0,002
	Norma AE safra 2009										
r	0,681	0,628	-0,777	0,155	-0,518	0,501	0,145	-0,589	-0,737	0,660	-0,618
t calc	4,83	4,19	-6,41	0,82	-3,15	3,01	0,76	-3,79	-5,67	4,56	-4,08
p tc>t	0,001	0,001	0,001	0,421	0,004	0,006	0,452	0,001	0,001	0,001	0,001
	Norma AE geral (2008 e 2009)										
r	0,691	0,626	-0,788	0,188	-0,520	0,493	0,150	-0,596	-0,726	0,678	-0,614
t calc	4,96	4,17	-6,66	1,00	-3,17	2,95	0,79	-3,85	-5,48	4,80	-4,04
p tc>t	0,001	0,001	0,001	0,328	0,004	0,007	0,437	0,001	0,001	0,001	0,001
	Norma todas as amostras (2008 e 2009)										
r	0,157	0,249	-0,233	-0,052	-0,142	0,088	-0,010	0,026	-0,257	0,154	-0,029
t calc	0,83	1,34	-1,24	-0,27	-0,74	0,46	-0,05	0,14	-1,38	0,81	-0,15
p tc>t	0,417	0,192	0,224	0,787	0,463	0,649	0,960	0,893	0,178	0,424	0,881

Já os coeficientes de correlação mais negativos foram verificados com os índices DRIS de Cu, K, N, P e Zn (Tabela 50).

Aparentemente não há uma relação muito estreita e entre o teor de Cu na planta e a síntese de lipídios. Assim a correlação negativa do índice deste nutriente com o teor de óleo do grão de soja não é explicada por uma justificativa funcional direta.

Por outro lado, o K, o P e o N, são importantes na síntese de proteínas, cujo teor tem uma correlação negativa com o teor de óleo. Este aspecto foi observado nos resultados obtidos nas safras avaliadas (dados não apresentados) e pode ser inferido pela correlação negativa constatada entre os índices DRIS do N e o teor de óleo do grão. Esta condição tem sido verificada em resultados de pesquisa (BELLALLOUI et al., 2009; BONATO et al., 2000). Desta forma, maiores teores de K, P e N favorecem a formação de proteína em detrimento da síntese de ácidos graxos, sendo este efeito, possivelmente, a explicação da correlação negativa entre os índices DRIS deste nutrientes e o teor de óleo do grão da soja avaliada neste trabalho.

O Zn participa da síntese de proteínas, uma vez que ativa proteínas na transcrição do DNA (EPSTEIN e BLOOM, 2006). Desta forma, como já referido, a maior formação de proteína resulta em menor síntese de ácidos graxos, o que pode explicar a correlação negativa do índice DRIS deste nutriente com o teor de óleo.

4.2.3.2 Comparação entre o DRIS e a faixa de suficiência

A comparação dos resultados obtidos com o DRIS e os obtidos com a interpretação dos teores foliares pela FS foi realizada utilizando os dados das 29 amostras, das safras de 2008 e de 2009, e que não pertencem ao banco de dados da AE. Foram avaliadas as frequências observadas dos teores dos macro e micronutrientes interpretados pela FS, dentro das cinco classes propostas por Tecnologias...(2006) (Tabela 3), em correspondência às cinco classes de interpretação dos índices DRIS, propostas por Wadt (1996) (Tabela 1). Os resultados foram discriminados pela prova do qui-quadrado.

Os valores da probabilidade (p) revelam houve concordância na interpretação para os nutrientes N, P, K e Mn, quando usada a norma obtida com os resultados da AE da safra 2008. Por outro lado, isto não foi verificado com os nutrientes Ca, Mg, S, Zn, B, Cu e Fe (Tabela 51).

Quando considerada a norma da AE da safra 2009, houve concordância entre as interpretações dos nutrientes N, P e S, obtidas com o método da FS e o DRIS, ocorrendo o contrário com os outros nutrientes (Tabela 51).

A interpretação dos índices dos nutrientes K, Ca, S, Zn, B, Mn, Cu e Fe, calculados com a norma gerada com o conjunto das duas safras e coletadas na AE, divergiu da interpretação obtida com a FS (Tabela 51). Por outro lado, não houve divergência na interpretação dos nutrientes N, P e Mg.

Quando comparada a interpretação dos índices calculados com a norma de todas as amostras (geral) com a da FS, observou-se

divergência entre esses dois critérios de diagnose, em nove dos onze nutrientes analisados (Tabela 51). Por outro lado, estes critérios não divergiram na interpretação dos teores de N e de P. Os teores desses dois nutrientes foram interpretados da mesma forma em todas as condições de obtenção das normas (Tabela 51).

Tabela 51 - Valores da probabilidade da prova do qui-quadrado para a frequência de eventos interpretados pela faixa de suficiência (FS) proposta por Tecnologias...(2006) e àqueles interpretados pelo método proposto por Wadt (1996) para índices DRIS

	FS vs AE 2008	FS vs AE 2009	FS vs AE geral	FS vs Todas 08 e 09
N	0,269	0,210	0,509	0,131
P	0,222	0,145	0,145	0,241
K	0,122	0,001	0,001	0,001
Ca	0,017	0,009	0,004	0,004
Mg	0,064	0,054	0,151	0,040
S	0,001	0,262	0,049	0,001
Zn	0,007	0,056	0,004	0,008
B	0,022	0,001	0,001	0,001
Mn	0,367	0,017	0,009	0,017
Cu	0,002	0,014	0,015	0,003
Fe	0,009	0,002	0,001	0,002

5 CONCLUSÕES

A hipótese testada foi confirmada, ou seja, o método DRIS proporciona um adequado diagnóstico do estado nutricional da cultura da soja, tendo em vista o maior rendimento de grão e o maior teor de óleo no grão.

O banco de dados formado possibilitou a geração de normas DRIS relacionadas com o rendimento de grão e com o teor de óleo no grão da cultura da soja.

As normas DRIS geradas com os resultados de rendimento de grão e de teor de óleo no grão de soja variaram com a safra monitorada. O diagnóstico que proporcionou melhor correlação com o rendimento de grão foi obtido com o uso da norma gerada com os resultados da safra 2009. Já o diagnóstico que proporcionou melhor correlação com o teor de óleo no grão foi obtido com o uso da norma gerada com os resultados da safra 2008.

O rendimento de grão foi maior com o acréscimo dos valores dos índices DRIS de Ca e de Mg, ocorrendo o contrário com o aumento dos valores dos índices de K e de B. Já o teor de óleo no grão de soja foi maior com o acréscimo dos valores dos índices de B, Ca, Mg e S, ocorrendo o contrário com o acréscimo dos valores dos índice de K, N e P.

A interpretação do teor foliar de Ca obtida com o método DRIS e efetuada com as normas obtidas com os resultados de rendimento de grão das safras de 2008 e 2009 e da média dessas safras, divergiu da obtida com a faixa de suficiência, utilizando os

critérios da pesquisa oficial do RS e de SC, mas estes métodos não divergiram na interpretação do teor foliar de P e de Mg.

A interpretação dos teores foliares de Ca, Zn, B, Cu e Fe obtida com o método DRIS e efetuada com as normas obtidas com os resultados do teor de óleo do grão de soja das safras de 2008 e 2009 e da média dessas safras, divergiu da obtida com o método da faixa de suficiência, utilizando os critérios de Tecnologias...(2006). Por outro lado, em todas estas condições de normas, os métodos de diagnósticos não divergiram quanto à interpretação dos teores foliares de N e de P.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

O diagnóstico do estado nutricional pelo método DRIS possibilitou um melhor entendimento do estado nutricional na cultura da soja e pode contribuir complementando a avaliação da fertilidade do solo, na perspectiva de maiores rendimentos por área.

Os resultados obtidos indicam a necessidade de continuidade do trabalho objetivando uma constante atualização das normas geradas.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALBRECHT, L. P. et al. Teores de óleo, proteínas e produtividade de soja em função da antecipação da semeadura na Região Oeste do Paraná. *Bragantia*, v. 67, n.4, p.865-873, 2008.

ALVAREZ V., V. H.; LEITE, R. A. *Fundamentos matemáticos das fórmulas usadas para o cálculo dos índices DRIS*. Sociedade Brasileira de Ciência do Solo (Boletim Informativo, v.24, n.1) , 20-25. 1999.

ALVAREZ V., V. H.; ROSCOE, R.; KURIHARA, C. H.; PEREIRA, N. F. Enxofre. In: R. F. NOVAES et al. *Fertilidade do Solo*. Viçosa, MG, Brasil: SBCS. p. 1017, 2007.

AMUNDSON, R. L.; KOEHLER, F. E. Utilization of DRIS for diagnosis of nutrient deficiencies in winter wheat. *Agonomy Journal*, 472-476, 1985.

ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS - AOAC. *Methods Official methods of analysis*, 16.ed. Washington: 1995. 2000p.

BACHLAVA, E.; CARDINAL, A. J.. Correlation between Temperature and Oleic Acid Seed Content in Three Segregating Soybean Populations. *Crop Science Society of America*, Inc. v.49, p.1328-1335. Jul-Ago de 2009.

BAILEY, J. S.; BEATTIE, J. A. M.; KILPATRICK, D. J. The diagnosis and recommendation integrated system (DRIS) for diagnosing the nutrient status of grassland swards: I. Model establishment. *Plant and Soil*. n.1-2. v.197. p.127-135. 1997.

BAILEY, J. S.; RAMAKRISHNA, A.; KIRCHHOF, G. An evaluation of nutritional constraints on sweet potato (*Ipomea batatas*) production in the central highlands of Papua New Guinea. *Plant Soil*. n.1-2. v.319. p.97-105. 2009.

BATAGLIA, O. C. *DRIS: Origem e atualidade*. Sociedade Brasileira de Ciência do Solo. v.24, n.1, jan.-mar., 1.999. (Boletim informativo)

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*, Campinas, n. 3, v.14, p.339-44, 1990.

BATAGLIA, O. C.; SANTOS, W. R. *Estado nutricional de plantas perenes: avaliação e monitoramento*. Informações Agronômicas. Potafós, n. 96, p.5-8. 2001.

BATAGLIA, O. C.; SANTOS, W. R.; QUAGGIO, J. A. Reference populations for evaluation of the nutritional status of coffee by DRIS. *Plant Nutrition*. sn., p.728-729, 2001.

BEATON, J. D.; SOPER, R. J. Plant response to sulfur in western Canada. In: M. A. TABATABAI, & R. C. DINAUER (Ed.), *Sulfur in agriculture*. Madison, Wisconsin USA: American Society of Agronomy, Inc.; Crop Science Society of America, Inc.; Soil Science Society of America, Inc. pp. 375-403, 1986.

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

BELLALLOUI, N.; SMITH, J. R.; RAY, J. D.; GILLEN, A. M. Effect of maturity on seed composition in the early soybean production system as measured on near-isogenic soybean lines. *Crop Science Society of America*, v. 49, p.608-620, march-april de 2009.

BERNARDI, A. B.; CARMO, C. A.; MACHADO, P. L.; SILVA, C. A. Diagnose foliar da soja em sistema plantio direto utilizando técnicas de agricultura de precisão em Carambeí (PR). Rio de Janeiro: Embrapa Solos. n.23, 2003. Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento.

BERTRAND, J. P.; LAURENT, C.; LECRERCD, V. *O mundo da soja*. (L. L. Oliveira, Trans.) São Paulo: HUCITEC: Editora da Universidade de São Paulo. 1987.

BONATO, E. R.; BERTAGNOLLI, P. F.; LANGE, C. E.; RUBIN, S. A. Teor de óleo e de proteína em genótipos de soja desenvolvidos após 1990. *Pesq. Agrop. Bras.*, v.35, n.12, p.2391-2398, dez. 2000.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Cadeia Produtiva da Soja. Brasília : IICA : MAPA/SPA, 2007.

BRUM, A. L. (23 de 04 de 2004). *Economia da soja: História e Futuro*. Acesso em 07 de 07 de 2009, disponível em <http://www.fazendasmt.com.br/artigos/imprimir.php?id=3>

CALDEIRA, M. H. *Sistema integrado de diagnose e recomendação (DRIS) em diferentes estádios de desenvolvimento da soja*. Dissertação (Mestrado em Agronomia): Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária, Universidade de Passo Fundo, Passo Fundo, 2007.

CALDEIRA, M. H.; ESCOSTEGUY, P. A.; BULOW, C. A.; SCHARLAU, A. V. Índice de balanço nutricional e rendimento de grão em trigo. Passo Fundo: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo/NRS. 2007.

CAMARA, G. M. S.; PIPOLO, A. E. ; SINCLAIR, T. R. Effects of temperature on oil and protein concentration in soybean seeds cultured in vitro. *Annals of Applied Biology*, v. 144, p. 71-76, 2004.

CANTARUTTI, R. B.; DE BARROS, N. F.; MARTINEZ, H. E.; NOVAIS, R. F. Avaliação da fertilidade do solo e recomendação de fertilizantes. In: NOVAIS et al., *Fertilidade do solo*. p. 769-850. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo. 2007.

CARRERA, C. et al. Water deficit effect on the relationship between temperature during the seed fill period and soybean seed oil and protein concentrations. *Crop Science Society of America*, v. 49, p.990-998, 2009.

CHUNG, J. et al. The seed protein, oil, and yield QTL on soybean linkage group I. *Crop Science Society of America*, v. 43, p.1053-1067, 2003.

COIMBRA, J. L. M.; CARVALHO, F. I. F.; OLIVEIRA, A. C. *Fundamentos do SAS aplicado a experimentação agrícola*. Pelotas: Ed. Universitária/UFPEL, 2004.

CONAB. Estudos de prospecção de mercado safra 2008/2009. Brasília (DF), setembro de 2008: DIRETORIA DE LOGÍSTICA E GESTÃO EMPRESARIAL - DIGEM; SUPERINTENDÊNCIA DE GESTÃO DA OFERTA - SUGOF.

COSTA, J. A. *Cultura da soja*. Porto Alegre: I. Mânica. 1996.

CUNHA, G. R. *Meteorologia: fatos & mitos*. Passo Fundo: Embrapa-CNPT, 1997.

DALL'AGNOL, A.; ROESSING, A. C.; LAZZAROTTO, J. J.; HIRAKURI, M. H.; OLIVEIRA, A. B. O complexo agroindustrial da soja brasileira. Londrina, PR, Brasil: Embrapa Soja. n.43, setembro de 2007. Circular Técnica

DECHEM, A. R.; NACHTIGALL, G. R. Elementos requeridos à nutrição mineral de plantas. In: NOVAIS et al., *Fertilidade do solo* (p. 1017). Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo. 2007.

DOS SANTOS, O. S. *A cultura da soja-1*. Rio de Janeiro: Globo. 1988.

ELWALI, A. M.; GASCHO, G. J. Supplemental fertilization of irrigated corn guided by foliar critical nutrient level and diagnosis recommendation integrated system. *Agronomy Journal*, p.243-249. 1988.

EMBRAPA SOJA. Soja em números (safra 2008). Disponível em http://www.cnpso.embrapa.br/index.php?op_page=294&cod_pai=16 acessado em 29/08/2009.

EMBRAPA TRIGO. Normais climatológicas (1961-1990): Passo Fundo - RS. Disponível em: <http://www.cnpt.embrapa.br/pesquisa/agromet/app/principal/normais.php>. Acesso em 29/08/2009.

EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. *Sistema brasileiro de classificação de solos*. 2. ed. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2006. 306 p.

EMBRAPA. *Sistemas de produção*. Disponível em: <http://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/FontesHTML/Soja/SojaCentralBrasil2003/exigencias.htm> janeiro de 2003. Acessado em 04 de agosto de 2009.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. *Soja*. Brasília:: EMBRAPA-DID. 1981

EPSTEIN, E.; BLOOM, A. J. *Nutrição mineral de plantas*. Sunderland: Sinauer Associates, 2006.

ERNANI, P. R.; ALMEIDA, J. A.; DOS SANTOS, F. C. Potássio. In: NOVAIS et al., *Fertilidade do solo* (p. 1017). Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo. 2007.

FARIAS, J. R. B.; NEPOMUCENO, A. L.; NEUMAIER, N. Ecofisiologia da soja. Londrina: Embrapa Soja, n. 48, 2007. Circular Técnica.

FARNEZI, M. M. M. et al. Diagnose nutricional de cafeeiros da região do Alto Jequetinhonha (MG): normas DRIS e faixas críticas de nutrientes. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Viçosa, v. 33, n. 4, p.969-978, 2009.

FEDERIZZI, L. C. (sd). *A soja como fator de competitividade no mercosul: histórico, produção e perspectivas futuras*. Porto Alegre, RS, Brasil: Centro de Estudos e Pesquisas em Agronegócios – CEPAN/UFRGS.

FERREIRA, D. F. *Análises estatísticas por meio do Sisvar para Windows versão 4.0*. In...45ª Reunião Anual da Região Brasileira da Sociedade internacional de Biometria. UFSCar, São Carlos, SP, Julho de 2000. p.255-258.

FLOSS, E. L. *Fisiologia das plantas cultivadas: o estudo que está por trás do que se vê*. Passo Fundo: UPF, 2004. 528p.

FEE. Fundação de Economia e Estatística do RS. Disponível em: http://www.fee.tche.br/sitefeee/pt/content/estatisticas/pg_exprtacoes_d_estaques_do_mes.php acessado dia 29/08/2009

FONTES, P. C. R. *Diagnóstico do estado nutricional de plantas*. Viçosa: UFV, 2001.

FURLANI, A. M. C.; TANAKA, R. T.; TARALLO, M.; VERDIAL, M. F.; MASCARENHAS, H. A. A. Exigência a boro em cultivares de soja. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Campinas, v. 25, n. 4, p. 929-937, 2001.

GIANELLO, C.; BISSANI, C. A. Avaliação da fertilidade do solo. In: BISSANI, C. A. et al. *Fertilidade do solo e manejo de adubação das culturas*. Porto Alegre: Genesis. p.328, 2004.

GUINDANI, R. H. P. *DRIS para a avaliação do estado nutricional da cultura do arroz irrigado no Rio Grande do Sul*. Dissertação (Mestrado em Ciência do Solo): Faculdade de Agronomia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul. 2007.

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*. v.33, p.109-118, 2009.

HARGHER, 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, jul./dez. 2003 .

HOOGERHEIDE, H. C. *DRIS para a avaliação do estado nutricional da soja em duas regiões do cerrado brasileiro*. Piracicaba: Dissertação (mestrado). Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, USP. 2005.

IBGE. Levantamento sistemático da produção agrícola. IBGE/CEPAGRO. Publicação Indicadores IBG (em formato zip). Julho de 2009. Disponível em:

<http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/indicadores/agropecuaria/Ispta/default.shtm>

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

KOPITAKE, P. M.; MENZIES, N. M. A review of the use of the basic cation saturation ratio an the “ideal” soil. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 71:259-265. Number 2 march-april 2007.

KRAVCHENKO, A. N.; BULLOCK, D. G. Spatial Variability of Soybean Quality Data as a Function of Field Topography:I. Spatial Data Analysis. *Crop Science Society of America*. v.42, p. 804–815 (2002). may-june de 2002.

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

LANTMANN, A. F.; PEREIRA, L. R.; ZOBIOLE, L. H.; CASTRO, C. D. Regionalização de normas DRIS para avaliação de equilíbrio nutricional da soja cultivada no Estado do Paraná. In: *II Congresso Brasileiro de Soja e Mercosoja* (p. 274). Londrina: Embrapa.

LANTMANN, A. F.; CASTRO, C. D. DRIS: usos e potencialidades na cultura da soja. Ata da reunião da pesquisa de soja da Região Central (pp. 71-73). Londrina: Embrapa Soja; Epamig; Fundação Triângulo, n. 222, 2003. Série Documentos.

LOPES, A. S.; GUILHERME, L. R. Fertilidade do solo e produtividade agrícola. In: NOVAIS et al., *Fertilidade do solo* (p. 1017). Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo.

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

MAEDA, S.; LIMA FILHO, O. F.; FABRÍCIO, A. C. Análise de amostras de folhas de soja: com ou sem pecíolo?.Dourados: Embrapa Agropecuária Oeste, n. 96, 2004. Comunicado Técnico.

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

MALAVOLTA. O futuro da nutrição de plantas tendo em vista os aspectos agronômicos, econômicos e ambientais. *Informações Agronômicas*. Potafós, 2008 , 1-10.

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

MARTINS, L. A.; FIORETTO, R. A.; FONSECA, I. C.; CARNEIRO, C. E. Monitoramento nutricional do trigo através do índice de balanço nutricional – DRIS. *Semina* , 26, 455-462. 2005.

MENEGATTI, A. L. A. *Custo de produção para soja convencional e transgênica a luz das metodologias usadas pelos órgãos públicos no Brasil e nos Estados Unidos: um estudo para o estado do Mato Grosso do Sul*. 2006. Dissertação (Mestrado em Ciências: Economia Aplicada). Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba, 2006.

MEURER, E. J. Fatores que influenciam o crescimento e o desenvolvimento das plantas. In: NOVAIS et al., *Fertilidade do solo* (p.1017). Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo. 2007.

MEURER, E. J. Potássio. In: FERNANDES, M. S. *Nutrição mineral de plantas*. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo. 2006.

MOREIRA, J. S. *Elementos de estatística* (9. ed. ed.). São Paulo: Atlas. 1977.

MOURÃO FILHO, F. A. A. DRIS: concepts and application in fruit crops. *Sci. Agri.*, n.5, v.61, p.550-560, 2004.

MOURÃO FILHO, F. A. A.; AZEVEDO, J. C.; NICK; J. A. Funções e ordem da razão dos nutrientes no estabelecimento de normas DRIS

em laranja valência. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, n. 2, v.37, p.185-92, fev. 2002.

MUNDSTOCK, C. M. A cultura da soja como fator de transformação e viabilização das propriedades agrícolas produtoras de grãos do rs: uso de tecnologia e os efeitos na inclusão social e conservação ambiental. (sd, Ed.) Porto Alegre, RS, Brasil.

NAEVE, S. L.; HUERD, S. C. Year, Region, and Temperature Effects on the Quality of Minnesota's Soybean Crop. *Crop Science Society of America*. 2007.

NACHTIGALL, G. R. *Sistema integrado de diagnose e recomendação (DRIS) para avaliar o estado nutricional da macieira no sul do Brasil*. Tese (Doutorado em Agronomia). Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2004.

NZIGUHEBA, G. et al. Assessment of nutrient deficiencies in maize in nutrient omission trials and long-term field experiments in the West African Savana. Netherlands: *Plant Soil*. n.1-2. v.314. p.143-157. 2009.

OLIVEIRA, F. A. et al. Fertilidade do solo e nutrição da soja. Londrina: Embrapa Soja, n. 50, 2007. Circular Técnica.

PAEK, N. C.; IMSANDE, J.; SHOEMAKER, R. C.; SHIBLES, R, Nutritional Control of Soybean Seed Storage Protein. *Journal Paper of the Iowa Agric. and Home Econ. Exp. Stn.*, n. 16568. 1997.

PROULX, R. A.; NAEVE, S. L. Pod Removal, Shade, and Defoliation Effects on Soybean Yield, Protein, and Oil. *Agronomy Journal*. n.101, p.971-978. 2009.

PEGORARO, R. F. et al. Crescimento de soja em solos em resposta a doses de boro. *Ciênc. agrotec.*, Lavras, v. 32, n. 4, p. 1092-1098, jul./ago., 2008.

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

RAMPAZO, M. F.; CASTRO, C. D.; FARIA, A. P.; LANTMANN, A. F.; BORKERT, C. M.; PEREIRA, L. R. *Sistema integrado de diagnose e recomendação de adubação para a cultura do girassol no Paraná*. Londrina:Embrapa, 2003.

RANGEL, M. A. S et al. Efeito do genótipo e do ambiente sobre os teores de óleo e proteína nos grãos de soja, em quatro ambientes da Região Sul de Mato Grosso do Sul. Dourados: Embrapa Agropecuária Oeste, n. 17, 2004. Boletim de pesquisa e desenvolvimento.

REIS JR., R.A; MONNERAT, P.H. Diagnose nutricional da cana-de-açúcar em Campos dos Goytacazes (RJ). *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Viçosa, n.1, v.26, p.367-72, jan./mar., 2002.

REIS, G. N. et al. Avaliação do desenvolvimento da cultura da soja (*Glycine max* (L.) Merrill) sob diferentes sistemas de preparo. *Ciênc. agrotec.*, Lavras, v.31, n.1, p.228-235, jan./fev., 2007

ROZANE, D. E. et al. Introdução à nutrição de plantas. In: PRADO, R. M. et al., *Nutrição de plantas* (p. 301 p.). Jaboticabal: Fundunesp. 2008.

SAWAN, Z. M. et al. Cottonseed, protein, oil yield and oil properties as influenced by potassium fertilization and foliar application of zinc and phosphorus. *World journal of agricultural sciences*. v.2, n.1, p.66-74, 2006.

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

SEGUIN, P.; ZHENG W. Potassium, phosphorus, sulfur, and boron fertilization effects on soybean isoflavone content and other seed characteristics. *Journal of plant nutrition*, v.29, n.4, p.681-69 , 2006.

SEXTON, P. J.; PAEK, N. C.; SHIBLES, R. Soybean sulfur and nitrogen balance under varying levels of available sulfur. Madison: *Crop Science Society of America*, n.38, p.975-982, 1998.

SILVA, I. R. et al. Interactions between magnesium, calcium, and aluminum on soybean root elongation. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Viçosa, n.5, v.29, p.747-754, 2005.

SILVA, G. G. C. et al . Avaliação da universalidade das normas DRIS, M-DRIS e CND. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Viçosa, n.5, v.29, p.755-761, 2005.

SOCIEDADE BRASILEIRA DE CIÊNCIA DO SOLO. *Manual de adubação e calagem para os Estados do Rio Grande do Sul e de Santa Catarina*. Porto Alegre: SBCS-NRS. Comissão de Química e Fertilidade do Solo. 2004.

STRECK, E. D. et al. *Solos do Rio Grande do Sul*. Porto Alegre: Emater/RS-ASCAR, 2008.

SUMNER, M. I. Preliminary NPK foliar diagnostic norms for wheat. *Comum. in soil science and plant analysis*. n. 8, v. 2, 149-67, 1977a.

SUMNER, M. I. Use de dris system in foliar diagnosis of crop at high yield levels. *Comum. in soil science and plant analysis*. n. 8, v. 3, 251-68, 1977b.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. *Fisiologia Vegetal*. Porto Alegre: Artmed, 2004. 719p.

TECNOLOGIAS DE PRODUÇÃO DE SOJA – Paraná – 2007. *Sistemas de produção* – Londrina:Embrapa Soja, 2006. (Sistemas de produção, 10)

TEDESCO, M. J.; GIANELLO, C.; BISSANI, C. A.; BOHNEN, H. e VOLKWEISS, S. J. *Análise de solo, plantas e outros materiais*. 2.ed. Porto Alegre, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 1995. 174p. (Boletim Técnico, 5)

TISDALE, S. M.; NELSON, W. L.; BEATON, J. D.; HAVLIN, J. L. *Soil fertility and fertilizers*. New Jersey: Prentice Hall, 1993. p. 405-26

URANO, E. O. *Avaliação do estado nutricional e teores ótimos de nutrientes em soja*. Dissertação (Mestrado em Agronomia): Faculdade de Agronomia, Universidade Federal do Mato Grosso do Sul. 2004.

URANO, E. O. et al. Avaliação do estado nutricional da soja. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v. 41 n. 9, p.1421-1428, 2006.

VAN KEMPEM, T.; JACKSON, D. *NIRS may provide rapid evaluation of amino acids*. *Feedstuffs*, v.2, p.12-15, 1996.

VITTI, G. C. et al., Cálcio, magnésio e enxofre. In: FERNANDES, M. S. *Nutrição mineral de plantas*. Viçosa: *Sociedade Brasileira de Ciência do Solo*. 2006.

VOGE, A.I. *Análise química quantitativa*. 5^a ed. _____: Guanabara Koogan As., 1992. P.712.

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

WADT, P.G.S. DRIS em soja: usando a tecnologia tupiniquim. Piracicaba: *Informações agrônômicas*, Potafós, 1999, n. 87, p.6-7.

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

WALWORTH, J. L.; SUMNER, M. E. The diagnosis and recommendation integrated system (DRIS). *Advances in soil science*, New York, v.6, p.149-85, 1987.

WILCOX, J. R.; SHIBLES, R. M. Interrelationships among seed quality attributes in soybean. Madison: *Crop Science Society of America*, v. 41, p11-14, 2001.

WILSON, D. O.; BOSWELL, F. C.; PARKER, M. B.; SHUMAN, L. M.; JELLUM, M. D. Changes in soybean seed oil and protein as

influenced by manganese nutrition. *Crop Science Society of America*, v. 22, p. 948-952, 1982.

YAMADA, T. Boro: será que estamos aplicando a dose suficiente para o adequado desenvolvimento das plantas?. *Informações agronômicas* Nº 90 – JUNHO/2000. Potafos - associação brasileira para pesquisa da potassa e do fosfato.

ZOBIOLE, L. H.; LANTAMNN, A. F.; PEREIRA, L. R.; SFREDO, G. S. Índice de balanço nutricional para a produtividade de soja obtida em função da disponibilidade de P e K no solo. In: *II Congresso Brasileiro de Soja e Mercosoja* (p. 273). Londrina: Embrapa. 2002.

APÊNDICES

Apêndice 1. Relação dos produtores que tiveram áreas monitoradas

Produtor	Município
André Scharlau	Tio Hugo
Bernardo Tissot	Passo Fundo
Brasmax	Passo Fundo
Clovis D Marcolin	Água Santa
Cotrijal	Não-Me-Toque
Jairo Marcos Kohlrausch*	Santo Antônio do Planalto
Luciane Hörner	Passo Fundo
Luciano de Mattos*	Almirante Tamandaré do Sul
Luiz Carlos Marquetti*	Tio Hugo
Martinho Bragnollo	Água Santa
Paulo Roberto Marquetti*	Tio Hugo
Selvino Bragnollo	Água Santa
Sergio Bertagnolli	Sertão
Sérgio Limberger*	Saldanha Marinho

* Associados da Cotrijal participantes do projeto de agricultura de precisão

Apêndice 2- Resultados da análise de solo (0 a 10 cm de profundidade) em 18 áreas cultivadas com soja nas safras 2008 e 2009

Am	Argila %	pH (H ₂ O)	Ind. SMP	P mg dm ⁻³	K mg dm ⁻³	M.O. %	Al %	Ca	Mg cmol _c dm ⁻³	H+Al	CTC	Bases %	mg dm ⁻³						
													K	S	B	Mn	Zn	Cu	
1	60,0	5,6	6,1	5,0	245	2,0	0,00	5,4	2,0	3,9	12,0	68,0	0,0	5,2	5,0	0,3	16,0	1,5	3,6
2	51,0	5,6	6,1	8,0	245	2,7	0,00	4,4	1,6	3,9	10,5	63,0	0,0	6,0	7,0	0,5	13,0	1,5	4,9
3	45,0	5,2	5,7	10,0	233	2,9	0,20	2,7	1,5	6,2	10,9	44,0	4,0	5,5	8,0	0,1	22,0	1,7	3,9
4	47,0	5,4	5,7	5,0	233	3,1	0,00	4,6	1,5	6,2	12,9	52,0	0,0	4,6	8,0	0,8	33,0	1,6	5,5
5	35,0	5,8	6,1	10,0	359	2,6	0,00	4,5	1,6	3,9	10,9	64,0	0,0	8,4	4,0	0,1	9,0	2,7	4,2
6	41,0	5,8	6,1	10,0	300	3,1	0,00	7,3	1,9	3,9	13,8	72,0	0,0	5,6	5,0	0,1	16,0	2,1	7,0
7	47,0	5,5	4,9	8,0	269	3,3	0,00	5,0	2,0	15,4	23,1	33,0	0,0	3,0	4,0	0,8	37,0	1,6	4,3
8	43,0	5,8	6,1	8,0	257	3,1	0,00	4,5	1,7	3,9	10,7	64,0	0,0	6,2	7,0	0,1	11,0	1,3	3,6
9	45,0	5,8	6,4	7,0	336	2,5	0,00	4,1	1,4	2,8	9,1	70,0	0,0	9,0	2,0	0,5	10,0	1,6	4,5
10	47,0	5,7	6,1	12,0	288	2,9	0,00	5,5	1,8	3,9	11,9	67,0	0,0	6,2	5,0	0,8	35,0	2,9	5,0
11	43,0	5,4	5,9	8,0	241	3,2	0,00	4,3	1,9	4,9	11,7	58,0	0,0	5,3	8,0	0,5	28,0	2,3	4,7
12	49,0	5,7	5,7	7,0	155	2,8	0,00	5,2	1,3	6,2	13,1	53,0	0,0	3,0	4,0	0,8	36,0	1,4	4,9
13	54,0	5,9	6,2	7,0	198	2,8	0,00	5,5	2,3	3,5	11,7	70,0	0,0	4,3	4,0	0,5	15,0	1,4	3,5
14	47,0	5,2	5,7	13,0	222	2,9	0,10	3,5	1,4	6,2	11,6	47,0	2,0	4,9	4,0	0,4	21,0	1,7	3,9
15	46,0	5,7	6,0	15,0	233	3,2	0,00	5,2	2,1	4,4	12,2	64,0	0,0	4,9	4,0	0,8	34,0	2,0	4,3
16	43,0	5,6	6,0	12,0	292	3,2	0,00	4,9	1,6	4,4	11,6	62,0	0,0	6,5	7,0	1,0	26,0	1,8	3,5
17	53,0	5,2	5,6	5,0	229	3,2	0,20	4,4	1,8	6,9	13,7	50,0	3,0	4,3	5,0	0,5	38,0	2,0	4,6
18	46,0	5,3	5,8	10,0	241	3,0	0,00	4,7	1,9	5,5	12,7	57,0	0,0	4,9	7,0	1,0	36,0	1,4	3,5