

**UNIVERSIDADE FEDERAL DOS VALES DO  
JEQUITINHONHA E MUCURI - UFVJM**

**MÚCIO MÁGNO DE MELO FARNEZI**

**DIAGNOSE NUTRICIONAL DO CAFEIEIRO PARA PRODUÇÃO E  
QUALIDADE DA BEBIDA NA REGIÃO DO ALTO VALE DO  
JEQUITINHONHA, MG**

**DIAMANTINA - MG  
2008**

**MÚCIO MÁGNO DE MELO FARNEZI**

**DIAGNOSE NUTRICIONAL DO CAFEIEIRO PARA PRODUÇÃO E  
QUALIDADE DA BEBIDA NA REGIÃO DO ALTO VALE DO  
JEQUITINHONHA, MG**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação *Stricto Sensu* em Produção Vegetal da Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Produção Vegetal, área de concentração em Produção Vegetal, para obtenção do título de “Mestre”.

**Orientadora: Prof. Dr. Enilson de Barros Silva**

**DIAMANTINA - MG  
2008**

MÚCIO MÁGNO DE MELO FARNEZI

**DIAGNOSE NUTRICIONAL DO CAFEIEIRO PARA PRODUÇÃO E  
QUALIDADE DA BEBIDA NA REGIÃO DO VALE DO ALTO  
JEQUITINHONHA, MG**

Dissertação apresentada ao Curso de Pós-Graduação *Stricto sensu* em Produção Vegetal da Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Produção Vegetal, área de concentração Produção Vegetal, para obtenção do título de “Mestre”.

APROVADA em..... de ..... de 2008

---

Dr. Paulo Tácito Gontijo Guimarães – EPAMIG/CTSM

---

Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Nísia Andrade Villela Dessimoni Pinto – UFVJM

---

Prof. Dr. Paulo Henrique Graziotti - UFVJM

---

Prof. Dr. Enilson de Barros Silva - UFVJM

DIAMANTINA - MG  
2008

## *OFEREÇO*

*Ao Senhor meu Deus, sempre presente na minha vida e a Nossa Senhora das Graças que me fortalece e protege.*

## *DEDICO*

*À meus pais Sebastião Farnezi e Dione, que tiveram a grande capacidade de ensinar-me a ser um “homem de bem”. A meu irmão Mágnio pelo apoio, ajuda e carinho. A minha cunhada Daniela pelo incentivo em todos os momentos.*

## AGRADECIMENTOS

À Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri (UFVJM) pela oportunidade de realização do curso e pela contribuição à minha formação acadêmica.

À Fundação de Amparo à Pesquisa de Minas Gerais (FAPEMIG) pelo patrocínio do projeto de pesquisa e à Coordenadoria de Aperfeiçoamento do Pessoal de Nível Superior (CAPES), pela concessão de bolsa de estudo.

Ao professor Dr. Enilson de Barros Silva, pela orientação, confiança, amizade e exemplos de competência e profissionalismo.

Ao amigo professor Dr. José Sebastião Cunha Fernandes (UFVJM), pelos ensinamentos, confiança e amizade.

Ao professor Dr. Ubirajara Russi Nunes (UFVJM), pelos ensinamentos e conselhos sábios.

Ao amigo Celmo Aparecido Ferreira, verdadeiro irmão, pelo apoio, incentivo e amizade incondicional.

Ao amigo Hesmuel Antonio Orlandi Costa, pelo apoio e companheirismo.

À EMATER-MG (Diamantina, Capelinha, Presidente Kubitschek) e a Prefeitura Municipal de Presidente Kubitschek pela colaboração para a realização deste trabalho.

Ao laboratorista Rafael Baracho pela amizade e auxílio nas análises químicas realizadas durante a condução deste trabalho e aos Colegas do Laboratório de Fertilidade: Patrícia Teixeira de Souza e João Pedro Cury pela confiança, convívio alegre e saudável.

Às secretárias da Pró-reitoria de Pesquisa e Pós-Graduação (PRPPG/UFVJM), em especial à Delair e Adriana pelo agradável convívio e amizade.

Aos colegas do curso pelo constante apoio e consideração.

## RESUMO

FARNEZI, Múcio Mágnio de Melo. **Diagnose nutricional do cafeeiro para produção e qualidade da bebida na região do Alto Vale do Jequitinhonha, MG.** 2008. 69 p. (Dissertação - Mestrado em Produção Vegetal) – Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri, Diamantina, 2008.

O Alto Vale do Jequitinhonha tem apresentado como ascendente pólo cafeeiro do estado de Minas Gerais. No entanto, pouca importância tem sido dada ao diagnóstico do estado nutricional do cafeeiro que proporcione maior produtividade e, melhor qualidade da bebida. As normas DRIS ainda não foram estabelecidas para cafeeiros do Alto Vale do Jequitinhonha, assim, a inexistência dessas impede que o DRIS seja aplicado nesta cultura nessa região. A diagnose foliar, mediante o uso do Sistema Integrado de Diagnose e Recomendação (DRIS) e de faixas críticas de nutrientes de referência, destaca-se dentre as ferramentas potenciais que permitem diagnosticar eficientemente o estado nutricional das plantas. Os objetivos deste trabalho foram (a) estabelecer as normas DRIS, propor faixas adequadas para teores foliares de nutrientes e diagnose nutricional dos cafeeiros (*Coffea arabica* L.) do Alto Vale do Jequitinhonha; (b) realizar o levantamento da qualidade da bebida do café e (c) estabelecer as normas DRIS, propor faixas adequadas de nutrientes e avaliar o estado nutricional dos cafeeiros para maior produtividade e melhor qualidade da bebida. Pelos resultados obtidos, pode-se concluir: (1) maiores porcentuais de lavouras em desequilíbrios nutricionais foram observados para os nutrientes P, K, S, B, Cu, Mn e Zn em deficiência, sendo o Mg e Fe os excessivos; (2) as normas DRIS para diagnose nutricional foram estabelecidas para cafeeiros da região do Alto Vale do Jequitinhonha, MG e utilizadas para propor faixas críticas para N (2,25 - 2,79 dag kg<sup>-1</sup>), P (0,18 - 0,22 dag kg<sup>-1</sup>), K (1,72 - 2,10 dag kg<sup>-1</sup>), Ca (1,26 - 1,51 dag kg<sup>-1</sup>), Mg (0,29 - 0,35 dag kg<sup>-1</sup>), S (0,13 - 0,32 dag kg<sup>-1</sup>), B (83,8 - 96,3 mg kg<sup>-1</sup>), Cu (5,7 - 9,3 mg kg<sup>-1</sup>), Fe (67,5 - 116,2 mg kg<sup>-1</sup>), Mn (219 - 422 mg kg<sup>-1</sup>) e Zn (17,4 - 30,0 mg kg<sup>-1</sup>); (3) pelo levantamento da qualidade da bebida do café verificou-se que a maior parte das lavouras avaliadas da região apresentou qualidade da bebida classificada como “dura”, porém a região apresenta aptidão para produzir cafés de melhor qualidade (bebida “mole”, “apenas mole” e “estritamente mole”); (4) as normas DRIS para o estado nutricional juntamente com a qualidade da bebida do café foram estabelecidas para cafeeiros da região do Alto Vale do Jequitinhonha, MG e a partir destas normas, foram propostas as faixas críticas de nutrientes N (2,20 - 2,48 dag kg<sup>-1</sup>), P (0,20 - 0,24 dag kg<sup>-1</sup>), K (1,49 - 1,79 dag kg<sup>-1</sup>), Ca (1,30 - 1,61 dag kg<sup>-1</sup>), Mg (0,32 - 0,38 dag kg<sup>-1</sup>), S (0,10 - 0,13 dag kg<sup>-1</sup>), B (77,3 - 89,1 mg kg<sup>-1</sup>), Cu (3,1 - 3,8 mg kg<sup>-1</sup>), Fe (174,0 - 242,4 mg kg<sup>-1</sup>), Mn (197,5 - 341,8 mg kg<sup>-1</sup>) e Zn (19,8 - 31,0 mg kg<sup>-1</sup>) e (5) a manutenção do equilíbrio do estado nutricional das lavouras cafeeiras proporciona elevada produtividade e qualidade da bebida do café.

**Palavras-chave:** Café, diagnose foliar, polifenoloxidase, índice de coloração, açúcares totais

## ABSTRACT

FARNEZI, Múcio Mágnio de Melo. **Nutricional diagnosis of coffee plantations for yield and beverage quality in the region of the High Jequitinhonha Valley, Minas Gerais State, Brazil.** 2008. 69 p. Dissertation (Masters in Vegetable Production) – Federal University of the Jequitinhonha and Mucuri Valley, Diamantina, 2008.

The High Jequitinhonha Valley has presented as coffee upward pole of the state of Minas Gerais. However, little attention has been given the diagnosis of the nutritional status of coffee that provides greater productivity and, together with productivity, improved quality of the drink. The DRIS standards have not yet been set for the coffee yield in Valley do Jequitinhonha, thus the absence of such rules prevent the DRIS is applied in that region's coffee culture. The diagnosis leaf, using the Integrated System Diagnosis and Recommendation (DRIS) and tracks critical of reference, stands out among the potential tools that allow efficiently diagnose the nutritional status of the plants. The objectives of this study were (a) establish the rules DRIS, propose suitable for tracks levels of nutrients and leaf diagnose nutritional of coffee (*Coffea arabica* L.) of the High Jequitinhonha Valley; (b) carry out lifting the quality of the coffee drink and (c) set the standards DRIS, propose appropriate tracks of nutrients and assess the nutritional status of coffee for higher productivity and better quality of the drink. Those results, we can conclude: (1) higher percentage of crops in nutritional imbalances were observed for nutrients P, S, B, Cu, Zn Mn and in disability, and the Mg and the excessive Fe; (2) The DRIS to diagnose nutritional standards were established for coffee in the region of the High Jequitinhonha Valley, MG and tracks used to propose critical for N (2.25 - 2.79 dag kg<sup>-1</sup>), P (0.18 - 0, 22 dag kg<sup>-1</sup>), K (1.72 - 2.10 dag kg<sup>-1</sup>), Ca (1.26 - 1.51 dag kg<sup>-1</sup>), Mg (0.29 - 0.35 dag kg<sup>-1</sup>), S (0.13 - 0.32 dag kg<sup>-1</sup>), B (83.8 - 96.3 mg kg<sup>-1</sup>), Cu (5.7 - 9.3 mg kg<sup>-1</sup>), Fe (67, 5 to 116.2 mg kg<sup>-1</sup>), Mn (219 - 422 mg kg<sup>-1</sup>) and Zn (17.4 - 30.0 mg kg<sup>-1</sup>); (3) by lifting the quality of the coffee drink there was that most of the crops in the region had assessed quality of the drink classified as "hard", but the region presents ability to produce higher quality coffee (drink "soft", "just soft" and "strictly soft"); (4) DRIS standards for the nutritional status along with the quality of the drink of coffee were down for coffee in the region of the High Jequitinhonha Valley, MG and from these standards, the tracks were proposed critical nutrients N (2.20 - 2.48 dag kg<sup>-1</sup>), P (0.20 - 0.24 dag kg<sup>-1</sup>), K (1.49 - 1.79 dag kg<sup>-1</sup>), Ca (1.30 - 1.61 dag kg<sup>-1</sup>), Mg (0.32 - 0.38 dag kg<sup>-1</sup>), S (0.10 - 0.13 dag kg<sup>-1</sup>), B (77.3 - 89.1 mg kg<sup>-1</sup>), Cu (3.1 - 3.8 mg kg<sup>-1</sup>), Fe (174.0 - 242.4 mg kg<sup>-1</sup>), Mn (197.5 - 341.8 mg kg<sup>-1</sup>) and Zn (19.8 - 31.0 mg kg<sup>-1</sup>) as tracks appropriate for the better nutritional status and quality of the coffee beverage for the region of Minas; (5) for the diagnosis of the nutritional quality of coffee to drink noted that maintaining the balance of the nutritional status of crop, provides high productivity and quality of the coffee beverage.

**Key words:** Coffee, foliar diagnosis, poliphenyloxidase, coloration index, total sugars

**LISTA DE FIGURAS**

	Pág.
Figura 1 Superfície de resposta entre índice de balanço nutricional médio (IBNm), produtividade e atividade enzimática da polifenoloxidase (PFO) de grãos (A) e isotermas das variáveis (B) para cafeeiros da região do Alto Vale do Jequitinhonha, MG.(** significativo a 1% pelo teste de t) .....	49



## LISTA DE TABELAS

	Pág.
Tabela 1	Faixas de suficiência para teores adequados de macro e micronutrientes em folhas de cafeeiro, segundo alguns autores ..... 23
Tabela 2	Produtividade (Prod) de grãos, teores foliares médios de nutrientes, coeficientes de variação (CV) e intervalos de confiança nos grupos de alta (A) e baixa (B) produtividade de lavouras cafeeiras do Alto Vale do Jequitinhonha, MG ..... 24
Tabela 3	Normas DRIS para diagnose nutricional dos cafeeiros ( <i>Coffea arabica</i> L.) para região do Alto Vale do Jequitinhonha, MG ..... 26
Tabela 4	Modelos ajustados entre índices DRIS e teores foliares de nutrientes, intervalo de confiança dos índices DRIS ( $IC_{IDRIS}$ ) e, faixas críticas adequadas para diagnose nutricional dos cafeeiros ( <i>Coffea arabica</i> L.) da região do Alto Vale do Jequitinhonha, MG ..... 27
Tabela 5	Frequência de lavouras cafeeiras do Alto Vale do Jequitinhonha, MG, que apresentaram teores foliares deficientes, adequados e excessivos de macro e micronutrientes, segundo a diagnose nutricional obtida com os padrões de vários autores ..... 29
Tabela 6	Classificação da bebida, frequência de ocorrência, PFO, ATT, IC e AT dos grãos de café da região do Alto Vale do Jequitinhonha, MG ..... 41
Tabela 7	Produtividade (Prod), atividade da polifenoloxidase (PFO), teores foliares médios de nutrientes, coeficientes de variação (CV) e intervalos de confiança nos grupos A e B das lavouras cafeeiras do Alto Vale do Jequitinhonha, MG ..... 43
Tabela 8	Normas DRIS para melhor estado nutricional e qualidade de bebida do café ( <i>Coffea arabica</i> L.) na região do Alto Vale do Jequitinhonha, MG ..... 44
Tabela 9	Modelos ajustados entre índices DRIS e teores foliares de nutrientes, intervalo de confiança dos índices DRIS ( $IC_{IDRIS}$ ) e, faixas críticas adequadas para melhor estado nutricional e qualidade da bebida do café ( <i>Coffea arabica</i> L.) do Vale do Jequitinhonha, MG ..... 45
Tabela 10	Produtividade (Prod), qualidade da bebida pela atividade da polifenoloxidase (PFO), frequência de lavouras (Freq.), teores foliares médios (TF), índices DRIS (ID), Índice de Balanço Nutricional médio (IBNm) de cafeeiros da região do Alto Vale do Jequitinhonha, MG ..... 47

## SUMÁRIO

	Pág.
RESUMO.....	i
ABSTRAT.....	ii
LISTA DE FIGURAS.....	iii
LISTA DE TABELAS.....	v
INTRODUÇÃO GERAL.....	01
CAPÍTULO 1. REFERENCIAL TEÓRICO.....	03
1 Avaliação do estado nutricional das plantas.....	04
1.1 Diagnose visual.....	04
1.2 Diagnose foliar.....	05
1.2.1 Métodos de interpretação dos resultados da análise foliar.....	07
1.2.1.1 Nível crítico (NC).....	07
1.2.1.2 Faixa de suficiência (FS).....	08
1.2.1.3 Sistema integrado de diagnose e recomendação (DRIS).....	09
2 Avaliação da qualidade do café.....	13
CAPÍTULO 2. DIAGNOSE NUTRICIONAL DE CAFEEIROS DA REGIÃO DO ALTO VALE DO JEQUITINHONHA (MG): NORMAS DRIS E FAIXAS CRÍTICAS DE NUTRIENTES.....	18
1 INTRODUÇÃO.....	19
2 MATERIAL E MÉTODOS.....	21
3 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	24
4 CONCLUSÕES.....	32
CAPÍTULO 3. LEVANTAMENTO, NORMAS DRIS, FAIXAS CRÍTICAS DE NUTRIENTES E ESTADO NUTRICIONAL PARA QUALIDADE DA BEBIDA DO CAFÉ NO ALTO VALE DO JEQUITINHONHA, MG.....	33
1 INTRODUÇÃO.....	34
2 MATERIAL E MÉTODOS.....	36
3 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	40
3.1 Levantamento da qualidade da bebida do café.....	40
3.2 Normas DRIS e faixas críticas de nutrientes para qualidade da bebida do café.....	42
3.3 Relação entre o estado nutricional do cafeeiro e a qualidade da bebida.....	45
4 CONCLUSÕES.....	51
CONCLUSÃO GERAL.....	52
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	53
APÊNDICE.....	66

## INTRODUÇÃO GERAL

O café constitui-se num importante fator sócio-econômico, sendo expressivo gerador de divisas e importante fonte de renda para a economia brasileira, pela sua participação na receita cambial, transferência de renda aos outros setores da economia e contribuição à formação de capital no setor agrícola do país; é expressiva sua capacidade de absorção de mão-de-obra e de geração de empregos fixando o homem à sua origem (ATIVOS..., 2007).

O Brasil é o maior produtor de café, sendo responsável por 28,83% do café produzido em todo mundo (ABIC..., 2008); e das unidades federativas, o estado de Minas Gerais, destaca-se como o maior produtor de café, contribuindo com aproximadamente 51% da produção nacional (CONAB..., 2008).

O Alto Vale do Jequitinhonha apresenta-se como uma região emergente no cenário mineiro, sendo a sua cafeicultura atividade de expressão, exercendo importante papel sócio-econômico, contribuindo na geração de empregos, na renda e no dinamismo da economia regional. No entanto, para a maior solidez dessa atividade no Alto Vale do Jequitinhonha, faz-se necessário informações técnicas que possam ser aplicadas com o objetivo de elevar à produtividade e reduzir o custo de produção, buscando solucionar os problemas de baixa produtividade e outros como os baixos preços praticados em detrimento da variação na qualidade do produto. Estes problemas tornam-se mais importantes ainda ao se considerar que o produtor rural atua em um mercado competitivo, de economia globalizada e sob altos custos de produção e elevada demanda por produtos de qualidade. O elevado preço dos fertilizantes é uma preocupação maior que a de outros insumos, pois estes são, normalmente, os mais limitantes na condução da lavoura cafeeira, principalmente quando se procura para uma produção tecnificada, em que a participação dos fertilizantes no custo de produção pode chegar a 34,9% (ATIVOS..., 2007).

Desta forma, pesquisas devem ser realizadas para identificar quais os nutrientes são mais limitantes para a produção do cafeeiro, enfatizando a influência da nutrição mineral na qualidade dos grãos de café.

A avaliação do estado nutricional de plantas é uma importante ferramenta para a adequada utilização de fertilizantes e tem como principal objetivo identificar os nutrientes que limitam o crescimento, desenvolvimento, produção e qualidade do produto (SILVA, 2004).

O planejamento, a avaliação e a calibração da adubação do cafeeiro pode ser realizado por meio da análise de solo e da diagnose nutricional de plantas. Dentre as ferramentas utilizadas na diagnose nutricional, há a análise química foliar (MALAVOLTA et al., 1997).

A análise química foliar vem sendo usada para detectar respostas de cafeeiros aos vários tipos de manejo, possibilitando interpretar, de forma eficiente, as relações entre nutrientes na planta. Segundo Bould et al. (1960); Martinez et al. (1999), análise química foliar é baseada em métodos padronizados de amostragem, padrões de referência de teores foliares e interpretação de resultados; é o critério mais eficiente na avaliação do estado nutricional de plantas. Sua maior vantagem está no fato de se considerar a própria planta como extrator dos nutrientes no solo e permitir uma avaliação direta de seu estado nutricional e, desse modo, avaliar as concentrações e as relações entre nutrientes, constituindo, assim, uma forma indireta de avaliação da fertilidade do solo (BEAUFILIS, 1971).

Dentre as metodologias utilizadas para interpretação dos resultados das análises químicas foliares, há o nível crítico (NC), a faixa de suficiência (FS) e o sistema integrado de diagnose e recomendação (DRIS), entre outras (CANTATUTTI et al., 2007). Estas ferramentas podem contribuir efetivamente no aprimoramento da avaliação nutricional do cafeeiro, identificando os nutrientes que estariam limitando a produção e qualidade da bebida do café e assim, permitindo fazer um diagnostico nutricional, calibrar e recomendar a adubação, evitando a aplicação desnecessária de certos nutrientes, bem como daqueles em doses excessivas. Possibilitando, portanto, reduzir custos, aumentar a eficiência do programa de adubação e produção de cafés de melhor qualidade.

O reflexo da adubação é de grande importância, porque a nutrição mineral parece ser importante fator tanto na produção como na qualidade do café, uma vez que esta tem muita influência na cotação do café no mercado. Embora a adubação influa na qualidade, são escassos os trabalhos que relacionam a composição mineral das folhas com a qualidade do café.

Os objetivos deste trabalho foram: (a) estabelecer as normas DRIS, propor método e faixas adequadas para teores foliares de nutrientes e diagnose nutricional dos cafeeiros (*Coffea arabica* L.) do Alto Vale do Jequitinhonha; (b) realizar o levantamento da qualidade da bebida do café e (c) estabelecer as normas DRIS, propor faixas adequadas de nutrientes e avaliar o estado nutricional dos cafeeiros para maior produtividade e melhor qualidade da bebida.

## **CAPÍTULO 1**

### **REFERENCIAL TEÓRICO**

## **1 Avaliação do estado nutricional das plantas**

A avaliação do estado nutricional das plantas é uma importante ferramenta para a adequada utilização de fertilizantes e tem como principal objetivo identificar os nutrientes que limitam o crescimento, o desenvolvimento e a produção das culturas (BOULD et al., 1960; MALAVOLTA et al., 1997; MARTINEZ et al., 1999; MALAVOLTA, 2006).

De acordo com Reis Júnior et al. (2002), o planejamento, a avaliação e a calibração da adubação no cafeeiro podem ser realizados por meio da análise de solo e da avaliação do estado nutricional das plantas, permitindo uso mais eficiente dos adubos, redução dos custos de produção e de perdas de fertilizantes, e a obtenção de altas produtividades e qualidades do produto. Dentre as ferramentas utilizadas para a realização da diagnose nutricional, existe a diagnose visual e a diagnose foliar.

### **1.1 Diagnose visual**

A diagnose visual fundamenta-se nos sintomas visuais que determinado órgão da planta exibe quando um nutriente está deficiente ou em excesso na planta. Em geral, a folha é o órgão da planta que mais rapidamente manifesta alterações visíveis em resposta a distúrbios nutricionais decorrentes de variações na disponibilidade de nutrientes no solo (MALAVOLTA et al., 1997). Entretanto, outros órgãos da planta podem exibir sintomas mais característicos do que as folhas (REIS JÚNIOR, 1999).

Apesar de a diagnose visual ser uma metodologia fácil e rápida, esta pode ser de difícil aplicação no campo, principalmente quando mais de um nutriente estiver deficiente, ou também quando ocorre deficiência de um nutriente simultaneamente com toxidez de outro (BATAGLIA et al., 1992). Quando os sintomas se tornam visíveis, muitas vezes é inevitável a redução de produtividade da cultura no atual ciclo de crescimento. Outra limitação desta metodologia é a dificuldade de distinguir sintomas foliares causados por deficiência ou toxidez daqueles causados por algumas pragas e doenças (BATAGLIA et al., 1992), pois eles podem ser muito parecidos (MALAVOLTA et al., 1997).

## 1.2 Diagnose foliar

A diagnose foliar é um método de avaliação do estado nutricional das culturas em que se analisam determinadas folhas em períodos definidos da vida da planta. O motivo pelo qual se analisam as folhas é conhecido: elas são os órgãos que, como regra geral, refletem melhor o estado nutricional, isto é, respondem mais às variações no suprimento de um dado nutriente qualquer, seja pelo solo, seja pelo adubo (MALAVOLTA et al., 1997).

De acordo com Bataglia e Santos (2001), sobre os princípios da diagnose foliar, as folhas são consideradas como o foco das atividades fisiológicas dentro das plantas, de forma que, alterações na nutrição mineral são refletidas nas concentrações dos nutrientes nas folhas. Portanto, a utilização da análise foliar como critério diagnóstico baseia-se na premissa de existir relação entre o suprimento de nutrientes e os teores dos elementos, e que aumentos ou decréscimos nas concentrações se relacionam com produções mais altas ou baixas, respectivamente (MALAVOLTA et al., 1997; MARTINEZ et al., 1999; MALAVOLTA, 2006).

Neste contexto, da relação entre produção, suprimento e concentração de nutriente nas folhas, Martinez et al. (1999) e Bataglia e Santos (2001), afirmam que, há uma relação bem definida entre a concentração dos nutrientes nos tecidos das plantas com seu crescimento ou produção. Essa relação caracteriza-se por uma curva na distinguem em cinco regiões. Na primeira, denominada região de deficiência, onde a planta apresenta sob severa deficiência, pode haver um decréscimo na concentração do nutriente com as primeiras aplicações de nutrientes, devido ao estímulo do crescimento e subsequente diluição do nutriente pela formação de material orgânico – efeito de diluição ou de Steembjerg. Na segunda região, sob deficiência moderada, a concentração do nutriente na planta permanece constante, apesar da crescente disponibilidade. Isso ocorre porque a maior absorção é compensada pela formação de mais material orgânico. Na terceira região, denominada região de adequação, há uma resposta no crescimento da produção, proporcional ao crescimento da concentração, até se atingir uma concentração ótima (nível crítico), acima da qual não há mais resposta na produção. Na quarta região, não se consegue aumento de produção, apesar do contínuo acúmulo do nutriente, o que se denomina consumo de luxo, podendo-se seguir uma fase, onde a absorção excessiva do nutriente pode provocar efeitos adversos de toxicidade, diminuindo o crescimento ou a produção da planta. Esta absorção excessiva a partir do aumento excessivo

do suprimento de dado nutriente e de seu teor foliar é a quinta região, ou também conhecida região de toxidez.

Portanto, o conhecimento dos teores de nutrientes nos tecidos das plantas relacionados com cada uma dessas regiões permite avaliar o estado nutricional das culturas por meio de análises química das folhas (MALAVOLTA e MALAVOLTA, 1989; MALAVOLTA et al., 1997; MARTINEZ et al., 1999).

A análise química de folhas objetiva determinar quantitativamente os elementos presentes no tecido vegetal, sendo considerada o único teste de diagnóstico que permite uma apresentação geral dos teores dos nutrientes dentro da planta, na época em que a amostra foi tomada. Ela pode ser usada com os seguintes objetivos: determinação de problemas nutricionais; avaliação de programas de adubação; estudo de interações nutricionais; determinação da fome oculta (CRESTE et al., 1999).

De acordo com Silva (2004), o teor de um dado nutriente dentro da planta é um valor integral de todos os fatores que interagiram para afetá-lo. Neste sentido, para que a diagnose foliar seja aplicada com sucesso, são necessários que se cumpram três etapas: A primeira delas refere-se à padronização de procedimentos de amostragem, preparo das amostras e análise química do tecido. A segunda refere-se à obtenção de padrões de referência e a terceira refere-se à interpretação dos resultados analíticos (MARTINEZ et al., 1999).

A amostragem é a fase onde ocorrem os erros que mais dificultam a interpretação dos resultados da análise foliar. Há necessidade de padronização para minimizar os efeitos dos diversos fatores que afetam a composição das folhas. A maior precisão é obtida por meio de amostras compostas, onde plantas distribuídas pela área são amostradas e as folhas são juntadas. Amostras seletivas de plantas individuais são utilizadas para finalidades específicas (MALAVOLTA et al., 1997).

Existe na literatura ampla divulgação de procedimentos para amostragem, destacando-se as publicações de Trani et al. (1983); Martin-Prevel et al. (1987); Benton Jones et al. (1991); Mills e Jones Junior (1996); Rajj et al. (1997); Malavolta et al. (1997) e Martinez et al. (1999).

Quanto aos padrões de referência, estes podem ser obtidos de populações de plantas da mesma espécie e variedade altamente produtivas, ou de ensaios em condições controladas (MALAVOLTA et al., 1997). Vários fatores, como clima, tipo de solo, disponibilidade de água e de nutrientes no solo, interação entre nutrientes no solo e na planta, idade da cultura, porta-enxerto, ataque de pragas e doenças, uso de defensivos ou adubos foliares e práticas de manejo da cultura, dentre outros, influenciam a composição mineral dos tecidos vegetais



(BATAGLIA et al., 1992; MALAVOLTA et al., 1997; MARTINEZ et al., 1999; CARVALHO et al., 2001).

A interpretação dos resultados da análise química foliar identifica os nutrientes que podem estar limitando o crescimento, o desenvolvimento, a produção e qualidade dos produtos gerados; de acordo com Malavolta et al. (1997), ao se planejar o monitoramento nutricional deve-se, antecipadamente, determinar quais serão os processos diagnósticos que serão utilizados na interpretação dos dados, desde que dependendo do método escolhido, a metodologia para o monitoramento deverá apresentar características distintas.

Um dos maiores entraves à maior utilização da análise química de folhas é a falta de um método capaz de proporcionar diagnósticos eficientes. O termo “diagnóstico eficiente” diz respeito à forma prática de obterem conclusões verdadeiras das condições nutricionais e dos tratamentos a serem realizados nas mesmas, prioritariamente, no mesmo ano agrícola (CRESTE et al., 1999).

Os métodos utilizados para interpretar a análise química foliar são: níveis críticos (NC), faixas de suficiência (FS) e o sistema integrado de diagnose e recomendação (DRIS), entre outros (MALAVOLTA et al., 1997; MARTINEZ et al., 1999; REIS JÚNIOR, 1999; SILVA, 2004; MARTINEZ et al., 2004 e MALAVOLTA, 2006).

## **1.2.1 Métodos de interpretação dos resultados da análise foliar**

### **1.2.1.1 Nível crítico (NC)**

O nível crítico de um nutriente tem sido definido como aquela concentração na folha abaixo da qual a taxa de crescimento, produção ou a qualidade dos produtos são significativamente diminuídas (BATAGLIA et al., 1992; BATAGLIA e SANTOS, 2001), ou corresponde à concentração, em que uma parte específica da planta em determinado estágio de crescimento, na qual ocorre redução de 5% ou 10% na produtividade máxima (ULRICH e HILLS, 1967; SUMNER, 1979; REIS JÚNIOR, 1999; MARTINEZ et al., 2003).

De acordo com Bataglia et al. (1992) e Martinez et al. (1999), este método compara a concentração de determinado nutriente na amostra em teste com o valor aceito como norma, este valor aceito como norma ou padrão de referência pode ser obtido de populações de

plantas da mesma espécie e variedade altamente produtivas, ou de ensaios em condições controladas. Se a amostra em teste apresentar concentração igual ou superior a da norma considera-se que esteja bem nutrida e, se for inferior, a planta poderá apresentar problemas nutricionais quanto ao elemento em questão.

Cabe ressaltar que os níveis críticos, embora sejam largamente utilizados, apresentam algumas limitações, pois a correta interpretação das concentrações foliares pode ser apenas obtida quando a amostragem está restrita ao mesmo órgão e estágio de crescimento nos quais os valores de referência foram estabelecidos (ELWALI et al., 1985; DARA et al., 1992; MARTINEZ et al., 1999; MARTINEZ et al., 2004), já que as concentrações dos vários nutrientes variam em função da idade e do órgão vegetal amostrado (WALWORTHY e SUMNER, 1987; MARTINEZ et al., 1999). Portanto, a menos que a amostra seja retirada na época e parte da planta corretas, o uso do nível crítico pode tornar-se inadequado ou insuficiente para a diagnose do estado nutricional (MARTINEZ et al., 1999). Alternativamente, foi sugerido o uso de faixas de suficiência para contornar os problemas gerados com o uso do nível crítico (SUMNER, 1979; MARTINEZ et al., 2003).

#### **1.2.1.2 Faixa de suficiência (FS)**

Para a maioria das culturas geralmente não existe um determinado ponto de ótima produção, mas sim uma determinada faixa, porque o aumento de produção obtido com doses crescentes de nutrientes é sempre associado a um erro. O mesmo é verdadeiro em relação à concentração adequada ou nível crítico. Por isso, às vezes é conveniente se recomendar níveis de adubação suficientes para manter as concentrações de nutrientes um pouco acima do nível crítico, numa faixa de suficiência (BATAGLIA e SANTOS, 2001).

Em princípio, as faixas de suficiência são divididas em cinco níveis de acordo com Cottenie (1980): (1) deficiência aguda: sintomas visuais e efeito direto da fertilização e aplicação foliar, início do limite de sintomas visuais; (2) deficiência latente: sem sintomas visuais, de aumento de produção e qualidade pela fertilização, início do limite de resposta de produção; (3) níveis adequados: estado ótimo de nutrição com bom crescimento e geralmente boa qualidade; (4) níveis altos: consumo de luxo com bom crescimento, mas com acúmulo interno de nutrientes e possíveis interações, início do nível inicial de toxicidade e (5) níveis tóxicos: decréscimo de produção possivelmente com sintomas visuais.

Segundo Bataglia e Santos (2001), em muitas publicações podem ser encontradas tabelas contendo faixas de concentração de nutrientes equivalentes a teores baixos, suficientes e altos para mais de uma centena de plantas, abrangendo culturas agrônomicas. No entanto, deve-se lembrar que as calibrações não são universais, por isso é conveniente sempre ter valores de referência locais.

O método da faixa de suficiência é muito utilizado. A concentração observada na amostra em teste é comparada com faixas de suficiência consideradas adequadas. Esse método é menos afetado por pequenos efeitos locais de ambiente e da própria planta, quando comparado ao nível crítico, uma vez que os limites das faixas de suficiência são maiores (BATAGLIA et al., 1992). A adoção de faixas de suficiência melhora flexibilidade na diagnose, embora haja perda na exatidão, principalmente quando os limites das faixas são muito amplos (SUMNER, 1979; MARTINEZ et al., 1999).

### **1.2.1.3 Sistema integrado de diagnose e recomendação (DRIS)**

O Sistema Integrado de Diagnose e Recomendação (DRIS), desenvolvido por Beaufils (1973), é um outro sistema de interpretação de resultados de análise de tecidos vegetais (MARTINEZ et al., 1999). Segundo Sumner (1979); Jones Jr (1993), Martinez et al. (1999); Reis Júnior et al. (2002); Silva et al. (2003); Silva et al. (2004); Barbosa et al. (2006); Partelli et al. (2006a); Wadt et al. (2007), o DRIS foi desenvolvido para fornecer uma diagnose válida independente da idade ou órgão da planta amostrado e classificar os nutrientes na sua ordem de limitação ao crescimento e desenvolvimento das plantas, permitindo um uso universal das normas DRIS. Ao DRIS também é atribuída a vantagem de identificar alguns casos em que a produção está limitada por desequilíbrio nutricional, mesmo quando nenhum dos nutrientes está abaixo de seu nível crítico (BALDOCK e SCHULTE, 1996). As desvantagens do DRIS são: complexidade da metodologia (BALDOCK e SCHULTE, 1996), não indicar a probabilidade de resposta à adição do nutriente considerado limitante (SILVA, 2004), e dependência entre os índices, ou seja, o teor de um nutriente pode afetar a interpretação de outro nutriente (BALDOCK e SCHULTE, 1996).

O DRIS baseia-se no cálculo de um índice para cada nutriente, comparando-se as relações entre um nutriente e cada um dos demais nutrientes na amostra sob diagnose com as relações envolvendo esse mesmo nutriente em uma população de referência (BATAGLIA e

SANTOS, 2001). Portanto, o índice DRIS de um nutriente nada mais é do que a média dos desvios das relações contendo um determinado nutriente em relação a seus respectivos valores ótimos (BAILEY et al., 1997). Cada relação entre nutrientes na população de alta produtividade constitui uma norma DRIS e tem sua respectiva média e coeficiente de variação.

De acordo com Beaufils (1973), Jones (1981); Wadt (1996), Wadt e Novais (1999), o primeiro passo para a utilização do DRIS é o estabelecimento das normas DRIS, que constituem nas seguintes etapas: (1ª etapa) criação de banco de dados relacionando teores foliares e produtividade; (2ª etapa) divisão do banco de dados em grupo de alta e baixa produtividade; (3ª etapa) cálculos das relações entre teores de nutrientes nos grupos de alta e baixa produtividade; (4ª etapa) teste da normalidade das relações entre teores de nutrientes do grupo de alta produtividade pelo teste de Lilliefors; (5ª etapa) cálculos das médias, coeficientes de variação (cv) e variâncias ( $S^2$ ) das relações entre teores de nutrientes nos grupos de alta e baixa produtividade e da razão entre variâncias dos grupos de baixa e alta produtividade; (6ª etapa) escolha das relações entre nutrientes para compor as normas DRIS.

A escolha da forma de expressão da relação entre dois nutrientes (ex.: N/P ou P/N) ao utilizar o DRIS é objeto de várias discussões. O motivo para se trabalhar com apenas uma forma de expressão baseia-se na suposição de que ambas as formas (direta e inversa) de uma mesma relação indicam o balanço nutricional no mesmo sentido, havendo apenas diferenças no grau de estimativa do equilíbrio nutricional (WADT, 1996); assim, a forma de expressão que tem a maior capacidade de diferenciar amostras de lavouras nutricionalmente equilibradas daquelas desequilibradas deveria ser utilizada. Vários autores (MALAVOLTA et al., 1997; HARTZ et al., 1998) recomendam usar no cálculo do DRIS aquela relação entre dois nutrientes que apresenta o maior quociente entre as variâncias das populações de baixa e alta produtividade, garantindo um maior potencial para identificar lavouras nutricionalmente desequilibradas. Entretanto, Bataglia e Santos (1990), não encontraram diferenças na ordem de limitação para N, P e K usando relações diretas e inversas entre estes nutrientes.

Com as normas DRIS estabelecidas, os índices DRIS são calculados a partir de relações binárias entre os nutrientes, de forma a minimizar-se o efeito não controlado de diluição e de concentração e maximizando-se as variações existentes entre os nutrientes. E para cada nutriente de acordo com Jones (1981), utiliza-se a seguinte fórmula para o cálculo do índice:  $IN = [Z(A/B) + Z(A/C) + \dots + Z(A/N) - Z(B/A) - Z(C/A) - \dots - Z(N/A)] / [(n+m)]$ , em que,  $Z(A/B) = [(A/B) - (a/b)] \cdot K/s$ , onde,  $Z(A/B)$  é a função da relação entre os nutrientes A e B da amostra;  $(A/B)$  é o valor da relação entre os nutrientes A e B na amostra;  $a/b$  é o valor da

norma média para as relações A/B, na população de referência; K é o valor constante de sensibilidade; s é o desvio padrão dos valores da relação A/B, da população de referência; n é o número de funções onde o nutriente A aparece no denominador; m é o número de funções onde o nutriente A aparece no numerador.

Índice DRIS negativo indica que o nutriente está abaixo do nível ótimo, enquanto que índice DRIS positivo indica que o nutriente está acima do nível ótimo (BALDOCK e SCHULTE, 1996). Se o índice DRIS de um nutriente é igual à zero, este elemento é considerado estar em perfeito equilíbrio com os outros nutrientes (BEAUFILS, 1971; DAVEE et al., 1986; COSTA, 1995). Os índices dos nutrientes em uma amostra podem variar de positivos a negativos, mas o somatório destes índices sempre será igual à zero. O somatório dos valores absolutos destes índices forma o Índice de Equilíbrio Nutricional (IEN) (BALDOCK e SCHULTE, 1996), que expressa o equilíbrio nutricional da lavoura amostrada e pode ser obtido pela equação  $IEN = |IN_A| + |IN_B| + \dots + |IN_N|$ . Quanto menor o IEN, menor será o desequilíbrio entre nutrientes (BATAGLIA e SANTOS, 1990; LEITE, 1993; BALDOCK e SCHULTE, 1996).

Comparações entre o DRIS e outros métodos de diagnose nutricional, principalmente o nível crítico e a faixa de suficiência, têm sido realizadas por vários autores (WALWORTH e SUMNER, 1987; DARA et al., 1992; SOLTANPOUR et al., 1995; BALDOCK e SCHULTE, 1996; BAILEY et al., 1997; SILVA, 2004). Os resultados obtidos da comparação entre estes três métodos são contraditórios, pois há autores que afirmam que a interpretação da diagnose baseada no DRIS não é satisfatória (JONES JUNIOR, 1993; SOLTANPOUR et al., 1995; BALDOCK e SCHULTE, 1996), enquanto que outros afirmam o inverso (BAILEY et al., 1997; MARTINEZ et al., 1999; SILVA et al., 2003; SILVA, 2004; PARTELLI et al. 2006a).

Diversos autores têm adotado que a universalidade das normas DRIS é incontestável. De acordo com Payne et al. (1990), o DRIS tem sido uma técnica de diagnose de confiança para determinação de requerimentos nutricionais, independente de mudanças no método ou época de amostragem foliar. Segundo Sanchez et al. (1991), para uma determinada espécie, parece existirem relações específicas entre nutrientes para o máximo desempenho da cultura que transcendem condições locais, como solo e clima, e que são afetadas de forma mínima. Payne et al. (1990), afirmam que após o desenvolvimento das normas DRIS para uma espécie, estes parâmetros de referência podem ser usados independentemente da variedade cultivada ou condições locais, pois segundo Sanchez et al. (1991), as relações entre nutrientes usadas no DRIS ocasionalmente são menos sensíveis a diferenças causadas pelos efeitos da posição da folha, culturas e condições de clima e solo que a técnica de faixa de suficiência.

Entretanto, o uso universal das normas DRIS tem sido questionado (HALLMARK e BEVERLY, 1991), pois diferenças entre normas geradas a partir de populações e locais distintos têm sido encontradas (WALWORTH et al. 1986; BATAGLIA e SANTOS, 1990; DARA et al., 1992; REIS JÚNIOR, 1999), demonstrando que as normas DRIS não são inteiramente independentes de condições locais ou época de amostragem (JONES JUNIOR, 1993). Segundo Walworth e Sumner (1987), se as normas DRIS desenvolvidas sob um conjunto de condições forem aplicadas em outras, ou seja, usadas universalmente, a composição dos nutrientes minerais das populações de alta produtividade dessas diferentes regiões geográficas e condições climáticas deve ser muito semelhante. Poucos foram os pesquisadores que compararam normas DRIS desenvolvidas em locais diferentes, como Dara et al. (1992), que encontraram diagnoses mais precisas quando usaram normas DRIS locais na avaliação do estado nutricional de milho. Sabe-se que a concentração de elementos móveis na folha diminui com a idade, enquanto que a concentração de elementos imóveis aumenta, logo, a relação entre um nutriente móvel e um imóvel não poderia se manter constante ao longo do tempo, derrubando uma das premissas para o uso do DRIS em qualquer época de amostragem. Assim, suspeita-se que esta universalidade atribuída às normas DRIS possa ser responsável por falhas de diagnose encontradas com esta metodologia.

O DRIS tem sido aplicado em várias culturas, como a cana-de-açúcar (ZAMBELLO JUNIOR et al., 1981; ELWALI e GASCHO, 1983; ELWALI e GASCHO, 1984; BEVERLY, 1991; REIS JÚNIOR, 1999; REIS JÚNIOR e MONNERAT, 2002; REIS JÚNIOR e MONNERAT, 2003), soja (BEVERLY, 1993; MOEDA, 2003; RONZELLI e LUCCCHESI, 2004; URANO et al., 2006), citros (BEVERLY et al., 1984; MALAVOLTA et al., 1994; CERDÁ et al., 1995; SALVO, 2001), milho (ESCANO et al., 1981; ELWALI et al., 1985; SOLTANPOUR et al., 1995; SANTOS JUNIOR et al., 2006; ROCHA et al., 2007), eucalipto (SILVA et al., 2004; WADT, 2004; ASSIS, et al., 2006) e banana (TEIXEIRA et al., 2002; SILVA e CARVALHO, 2005; TEIXEIRA et al., 2007).

Trabalhos verificando a diagnose nutricional do cafeeiro pelo uso do DRIS no Brasil foram desenvolvidos por Arboleda et al. (1988); Leite (1993); Costa (1995); Costa e Bragança (1996); Costa e Prezotti (1997); Costa (1999); Wadt et al. (1999); Alvarez et al. (2000); Menezes et al. (2000); Arizaleta et al. (2002); Reis Júnior et al. (2002); Silva et al. (2003); Bataglia et al. (2004); Martinez et al. (2004); Watd (2005); Barbosa et al. (2006); Partelli et al. (2006a) e Partelli et al. (2006b).

No estado de Minas Gerais, importantes contribuições da diagnose foliar com o uso do DRIS para o cafeeiro foram feitas por Costa e Prezotti (1996); Alvarez et al. (2000); Menezes

et al. (2000); REIS JÚNIOR et al. (2002); Silva et al. (2003). No entanto, os trabalhos desenvolvidos se concentram nas regiões do Sul de Minas, Zona da Mata e Triângulo Mineiro.

Para o Vale do Jequitinhonha, região recente no cenário da cafeicultura, trabalhos de avaliação do estado nutricional do cafeeiro ainda são incipientes. Neste contexto, torna-se indispensável pesquisa para esta região, em vista, que esta apresenta significativo parque cafeeiro, contribuindo consideravelmente para a produção de café do estado, gerando empregos e divisas.

## **2 Avaliação da qualidade do café**

A qualidade dos produtos agrícolas não é facilmente definida ou medida como se faz para produção (SILVA, 1999). O padrão de qualidade depende de propósitos, pelos qual a planta ou parte dela é utilizada (MENGEL e KIRKBY, 1987). De acordo com Malavolta (2000), a qualidade do café refere-se ao conjunto de características do grão ou da bebida que imprimem a este valor comercial.

Sabe-se que o café arábica (*Coffea arabica* L.) tem um melhor valor comercial em relação ao café robusta (*Coffea canephora* L.), pelo seu sabor mais agradável (SILVA, 1999). No entanto, quanto à qualidade de bebida, há poucas informações sobre os componentes de diferentes espécies de café. A literatura aponta algumas características satisfatórias de uma espécie em relação à outra (teores mais elevados de ácido clorogênico e aproximadamente o dobro de cafeína no café robusta quando comparado ao café arábica), porém estes fatos isoladamente não asseguram a diferenciação de qualidade entre os mesmos (FELDMAN et al., 1969; CLIFFORD e RAMIREZ-MARTINEZ, 1991).

Diversos fatores influenciam a composição química do grão e, conseqüentemente, a qualidade do café produzido. Dentre eles podem-se destacar fatores genéticos (tipo de cultivar) ambientais (diferentes condições edafoclimáticas) e culturais (condições de manejo) (CLIFORD, 1985; PRETE, 1992; CARVALHO et al., 1997; MALTA et al., 2002; MENDONÇA, 2004; CHAGAS et al., 2005).

O café de boa qualidade requer cuidados especiais, de forma que, em se tratando das condições de manejo, as adubações e o estado nutricional da planta influenciam na composição do grão cru e, conseqüentemente, na qualidade da bebida (SILVA, 1999; SILVA

et al., 2003). A nutrição mineral do cafeeiro é um importante fator, principalmente quando há acentuada deficiência ou excesso de algum nutriente (AMORIM, 1978). Entretanto, trabalhos que relacionam fontes e doses de nutrientes com a qualidade do café são ainda incipientes (PASIN, 2000; THEODORO, 2001), embora diversos autores relatem que a composição química dos grãos e a qualidade da bebida do café podem ser influenciadas pelas adubações (AMORIM et al., 1967; AMORIM et al., 1974; SILVA, 1999; CHALFOUN e CARVALHO, 2001; MALTA et al., 2002; SILVA et al., 2003). Portanto, o reflexo da nutrição mineral é um fator essencial tanto na produção como na qualidade, porque esta determina seu preço e, conseqüentemente, a cotação deste no mercado (SILVA et al., 2003).

No entanto, pouca importância tem sido dada à correlação do estado nutricional do cafeeiro, com parâmetros de composição mineral do grão e, conseqüentemente, com a qualidade da bebida do café. A composição mineral do grão assim como a quantidade de compostos orgânicos formados pode variar com o estado nutricional do cafeeiro. Neste sentido, o equilíbrio do estado nutricional do cafeeiro para a formação do sabor e do aroma é importante para a obtenção de bebida de boa qualidade (SILVA, 1999; MALTA et al., 2002).

A qualidade da bebida do café está diretamente relacionada com diversos constituintes físicos, físico-químicos e químicos (FAVARIAN et al., 2004), que são responsáveis pela aparência do grão torrado, pelo sabor e aroma característicos das bebidas; e dentre estes constituintes destacam-se os compostos voláteis, fenólicos (ácido clorogênico), ácidos graxos, proteínas e algumas enzimas, cuja presença, teores e atividades conferem ao café um sabor e aroma peculiares (AMORIM, 1968).

Segundo Amorim e Silva (1968), os compostos fenólicos, principalmente os ácidos, clorogênico e caféico, exercem função protetora, antioxidante dos aldeídos. Quando há qualquer condição adversa aos grãos, ou seja, colheita inadequada dos frutos, problemas no processamento e armazenamento, as enzimas polifenoloxidasas agem sobre os polifenóis diminuindo sua ação antioxidante sobre os aldeídos, facilitando a oxidação destes, ao mesmo tempo em que produzem quinonas, as quais agem como substrato inibidor da ação da polifenoloxidase. Devido a isto, os cafés de pior qualidade, ou seja, os que tiveram seu sabor afetado por condições adversas, têm baixa atividade da polifenoloxidase (CARVALHO et al., 1994; SILVA, 1999; CHAGAS et al., 2005).

A relação entre oxidação de compostos fenólicos por enzimas como a polifenoloxidase tem sido objetivo de várias pesquisas. Para Amorim (1978), o mecanismo de oxidação destas substâncias é um dos principais eventos bioquímicos indutores da depreciação da qualidade da bebida do café. A polifenoloxidase é uma enzima cúprica (ROBINSON e ESKIN, 1991)



que de acordo com vários autores, se mostra diretamente relacionada com a qualidade da bebida do café (AMORIM e SILVA, 1968; AMORIM, 1978; LEITE, 1991; CARVALHO et al., 1994; CHAGAS et al., 1996b; PIMENTA, 1995; CHALFOUN, 1996; PEREIRA, 1997; MAZZAFERA et al., 2002; SILVA et al., 2003).

Esta enzima “in vivo” se encontra ligada às membranas celulares e já foi detectada nas diferentes partes dos frutos do café, portanto e quando estas sofrem danos, liberam-se as enzimas ativando-as e tornando-as passíveis de reação com substratos fenólicos intra e extra-celulares (AMORIM, 1978). Esta catálise consiste de dois tipos distintos de reações, ambas envolvendo os compostos fenólicos: hidroxilação de monofenóis gerando os o-difenóis e remoção de hidrogênio destes últimos originando as o-quinonas (ZAWISTOWSKI et al., 1991). As o-quinonas produzidas exerceriam sobre a polifenoloxidase uma inibição competitiva através de ligação covalente no sítio ativo da enzima ou nas proximidades do mesmo, ocasionando a redução da atividade enzimática (WHITAKER, 1972).

Carvalho et al. (1994), verificaram haver variações da atividade enzimática da polifenoloxidase, que permitem separar as classes de bebida, mostrando para o café “riado e rio” atividades inferiores a  $55,99 \text{ U g}^{-1}$  de amostra; nos cafés de bebida “dura” atividades entre  $55,99$  e  $62,98 \text{ U g}^{-1}$  de amostra; nos cafés de bebida “mole” atividades entre  $62,98$  e  $67,65 \text{ U g}^{-1}$  de amostra e nos cafés de bebida “estritamente mole” atividades superiores a  $67,65 \text{ U g}^{-1}$  de amostra, constatando assim um aumento significativo na atividade da polifenoloxidase à medida que o café se apresenta de melhor qualidade. A partir deste trabalho os autores possibilitaram a classificação de forma objetiva dos cafés quanto à qualidade dando maior segurança às classificações pelo teste subjetivo da prova de xícara, rotineiramente utilizadas nas avaliações qualitativas de cafés.

Segundo Pinto (2002), na classificação técnica oficial, a bebida pode receber as seguintes denominações: estritamente mole é considerada bebida de sabor suavíssimo e adocicado; mole como bebida de sabor suave, acentuado e adocicado; apenas mole como bebida de sabor suave com leve adstringência; dura como bebida com sabor adstringente e gosto áspero; riada como bebida com leve sabor de iodofórmio ou ácido fênico; rio como bebida com sabor forte e desagradável, lembrando iodofórmio ou ácido fênico e rio zona como bebida de sabor o odor intoleráveis ao paladar e ao olfato.

Quimicamente, a acidez dos grãos de café é constituída predominantemente por ácidos não-voláteis como oxálico, málico, cítrico, tartárico, pirúvico e ácidos voláteis representados pelo ácido acético, propiônico, valérico e butírico (FELDMAN et al., 1969). Estes ácidos são

originários de diversas rotas bioquímicas, bem como da fermentação dos açúcares existentes na polpa e na mucilagem dos frutos por microrganismos (FAVARIAN, et al., 2004).

O teor de acidez titulável total em grãos de café pode variar de acordo com os graus e natureza de fermentações que ocorrem nos grãos e também com os diferentes estádios de maturação dos mesmos. Como suporte para auxiliar na avaliação da qualidade de bebida do café. Alguns autores como Arcila-Pulgarin e Valência-Aristizabal (1975), verificaram em seus trabalhos que frutos verdes de café possuem menores valores de acidez titulável, que aumentavam à medida que avançava o processo de maturação dos frutos.

Os principais ácidos do café são o málico e cítrico, responsáveis por uma acidez desejável que proporciona um sabor ácido característico do produto. Nos frutos de café podem ocorrer diferentes tipos de fermentações, que alteram a acidez titulável total, sabor, aroma e cor destes frutos. Os açúcares presentes na mucilagem, quando na presença de microrganismos, ou sob condições anaeróbicas, são fermentados produzindo álcool, que é desdobrado em ácido acético, láctico, propiônico e butírico. A partir destes dois últimos ácidos já se observam prejuízos acentuados na qualidade da bebida do café (BITANCOURT, 1957; CHALFOUN, 1996).

Os analistas sensoriais da OIC (ORGANIZAÇÃO INTERNACIONAL DO CAFÉ...,1991b) destacam que a acidez desejável da bebida (“acidity”) é conferida pelos ácidos málico e cítrico, enquanto que uma acidez imprópria ou indesejável (“sourness”) é proveniente provavelmente de fermentações excessivas dos frutos. Os membros desta Organização, avaliando cafés produzidos na região de Poços de Caldas, verificaram maior acidez, porém aceitável, nos cafés classificados como bebida dura (ORGANIZAÇÃO INTERNACIONAL DO CAFÉ...,1991a).

No trabalho de Carvalho et al. (1994), houve diferenças nos valores de acidez titulável total em cafés com diferentes qualidades de bebida, ou seja, valores médios de 211,2; 218,3; 235,5; 250,4; 272,2 e 284,5 mL de NaOH ( $0,1\text{mol L}^{-1}$ )  $100\text{g}^{-1}$  de amostra respectivamente para café de bebida “estritamente mole”, “mole”, “apenas mole”, “dura”, “riada” e “rio”. Ressaltaram a importância da utilização da acidez titulável total, junto à atividade da polifenoloxidase e índice de coloração como suporte para uma maior eficiência da classificação sensorial.

A coloração dos grãos de café é influenciada por inúmeros fatores como, a umidade relativa do ar, luminosidade no local de armazenamento, injúrias sofridas pelos grãos, estágio de maturação em que são colhidos os frutos entre outros (LOPES et al., 1998). Carvalho et al. (1994), trabalhando com cafés de diferentes qualidades de bebida, observaram que o índice de

coloração decrescia com piora da qualidade da bebida do café obtendo valores de 0,884; 0,791; 0,746; 0,569 e 0,533 *nm* para cafés de bebida “estritamente mole”, “mole”, “apenas mole”, “dura”, “riada” e “rio”, respectivamente.

Pinto et al. (2002), relacionando a qualidade da bebida do café expresso com o pH, a acidez titulável total, o índice de coloração e os sólidos solúveis nos padrões de bebida do café, observaram não haver diferença significativa quanto ao índice de coloração nos padrões de bebida estudados, exceto para a bebida mole, que apresentou maior valor.

De acordo com Amorim (1972), os açúcares não parecem afetar a qualidade do café de um modo geral. No entanto, deve ressaltar-se que os açúcares participam de importantes reações químicas que ocorrem durante a torração, como reação de Maillard e caramelização, que serão responsáveis pela formação da cor, sabor e aroma peculiares da bebida (PEREIRA, 1997).

Para a OIC (ORGANIZAÇÃO INTERNACIONAL DO CAFÉ..., 1991a), a doçura é uma das características de sabor desejáveis nos cafés Gourmets, e a presença de certos compostos orgânicos no café cru, podem servir de padrões da qualidade. Ainda é discutível qual deve ser o tipo e concentração de açúcares nos grãos que exerceria maior influência na qualidade da bebida. No entanto, sabe-se que a sacarose é degradada praticamente quase que em sua totalidade, durante a torração originando açúcares menores, precursores de ácidos e aldeídos, responsáveis pelo *flavor*.

O teor de açúcar pode estar diretamente relacionado com as condições climáticas das diferentes regiões onde é produzido o café. Chagas et al. (1996a), obtiveram teores médios de 1,87 % de açúcares redutores em cafés da região do Triângulo Mineiro/Alto Paranaíba, 1,39 % para os do Sul de Minas Gerais e 0,95 % em amostras da Zona da Mata. O maior teor de açúcares redutores encontrado em amostras do Triângulo Mineiro/Alto Paranaíba talvez possa ser atribuído às condições climáticas desta região que propiciam um amadurecimento mais uniforme dos frutos com maior acúmulo destes. Todavia são necessários mais estudos correlacionando o clima com aspectos qualitativos de bebida do café. Em relação aos açúcares totais, os teores variaram de 7,03 % para o Sul de Minas, 5,32 % para Zona da Mata e 7,75 % para amostras do Triângulo Mineiro e Alto Paranaíba (CHAGAS et al., 1996a).

## **CAPÍTULO 2**

### **DIAGNOSE NUTRICIONAL DE CAFEIROS DA REGIÃO DO ALTO VALE DO JEQUITINHONHA (MG): NORMAS DRIS E FAIXAS CRÍTICAS DE NUTRIENTES**

## 1 INTRODUÇÃO

O Vale do Jequitinhonha apresenta como a mais nova região no cenário cafeeiro do estado de Minas Gerais, com uma área plantada de aproximadamente 23.850 hectares (CONAB ..., 2007).

Dentre os fatores que dificultam a expansão da cafeicultura no Alto Vale do Jequitinhonha estão o baixo nível tecnológico dos produtores e a falta de incentivo e assistência técnica, o que culmina com baixas produtividades, resultante, entre outros fatores, da nutrição inadequada das plantas.

O cafeeiro tem como característica uma grande exportação de nutrientes do solo, necessitando de adequada aplicação de corretivos e fertilizantes para alcançar altas produtividades. O elevado preço dos adubos exige que esses insumos sejam aplicados de forma econômica e eficiente (CORRÊA et al., 2001). Dessa forma para uma adequada recomendação de adubação, é necessário identificar aqueles nutrientes limitantes para a obtenção de altas produtividades. Essa identificação, normalmente feita pela avaliação da fertilidade do solo, tem sido respaldada pela diagnose nutricional de plantas (REIS JÚNIOR et al., 2002).

O uso da diagnose foliar tem se mostrado bastante eficaz na avaliação do estado nutricional dos cafeeiros, por considerar as folhas como o centro das atividades fisiológicas das plantas; esse fato é fundamental como critério de diagnóstico na utilização da análise foliar, tomando-se como premissa a existência de uma relação significativa entre o suprimento de nutrientes e seus teores na planta, e utilizando a planta tal qual uma solução extratora dos nutrientes do solo, identificados pela análise (SILVA, 1999).

Estudos para o diagnóstico dos fatores nutricionais que limitam a produtividade do cafeeiro (*Coffea arabica* L.), com o objetivo de proporcionar um manejo adequado e reduzir os custos de exploração desta cultura, foram realizados em várias regiões produtoras do estado de Minas Gerais por Corrêa et al. (2001) e Reis Júnior et al. (2002), na região do Sul de Minas e por Martinez et al. (2003), nas regiões da Zona da Mata, Alto Paranaíba e Sul de Minas. As normas DRIS ainda não foram estabelecidas para os cafeeiros do Alto Vale do Jequitinhonha, região recente no cultivo desta cultura. Assim, a inexistência dessas normas impede que o DRIS seja aplicado nesta cultura nessa região.

Portanto, dentre as ferramentas utilizadas para a realização da diagnose nutricional de plantas, destaca-se o Sistema Integrado de Diagnose e Recomendação (DRIS), desenvolvido

por Beaufils (1973). Este sistema de interpretação de resultados de análises de tecidos vegetais, compara razões entre pares de nutrientes de uma lavoura amostrada com valores de referência (normas DRIS) de um grupo de produtividade desejada por meio de uma fórmula padrão relativamente complexa, calculando um índice para cada nutriente envolvido na diagnose. O índice DRIS negativo indica que o nutriente está em deficiência relativa, enquanto o índice DRIS positivo indica excesso relativo do referido nutriente. Considera-se um determinado nutriente em perfeito equilíbrio com os demais quando o seu índice DRIS for igual a zero (PAYNE et al., 1990). Os índices dos nutrientes em uma amostra podem variar de positivos a negativos, mas o somatório destes índices sempre é igual a zero (ELWALI & GASCHO, 1983).

Na determinação dos teores foliares adequados, tem sido adotado um método, que utiliza índices obtidos com o DRIS. Esse método consiste em ajustar um modelo matemático para os índices DRIS de um nutriente conforme seu teor foliar; o teor foliar que resultar no modelo ajustado igual a zero é considerado como teor adequado (REIS JÚNIOR et al., 2002). No entanto, a desvantagem deste método é sua inabilidade em relacionar adequadamente a variação na concentração de nutrientes com base na matéria seca e a idade da planta (MARTINEZ et al., 2004). Esse método é menos afetado por pequenos efeitos locais de ambiente e da própria planta, quando comparado ao nível crítico, uma vez que os limites das faixas de suficiência são maiores (BATAGLIA et al., 1992). A adoção de faixas de suficiência melhora a flexibilidade na diagnose, embora haja perda na exatidão, principalmente quando os limites das faixas são muito amplos (SUMNER, 1979; MARTINEZ et al., 1999). No presente trabalho, será proposto um método de determinação de faixas críticas de concentração de nutrientes para cafeeiros da região do Alto Vale do Jequitinhonha através DRIS, com o propósito de superar as limitações do método dos teores foliares.

Os objetivos deste trabalho foram: (a) estabelecer as normas DRIS para cafeeiros dessa região; (b) propor um método de determinação e valores das faixas críticas dos teores dos nutrientes de referência para a diagnose nutricional de cafeeiros da região do Alto Vale do Jequitinhonha, por meio do DRIS.

## 2 MATERIAL E MÉTODOS

Foram selecionadas lavouras em 10 municípios produtores de café da região do Alto Vale do Jequitinhonha, MG, e em cada uma delas foram demarcados talhões de um hectare, a localização destes (longitude, latitude e altitude), foi feita através de GPS (Sistema de Posicionamento Global), marca GARMIN de navegação para auxiliar no georeferenciamento dos locais, e foi realizado a classificação do solo conforme Embrapa (2006), apresentado no apêndice A.

Em cada talhão escolhido na lavoura foram selecionadas 25 plantas onde foram coletadas amostras foliares para determinação do teor dos nutrientes e os respectivos valores de produção formando-se de um banco de dados, com informações de um período de dois anos (Safrá 2005 e 2006).

As amostragens para as determinações dos teores foliares dos nutrientes foram realizadas, segundo recomendação de Malavolta (1993), coletando-se o 3<sup>o</sup> e 4<sup>o</sup> par de folhas a partir da ponta do ramo lateral inserido na altura média da planta e ao redor da mesma, quando os frutos estavam no estágio de chumbinho (dezembro a janeiro dos respectivos anos), totalizando para a amostragem 250 folhas por talhão.

Após a coleta, as folhas foram acondicionadas em sacos de papel e enviadas para o Laboratório de Fertilidade do Solo da Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri (UFVJM). No laboratório, as folhas foram lavadas em água destilada e submetidas à secagem em estufa com circulação forçada de ar, regulada entre 65 a 70 °C, por 72 horas e moídas a seguida em moinho tipo Willey com peneira de 40 mesh, para realização das análises químicas. As folhas foram analisadas quimicamente para determinação dos teores de N, P, K, Ca, Mg, S, B, Cu, Fe, Mn e Zn, conforme método descrito por Malavolta et al. (1997). O N foi determinado pelo método micro Kjeldahl. No extrato, obtido por digestão nitroperclórica, foram determinados o P total, por colorimetria; os teores de Ca, Mg, Cu, Fe, Mn e Zn foram determinados por espectrofotometria de absorção atômica, o de K por fotometria de chama e o de S total pelo método turbidimétrico. O B foi extraído por incineração e determinado por colorimetria de azometina.

Avaliou-se a produção de frutos das 25 plantas, colhidos por derriça no pano. Depois de colhidos os frutos foram secos em terreiro cimentado, pesados e beneficiados. As quantidades de café beneficiado foram convertidas em produção de café em sacas beneficiadas de 60 kg por hectare.

Para o estabelecimento das normas DRIS para a diagnose nutricional dos cafeeiros da região do Alto Vale do Jequitinhonha (MG) foram utilizados os dados de produtividade de grãos de café e os teores foliares de nutrientes, formando um banco de dados que foi dividido em dois grupos: aquele com produtividade igual e superior a 30 sacas ha<sup>-1</sup> (grupo de referência) e outro com produtividade abaixo de 30 sacas ha<sup>-1</sup>.

A normalidade para as relações entre nutrientes obtidas no grupo de alta produtividade foi avaliada pelo teste de Lilliefors, descrito por Leite (1993). Médias de produtividade e teores de nutrientes do grupo de baixa e alta produtividade foram comparadas pela avaliação de seus intervalos de confiança. Para cada par de nutriente, a forma de expressão que forneceu a maior razão de variância entre os grupos definidos de referência ( $S^2_B/S^2_A$ ) foi selecionada como o parâmetro a ser usado no DRIS, conforme descrito por Walworth et al. (1986) e Hartz et al. (1998).

Pelas normas DRIS estabelecidas acima para os cafeeiros da região do Alto Vale do Jequitinhonha (MG) pode se calcular os índices DRIS, para cada nutriente, por meio da fórmula:

$$IN = [Z(A/B) + Z(A/C) + \dots + Z(A/N) - Z(B/A) - Z(C/A) - \dots - Z(N/A)] / [(n+m)].$$

Para o cálculo da função  $Z(A/B)$  foi utilizada a fórmula de Jones (1981):

$$Z(A/B) = [(A/B) - (a/b)] \cdot K/s, \text{ em que:}$$

$Z(A/B)$  = função da relação entre os nutrientes A e B da amostra;

$(A/B)$  = valor da relação entre os nutrientes A e B na amostra;

$a/b$  = valor da norma média para as relações A/B, na população de referência;

$K$  = valor constante e arbitrário (valor = 10);

$s$  = desvio padrão dos valores da relação A/B, da população de referência;

$n$  = número de funções onde o nutriente A aparece no denominador;

$m$  = número de funções onde o nutriente A aparece no numerador.

Para obter as faixas críticas de concentração de nutrientes para a diagnose nutricional dos cafeeiros da região do Alto Vale do Jequitinhonha foram ajustados modelos entre os índices DRIS obtidos e os teores foliares. Onde os modelos lineares ou logarítmicos foram ajustados por meio de análise de regressão (escolhendo se aquele de maior  $R^2$ ) entre os índices DRIS de determinado nutriente e respectivo teor foliar, usando o teor foliar como variável independente.

Os modelos ajustados foram igualados a zero para constatar que, em determinado ponto da curva, o índice DRIS é nulo, que corresponde ao teor foliar que não estaria limitando nutricionalmente à capacidade produtiva da cultura. A faixa crítica foi determinada através de



intervalo de confiança (IC):  $IC = IDRIS_{nulo} \pm t\alpha \cdot S_{IDRIS}$ , em que:  $IDRIS_{nulo}$  é o índice DRIS nulo que se refere ao estado nutricional que não estaria limitando a produção da cultura;  $S_{IDRIS}$  = desvio padrão da média do índice DRIS do nutriente =  $s/\sqrt{n}$ ;  $t\alpha$  é o valor de t bilateral, a 5% de probabilidade, com n-1, sendo n = número de total de dados.

Os teores foliares das plantas nos anos de 2005 e 2006, foram submetidos à diagnose nutricional com os padrões propostos por Reuter e Robinson (1988), Malavolta (1993), Mills e Jones Jr. (1996), Malavolta et al. (1997), Martiello (1997), Martinez et al. (2003), Martinez et al. (2004) conforme apresentado na tabela 1 e as faixas críticas obtidas no presente trabalho.

TABELA 1. Faixas de suficiência para teores adequados de macro e micronutrientes em folhas de cafeeiros, segundo alguns autores.

Nutriente	Autores <sup>(1)</sup>						
	1	2	3	4	5	6	7
<b>..... Macronutrientes, dag kg<sup>-1</sup> .....</b>							
N	2,50-3,00	2,70-3,20	2,30-3,00	2,90-3,20	3,00-3,50	2,58-2,88	2,51-2,85
P	0,15-0,20	0,15-0,20	0,12-0,20	0,16-0,19	0,12-0,20	0,12-0,17	0,10-0,15
K	2,10-2,60	1,90-2,40	2,00-2,50	2,20-2,50	1,80-2,50	1,80-2,66	2,24-3,10
Ca	0,75-1,50	1,00-1,40	1,00-2,50	1,30-1,50	1,00-1,50	0,89-1,12	1,00-1,34
Mg	0,25-0,40	0,31-0,36	0,25-0,40	0,40-0,45	0,35-0,50	0,31-0,41	0,36-0,52
S	0,02-0,10	0,15-0,20	0,10-0,20	0,15-0,20	0,15-0,20	0,19-0,25	0,13-0,18
<b>..... Micronutrientes, mg kg<sup>-1</sup> .....</b>							
B	40-100	59-80	40-75	50-60	40-80	38-56	44-64
Cu	16-20	8-16	10-25	11-14	10-50	14-20	26-72
Fe	70-200	90-180	70-125	100-130	100-200	48-125	94-159
Zn	15-30	8-16	12-30	15-20	10-20	7-11	13-30
Mn	50-100	120-210	50-200	80-100	50-100	71-177	77-141

<sup>(1)</sup>1: Reuter e Robison (1988); 2: Malavolta (1993); 3: Mills e Jones Junior (1996); 4: Malavolta et al. (1997); 5: Martiello (1997); 6: Martinez et al. (2003); 7: Martinez et al. (2004).

### 3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Do banco de dados num total de 104 entradas de dados de produtividade de grãos de café (safra dos anos 2005 e de 2006) das 52 lavouras cafeeiras selecionadas foram classificados 46 no grupo de alta produtividade ( $\geq 30$  sacas  $ha^{-1}$ ), enquanto 58 dados foram classificados no grupo de baixa produtividade ( $< 30$  sacas  $ha^{-1}$ ). A produtividade e os teores de N, Ca, Mg, B, Cu, Fe, Mn e Zn, foram estatisticamente diferentes nos grupos de alta e baixa produtividade pela comparação de seus intervalos de confiança ( $p < 0,01$ ) (TABELA 2).

Todas as relações entre nutrientes calculadas no grupo de alta produtividade apresentaram distribuição normal segundo o teste de Lilliefors ( $p < 0,01$ ). A média, o coeficiente de variação, a variância e a razão das variâncias ( $S^2_B/S^2_A$ ) das relações entre teores de nutrientes dos grupos de baixa e alta produtividade encontram-se no apêndice B.

TABELA 2. Produtividade média de grãos (Prod), teores foliares médios de nutrientes, coeficientes de variação (CV) e intervalos de confiança (IC) nos grupos de alta (A) e baixa (B) produtividade de lavouras cafeeiras do Alto Vale do Jequitinhonha, MG.

Variável <sup>1/</sup>	A			B		
	Média	CV%	IC	Média	CV%	IC
Prod	53,8	28,39	49,88 - 57,75	17,0	46,60	14,69 - 19,27
N	2,57	16,29	2,46 - 2,68	2,87	16,41	2,73 - 3,00
P	0,24	50,84	0,21 - 0,27	0,19	15,67	0,18 - 0,20
K	1,76	19,61	1,67 - 1,84	1,71	27,60	1,58 - 1,85
Ca	1,47	18,39	1,40 - 1,54	1,21	27,62	1,11 - 1,30
Mg	0,37	29,72	0,34 - 0,40	0,39	28,70	0,36 - 0,42
S	0,14	53,28	0,12 - 0,16	0,13	38,01	0,12 - 0,15
B	90,28	15,48	86,69 - 93,88	84,99	24,35	79,01 - 90,97
Cu	51,80	31,58	47,59 - 56,01	48,47	43,76	42,34 - 54,60
Fe	232,65	60,53	196,41 - 268,89	198,73	24,94	184,41 - 213,05
Mn	323,73	62,69	271,50 - 375,96	194,17	50,59	165,78 - 222,55
Zn	21,08	85,05	16,47 - 25,69	10,50	100,64	7,45 - 13,56

<sup>1/</sup> Produtividade expressa em sacas  $ha^{-1}$ ; teores foliares de macro e micronutrientes expressos em  $dag\ kg^{-1}$  e  $mg\ kg^{-1}$ , respectivamente.

O critério de escolha da relação entre um par de nutrientes (ex.: P/N ou N/P) baseou-se na razão  $S^2_B/S^2_A$ . Segundo Walworth et al. (1986); Payne et al. (1990); Hartz et al. (1998), relações com alta  $S^2_B/S^2_A$  conferem maior segurança para a diagnose nutricional. Este procedimento, objetiva determinar as normas com a maior precisão preditiva (CALDWELL et al., 1994), maximizando a distinção entre plantas nutricionalmente equilibradas e desequilibradas (WALWORTH e SUMNER, 1987). Das 110 relações entre nutrientes

estudadas (Apêndice B), 55 foram selecionadas para compor as normas DRIS para o cafeeiro do Alto Vale do Jequitinhonha.

Trinta e sete das 55 relações entre nutrientes selecionadas (Apêndice B) para uso no DRIS para lavouras cafeeiras da região do Alto Vale do Jequitinhonha têm razões  $S^2_B/S^2_A > 1,20$ ; e 28 das relações entre nutrientes que possuem razões  $S^2_B/S^2_A > 1,20$  contêm ao menos um micronutriente (B, Mn, Zn, Cu e Fe). Verificou-se também que a maioria das relações entre nutrientes selecionados para compor as normas DRIS apresentou coeficientes de variação menor do que a outra possível relação para o mesmo par de nutrientes (ex.:  $CV\ K/P = 33,11 < CV\ P/K = 57,55$ ;  $CV\ Cu/B = 27,72 < CV\ B/Cu = 47,83$ ). Segundo Reis Júnior (1999), normas DRIS que envolvem nutrientes com alta razão  $S^2_B/S^2_A$  e baixos coeficientes de variação apresentados nas relações selecionadas possivelmente permite avaliar o estado nutricional da cultura com maior segurança, de forma que, provavelmente, estes implicam que o equilíbrio entre estes pares de nutrientes possa ser de importância para produção. Visto que, relações de grande razão  $S^2_B/S^2_A$  e pequeno CV no grupo de alta produtividade possivelmente indicam que a obtenção de alta produtividade estaria associada a uma pequena variação em torno da média desta relação. Conforme considerações feitas por Leite (1993), os problemas nutricionais, a princípio, aparecerão, principalmente, ligados aos nutrientes que apresentaram os maiores coeficientes de variação.

Assim, as normas DRIS que envolvem macro e micronutrientes com alta razão  $S^2_B/S^2_A$  encontradas neste trabalho permitem avaliar o estado nutricional do cafeeiro em termos desses nutrientes com maior segurança.

Logo, a partir da relação entre um par de nutrientes que apresentou a maior razão  $S^2_B/S^2_A$ , foram escolhidas 55 relações entre nutrientes como normas DRIS para a cultura do café da região do Alto Vale do Jequitinhonha do estado de Minas Gerais. Os valores médios das relações adotadas como normas DRIS, juntamente com seus respectivos coeficientes de variação, estão na tabela 3.

TABELA 3. Normas DRIS para diagnose nutricional dos cafeeiros (*Coffea arabica* L.) para região do Alto Vale do Jequitinhonha, MG.

<b>Relação</b>	<b>Média</b>	<b>CV (%)</b>	<b>Relação</b>	<b>Média</b>	<b>CV (%)</b>	<b>Relação</b>	<b>Média</b>	<b>CV (%)</b>
<b>N/P</b>	12,55	36,81	<b>K/Ca</b>	1,23	28,84	<b>Mg/Fe</b>	20,07	49,08
<b>N/K</b>	1,54	30,37	<b>K/Mg</b>	5,27	42,08	<b>Mg/Mn</b>	16,76	66,14
<b>N/Ca</b>	1,81	34,36	<b>K/S</b>	15,38	49,19	<b>Mg/Zn</b>	335,48	101,23
<b>N/Mg</b>	7,54	30,75	<b>K/B</b>	199,28	25,61	<b>S/B</b>	15,58	47,81
<b>N/S</b>	23,11	47,70	<b>K/Cu</b>	378,12	42,33	<b>S/Cu</b>	30,23	56,23
<b>N/B</b>	291,01	21,73	<b>K/Fe</b>	94,65	41,99	<b>S/Fe</b>	7,58	66,29
<b>N/Cu</b>	573,03	54,09	<b>K/Mn</b>	72,84	52,43	<b>S/Mn</b>	6,01	75,72
<b>N/Fe</b>	144,10	50,21	<b>K/Zn</b>	1.680,62	91,85	<b>S/Zn</b>	129,45	94,76
<b>N/Mn</b>	110,88	55,96	<b>Ca/Mg</b>	4,17	22,31	<b>B/Cu</b>	1,96	47,83
<b>N/Zn</b>	2.358,49	89,94	<b>Ca/S</b>	12,87	48,43	<b>Fe/B</b>	2,65	64,49
<b>K/P</b>	8,60	33,11	<b>Ca/B</b>	164,63	21,32	<b>Mn/B</b>	3,70	68,27
<b>Ca/P</b>	7,09	31,67	<b>Ca/Cu</b>	329,98	58,80	<b>B/Zn</b>	7,98	75,67
<b>Mg/P</b>	1,78	38,70	<b>Ca/Fe</b>	81,25	45,78	<b>Fe/Cu</b>	4,75	59,50
<b>P/S</b>	2,08	61,82	<b>Ca/Mn</b>	65,30	57,91	<b>Mn/Cu</b>	6,93	68,64
<b>P/B</b>	26,70	49,82	<b>Ca/Zn</b>	1.296,73	83,21	<b>Cu/Zn</b>	5,04	88,78
<b>P/Cu</b>	60,66	104,98	<b>Mg/S</b>	3,22	50,63	<b>Fe/Mn</b>	0,94	69,60
<b>P/Fe</b>	14,03	82,27	<b>Mg/B</b>	41,45	31,18	<b>Fe/Zn</b>	0,94	69,60
<b>P/Mn</b>	10,21	76,05	<b>Mg/Cu</b>	82,68	60,18	<b>Mn/Zn</b>	32,62	135,74
<b>P/Zn</b>	191,89	78,06						

Foram ajustados modelos estatísticos entre os teores foliares dos nutrientes e os respectivos índices DRIS (Tabela 4). Todos os índices DRIS aumentaram com seus respectivos teores de nutrientes. A correlação entre produtividade e teor de nutriente na planta é uma premissa para usar a análise de planta como critério de diagnose (MALAVOLTA et al., 1997; MARTINEZ et al., 1999; MALAVOLTA, 2006). Os índices DRIS podem ser usados para realizar a diagnose nutricional, no caso de existir uma correlação positiva entre teor de nutriente na planta e os referidos índices (REIS JÚNIOR et al., 2002).

Analisando os modelos ajustados entre teores foliares de nutrientes e os respectivos índices DRIS, constatou-se que, em determinado ponto da curva, o índice DRIS torna-se nulo. Neste ponto, o teor foliar não estaria limitando nutricionalmente à capacidade produtiva da cultura; o banco de dados utilizado para determinar os índices DRIS foi composto por amostras da mesma época, descartando-se o efeito da idade da planta sobre o teor foliar, permitindo que este teor, o qual resulta em índice DRIS nulo, seja usado para avaliar o estado nutricional da cultura, de forma semelhante ao nível crítico (REIS JÚNIOR, 1999).

Tabela 4. Modelos ajustados entre índices DRIS e teores foliares dos nutrientes, intervalo de confiança dos índices DRIS ( $IC_{IDRIS}$ ) e, faixas críticas adequadas para diagnose nutricional dos cafeeiros (*Coffea arabica* L.) da região do Alto Vale do Jequitinhonha, MG.

Nutriente	Modelo	R <sup>2</sup>	IC <sub>IDRIS</sub>	Faixas críticas <sup>1/</sup>
N	IN = 13,47 – 33,59**/N	0,73	±1,45	2,25 - 2,79
P	IP = 5,99 + 152,18**P <sup>2</sup>	0,50	±1,18	0,18 - 0,22
K	IK = 11,55 + 6,05**K	0,56	±1,15	1,72 - 2,10
Ca	ICa = 7,59 – 10,41**/Ca	0,90	±0,70	1,26 - 1,51
Mg	IMg = 8,22 – 25,82**Mg	0,87	±0,83	0,29 - 0,35
S	IS = 1,29 + 0,2391**/S	0,40	±0,54	0,13 - 0,32
B	IB = 38,09 – 360,74**/B <sup>0,5</sup>	0,65	±1,32	83,8 - 96,3
Cu	ICu = 4,10 + 28,96**/Cu	0,75	±0,98	5,7 – 9,3
Fe	IFe = 85,68 + 9,02**Fe <sup>0,5</sup>	0,51	±11,56	67,5 - 116,2
Mn	IMn = 8,92 + 1,56**LnMn	0,48	±0,51	219 - 422
Zn	IZn = 144,08 + 46,05**LnZn	0,80	±12,55	17,4 - 30,0

<sup>1/</sup> Macronutriente em dag kg<sup>1</sup> e micronutriente em mg kg<sup>1</sup>. \*\* Significativo a 1% pelo teste de t.

Estes teores foliares que resultaram em índices DRIS nulos, poderiam ser considerados como teores adequados, caso a cultura apresentasse teores foliares inferiores ou superiores a este teor ótimo; desta forma ela apresentaria índices DRIS negativos ou positivos, respectivamente, os quais limitariam a capacidade produtiva da cultura por deficiência ou excesso nutricional, respectivamente.

O nível crítico de um determinado nutriente na planta é definido como o valor da concentração que separa a zona de deficiência da zona de suficiência (BATAGLIA et al., 1992; BATAGLIA e SANTOS, 2001). Acima dele, a probabilidade de haver aumento na produção pela adição do nutriente é baixo; abaixo, a taxa de crescimento, a produção e qualidade diminuem significativamente (SMITH, 1988). Para aumentar a flexibilidade da diagnose, considera-se uma faixa e não um único valor crítico (LUCENA, 1997). A faixa de suficiência ou faixa crítica é definida com a faixa de concentração de um elemento na folha abaixo da qual a produção é limitada e acima da qual a adubação não é econômica (BATAGLIA e SANTOS, 2001 e MALAVOLTA, 2006). Desta forma, foi proposto a metodologia descrita para determinar a faixa crítica de cada nutriente, faixa esta que estaria próxima de índice DRIS nulo que poderia ser considerado como faixa crítica adequada (Tabela 4) do melhor estado nutricional dos cafezais do Alto Vale do Jequitinhonha, MG.

As faixas críticas de nutrientes nas folhas do cafeeiro propostas por Reuter e Robison (1988), Malavolta (1993), Mills e Jones Jr. (1996), Malavolta et al. (1997), Matiello (1997), Martinez et al. (2003) e Martinez et al. (2004), para o cafeeiro (Tabela 5), resultaram em diferentes diagnoses nutricionais das lavouras avaliadas. A partir dos padrões das faixas

críticas propostas por estes autores, observou-se que os maiores percentuais de lavouras avaliadas apresentaram-se deficientes dos macros, N, K e S ao contrário do que ocorre a partir das faixas críticas estabelecidas através do DRIS para o cafeeiro do Alto Vale do Jequitinhonha (Tabela 4); O N apresentou com teores adequados em maior porcentagem de lavouras e o P com teores deficientes. Os teores dos micronutrientes B, Cu, Fe e Mn, apresentaram-se excessivos e os de Zn deficientes pelos padrões dos autores; no entanto, para as faixas críticas estabelecidas neste trabalho, um maior percentual das lavouras avaliadas apresentaram-se com teores foliares deficientes para estes micronutrientes, exceto para o Fe que apresentou teores excessivos na maioria das lavouras cafeeiras avaliadas.

As comparações entre o DRIS e outros métodos de diagnose nutricional, como o nível crítico e a faixa de suficiência podem não ser satisfatórias, parecendo contraditórias (JONES JUNIOR, 1993; SOLTANPOUR et al., 1995; BALDOCK e SCHULTE, 1996). Portanto, estes resultados demonstram a necessidade de obtenção de valores mais apropriados para a diagnose nutricional dos cafeeiros do Alto Vale do Jequitinhonha, MG. Segundo Walworth e Sumner (1987), quando as normas DRIS desenvolvidas sob um conjunto de condições forem aplicadas em outras, ou seja, usadas universalmente, a composição dos nutrientes das populações de alta produtividade dessas diferentes regiões geográficas e condições climáticas, podem ser muito semelhantes.

O diagnóstico das lavouras estudadas, a partir do estabelecimento das faixas crítica do presente trabalho, constatou um maior percentual de lavouras deficientes em P ao contrário da diagnose a partir dos padrões de todos os autores que encontraram maior parte de lavouras com teores excessivos deste nutriente (Tabela 5). A maioria das lavouras cafeeiras do Alto Vale do Jequitinhonha é cultivada em solos que apresentam alta capacidade de fixação de P (Apêndice A), onde segundo Valladares et al. (2003) e Novais et al. (2007), a retenção de P no solo pode ocorrer tanto pela precipitação do P em solução com formas iônicas de Fe e Al em pH baixo quanto com Ca em pH elevado; isto, é observado, de maneira mais significativa, pela adsorção do P pelos óxidos de Fe e de Al, presentes, em maiores quantidades em solos tropicais mais intemperizados, de modo particular nos latossolos mais argilosos.

Borges et al. (2004), ao avaliarem o estado nutricional de lavouras cafeeiras da região do Alto Paranaíba, MG; observaram que estas estavam geralmente instaladas em solos que apresentavam alta capacidade de fixação de P devido à presença de óxidos de Fe e Al, o que juntamente com uso de baixas doses deste elemento explicavam a ocorrência limitada deste nutriente nas lavouras amostradas nesta região.

Tabela 5. Frequência percentual de lavouras cafeeiras do Alto Vale do Jequitinhonha (MG), que apresentaram teores foliares deficientes, adequados e excessivos de macro e micronutrientes, segundo a diagnose nutricional obtida com os padrões de vários autores.

Teor Foliar	Frequência (%)										
	Macronutriente						Micronutriente				
	N	P	K	Ca	Mg	S	B	Cu	Fe	Mn	Zn
----- Reuter e Robison (1988) -----											
Deficiente	42	15	79	6	15	0	0	0	0	0	63
Adequado	23	52	19	50	46	27	81	0	63	4	21
Excessivo	35	33	2	44	38	73	19	100	37	96	15
----- Malavolta (1993) -----											
Deficiente	54	15	69	13	25	75	4	0	2	37	12
Adequado	31	52	29	40	23	13	37	0	52	33	35
Excessivo	15	33	2	46	52	12	60	100	46	31	54
----- Mills e Jones Junior (1996) -----											
Deficiente	21	0	71	13	15	27	0	0	0	4	54
Adequado	44	67	27	87	46	62	13	15	8	42	31
Excessivo	35	33	2	0	38	12	87	85	92	54	15
----- Malavolta et al. (1997) -----											
Deficiente	64	27	71	44	61	75	0	0	4	4	63
Adequado	21	29	27	12	12	13	4	0	6	0	12
Excessivo	15	44	2	44	27	12	96	100	90	96	25
----- Matiello (1997) -----											
Deficiente	65	0	58	14	42	75	0	0	4	4	54
Adequado	31	67	40	42	46	13	40	0	60	0	21
Excessivo	4	33	2	44	12	12	60	100	36	96	25
----- Martinez et al. (2003) -----											
Deficiente	46	0	58	10	25	79	0	0	0	4	37
Adequado	17	31	40	19	38	11	4	0	8	35	17
Excessivo	37	69	2	71	37	10	96	100	92	61	46
----- Martinez et al. (2004) -----											
Deficiente	42	0	85	13	48	67	0	15	2	4	60
Adequado	0	15	15	37	40	10	4	75	27	19	25
Excessivo	58	85	0	50	12	23	96	10	27	77	15
----- Todos os autores anteriores -----											
Deficiente	48	8	70	16	33	57	1	2	2	5	52
Adequado	24	45	28	41	36	21	26	13	32	19	23
Excessivo	28	47	2	43	31	22	73	85	66	76	25
----- Presente Trabalho -----											
Deficiente	21	44	52	31	19	67	52	65	0	48	73
Adequado	42	25	27	17	23	31	17	0	8	35	12
Excessivo	37	31	21	52	58	2	31	35	92	17	15

O K também está entre os nutrientes que apresentou maior porcentual de lavouras deficientes; este problema possivelmente está relacionado à realização não regular de análise de solo. E como as adubações são realizadas, principalmente, com os adubos formulados NPK para café, provavelmente, não estão sendo feitas de maneira satisfatória para corrigir esta

limitação e proporcionar um bom desenvolvimento das plantas, já que este nutriente é extraído em grandes quantidades (MALAVOLTA, 1993). A aplicação de formulado NPK de forma inadequada também pode ter influenciado a apresentação de lavouras deficientes em P. Resultados semelhantes à carência de K foram encontrados por Barbosa et al. (2006), num diagnóstico nutricional do cafeeiro arábica na região noroeste do Estado do Rio de Janeiro, onde o K assim como Ca, B e Zn foram os nutrientes que mais apresentaram ser limitantes nas lavouras avaliadas.

Nesta diagnose das lavouras observou-se um grande percentual de lavouras com teores excessivos de Ca, provavelmente devido à necessidade de calagem não ser definida pela análise de solo, aplicando-se conseqüentemente quantidades excessivas de calcário, além do fato da calagem ser feita, superficialmente à lanço e sem incorporação, na fase de produção do cafeeiro (MALAVOLTA, 1993 e MATIELLO, 2002). Aliado ao Ca observa-se alto percentual de lavouras com excesso de Mg, explicado pela aplicação de grandes quantidades de calcário, com altas concentrações de Mg (calcário dolomítico). Em culturas perenes é comum a aplicação de calcário sem considerar a profundidade efetiva que o corretivo atuará (0-10 cm) ao se calcular a dose a ser aplicada, ocasionando desta forma excessos nos teores de Ca e Mg, sendo o calcário a melhor forma de fornecer estes nutrientes ao cafeeiro, contrariando as recomendações feitas por Alvarez V. e Ribeiro (1999).

Um alto percentual de lavouras, apresentaram-se deficientes em S (Tabela 5), provavelmente devido ao uso de formulados de NPK concentrados, uréia, superfosfato triplo e cloreto de potássio. A substituição de sulfato de amônio por uréia confirmada pela maior porcentagem de lavouras com teores adequados a excessivos de N por todos os autores e através das faixas propostas pelo presente trabalho, também foram constatados por Martinez et al. (2003) para cafeeiros da região da Zona da Mata.

A elevada freqüência de lavouras deficientes nos micronutrientes B, Cu, Mn e Zn (Tabela 5) também foi observado neste diagnóstico através das faixas propostas no presente trabalho. Estas deficiências, possivelmente, devem estar relacionadas à baixa concentração destes nutrientes no solo, por origem e/ou por cultivos consecutivos, pois o cafeeiro extrai grande quantidade de nutrientes do solo (MATIELLO et al., 2002); em muitas lavouras os nutrientes não foram adicionados ou então em quantidades insuficientes. Estes solos são originalmente pobres quimicamente nestes micronutrientes conforme a classificação apresentada no apêndice A, ou então devido ao manejo inadequado de corretivos nestas lavouras o que proporcionaria a elevação do pH do solo da superfície, podendo ainda ter influenciado negativamente na disponibilidade destes micronutrientes (MALAVOLTA, 2006)



ou ao efeito de inibições competitivas e não competitivas (MALAVOLTA et al., 1997) com o Ca e Mg. O alto percentual de lavouras cafeeiras com teores excessivos de Fe seja devido às características dos solos onde são cultivados que apresentam alto teor total do elemento que compreende na sua maioria as classes de Latossolo e Argissolo (Apêndice A).

Corroborando aos resultados observados, à exceção do Fe, outros trabalhos realizados com cafeeiro arábica relatam a presença de deficiências nutricionais de B, Cu e Mn (MARTINEZ et al., 2003; BARBOSA et al. 2006), e também de Zn que é tido como um nutriente bastante limitante nas lavouras cafeeiras (REIS JÚNIOR et al., 2002; BARBOSA et al., 2006).

Os diversos padrões propostos na literatura resultaram em diferentes diagnoses nutricionais das lavouras cafeeiras, pois a situação nutricional destas difere de acordo com a região e com o ano amostrado. Neste sentido, para que se tenha diagnose precisa é conveniente que os padrões sejam estabelecidos para cada região produtora de café.

#### 4 CONCLUSÕES

1. As normas DRIS foram estabelecidas para diagnose nutricional dos cafeeiros da região do Alto Vale do Jequitinhonha, MG, de forma que através do índice DRIS obtidos a partir das normas geradas, foi proposto um método para cálculo das faixas críticas adequadas de nutrientes para essa cultura.

3. As faixas críticas adequadas de nutrientes para diagnose nutricional dos cafeeiros do Alto Vale do Jequitinhonha (MG) são 2,25 - 2,79 dag kg<sup>-1</sup> para N; 0,18 - 0,22 para P; 1,72 - 2,10 para K; 1,26 - 1,51 para Ca; 0,29 - 0,35 para Mg; 0,13 - 0,32 para S; 83,8 - 96,3 mg kg<sup>-1</sup> para B; 5,7 - 9,3 para Cu; 67,5 - 116,2 para Fe; 219 - 422 para Mn e 17,4 - 30,0 para Zn.

4. Maiores porcentuais de lavouras em desequilíbrios nutricionais são observados para os nutrientes P, K, S, B, Cu, Mn e Zn em deficiência, sendo o Ca, Mg e Fe em excesso.

## **CAPÍTULO 3**

**LEVANTAMENTO, NORMAS DRIS, FAIXAS CRÍTICAS DE NUTRIENTES E  
ESTADO NUTRICIONAL PARA QUALIDADE DA BEBIDA DO CAFÉ NO ALTO  
VALE DO JEQUITINHONHA, MG**

## 1 INTRODUÇÃO

A crescente exigência do mercado internacional por cafés de melhor qualidade está sendo responsável pela difusão e adoção de novas tecnologias de produção, pois um dos fatores que determinou o declínio brasileiro no mercado internacional foi à falta de padrão de qualidade do produto nacional (MARTINS et al., 2005).

A qualidade da bebida do café pode ser afetada por fatores pré-colheita, como a espécie e a variedade, o local de cultivo, a maturação dos grãos, a incidência de microrganismos e pelo efeito de adubações com conseqüente nutrição adequada (AMORIM, 1970; CARVALHO et al., 1997; MALTA et al., 2002; MENDONÇA, 2004 e CHAGAS et al., 2005).

Estudos para o diagnóstico dos fatores nutricionais que limitam a produtividade do cafeeiro (*Coffea arabica* L.), com o objetivo de proporcionar um manejo mais adequado e reduzir os custos de exploração desta cultura, foram realizados por Arboleta et al. (1988), Nick (1998), Costa (1999), Corrêa et al. (2001); Reis Júnior et al. (2002); Bataglia et al. (2004); Barbosa et al. (2006) e Partelli et al. (2006a). No entanto, pouca importância tem sido dada ao diagnóstico do estado nutricional do cafeeiro que proporcione juntamente com produtividade a melhor qualidade da bebida (SILVA et al., 2002).

Dentre as ferramentas utilizadas para a realização da diagnose nutricional de plantas, destaca-se o Sistema Integrado de Diagnose e Recomendação (DRIS), desenvolvido por Beaufils (1973), tem sido apontado como uma alternativa para a interpretação do estado nutricional das plantas (SUMNER, 1977), apresentando, como vantagem, o fato de minimizar os efeitos de diluição e de concentração dos nutrientes (JARREL e BEVERLY, 1981). Este sistema de interpretação de resultados de análises de tecidos vegetais compara razões entre pares de nutrientes de uma lavoura amostrada com valores de referência (normas DRIS) de um grupo de produtividade desejada por meio de uma fórmula padrão relativamente complexa, calculando um índice para cada nutriente envolvido na diagnose. No presente trabalho será adicionado como referência também a qualidade de bebida do café avaliada pela atividade enzimática de polifenoloxidase de acordo com Carvalho et al. (1994), acima de bebida classificada como “dura”, pois esta bebida é o limite de separação de diminuição e aumento na remuneração do produtor de café (CHAGAS et al., 1996b).

A qualidade da bebida do café tem sido avaliada sensorialmente, no entanto, o que depende muito das condições fisiológicas do provador (MAZZAFERA et al., 2002; SILVA et al., 2002; BOARI et al., 2006). Relatos da correlação positiva entre a atividade da enzima

polifenoloxidase dos grãos de café e a qualidade da bebida foram realizados por Amorim e Silva (1968). Aspecto confirmado posteriormente na Colômbia por Sanint e Valência (1970), e por Rotenberg e Iachan (1972), no Brasil. De acordo com Carvalho et al. (1994), um possível método de classificar de forma objetiva a qualidade da bebida do café é pela atividade enzimática da polifenoloxidase, completada pela prova da xícara, utilizada nas avaliações qualitativas de café.

De acordo com Carvalho et al. (1994), as variações da atividade da polifenoloxidase, permitem separar as classes de bebida, mostrando para o café “riado e rio” apresenta atividades inferiores a  $55,99 \text{ U g}^{-1}$  de amostra; os cafés de bebida “dura” apresenta atividades entre 55,99 e  $62,98 \text{ U g}^{-1}$  de amostra; nos cafés de bebida “mole” atividades entre 62,98 e  $67,65 \text{ U g}^{-1}$  de amostra e os cafés de bebida “estritamente mole” atividades superiores a  $67,65 \text{ U g}^{-1}$  de amostra.

Os objetivos deste trabalho foram: (a) realizar o levantamento da qualidade da bebida do café; (b) estabelecer as normas DRIS e faixas críticas de nutrientes adequadas que proporcione o melhor estado nutricional juntamente com qualidade de bebida do café, e (c) avaliar o estado nutricional dos cafeeiros para maior produtividade e melhor qualidade da bebida no Alto Vale do Jequitinhonha, MG.

## 2 MATERIAL E MÉTODOS

Foram selecionadas lavouras em 10 municípios produtores de café da região do Alto Vale do Jequitinhonha, MG, e em cada uma delas foram demarcados talhões de um hectare, a localização destes (longitude, latitude e altitude), foi feita através de GPS (Sistema de Posicionamento Global), marca GARMIN de navegação para auxiliar no georeferenciamento dos locais, e foi realizado a classificação do solo conforme Embrapa (2006), cujos dados estão no apêndice A.

Em cada talhão na lavoura foram selecionadas 25 plantas úteis onde foram coletadas amostras foliares para determinação dos teores dos nutrientes e os respectivos valores de produção para a formação de um banco de dados, com informações de dois anos (2005 e 2006).

As amostragens para as determinações dos teores foliares dos nutrientes foram feitas, segundo recomendação de Malavolta (1993), coletando-se o 3<sup>o</sup> e 4<sup>o</sup> par de folhas a partir da ponta do ramo lateral inserido na altura média da planta e ao redor da mesma. Esta amostragem foi realizada quando os frutos estavam no estágio de chumbinho (fins de dezembro a janeiro), totalizando por amostragens 250 folhas por talhão.

Após a coleta, as folhas foram acondicionadas em sacos de papel e enviadas para o Laboratório de Fertilidade do Solo da Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri (UFVJM). No laboratório, as folhas foram lavadas e submetidas à secagem em estufa com circulação forçada de ar por 72 horas (regulada entre 65 a 70°C) e moídas em moinho tipo Willey com peneira de 40 mesh, para realização das análises químicas. As folhas foram analisadas quimicamente para determinação dos teores de N, P, K, Ca, Mg, S, B, Cu, Fe, Mn e Zn, conforme método descrito por Malavolta et al. (1997). O N foi determinado pelo método micro Kjeldahl. No extrato, obtido por digestão nitroperclórica, foram determinados o P total, por colorimetria; os teores de Ca, Mg, Cu, Fe, Mn e Zn foram determinados por espectrofotometria de absorção atômica, o de K por fotometria de chama e o de S total pelo método turbidimétrico. O B foi extraído por incineração e determinado por colorimetria de azometina.

Avaliou-se a produção de frutos em coco das 25 plantas, colhidos por derriça no pano, que a seguir foram secos em terreiro cimentado, pesados e beneficiados. As quantidades de café beneficiado foram convertidas em produção de café em sacas de 60 kg beneficiadas por hectare.

Os parâmetros qualitativos da qualidade dos grãos foram determinados em amostras de grãos de café moídos em moinho tipo Croton Mod. TE-580 de peneira de 30 mesh, referente a

cada talhão selecionado. As avaliações foram as seguintes: atividade enzimática da polifenoloxidase, índice de coloração, acidez titulável total e açúcares totais (determinado nas safras de 2005 e de 2006) conforme metodologia descrita a seguir.

A metodologia para determinação da atividade enzimática da polifenoloxidase foi adaptada para maior rendimento nas análises laboratoriais, adotando-se uma metodologia de extração descrita por Draetta e Lima (1976). Foram pesadas 5 g da amostra de café previamente moída e nela adicionados 40 mL da solução de fosfato de potássio  $0,1 \text{ mol L}^{-1}$  a pH 6,0. Em seguida, foi agitado por 5 minutos. Todo material utilizado foi mantido gelado. Após a agitação, foi feita a filtração, utilizando-se papel de filtro Whatman nº 1. A atividade da polifenoloxidase foi determinada pelo método descrito por Ponting e Joslyng (1948), utilizando-se o extrato da amostra sem DOPA (3,4 dihidroxifenil-alanina) como branco expressa em  $\text{U g}^{-1}$  (U é a unidade de atividade enzimática equivalente a 0,001 da densidade ótica por minuto).

O índice de coloração foi determinado pelo método descrito por Singleton (1966), adaptado para o café, como segue: foram pesadas 2 g da amostra de café moídas, colocadas em erlenmeyer adicionando-se 50 mL de água destilada. Em seguida, as amostras foram homogeneizadas em agitador elétrico por uma hora. Fez-se a filtração em papel de filtro e tomaram-se 5 mL do filtrado adicionando-se 10 mL de água destilada a essa alíquota. Estas amostras foram deixadas em repouso por 20 minutos e lidas em um comprimento de onda de 425 nm em espectrofotômetro.

A acidez titulável total foi determinada por titulação com NaOH  $0,1 \text{ mol L}^{-1}$  de acordo com técnica descrita pela AOAC (1990), e expressa em mL de NaOH por 100 g de amostra.

Os açúcares totais foram extraídos pelo método de Lane-Enyon, citado pela AOAC (1990), e determinados pela técnica de Somogy adaptada por Nelson (1944). Do extrato hidrolisado (pela hidrólise ácida da sacarose), obteve-se 20 mL do filtrado, no qual foi adicionado 0,5 mL de HCl concentrado em erlenmeyer para em seguida submeter o extrato banho maria fervente por 15 minutos. Após resfriamento, o extrato foi neutralizado com solução saturada de carbonato de sódio ( $\pm 1,5 \text{ mL}$ ) até pH 7,0. Para a desproteinização (sacarose e glicose), colocou-se em tubo de ensaio 3 mL do extrato hidrolisado adicionando 9 mL de água destilada, 1,2 mL de hidróxido de bário 0,3 N e 1,2 mL de sulfato de zinco 5%. Após a adição destes reagentes, procedeu-se a agitação, repouso por 10 minutos e filtração em papel de filtro do material. Para o dosamento, colocou-se 2 mL do extrato desproteinizado (extrato hidrolisado) em tubo de ensaio, levando em banho maria por 20 minutos. Após resfriamento, completou-se o volume final para 10 mL, usando 6,0 mL de água destilada. Em seguida, procedeu-se a agitação para posterior leitura em espectrofotometria no visível (absorbância) no comprimento de onda de

510 nm. O cálculo da porcentagem de açúcares foi obtido a partir da fórmula:  $AT (\%) = \text{Leitura} * 0,006 * Km$ .

Para avaliar a qualidade da bebida do café da região do Vale do Jequitinhonha através da atividade enzimática da polifenoloxidase (PFO), as classes de bebida do café foram separadas conforme Carvalho et al. (1994): os cafés “riado e rio” apresentam atividades inferiores a 55,99 U g<sup>-1</sup> de amostra; os cafés de bebida “dura” apresentam entre 55,99 a 62,99 U g<sup>-1</sup> de amostra; os cafés de bebida “mole” entre 62,99 a 67,66 U g<sup>-1</sup> de amostra e os cafés de bebida “estritamente mole” valores superiores a 67,66 U g<sup>-1</sup> de amostra e posteriormente foi feito um estudo da frequência de ocorrência de amostras de café nestas classes de qualidade de bebida. Foi realizada uma análise estatística e teste de Tukey a 5% após a separação das classes de bebida do café avaliado pela polifenoloxidase nas variáveis qualitativas dos grãos como acidez titulável total (ATT), índice de coloração (IC) e açúcares totais (AT).

Para o estabelecimento das normas DRIS para o melhor estado nutricional e qualidade da bebida do café da região do Alto Vale do Jequitinhonha (MG) foram utilizados os dados de produtividade de grãos de café, atividade enzimática da polifenoloxidase (PFO) e os teores foliares de nutrientes formando um banco de dados que foi dividido em dois grupos: (A) grupo que apresentou produtividade igual e superior 30 sacas ha<sup>-1</sup> e qualidade da bebida acima da classificação “dura” (PFO > 62,99 U g<sup>-1</sup> de amostra) (grupo de referência) e (B) com produtividade abaixo de 30 sacas ha<sup>-1</sup> com qualidade da bebida inferior, igual e superior a classificação “dura” e com alta produtividade com qualidade igual e inferior a bebida “dura” (PFO ≤ 62,99 U g<sup>-1</sup> de amostra).

A normalidade para as relações entre nutrientes obtidas no grupo de referência foi testada pelo teste de Lilliefors, conforme descrito por Leite (1993). A média das variáveis avaliadas dos grupos acima definidos foi comparada pela avaliação de seus intervalos de confiança a 1% de probabilidade. A média, o coeficiente de variação (CV) e a variância (S<sup>2</sup>) para as possíveis relações entre teores de nutrientes (ex.: N/P e P/N) foram calculados para os grupos. Para cada par de nutriente, a forma de expressão que forneceu a maior razão de variância entre os grupos definidos de referência (S<sup>2</sup><sub>B</sub>/S<sup>2</sup><sub>A</sub>) foi selecionada como o parâmetro a ser usado no DRIS, conforme descrito por Walworth et al. (1986) e Hartz et al. (1998).

Pelas normas DRIS estabelecidas acima para melhor estado nutricional e qualidade da bebida do café da região do Alto Vale do Jequitinhonha pode se calcular os índices DRIS, para cada nutriente, por meio da fórmula:

$$IN = [Z(A/B) + Z(A/C) + \dots + Z(A/N) - Z(B/A) - Z(C/A) - \dots - Z(N/A)] / [(n+m)].$$

Para o cálculo da função Z(A/B) foi utilizada a fórmula recomendada por Jones (1981):



$Z(A/B) = [(A/B) - (a/b)].K/s$ , em que:

$Z(A/B)$  = função da relação entre os nutrientes A e B da amostra;

$(A/B)$  = valor da relação entre os nutrientes A e B na amostra;

$a/b$  = valor da norma média para as relações A/B, na população de referência;

$K$  = valor constante e arbitrário (valor = 10)

$s$  = desvio padrão dos valores da relação A/B, da população de referência;

$n$  = número de funções onde o nutriente A aparece no denominador;

$m$  = número de funções onde o nutriente A aparece no numerador.

Para obter as faixas críticas de concentração de nutrientes para o melhor estado nutricional e qualidade da bebida do café da região do Alto Vale do Jequitinhonha foram ajustados modelos entre os índices DRIS obtidos e os teores foliares. Os modelos ajustados entre teores foliares de nutrientes e os respectivos índices DRIS, constatarem que, em determinado ponto da curva, o índice DRIS é nulo, que corresponde ao teor foliar que não estaria limitando nutricionalmente à capacidade produtiva e a qualidade da bebida do café. A faixa crítica foi determinada através de intervalo de confiança (IC):  $IC = IDRIS_{nulo} \pm t\alpha.S$ , em que:  $IDRIS_{nulo}$  é o índice DRIS nulo;  $S$  = desvio-padrão da média do índice DRIS do nutriente =  $s/\sqrt{n}$ ;  $t\alpha$  é o valor de t bilateral, a 5% de probabilidade, com n-1, sendo n = número de total de dados.

Obtidos os índices DRIS dos dois anos de avaliação (2005 e 2006), calculou-se o índice de balanço nutricional médio ( $IBN_m$ ) pelo somatório dos valores absolutos dos índices DRIS dividindo pelo número (N) de nutrientes avaliados, conforme a equação:  $IBN = (|IN_A| + |IN_B| + \dots + |IN_N|)/N$ , para verificar o balanço nutricional global das lavouras. Realizou-se correlação entre o  $IBN_m$  obtido para avaliar o estado nutricional das lavouras cafeeiras, relacionando com a produtividade de grãos e a atividade da polifenoloxidase adotando-se a significância de 5% pelo teste de t.

### 3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

#### 3.1 Levantamento da qualidade da bebida do café

A frequência de ocorrência da qualidade da bebida do café separada pelos valores da atividade enzimática da polifenoloxidase (PFO) segundo a classificação proposta por Carvalho et al. (1994), está apresentada na tabela 6.

Verifica-se que, na classificação da qualidade da bebida do café, a maior porcentagem das amostras avaliadas (44%) está na classe de bebida “dura”. A maior ocorrência de bebida “dura” é comum também quando se utiliza a classificação feita por provadores pelo teste sensorial conhecido como “prova de xícara”, que apesar de sua importância na determinação no valor do produto, a classificação oficial é uma prova mais passível de erros (CHAGAS et al., 1996b).

Estudos têm colocado em dúvida a precisão com que os provadores classificam o café em relação à qualidade do café através dos testes sensoriais (PINTO, 2002). Trabalhos demonstram a necessidade de completar os testes sensoriais com as avaliações químicas para se ter maiores segurança na classificação dos cafés quanto à qualidade (CHAGAS et al., 1996b; MAZZAFERA et al., 2002; FAVARIN et al., 2004).

No entanto, trabalhos relacionando os componentes químicos e físico-químicos do grão e a qualidade da bebida do café, como um auxílio à prova de xícara, através de testes mais simples e precisos foram desenvolvidos por Amorim (1972), Carvalho et al. (1994), Chagas et al. (1996b), Carvalho et al. (1997), Pimenta (1995), Pereira (1997), Lopes et al (1998), Lopes (2000), Fernandes et al. (2001), Silva et al. (2001), Mazzafera et al. (2002), Pinto (2002), Favarin et al. (2004), Martins et al. (2005) e Malta (2007).

Pode-se observar na tabela 6, que a soma das classes de bebida “apenas mole” e “mole” e “estritamente mole” corresponde a 37% dos cafés avaliados. A partir destes resultados de classificação da qualidade da bebida do café na região do Alto Vale do Jequitinhonha pode se inferir que é possível produzir cafés de qualidade acima de bebida “dura”, o que pode estar associado às condições climáticas favoráveis da região, sendo factível aumentar este percentual a partir de trabalhos com os cafeicultores. No entanto, existe a necessidade de padronização dos cafés desta região.

Tabela 6. Classificação da bebida, frequência de ocorrência, PFO, ATT, IC e AT dos grãos de café da região do Alto Vale do Jequitinhonha, MG.

Classificação da bebida	Frequência de ocorrência (%)	PFO <sup>(1)</sup>	ATT	IC	AT
Riada e Rio	19	52,95 d	208 a	0,929 a	6,8 d
Dura	44	59,84 c	194 a	0,978 a	7,6 c
Apenas Mole e Mole	16	65,08 b	187 a	1,058 a	8,2 b
Extremamente Mole	21	69,00 a	185 a	1,083 a	8,7 a
Média		61,72	194	1,012	7,8
CV (%)		9,1	17,9	21,3	8,8

Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5%. <sup>(1)</sup> PFO - atividade de polifenoloxidase (U g<sup>-1</sup> de amostra), ATT - acidez titulável total (mL NaOH 100 g<sup>-1</sup>), IC - índice de coloração (D.O. 435 nm) e AT - açúcares totais (%).

Não se observou diferenças significativas quanto à acidez titulável total (ATT) nos padrões de bebida do café (TABELA 6). Fernandes et al. (2001) e Pinto (2002), na avaliação química da qualidade dos grãos de café torrados de duas cooperativas do Sul de Minas Gerais e na avaliação química e sensorial de diferentes padrões de bebida do café arábica cru e torrado, respectivamente, verificaram que ATT das bebidas estudadas foram semelhantes de forma significativa quanto aos valores obtidos.

No entanto, a ATT dos grãos de café apresenta uma relação inversa com a qualidade da bebida do café, segundo Carvalho et al. (1994); os cafés de melhor qualidade possuem maior atividade enzimática da polifenoloxidase e menor acidez titulável total. Pela tabela 6, verifica-se uma tendência de aumento da ATT com a redução da PFO dos grãos de café. Esta maior acidez pode estar associada a um maior nível de fermentação microbiana dos frutos nas lavouras avaliadas. Segundo Giranda (1998), Silva (1999) e Pinto et al. (2002), a colonização por microrganismos favorece a fermentações produzindo álcool, que é desdobrado em ácido acético, láctico, propiônico e butírico os quais proporcionaram acentuados prejuízos a qualidade da bebida do café.

O índice de coloração (IC) de grãos de café tem uma relação direta com a PFO. Os grãos de café com maior atividade da polifenoloxidase, ou seja, melhor qualidade de bebida, também apresentaram maior IC conforme Carvalho et al. (1994), apesar de não existir diferença significativa entre as classes de bebida do café (Tabela 6). Cafés de melhor qualidade possuem maior PFO e IC, conforme pesquisas desenvolvidas por Leite (1991), Carvalho et al. (1994), Pimenta (1995), Chagas et al. (1996b), Pereira (1997), Silva (1999) e Pinto (2002).

Observou-se, também, uma relação direta entre a PFO, IC e açúcares totais (AT) (Tabela 6). No presente trabalho, os teores AT determinados nos grãos colhidos na região do Alto Vale do Jequitinhonha estão em torno de 8,0%; porcentagem considerada adequada por Navellier

(1970) para cafés de melhor qualidade de bebida, próximas das encontradas por Chagas et al. (1996b) e Pinto (2002).

Os açúcares podem contribuir para o sabor e aroma do café, conforme citam Amorim (1972) e Pereira (1997); mas estes atributos ainda não participam das classificações oficiais de qualidade de bebida adotada no mercado. Amorim et al. (1974), afirmaram que os cafés de melhor qualidade possuem maiores teores de açúcares totais, fato também verificado por Chagas et al. (1996b), Silva (1999) e Pinto (2002).

### **3.2 Normas DRIS e faixas críticas de nutrientes para qualidade da bebida do café**

Do banco de dados num total de 104 entradas de dados de produtividade de grãos e de qualidade da bebida do café classificadas pela atividade da enzima polifenoloxidase (PFO) conforme Carvalho et al. (1994), nas safras dos anos 2005 e 2006 das 52 lavouras cafeeiras selecionadas, foram classificados 54 dados com alta produtividade ( $\geq 30$  sacas  $ha^{-1}$ ), sendo 28 de bebida inferior à “dura” ( $PFO \leq 62,98 U g^{-1}$  de amostra) e 26 superior ( $PFO > 62,98 U g^{-1}$  de amostra), enquanto 50 dados foram classificados no grupo de baixa produtividade ( $< 30$  sacas  $ha^{-1}$ ), sendo 38 de bebida inferior e 12 superiores a bebida “dura”.

Foi adotado como grupo de referência aquele de alta produtividade ( $\geq 30$  sacas  $ha^{-1}$ ) e qualidade da bebida superior a “dura” ( $PFO > 62,98 U g^{-1}$  de amostra). A premissa para o estabelecimento das normas DRIS é a seleção de plantas com elevada produtividade (BEAUFILS, 1973), pois reflete o melhor estado nutricional da planta. Quanto à qualidade da bebida do café, a classificação acima de “dura” é o limite de separação entre maior e menor remuneração do cafeicultor, pois o café é um dos poucos produtos agrícolas cujo valor de mercado varia significativamente de acordo com a qualidade (SILVA, 1999).

Para o estabelecimento das normas DRIS para melhor estado nutricional e qualidade da bebida do café, a produtividade e qualidade da bebida do café avaliada pela atividade da polifenoloxidase (PFO) e os teores de N, P, Ca, Cu, Fe, Mn e Zn, foi realizada através da comparação de seus intervalos de confiança ( $p < 0,01$ ) (Tabela 7); foram estatisticamente diferentes entre os grupos A e B, o que torna estas normas DRIS também confiáveis. Portanto, o grupo B apresentou produtividade média de 30,8 sacas  $ha^{-1}$  e PFO dos grãos de café de 59,06  $U g^{-1}$  amostra e o grupo A (grupo de referência) apresentou produtividade média de 57,8 sacas  $ha^{-1}$  e PFO de 67,86  $U g^{-1}$  amostra. Pelos valores de PFO constatou-se que as atividades enzimáticas

do grupo B classificam segundo Carvalho et al. (1994), cafés de bebida “riada” ou “rio” e para o grupo A (referência) cafés com bebida classificada como “estritamente mole”.

Tabela 7. Produtividade (Prod), atividade da polifenoloxidase (PFO), teores foliares médios de nutrientes, coeficientes de variação (CV) e intervalos de confiança nos grupos A e B das lavouras cafeeiras do Alto Vale do Jequitinhonha, MG.

Variável <sup>1/</sup>	A <sup>2/</sup>			B		
	Média	CV%	IC	Média	CV%	IC
Prod	57,8	24,91	52,15 - 63,45	30,8	65,74	26,25 - 35,28
PFO	67,86	3,70	66,87 - 68,84	59,06	8,26	57,97 - 60,15
N	2,58	17,10	2,41 - 2,75	2,74	17,01	2,64 - 2,85
P	0,28	51,91	0,22 - 0,33	0,20	30,32	0,18 - 0,21
K	1,69	23,06	1,54 - 1,84	1,75	23,45	1,66 - 1,84
Ca	1,53	16,84	1,43 - 1,63	1,29	25,21	1,22 - 1,37
Mg	0,38	28,01	0,34 - 0,42	0,38	29,81	0,35 - 0,40
S	0,14	54,85	0,11 - 0,17	0,14	45,26	0,12 - 0,15
B	89,49	18,33	83,06 - 95,93	87,43	20,33	83,46 - 91,39
Cu	47,28	34,28	40,93 - 53,64	51,35	37,73	47,02 - 55,67
Fe	206,48	43,49	171,3 - 241,7	221,37	53,11	195,1 - 247,6
Mn	328,68	64,68	245,3 - 412,1	245,67	64,75	210,1 - 281,2
Zn	23,22	85,12	15,5 - 31,0	14,13	98,26	11,0 - 17,2

<sup>1/</sup> Produtividade expressa em sacas ha<sup>-1</sup>; PFO em U g<sup>-1</sup> de amostra e, teores foliares de macro e micronutrientes expressos em dag kg<sup>-1</sup> e mg kg<sup>-1</sup>, respectivamente. <sup>2/</sup> A - produtividade ≥ 30 sacas ha<sup>-1</sup> e PFO > 62,99 U g<sup>-1</sup> de amostra (grupo de referência) e B - produtividade < 30 sacas ha<sup>-1</sup> com bebida “dura” inferior, igual e superior e com produtividade > 30 sacas ha<sup>-1</sup> e bebida igual e inferior a bebida “dura” (PFO ≤ 62,99 U g<sup>-1</sup> de amostra).

O critério de escolha da relação entre um par de nutrientes (ex.: P/N ou N/P) para compor as normas DRIS, baseou-se na razão entre variâncias do grupo de B e A ( $S^2_B/S^2_A$ ). Segundo Walworth et al. (1986); Payne et al. (1990); Hartz et al. (1998), relações com alta  $S^2_B/S^2_A$  conferem maior segurança para a diagnose nutricional. Este procedimento, objetiva determinar as normas com a maior precisão preditiva (CALDWELL et al., 1994), maximizando a distinção entre plantas nutricionalmente equilibradas e desequilibradas (WALWORTH e SUMNER, 1987) e com melhor qualidade da bebida do café.

Todas as relações entre nutrientes calculadas no grupo de referência (grupo A) apresentaram distribuição normal segundo o teste de Lilliefors ( $p < 0,01$ ) e das 110 relações entre nutrientes estudadas conforme procedimento realizado no capítulo 2, foram selecionadas 55 relações entre nutrientes para compor as normas DRIS do cafeeiro que proporcione produtividade acima de 30 sacas ha<sup>-1</sup> e qualidade de bebida acima da classificação “dura” (PFO > 62,99 U g<sup>-1</sup> de amostra) para o estabelecimento de normas DRIS para o melhor estado nutricional e qualidade da bebida do café da região do Alto Vale do Jequitinhonha do estado de

Minas Gerais. Os valores médios das relações adotadas como normas DRIS, juntamente com seus respectivos coeficientes de variação, estão apresentados na tabela 8.

Tabela 8. Normas DRIS para melhor estado nutricional e qualidade de bebida do café (*Coffea arabica* L.) na região do Alto Vale do Jequitinhonha, MG.

<b>Relação</b>	<b>Média</b>	<b>CV (%)</b>	<b>Relação</b>	<b>Média</b>	<b>CV (%)</b>	<b>Relação</b>	<b>Média</b>	<b>CV (%)</b>
<b>N/P</b>	10,96	37,67	<b>K/Ca</b>	1,13	27,43	<b>Mg/Fe</b>	21,22	42,69
<b>N/K</b>	1,62	32,93	<b>K/Mg</b>	4,86	42,30	<b>Mg/Mn</b>	17,55	69,05
<b>N/Ca</b>	1,74	29,16	<b>K/S</b>	15,43	55,14	<b>Mg/Zn</b>	336,13	114,82
<b>N/Mg</b>	7,19	24,47	<b>K/B</b>	193,77	26,31	<b>S/B</b>	15,21	49,84
<b>N/S</b>	24,27	49,22	<b>K/Cu</b>	403,25	43,70	<b>S/Cu</b>	31,85	54,97
<b>N/B</b>	295,10	20,97	<b>K/Fe</b>	91,86	32,26	<b>S/Fe</b>	6,81	34,33
<b>N/Cu</b>	643,49	55,85	<b>K/Mn</b>	67,04	38,92	<b>S/Mn</b>	5,75	74,24
<b>N/Fe</b>	148,93	47,98	<b>K/Zn</b>	1.342,52	78,14	<b>S/Zn</b>	122,93	122,62
<b>N/Mn</b>	109,83	56,56	<b>Ca/Mg</b>	4,19	19,16	<b>B/Cu</b>	2,16	50,16
<b>N/Zn</b>	2.134,40	95,43	<b>Ca/S</b>	14,13	50,72	<b>Fe/B</b>	2,32	39,34
<b>K/P</b>	7,33	40,80	<b>Ca/B</b>	174,19	18,83	<b>Mn/B</b>	3,78	68,19
<b>Ca/P</b>	6,58	38,88	<b>Ca/Cu</b>	381,98	56,32	<b>B/Zn</b>	7,23	83,58
<b>Mg/P</b>	1,61	41,80	<b>Ca/Fe</b>	86,20	39,08	<b>Fe/Cu</b>	4,52	34,90
<b>P/S</b>	2,56	61,11	<b>Ca/Mn</b>	67,39	55,83	<b>Mn/Cu</b>	7,29	58,73
<b>P/B</b>	31,76	50,24	<b>Ca/Zn</b>	1.179,52	75,78	<b>Cu/Zn</b>	4,36	100,87
<b>P/Cu</b>	78,79	94,76	<b>Mg/S</b>	3,42	45,15	<b>Mn/Fe</b>	1,67	58,23
<b>P/Fe</b>	17,28	84,47	<b>Mg/B</b>	43,84	35,44	<b>Zn/Fe</b>	1,67	58,23
<b>P/Mn</b>	12,24	80,68	<b>Mg/Cu</b>	95,93	59,86	<b>Mn/Zn</b>	35,57	158,93
<b>P/Zn</b>	189,52	74,34						

Modelos estatísticos foram ajustados entre os teores foliares dos nutrientes e os respectivos índices DRIS (Tabela 9). Todos os índices DRIS aumentaram com seus respectivos teores de nutrientes. Esta correlação pode ser utilizada da mesma forma que ocorre com a produtividade das culturas e teor de nutriente na planta que é uma premissa para usar a análise de planta como critério de diagnose (MALAVOLTA, 2006) com adição da avaliação da qualidade da bebida do café nos índices DRIS dos nutrientes. Desta forma, os índices DRIS podem ser usados para realizar a diagnose nutricional, no caso de existir uma correlação positiva entre teor de nutriente na planta e os referidos índices (REIS JÚNIOR et al., 2002).

Analisando os modelos ajustados entre teores foliares de nutrientes e os respectivos índices DRIS, constata que, em determinado ponto da curva, o índice DRIS torna-se nulo. Neste ponto, o teor foliar que não estaria limitando nutricionalmente à capacidade produtiva (SMITH, 1988) e a qualidade da bebida; pois como o banco de dados utilizado para determinar os índices DRIS foi composto por amostras da mesma época de amostragem de folhas e da uniformização da colheita dos frutos para determinação da qualidade da bebida do café. Desta forma, foi proposta a faixa crítica de cada nutriente, faixa esta que estaria próxima de índice DRIS nulo que

poderia ser considerado como faixa crítica adequada (Tabela 9) do melhor estado nutricional e qualidade da bebida dos grãos de café da região do Alto Vale do Jequitinhonha, MG.

Tabela 9. Modelos ajustados entre índices DRIS e teores foliares de nutrientes, intervalo de confiança dos índices DRIS ( $IC_{IDRIS}$ ) e, faixas críticas adequadas para melhor estado nutricional e qualidade da bebida do café (*Coffea arabica* L.) do Vale do Jequitinhonha, MG.

Nutriente	Modelo	R <sup>2</sup>	IC <sub>IDRIS</sub>	Faixas críticas <sup>1/</sup>
N	IN = 31,47 – 73,49**/N	0,50	±1,84	2,20 – 2,48
P	IP = 18,87 – 4,21**/P	0,74	±1,68	0,20 – 0,24
K	IK = - 24,65 + 15,01**/K	0,56	±2,23	1,49 – 1,79
Ca	ICa = 17,54 – 25,40**/Ca	0,70	±1,95	1,30 – 1,63
Mg	IMg = -48,74 + 82,21**/Mg <sup>0,5</sup>	0,76	±2,34	0,32 – 0,38
S	IS = 32,46 – 10,98**/S <sup>0,5</sup>	0,93	±2,18	0,10 – 0,13
B	IB = 20,65 – 1708,85**/B	0,59	±1,47	77,3 – 89,1
Cu	ICu = 18,01 – 62,34**/Cu	0,85	±1,97	3,12 – 3,89
Fe	IFe = - 125,55 + 8,73**/Fe <sup>0,5</sup>	0,56	±10,37	174,1 – 242,4
Mn	IMn = 9,90 – 2477,99**/Mn	0,91	±2,65	197,4 – 341,8
Zn	IZn = 61,66 – 12,32**/Zn <sup>0,5</sup>	0,71	±6,84	19,8 – 31,0

<sup>1/</sup> Macronutriente em dag kg<sup>1</sup> e micronutriente em mg kg<sup>1</sup>. \*\* significativo a 1% pelo teste de t.

A partir do estabelecimento das normas DRIS e as faixas críticas adequadas para melhor estado nutricional e qualidade da bebida do café acima da classificação “dura”, que é a classificação de bebida comum quando se utiliza a classificação feita por provadores pelo método da “prova da xícara” (CHAGAS et al., 1996b); possibilita-se que os cafeicultores da região do Alto Vale do Jequitinhonha possam utilizar a análise foliar que é uma prática pré-colheita com o objetivo de obter um melhor balanço nutricional do cafezal que proporcione melhor produtividade como também qualidade da bebida do café.

A obtenção das faixas críticas para utilização prática pelo cafeicultor pode gerar discussão polêmica e de certo modo contraditória, pois segundo Amorim (1970), Carvalho et al. (1997), Malta et al. (2002), Mendonça, (2004) e Chagas et al. (2005), vários fatores podem influenciar a qualidade da bebida do café, dentre eles, o clima, o solo, estado nutricional e o manejo cultural pré e pós-colheita. Entretanto, a nutrição adequada leva à maior produtividade e possivelmente também à melhor qualidade, ou seja, adubação correta, nutrição equilibrada, bebida de boa qualidade (BATAGLIA, 2007).

### 3.3 Relação entre o estado nutricional do cafeeiro e a qualidade da bebida

Embora de grande utilidade e relativamente de fácil aplicação, a interpretação de análises foliares por meio de teores ou faixas críticas, avalia cada nutriente isoladamente, não

considerando o balanço entre eles. Contudo, sabe-se que os teores de nutrientes nas folhas podem ser alterados pela idade da planta, estágio de crescimento e pelas interações que afetam tanto a absorção quanto a distribuição desses elementos (MARTINEZ et al., 2004).

O DRIS baseia-se no cálculo de um índice para cada nutriente, considerando sua relação com os demais. Envolvem a comparação das razões entre cada par de nutriente encontrado em determinado tecido de interesse, com as razões médias correspondentes às normas estabelecidas para melhor estado nutricional e qualidade da bebida do café conforme tabela 9.

A partir da observação da tabela 10, verifica-se maior frequência de lavouras (36%) de baixa produtividade com qualidade de bebida inferior (“riada e rio” e “dura”), ao passo que em lavouras com alta produtividade observa-se uma tendência de maiores porcentagens de lavouras (25%) com cafés de melhor qualidade (“bebida mole e apenas mole” e “estritamente mole”) segundo classificação de Carvalho et al. (1994).

Os índices DRIS podem assumir valores negativos, quando ocorre deficiência do elemento considerado em relação aos demais. Valores positivos indicam excesso e, quando mais próximos de zero estiverem, mais próxima estará a planta do equilíbrio nutricional para o elemento em estudo (BEAUFILS, 1971; DAVEE et al., 1986; COSTA, 1995). Ainda, o DRIS permite conhecer a ordem de limitação dos nutrientes para cada lavoura, permitindo à classificação dos elementos em ordem de importância na produção (COSTA, 1995) e neste caso a qualidade da bebida do café, pois os índices DRIS foram obtidos de uma norma com população de referência de alta produtividade e qualidade de bebida acima de “dura” conforme discutido anteriormente; fornecendo, ao mesmo tempo, uma indicação da intensidade de exigência de determinado elemento. A partir desta inferência e pela observação da tabela 10, de forma geral pode-se verificar que o Mn, Fe, Ca, P, S e B foram os nutrientes mais limitantes por deficiência (índice negativo), nesta ordem, enquanto, os nutrientes Zn, Cu, N, K e Mg foram os que mais limitaram por excesso (índice positivo) na produtividade de grãos e qualidade da bebida do café.

Através da observação dos índices DRIS (Tabela 10), pode-se inferir com maior precisão que à medida que aumentou a produtividade e qualidade da bebida do café, mais próximo de zero apresentaram os índices, ou seja, as lavouras que apresentaram mais produtivas e com melhor qualidade da bebida do café estão mais equilibradas nutricionalmente. Portanto, este resultado confirma que a nutrição equilibrada leva à maior produtividade e também, a melhor qualidade.



Tabela 10. Produtividade (Prod), qualidade da bebida pela atividade da polifenoloxidase (PFO), frequência de lavouras (Freq.), teores foliares médios (TF), índices DRIS (ID), Índice de Balanço Nutricional médio (IBNm)<sup>2/</sup> de cafeeiros da região do Alto Vale do Jequitinhonha, MG.

Prod.	PFO		Freq.			N	P	K	Ca	Mg	S	B	Cu	Fe	Mn	Zn	IBNm <sup>2/</sup>
	sc ha <sup>-1</sup>	Bebida <sup>1/</sup>															
						..... dag kg <sup>-1</sup> .....						..... mg kg <sup>-1</sup> .....					
Baixa	24,03	RR	53,36	15	TF	3,11	0,20	1,83	1,49	0,45	0,12	85,31	53,03	192,28	193,31	11,25	
					ID	7,93	-3,60	3,96	0,91	7,06	-2,79	-2,01	4,70	-7,75	-9,10	20,05	6,35
	15,15	D	60,35	21	TF	2,60	0,19	1,65	1,13	0,36	0,16	85,65	41,80	213,22	198,04	9,88	
					ID	4,58	-3,05	2,06	-6,10	1,25	4,95	2,80	0,64	-13,35	-4,24	25,31	6,21
	14,06	AMM	64,80	8	TF	2,82	0,18	1,60	1,04	0,36	0,12	94,90	66,20	200,33	149,75	10,58	
					ID	7,70	-3,23	2,33	-8,97	1,69	-0,05	5,60	10,40	2,60	-7,08	26,94	6,96
	17,73	EM	69,14	4	TF	3,03	0,25	2,32	1,25	0,39	0,08	58,55	41,20	156,45	205,30	6,05	
					ID	13,92	4,91	19,63	0,37	8,08	-11,32	-11,32	5,04	-31,51	-17,77	19,94	13,07
Alta	64,78	RR	51,33	4	TF	2,41	0,19	1,86	1,12	0,27	0,12	83,65	52,10	173,50	508,85	20,95	
					ID	0,18	-4,17	3,11	-6,94	-6,88	-0,01	0,96	5,31	-12,66	6,28	4,62	4,65
	51,64	D	59,38	23	TF	2,61	0,20	1,73	1,44	0,37	0,15	93,42	55,59	274,04	319,08	21,34	
					ID	0,65	-5,24	-0,65	-2,18	-1,16	1,67	0,60	3,50	14,83	-0,38	13,60	4,04
	47,08	AMM	65,37	12	TF	2,47	0,30	1,81	1,42	0,41	0,20	88,10	49,05	244,33	363,35	16,90	
					ID	-1,71	1,84	-0,49	-3,09	-0,02	5,51	-1,93	2,50	18,19	-1,56	14,76	4,69
	62,56	EM	68,97	13	TF	2,63	0,27	1,64	1,58	0,37	0,11	90,11	46,50	189,66	313,28	26,02	
					ID	0,77	-0,82	-2,76	1,37	0,01	-3,50	0,87	1,86	4,84	-0,58	4,28	1,97

<sup>1/</sup> RR – Bebida “riada e rio”, D – Bebida “dura”, AMM – Bebida “apenas mole e mole” e EM – “estritamente mole”. <sup>2/</sup>  $(\sum |ID|)/11$

A soma dos índices DRIS, em módulo, dividindo pelo número de nutrientes fornece o Índice de Balanço Nutricional médio ( $IBN_m$ ), que permite comparar o equilíbrio nutricional das lavouras entre si (MARTINEZ et al., 2004). A relação entre produção de grãos e a qualidade da bebida avaliada pela atividade da polifenoloxidase (PFO) com os valores de  $IBN_m$  é apresentada na figura 1, confeccionada com os dados da tabela 10. Os resultados mostram que quando o cafeeiro está com desbalanço nutricional (desequilíbrio nutricional), este proporciona uma baixa produtividade, podendo no entanto, a bebida ser de boa qualidade (bebida “mole, apenas mole” e “estritamente mole”). Quando o cafeeiro está com melhor balanço nutricional (equilíbrio nutricional) ocorre uma elevada produtividade de grãos, mas pode ocorrer bebida de baixa qualidade (bebida “rio” e “riada”) com atividade da polifenoloxidase menor que  $55,99 \text{ U g}^{-1}$  de amostra de grãos de café como também bebida de boa qualidade (bebida acima de “dura”) com atividade da polifenoloxidase acima de  $62,99 \text{ U g}^{-1}$  de amostra de grãos de café.

Pela equação da superfície de resposta, comparando-se os coeficientes lineares, verifica-se que o balanço nutricional das lavouras cafeeiras tem uma maior relação com a produtividade do que a qualidade da bebida do café avaliada pela PFO (Figura 1). Esta tendência é justificada pela maior facilidade de se avaliar a produção das culturas, ao contrário da qualidade dos produtos agrícolas, que não é facilmente definida ou medida (SILVA, 1999), somente com uma simples variável, apesar de que a PFO ter uma boa correlação com a qualidade da bebida do café avaliada pela “prova de xícara” (AMORIM e SILVA, 1968; AMORIM, 1978; LEITE, 1991; CARVALHO et al., 1994; CHAGAS et al., 1996b; PIMENTA, 1995; CHALFOUN, 1996; PEREIRA, 1997 e MAZZAFERA et al., 2002). Silva et al. (2003), constataram que o IBN de lavouras cafeeiras apresentou comportamento bastante próximo do modelo teórico com relação inversa à produção do cafeeiro com ajuste de coeficiente de correlação linear simples ( $r = 0,72$ ), e observaram ainda que a mesma tendência ocorreu entre o IBN e a qualidade da bebida, porém com coeficiente de correlação linear ( $r = 0,45$ ) inferior ao encontrado para produção. Além disso, verifica-se que existe uma interação da produtividade e qualidade da bebida com o estado nutricional do cafeeiro (Figura 1), de forma que com aumento da produtividade e qualidade da bebida ocorre uma redução do IBN. Este índice indica que, quanto menor o seu valor, melhor será o estado nutricional da planta (COSTA, 1999).

$$\text{IBNm} = 135,3 + 0,9851^{**}\text{Prod} - 0,004968^{**}\text{Prod}^2 - 4,95914^{**}\text{PFO} + 0,0457307^{**}\text{PFO}^2 - 0,0118499^{**}\text{Prod}\text{PFO};$$

$$R^2 = 0,95$$

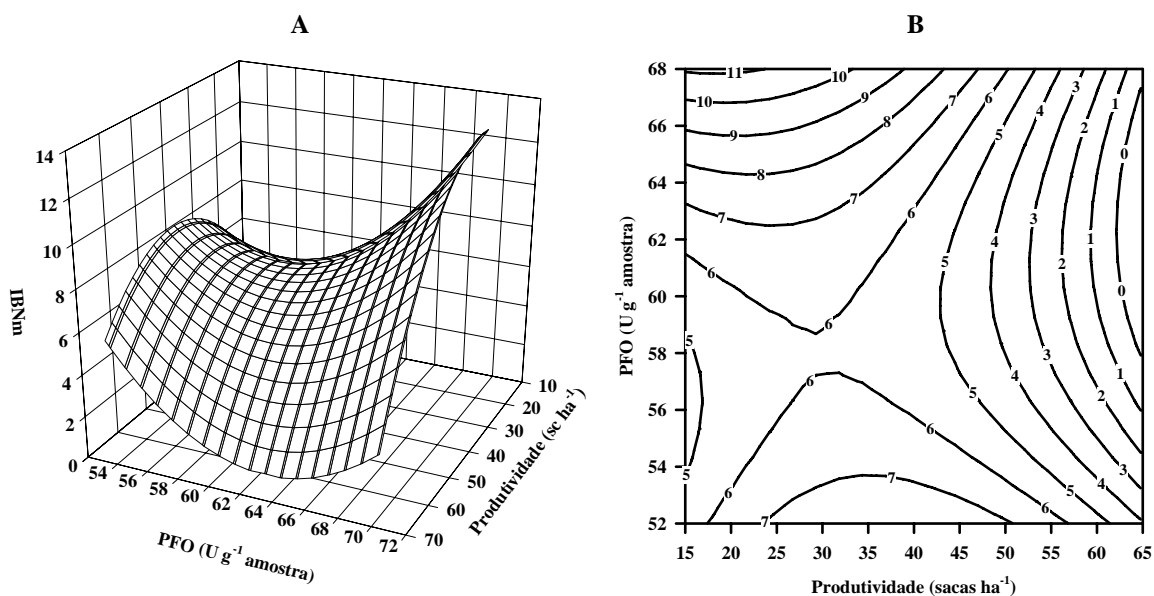


Figura 1. Superfície de resposta entre índice de balanço nutricional médio (IBNm), produtividade e atividade enzimática da polifenoloxidase (PFO) de grãos (A) e isothermas das variáveis (B) para cafeeiros da região do Alto Vale do Jequitinhonha, MG. (\*\* significativo a 1% pelo teste de t).

A partir da derivação da equação da figura 1, verifica-se que o máximo de desequilíbrio nutricional ( $\text{IBNm}_m$  estimado = 6,0) das lavouras cafeeiras corresponde a produtividade de 29,8 sacas ha<sup>-1</sup> e PFO de 58,09 U g<sup>-1</sup> de amostra grãos de café classificado como bebida “dura”, conforme Carvalho et al. (1994). Para o máximo equilíbrio nutricional das lavouras cafeeiras ( $\text{IBNm}_m = 0$ ), a produtividade atingida é de 65,0 sacas ha<sup>-1</sup> e PFO de 67,57 U g<sup>-1</sup> de amostra de grãos de café classificado como bebida “mole” e “apenas mole” de acordo com a tabela proposta por Carvalho et al. (1994). Com o melhor estado nutricional das lavouras cafeeiras, a partir do modelo, obteve-se uma produtividade de 314% maior que a média das regiões Zona da Mata, Jequitinhonha, Mucuri, Rio Doce, Central e Norte, foi de 15,7 sacas ha<sup>-1</sup> na safra 2007 (CONAB..., 2007) e; com qualidade da bebida superior que “dura”, sendo esta bebida o limite da faixa de não aceitação e aceitação da qualidade da bebida do café no mercado proposta por Carvalho et al. (1994). O contrário ( $\text{IBNm}_m = 6,0$ ), verifica-se produtividade 89,8% maior que a média das regiões, porém com qualidade de bebida inferior.

Desta forma, pose-se inferir que se o cafeicultor mantiver um bom manejo do estado nutricional da lavoura, proporcionará elevada produtividade e qualidade da bebida, pois a

nutrição mineral é um fator essencial tanto na produção como na qualidade, porque esta determina seu preço e, conseqüentemente, a cotação deste no mercado (SILVA, 1999).

Portanto, ideal seria um bom balanço nutricional do cafeeiro que proporcione uma elevada produtividade de grãos com melhor qualidade da bebida do café. Entretanto, de acordo com Bataglia (2007), integrar as áreas de nutrição e de qualidade dos produtos agrícolas é difícil, pois vários fatores podem influenciar a qualidade, além do “problema” da especificidade de cada pesquisador na sua área de trabalho.

## 4 CONCLUSÕES

1. A maior parte das lavouras avaliadas da região do Alto Vale do Jequitinhonha apresentou qualidade da bebida classificada como “dura”. No entanto, a região apresenta aptidão para produzir cafés de melhor qualidade (bebida “mole”, “apenas mole” e “estritamente mole”).

2. As normas DRIS e faixas críticas adequadas de nutrientes foram estabelecidas para proporcionar o melhor estado nutricional e qualidade da bebida do café da região do Alto Vale do Jequitinhonha, MG.

3. As faixas críticas adequadas de nutrientes dos cafeeiros do Alto Vale do Jequitinhonha (MG), para o melhor estado nutricional e qualidade da bebida do café são 2,20-2,48 dag kg<sup>-1</sup> para N, 0,20-0,24 para P, 1,49-1,79 para K, 1,30-1,61 para Ca, 0,32-0,38 para Mg, 0,10-0,13 para S, 77,3-89,1 mg kg<sup>-1</sup> para B, 3,1-3,8 para Cu, 174,0-242,4 para Fe, 197,5-341,8 para Mn e 19,8-31 para Zn.

4. O melhor equilíbrio do estado nutricional das lavouras cafeeiras foi atingido com produtividade de grãos com 65,0 sacas ha<sup>-1</sup> e qualidade de bebida “mole” e “apenas mole”. A manutenção do equilíbrio do estado nutricional da lavoura proporciona elevada produtividade e qualidade da bebida do café.

## **CONCLUSÃO GERAL**

As normas DRIS e faixas críticas adequadas foram estabelecidas para diagnose nutricional e para melhor estado nutricional juntamente com melhor qualidade da bebida do café da região do Alto Vale do Jequitinhonha, de forma que essas informações aliadas ao levantamento da qualidade poderão auxiliar os cafeicultores do Vale em obter um diagnóstico mais preciso das lavouras e da qualidade o café produzido, fazendo com que a cafeicultura desta região possa ter maior expressão, gerando maiores retornos econômicos.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABIC. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DA INDÚSTRIA DE CAFÉ. Principais países produtores de café. Disponível em: <[http://www.abic.com.br/estat\\_pagricola.html](http://www.abic.com.br/estat_pagricola.html)>. Acesso em: 18 abr. 2008, 15:32:07.

ALVAREZ V., V. H. et al. Normas para aplicação do DRIS para *Coffea arabica*. In: REUNIÃO DE FERTILIDADE DO SOLO E NUTRIÇÃO DE PLANTAS, 24, 2000, Santa Maria. **Anais...** Santa Maria: SBCS, UFSM, 2000. 1 CD-ROM.

ALVAREZ V., V. H.; RIBEIRO, A. C. Calagem. In: RIBEIRO, A. C.; GUIMARÃES, P. T. G.; ALVAREZ V., V. H. (ed.). **Recomendações para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais**. Viçosa: CFSEMG, 1999. p.43-60.

AMORIM, H. V. Nutritional status of the coffee plant and beverage quality. **Indian Coffee**, v. 34, n. 12, p. 331-335, 1970.

AMORIM, H. V. **Aspectos bioquímicos e histoquímicos do grão de café verde relacionados com a determinação da qualidade**. 1978. 85p. Tese (“Livre Docente” em Bioquímica) – Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 1978.

AMORIM, H.V.; SILVA, O. M. Relationship between the polyfenoloxidase activity of coffee beans and quality of beverage. **Nature**, New York, v. 219, n. 27, p. 381-382, July 1968.

AMORIM, H. V. Estado nutricional do cafeeiro e qualidade da bebida. **Revista de Agricultura**, Piracicaba, v.43, n.2, p.93-103, jun. 1968.

AMORIM, H. V. et al. Chemistry of Brazilian green coffee and the quality of the beverage. II. Phenolic compounds. **Turrialba**, San Jose, v.24, n.2, p.217-221, abr./jun. 1974.

AMORIM, H.V. **Relação entre alguns compostos orgânicos do grão do café verde com a qualidade da bebida**. 1972. 136p. Tese (Doutorado em Bioquímica) – Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 1972.

AMORIM, H.V. et al. Estudo sobre a alimentação mineral do cafeeiro. XXI. Efeito da adubação N P e K e orgânica na composição mineral do grão e na qualidade da bebida. **Anais da ESALQ**, Piracicaba, v.24, p.215-227, 1967.

AOAC. ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTRY. **Official methods of analysis of the Association of Official Analytical Chemists**. 15.ed. Washington, 1990. 684p.

ARBOLEDA, C. V., ARCILA, J. P., MARTINEZ, R. B. Sistema integrado de recomendación y diagnosis: una alternativa para la interpretación de resultados del análisis foliar en café. **Agronomia Colombiana**, Bogotá, v. 5, p. 17-30, 1988.

ARCILA-PULGARIN, J.; VALÊNCIA-ARISTIZÁBAL, G. Relacion entre la actividade de la polifenol oxidasa (P.F.O.) y las pruebas de catacion como medidas de la calidad de la bebida del cafe. **Cenicafé**, Caldas, v.26, n.2, p.55-71, abr./jun. 1975.

ARIZALETA, M.; RODRIGUEZ, O.; RODRIGUEZ, V. Relación de los índices DRIS, índices de balance de nutrientes, contenido foliar de nutrientes y el rendimiento del cafeto em Venezuela. **Bioagro**, Barquisimeto, v.14, n.3, p.153-159, 2002.

ASSIS, R.L.; FERREIRA, M.M.; CARGNELUTTI FILHO, A. Estado nutricional de *Eucalyptus urophylla* s.t. blake sob diferentes espaçamentos na região de cerrados de minas gerais. **Pesquisa Agropecuria Tropical**, Goiânia, v.36, n.3, p. 151-157, 2006.

ATIVOS do café. **Diversidade de processos produtivos faz custos oscilarem**. Lavras, v.1, n.1, dez. 2007.

BAILEY, J. S.; BEATTIE, J. A. M.; KILPATRICK D. J. The diagnosis and recommendation integrated system (DRIS) for diagnosing the nutrient status of grassland swards: I. Model establishment. **Plant and Soil**, Dordrecht, v. 197, n. 1, p. 137-147, nov. 1997.

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

BARBOSA, D. H. S. G. et al. Estabelecimento de normas DRIS e diagnóstico nutricional do cafeeiro arábica na região noroeste do Estado do Rio de Janeiro. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.36, n.6, p.1717-1722, nov-dez, 2006.

BATAGLIA, O. C. **Efeito da nutrição mineral sobre a qualidade dos grãos e da bebida do café**. In: SALVA, T. de J. G. et al. (Eds). Cafés de qualidade: aspectos tecnológicos, científicos e comerciais. Campinas: Instituto Agrônômico, 2007. p. 51-71.

BATAGLIA, O. C. et al. Diagnose nutricional do cafeeiro pelo DRIS variando-se a constante de sensibilidade dos nutrientes de acordo com a intensidade e frequência de resposta na produção. **Bragantia**, Campinas, v. 63, n. 2, p. 253-263, 2004.

BATAGLIA, O. C.; DECHEN, A. R.; SANTOS, W. R. Diagnose visual e análise de plantas. In: Reunião Brasileira de Fertilidade do solo e nutrição de plantas, 20, 1992, Piracicaba. **Anais...** Piracicaba: SBCS, 1992. p.369-404.

BATAGLIA, O. C.; SANTOS, W. R. dos. Estado nutricional de plantas perenes: avaliação e monitoramento. **Informações Agrônômicas**, Campinas, v. 12, n. 96. p. 3-8, dez. 2001.

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, v. 14, n. 3, p. 339-344, set./dez. 1990.

BEAUFILS, E. R. **Diagnosis and Recommendation Integrated Systems (DRIS) a general scheme for experimentation and calibration based on principles from research in plant nutrition**. Pietermaritzburg: University of Natal, South Africa, 1973. 132p. (Soil Science Bulletin, I).



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

BENTON JONES, J.; WOLF, B.; MILLS, H.A. **Plant analysis handbook; a practical sampling, preparation, analysis, and interpretation guide**. MICRO-MACRO Publishing, 1991. 213p.

BEVERLY, R. B. **A practical guide to the diagnosis and recommendation integrated system (DRIS)**. Athens: Micro-Macro Publishing, 1991. 50 p.

BEVERLY, R. B. DRIS diagnoses of soybean nitrogen, phosphorus, and potassium status are unsatisfactory. **Journal Plant Nutrition**, New York, v. 16, n. 8, p. 1431-1447, 1993.

BEVERLY, R. B.; STARK, J. C.; OJALA J. C.; EMBLETON T. W. Nutrient diagnosis of "Valencia" oranges by DRIS. **Journal of American Society of Horticultural Sciences**, Alexandria, v. 109, p. 649-654, 1984.

BITANCOURT, A.A. As fermentações e podridões da cereja de café. **Boletim da Superintendência dos Serviços do Café**, São Paulo, v.32, p.7-14, jan. 1957.

BOARI, A. de J. et al. Vírus da mancha anular do cafeeiro (*Coffee ringspot virus* – CoRSV): influência na qualidade da bebida e na produção de grãos de café. **Summa Phytopathol**, Botucatu, v. 32, n. 2, p. 192-194, 2006.

BORGES, I. B.; LANA, R. M. Q.; OLIVEIRA, S. A.; MELO, B.; BORGES, E. N. Estado Nutricional de Lavouras de café na região do Alto Paranaíba, MG. **Journal Bioscience**, Uberlândia, v. 20, n. 2, p. 197-206, may/aug. 2004.

BOULD, C.; BRADFIELD, E. G.; CLARKE, G. M. Leaf analysis as a guide to the nutrition of fruit crops. I. General principles, sampling techniques and analytical methods. **Journal Science Food Agriculture**, London, v. 11, n. 5, p. 229-242, may 1960.

CALDWELL, J. O. N.; SUMNER, M. E.; VAVRINA, C. S. Development and testing of preliminary foliar DRIS norms for anions. **Hortscience**, Alexandria, v. 29, n. 12, p.1501-1504, dec., 1994.

CANTARUTTI, R. B. et al. Avaliação da fertilidade do solo e recomendação de fertilizantes. In: NOVAIS, R. F. et al. **Fertilidade do solo**. 1ª Edição. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2007. p. 769-850.

CARVALHO, J. G. de; LOPES, A. S.; BRASIL, E.; REIS, JR., R. A. **Diagnose da fertilidade do solo e do estado nutricional de plantas**. Lavras: UFLA/FAEPE, 2001. 95p.

CARVALHO, V. D. de et al. Relação entre a composição físico-químico e químico do grão beneficiado e a qualidade da bebida do café. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 29, n. 3, p. 449-454, mar. 1994.

CARVALHO, V. D. de; CHAGAS, S. J. de R.; CHALFOUN, S. M. Fatores que afetam a qualidade do café. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v. 18. n. 187, p. 5-20, 1997.

CERDÁ, A.; NIEVES, M.; MARTÍNEZ, V. An evaluation of mineral analysis of “Verna” lemons by DRIS. **Communication Soil Science Plant Analysis**, v. 26, n. 1, p. 1697-1707, 1995.

CHAGAS, S. J. de R.; MALTA, M. R.; PEREIRA, R. G. F. A. Potencial da região da região sul de Minas Gerais para a produção de cafés especiais (I – Atividade da polifenoloxidase, condutividade elétrica e lixiviação de potássio). **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 29, n. 3, p.590-597, maio/jun. 2005.

CHAGAS, S. J. R. et al. Caracterização química e qualitativa de cafés de alguns municípios de três regiões produtoras de Minas Gerais. II – Valores de acidez titulável e teores de açúcares (redutores, não redutores e totais). **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 20, n. 2, p. 224-231, abr./jun. 1996a.

CHAGAS, S. J. de R.; CARVALHO, V.D.; COSTA, L. Caracterização química e qualitativa de cafés de alguns municípios de três regiões produtoras de Minas Gerais. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.31, n.8, p.555-561, ago. 1996b.

CHALFOUN, S. M.; CARVALHO, V. D. Influência da altitude e da ocorrência de chuvas durante os períodos de colheita e secagem sobre a qualidade do café procedente de diferentes municípios da região Sul do Estado de Minas Gerais. **Revista Brasileira de Armazenamento**, Viçosa, v. 26, n. 2, p. 32-36, 2001. Especial Café.

CHALFOUN, S. M. S. **O café (*Coffea arabica* L.) na Região Sul de Minas Gerais-relação da qualidade com fatores ambientais, estruturais e tecnológicos**. 1996. 171 p. Tese (Doutorado em Fitotecnia) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, 1996.

CLIFFORD, M. N. Chemical and physical aspects of green coffee and coffee products. In: CLIFFORD, M. N.; WILLSON, K.C. **Coffee, botany, biochemistry and production of beans and beverage**. London: Croomhelm, 1985. p.305-359.

CLIFFORD, M. N.; RAMIREZ-MARTINEZ, J. R. Tannins in wet-processed coffee beans and coffee pulp. **Food Chemistry**, Oxford, v.40, n.2, p.191-200, may 1991.

CONAB - COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO. Avaliação da Safra Agrícola Cafeeira 2007/2008. Brasília: MAPA, 2007. 10 p.

CONAB. COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO. Acompanhamento da safra brasileira de café, safra 2008, primeira estimativa, janeiro/2008. Disponível em: <<http://www.google.com.br>>. Acesso em 18 abr. 2008, 09:12:05.

CORRÊA, J. B. et al. Avaliação da fertilidade do solo e do estado nutricional de cafeeiros do Sul de Minas Gerais. **Ciência e Agrotecnologia**. v. 25, n.6, p. 1279-1286, nov./dez., 2001.

COSTA, A. N. Aplicação do sistema integrado de diagnose e recomendação (DRIS) em cafeeiros Conilon (*Coffea canephora*) e Arábica (*Coffea arabica*). In: SIMPÓSIO DE MONITORAMENTO NUTRICIONAL PARA A RECOMENDAÇÃO DA ADUBAÇÃO DE CULTURAS, 1999, Piracicaba. **Anais...** Piracicaba: POTAFOS, 1999. 1CD-ROM.

COSTA, A. N. da. **Uso do sistema integrado de diagnose e recomendação (DRIS), na avaliação do estado nutricional do mamoeiro (*Carica papaya* L.) no Estado do Espírito Santo.** 1995. 95p. Tese (Doutorado em Solos e Nutrição de Plantas) - Departamento de Solos, Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 1995.

COSTA, A. N. da e BRAGANÇA, S. M. Normas de Referência para uso do DRIS na avaliação do estado nutricional do café conilon. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE PESQUISAS CAFEEIRAS, 22, 1996, Águas de Lindóia. **Anais...** Rio de Janeiro: SDR/PROCAFÉ/PNFC, 1996. p. 103-104.

COSTA, A. N. da e PREZOTTI, L. C. Uso do DRIS na avaliação do estado nutricional do café arábica na região serrana do estado do Espírito Santo. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE PESQUISAS CAFEEIRAS, 23, 1997, Manhuaçu. **Anais...** Rio de Janeiro: SDR/PROCAFÉ/PNFC, 1997. p. 190-191.

COSTA, A. N. e PREZOTTI, L.C. Padrão de referência para o uso do DRIS na avaliação nutricional do café arábica. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE PESQUISAS CAFEEIRAS, 22, 1996, Águas de Lindóia. **Anais...** Rio de Janeiro: SDR/PROCAFÉ/PNFC, 1996.

COTTENIE, A. Present status of plant analysis as a method for preparation of fertilizer recommendations. In: FAO. **Soils.** Rome, 1980. p. 21-36. (FAO Bulletin, 38/1).

CRESTE, J. E.; NAKAGAWA, J.; GRASSI FILHO, H. Uso do DRIS no manejo da adubação em pomares cítricos. In: SIMPÓSIO DE MONITORAMENTO NUTRICIONAL PARA A RECOMENDAÇÃO DA ADUBAÇÃO DE CULTURAS, 1999, Piracicaba. **Anais...** Piracicaba: POTAFOS, 1999. 1CD-ROM.

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

DAVEE, D. E.; RIGHETTI, T. L.; FALLAHI, E.; ROBBINS, S. An evaluation of the DRIS approach for identifying mineral limitations on yield in "napoleon" sweet cherry. **Journal of American Society of Horticultural Sciences**, Alexandria, v. 11, n.6, p. 988-993, nov. 1986.

DRAETTA, I. S.; LIMA, D. C. Isolamento e caracterização das polifenoloxidasas do café. **Coletânea do Instituto de Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 17, p. 3-28, 1976.

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

ELWALI, A. M. O.; GASCHO, G. J. Sugarcane response to P, K and DRIS corrective treatments on Florida Histosols. **Agronomy Journal**, Madison, v. 75, n.1, 79-83, jan/feb., 1983.

ELWALI, A. M. O.; GASCHO, G. J.; SUMNER, M. E. DRIS normas for 11 nutrients in com leaves. **Agronomy Journal**, Madison, v. 77, n. 3, p. 506-508, may/june 1985.

EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos (Rio de Janeiro, RJ). **Sistema brasileiro de classificação de solos.** Brasília: Produção de informações, 2006. 306 p.

ESCANO, C. R.; JONES, C. A.; UEHARA, G. Nutrient diagnosis in corn on Hydric Dystrandeps: II. Comparison of two systems of tissue diagnosis. **Soil Science Society American Journal**, Madison, v. 45, n. 6, p. 1140-1144, dec. 1981.

FAVARIN, J. L. et al. Qualidade da bebida de café de frutos cereja submetidos a diferentes manejos pós-colheita. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 39, n. 2, p. 187-192, fev. 2004.

FELDMAN, J.R.; RYDER, W.S.; KUNG, J.T. Importance of non volatile compounds to the flavor of coffee. **Journal of Agriculture and Food Chemistry**, Washington, v.17, p.733-739, 1969.

FERNANDES, S. M. et al. Avaliação química da qualidade e dos grãos torrados de duas cooperativas do sul de Minas Gerais. **Revista Brasileira de Armazenamento – especial café**, v. XX, n. 3, p.35-38, out. 2001.

GIRANDA, R. do N. **Aspectos qualitativos de cafés submetidos à diferentes processos de secagem**. 1998. 98p. Dissertação (Mestrado em Ciências dos Alimentos) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, 1998.

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

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

INTERNATIONAL COFFEE ORGANIZATION. **Flavour profiles of commercial roasted and ground coffee samples from Brasil**. London, 1991a. n.p. (Sensory Report).

INTERNATIONAL COFFEE ORGANIZATION. **Quantitative descriptive flavour profiling of coffees from COOPARAÍSO-MG, Brasil**. London, 1991b. n.p. (Report de Evaluacion Sensorial).

JARREL, W. M.; BEVERLY, R. B. The dilution effect in plant nutrition studies. **Advance Agronomy**, CIDADE, v.34, n. 1, p. 197-224, 1981.

JONES JUNIOR, J. B. Modern interpretation systems for soil and plant analysis in the USA. **Australian Journal of Experimental Agriculture**, Melbourne, v. 33, n. 8, p. 1039-1043, 1993.

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

LEITE, I.P. **Influência do local de cultivo e do tipo de colheita nas características físicas, composição química do grão e qualidade do café (*Coffea arabica*, L.)**. 1991. 131 p. Dissertação (Mestrado em Ciência de Alimentos) – Escola Superior de Agricultura de Lavras, Lavras, 1991.

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

LOPES, L. M. V. **Avaliação da qualidade de grãos crus e torrados de cultivares de cafeeiro (*Coffea arabica* L.)**. 2000. 95p. Dissertação (Mestrado em Ciências dos Alimentos) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2000.

LOPES, R. P.; HARA, T.; SILVA, J. S. Avaliação da qualidade de grãos de café pela colorimetria. **Engenharia na Agricultura**, Viçosa, v. 6, n. 3, p. 160-169, 1998.

LUCENA, J. J. Methods of diagnosis of mineral nutrition of plants: a critical review. **Acta Horticulturae**, Leuven, v. 448, p.179-192, 1997.

MALAVOLTA, E. **Diagnose Foliar**. In: Malavolta, E. **Manual de Nutrição Mineral de Plantas**. São Paulo: Agronômica Ceres, 2006. p. 568-631.

MALAVOLTA, E. et al. Seja doutor do seu citros: nutrição e adubação. **Informações Agronômicas**, Campinas, v.12, n. 65, p. 1-9, 1994. (Arquivo Agrônomo n. 4).

MALAVOLTA, E. **História do café no Brasil: agronomia, agricultura e comercialização**. São Paulo: Ceres, 2000. 464p.

MALAVOLTA, E. **Nutrição mineral e adubação do cafeeiro: colheitas econômicas máximas**. São Paulo, Agronômica Ceres, 1993. 210 p.

MALAVOLTA, E. Nutrição, adubação e calagem para o cafeeiro. In: RENA, A.B. et al. (Ed). **Cultura do cafeeiro: fatores que afetam a produtividade**. Piracicaba: POTAFOS, 1986. p.165-274.

MALAVOLTA, E.; MALAVOLTA, M. L. Diagnose foliar princípios e aplicações. In: BULL, L. T.; ROSELEM, C. A. **Interpretação de análise química de solo e planta para fins de adubação**. Botucatu: FEPAF, 1989. p.227-308.

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

MALTA, M. R. **Produtividade e qualidade do café de lavouras em conversão para o sistema de produção orgânico**. 2007. 133p. Tese (Ciências dos Alimentos) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2007.

MALTA, M. R.; NOGUEIRA, F. D.; GUIMARÃES, P. T. G. Avaliação da qualidade do café (*Coffea arabica* L.) fertilizado com diferentes fontes e doses de potássio. **Revista Brasileira de Armazenamento**, Viçosa, v. 5, p. 9-14, 2002.

MARTINEZ, H. E. P. et al. Faixas críticas de concentrações de nutrientes e avaliação do estado nutricional de cafeeiros em quatro regiões de Minas Gerais. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 38, n. 6, p. 703-713, jun. 2003.

MARTINEZ, H. E. P. et al. **Nutrição mineral, fertilidade do solo e produtividade do cafeeiro nas regiões de Patrocínio, Manhuaçu, Viçosa, São Sebastião do Paraíso e Guaxupé**. Belo Horizonte: EPAMIG, 2004. 60 p. (Boletim Técnico, 72).

MARTINEZ, H. E. P.; CARVALHO, J. G. de; SOUZA, R. B. de. Diagnose foliar. In: RIBEIRO, A. C.; GUIMARÃES, P. T. G.; ALVAREZ V. V. H. In: COMISSÃO DE FERTILIDADE DO SOLO DO ESTADO DE MINAS GERAIS. **Recomendações para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais: 5<sup>a</sup> Aproximação**. Viçosa, CFSMG, 1999. p. 143-168.

MARTINEZ, H.E.P.; MENEZES, J.F.S.; SOUZA, R.B.; ALVAREZ V., V.H.; GUIMARÃES, P.T.G. Faixas críticas de concentrações de nutrientes e avaliação do estado nutricional de cafeeiros em quatro regiões de Minas Gerais. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.38, p.703-713, 2003.

MARTIN-PRÉVEL, P.; GAGNARD, J.; GAUTIER, P. **Plant Analysis; as a guide to the nutrient requirements of temperate and tropical crops**. Technique et Documentation, 1987.

MARTINS, D. R.; CAMARGO, O. A. de; BATAGLIA, O. C. Qualidade do grão e da bebida em cafeeiros tratados com lodo de esgoto. **Bragantia**, Campinas, v. 64, n. 1. p. 115-126, 2005.

MATIELLO, J. B. **Gosto do meu cafezal**. Rio de Janeiro: Globo, 1997. 139 p.

MATIELLO, J. B.; SANTINATO, R.; GARCIA, A. W. R.; ALMEIDA, S. R.; FERNANDES, D. R. **Cultura de café no Brasil: novo manual de recomendações**. Rio de Janeiro: MAPA/PROCAFÉ, 2002. 387p.

MAZZAFERA, P.; GONÇALVES, K. V.; SHIMIZU, M.M. Extração e dosagem da atividade da polifenoloxidase do café. **Scientia Agrícola**, Piracicaba, v. 59, n. 4, p. 695-700, out./dez. 2002.

MENDONÇA, L. M. V. L. **Características químicas, físico-químicas e sensoriais de cultivares de Coffea arabica L.** 2004. 153p. Tese (Doutorado em Ciência dos Alimentos) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2004.

MENEZES, J. F. S. et al. Índices de deficiência e excesso de macro e micronutrientes em lavouras cafeeiras de Minas Gerais. In: REUNIÃO DE FERTILIDADE DO SOLO E NUTRIÇÃO DE PLANTAS, 24, 2000, Santa Maria. **Anais...** Santa Maria: SBCS, UFSM, 2000. 1 CD-ROM.

MENGEL, K.; KIRKBY, E.A. **Principales of plant nutrition**. 4.ed. Berna: International Potash Institute, 1987. 687p.

MILLS, H. A.; JONES JR., J. B. **Plant analysis handbook II**. 2 ed. Athens: Micro-Macro, 1996. 422 p.

MOEDA, S. Interpretação do estado nutricional de soja pelo DRIS no Mato Grosso do Sul. **Scientia Agrícola**, Piracicaba, v. 4, n.1-2, p. 81-96, 2003.

NAVELLIER, P. Coffe. In: ENCYCLOPÉDIA of Industrial Chemical Analysis. New York: Joh Wiley & Sons, 1970. v.19, p.373-447.

NELSON, N. A photometric adaptation of somogy method for the determination of glucose. **Journal of Biological Chemists**, Baltimore, v. 153, n. 1, p. 375-384, 1944.

NICK, J. A. **DRIS para cafeeiros podados**. 1998, 86p. Dissertação (Mestrado em Solos) - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 1998.

NOVAIS, R. F.; SMYTH, T. J.; NUNES, F. N. Fósforo. In: NOVAIS, R. F. et al. **Fertilidade do Solo**. Viçosa: SBCS, 2007. p. 471-550.

PARTELLI, F. L. et al. Estabelecimento de normas DRIS em cafeeiro conilon orgânico ou convencional no estado do Espírito Santo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 30. n. 1, p. 443-451, 2006a.

PARTELLI, F. L. et al. Comparação de dois métodos DRIS para o diagnóstico de deficiências nutricionais do cafeeiro. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 42, n. 2, p. 301-306, 2006b .

PASIN, L. A. A. P. **Efeito de micronutrientes e cultivares sobre a população fúngica em grãos de café**. 2000. 166p. Tese (Doutorado em Fitopatologia) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2000.

PAYNE, G. G.; RECHCIGL, J. E.; STEPHENSON, R. L. Development of diagnosis and recommendation integrated system norms for Bahiagrass. **Agronomy Journal**, Madison, v. 82, n. 5, p. 930-934, set./oct. 1990.

PEREIRA, R. G. F. A. **Efeito da inclusão de grãos defeituosos na composição química e qualidade do café (*Coffea arabica* L.) “estritamente mole”**. 1997. 96p. Tese (Doutorado em Ciência dos Alimentos) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, 1997.

PIMENTA, C. J. **Qualidade do café (*Coffea arabica* L.) originado de frutos colhidos em quatro estádios de maturação**. 1995. 94p. Dissertação (Mestrado em dos Alimentos) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, 1995.

PINTO, N. A. V. D. **Avaliação química e sensorial de diferentes padrões de bebida do café arábica cru e torrado**. 2002. 92p. Tese (Doutorado em Ciência dos Alimentos) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2002.

PINTO, N. A. V. D. et al. Avaliação de componentes químicos de padrões de bebida para preparo do café expresso. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 26, n.4, p. 826-829, jun./ago. 2002.

PONTING, J. D. e JOSLYNG, M. A. Ascorbic acid oxidation and browning in apple tissue extracts. **Achives of Biochemistry**, New York, v. 19, p. 47-63, 1948.

PRETE, C. E. C. **Condutividade elétrica do exsudado de grãos de café (*Coffea arabica* L.) e sua relação com a qualidade de bebida**. 1992. 125p. Tese (Doutorado em Fitotecnia) – Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba, 1992.

RAIJ, B. van. et al. **Recomendações de adubação e calagem para o Estado de São Paulo**. 2.ed. Campinas: Instituto Agrônomo/FUNDAG, 1997. 285p. (Boletim Técnico 100).

REIS JÚNIOR, R. A. **Diagnose nutricional da cana-de-açúcar com o uso do sistema integrado de diagnose e recomendação (DRIS)**. 1999. 141 p. Tese (Doutorado em Produção Vegetal) – Centro de Ciências e Tecnologias Agropecuárias, Universidade Estadual do Norte Fluminense, Campos dos Goytacazes, 1999.

REIS JÚNIOR, R. A. et al. Diagnose nutricional de cafeeiros da região sul de Minas Gerais: normas DRIS e teores foliares adequados. **Revista Brasileira Ciência do Solo**, Viçosa, v.26, n.3, p.801-808, 2002.

REIS JÚNIOR, R. A. et al. Estabelecimento de normas DRIS para o cafeeiro no sul de Minas Gerais: 1ª aproximação. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 26, n. 2, p. 269-282, 2002.

REIS JÚNIOR, R. A. e MONNERAT, P.H. Sugarcane nutritional diagnosis with DRIS norms established in Brazil, south Africa, and the United States. **Journal of Plant Nutrition**, New York, v. 25, n.12, p.2831-2851, 2002.

REIS JÚNIOR, R. A. e MONNERAT, P.H. Validação de normas DRIS para a cultura da cana-de-açúcar. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.38, n.3, p. 379-385, 2003.

REUTER, D. J; ROBINSON, J. B. **Plant analysis: an interpretation manual**. Melbourne: Inkata, 1988. 218 p.

ROBINSON, D. S.; ESKIN, N. A. M. **Oxidative enzymes in foods**. New York: Elsevier Applied Science, 1991. 314p.

ROCHA, A. C. et al. Normas DRIS para cultura do milho semeado em espaçamento reduzido na região de Hidrolândia. **Bioscience Journal**, Goiânia, v. 23, n.4, p. 50-60, 2007.

RONZELLI JUNIOR, P. e LUCCHESI, L. A. C. Valores de referência do DRIS para a soja, cv. CD202 para a região sul do Mato Grosso do Sul. **Scientia Agrícola**, Piracicaba, v. 5, n. 12, p. 35-42, 2004.

ROTENBERG, B. e IACHAN, A. Contribuição ao estudo enzimático do grão de café. I. Tirosinase e lacase. **Revista Brasileira Tecnologia**, Brasília, v. 3, n. 3, p. 155-159, set. 1972.

SALVO, J. G. **Uso do DRIS na avaliação do estado nutricional de plantas cítricas afetadas pela clorose variegada dos citros**. 2001. 108p. Dissertação (Mestrado) – Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz/USP, Piracicaba, 2001.

SANCHEZ, C. A.; SNYDER, G. H.; BURDINE, H. W. DRIS evaluation of the nutritional status of crisphead lettuce. **Hortscience**, Alexandria, v. 26, n. 3, p. 274-276, mar. 1991.



SANINT, O. B.; VALÊNCIA, A. Actividade enzimática en el grano de café en relación con la calidade de la bebida. I. Duración de la fermentación. **Cenicafé**, Caldas, v. 21, n. XX p. 59-71, 1970.

SANTOS JUNIOR, J. D. G. et al. DRIS na avaliação especializada do estado nutricional do milho em lavoura comercial. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE AGRICULTURA DE PRECISÃO, 2, 2006, São Pedro. **Anais...** Piracicaba: ESALQ, USP, 2006. 1CD-ROM.

SILVA, E. B. **Fontes e doses de potássio na produção e qualidade do café proveniente de plantas cultivadas em duas condições edafoclimáticas**. 1999. 105p. Tese (Doutorado em Ciência do Solo) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, 1999.

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

SILVA, E. de B.; NOGUEIRA, F. D.; GUIMARÃES, P. T. G. Qualidade de grãos de café beneficiado em resposta à adubação potássica. **Scientia Agrícola**, Piracicaba, v. 59, n. 1, p.173-179, jan./mar. 2002.

SILVA, G. G. C.; NEVES, J. C. L.; ALVAREZ V., V. H. Diagnose nutricional do eucalipto pelo DRIS, M-DRIS e CND. **Scientia Agrícola**, Piracicaba, v. 61, n. 5, p. 507-515, 2004.

SILVA, J. T. A. da. **Avaliação nutricional da bananeira “Prata Anã” (AAB) sob irrigação, no semi-árido do Norte de Minas Gerais**. 2004. 129p. Tese (Doutorado em Solos e Nutrição de Planas) - Universidade Federal de Lavras, 2004.

SILVA, J. T. A.; CARVALHO, J. G. Avaliação nutricional de bananeira ‘prata anã’ (AAB), sob irrigação no semi-árido do norte de Minas Gerais, pelo método DRIS. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 29, n. 4, p. 731-739, 2005.

SINGLETON, V. L. The total phenolic content of grapes berries during the maturation of several varieties. **American Journal Enology Viticulture**, California, v. 17, p. 126-134, 1966.

SMITH, F. W. Interpretation of plant analysis: concepts and principles. In: REUTER, D. J.; ROBSON, J. B. (Ed.). **Plant analysis: an interpretation manual**. Melbourne: Inkata, 1988. p. 1-12.

SOLTANPOUR, P. N.; MALAKOUTI, M. J.; RONAGHI, A. Comparison of DRIS and nutrient sufficient range of corn. **Soil Science Society of America Journal**, New York, v. 59, p. 133-139, 1995.

SUMNER, M. E. Use of the DRIS system in foliar diagnosis of crops at high yield levels. **Communication in Soil Science and Plant analysis**, New York, v. 8, n. 3, p. 251-268, 1977.

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

TEIXEIRA, L. A. J., SANTOS, W. R.; BATAGLIA, O. C. Diagnose nutricional para nitrogênio e potássio em bananeira por meio do sistema integrado de diagnose e recomendação (DRIS) e de níveis críticos. **Revista Brasileira Fruticultura**, Jaboticabal, v. 24, n. 2, p. 530-535, 2002.

TEIXEIRA, L. A. J., ZAMBROSI, F. C. B.; BETTIOL NETO, J. E. Avaliação do estado nutricional de bananeiras do subgrupo Cavendish no estado de São Paulo: normas DRIS e níveis críticos de nutrientes. **Revista Brasileira Fruticultura**, Jaboticabal, v. 29, n. 3, p. 613-620, 2007.

THEODORO, V. C. de A. **Caracterização de sistemas de produção de café orgânico em conversão e convencional**. 2001. 214p. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2001.

TRANI, P. E.; HIROCE, R.; BATAGLIA, O.C. **Análises foliar: amostragem e interpretação**. Campinas: Fundação Cargill, 1983. 18p.

ULRICH, A. e HILLS, F. J. Principles and practices of plant analysis. In: **Soil testing and plant analysis**. Madison: SSSA, 1967. p.11-24. (Special Publications Series).

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

VALLADARES, G. S.; PEREIRA, M. G.; DOS ANJOS, L. H. C. Adsorção de fósforo em solos de argila de baixa atividade. **Bragantia**, Campinas, v. 62, n.1, p. 111-118, 2003.

WADT, P. G. S. Avaliação nutricional de clones de *Eucalyptus grandis*, pelos métodos do nível crítico e do DRIS, em árvores de 1 e 5 anos de idade. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 28, n. 1, p. 15-20, 2004.

WADT, P. G. S. et al. Modelagem de funções no cálculo dos índices DRIS. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 42, n. 1, p. 57-64, jan. 2007.

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

WADT, P. G. S. Relacionamento entre classes de solo e o estado nutricional de lavouras cafeiras. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 29, n. 2, p. 227-234, 2005.

WADT, P. G. S. e NOVAIS, R. F. O monitoramento nutricional frente aos métodos diagnósticos no planejamento das adubações. In: SIMPÓSIO DE MONITORAMENTO NUTRICIONAL PARA A RECOMENDAÇÃO DA ADUBAÇÃO DE CULTURAS, 1999, Piracicaba. **Anais...** Piracicaba: POTAFOS, 1999. 1CD-ROM.

WADT, P. G. S.; NOVAIS, R. F.; ALVAREZ V., V.H. Alternativas de aplicação do "DRIS" à cultura de café conilon (*Coffea canephora* Pierre). **Scientia Agraria**, Piracicaba, v. 56, n.1, p.83-92, 1999.

WALWORTH, J. L.; SUMNER, M. E. The diagnosis and recommendation integrated system (DRIS). **Advances in Soil Science**, New York, Springer-Verlag. v. 6, n. 1, p.149-188, 1987.

WALWORTH, J. L. et al. Preliminary DRIS norms for alfalfa in the Southeastern United States and a comparison with the Midwest norms. **Agronomy Journal**, Madison, v.78, n. 6, p.1046-1052, nov./dec., 1986.

WHITAKER, H. R. **Principles of enzymology for the food sciences**. New York: Marcel Dekker, 1972. p.571-582.

ZAMBELLO JR, E.; HAAG, H. P.; ORLANDO F<sup>o</sup>, J. **Aplicação do sistema integrado de diagnose e recomendação (DRIS) em soqueiras de cana-de-açúcar para diferentes épocas de amostragem foliar**. Piracicaba: PLANALSUCAR, 1981. p. 5-32 (Boletim Técnico, 3)

ZAWISTOWSKI, J.; BILIADERIS, C. G.; ESKIN, N. A. N. Polyphenoloxidases. In: ROBINSON, D. S.; ESKIN, N.A.M. **Oxidative enzymes in foods**. New York: Elsevier Applied Science, 1991. p.217-274.

## APÊNDICE A

Tabela 1. Classificação do solo dos talhões georeferenciados de 52 lavouras de café (*Coffea arabica* L.)

Lavoura	Município	Classificação do solo	Altitude ... m ...	Latitude	Longitude
1	Água Boa	Latossolo Vermelho distrófico	890	17°58'40"S	42°25'40"W
2	Água Boa	Latossolo Vermelho distrófico	900	17°60'08"S	42°24'07"W
3	Água Boa	Latossolo Vermelho Amarelo	900	17°61'28"S	42°25'10"W
4	Água Boa	Latossolo Vermelho Amarelo	900	17°59'45"S	42°23'42"W
5	Água Boa	Latossolo Vermelho Amarelo	930	17°61'38"S	42°24'37"W
6	Água Boa	Latossolo Vermelho distrófico	940	17°60'40"S	42°23'35"W
7	Angelândia	Latossolo Vermelho distrófico	966	17°43'48"S	42°15'54"W
8	Angelândia	Latossolo Vermelho distrófico	929	17°43'48"S	42°15'54"W
9	Angelândia	Latossolo Vermelho distrófico	900	17°43'48"S	42°15'54"W
10	Angelândia	Latossolo Vermelho distrófico	918	17°43'48"S	42°15'54"W
11	Angelândia	Latossolo Vermelho distrófico	890	17°43'48"S	42°15'54"W
12	Angelândia	Latossolo Vermelho distrófico	925	17°43'48"S	42°15'54"W
13	Capelinha	Argissolo Vermelho Amarelo	808	17°42'02"S	42°26'49"W
14	Capelinha	Argissolo Vermelho	984	17°45'37"S	42°23'33"W
15	Capelinha	Latossolo Vermelho distrófico	866	17°45'75"S	42°35'55"W
16	Capelinha	Argissolo Vermelho	829	17°45'75"S	42°35'15"W
17	Capelinha	Argissolo Vermelho Amarelo	914	17°37'16"S	42°32'17"W
18	Capelinha	Latossolo Vermelho distrófico	918	17°35'25"S	42°29'03"W
19	Diamantina	Argissolo Vermelho	1.074	18°17'42"S	43°57'01"W
20	Diamantina	Neossolo Quartzarênico Órtico típico	1.234	18°17'15"S	43°57'01"W
21	Diamantina	Latossolo Vermelho distrófico	920	17°57'16"S	43°23'42"W
22	Felício dos Santos	Argissolo Vermelho	935	18°01'20"S	43°15'08"W
23	Felício dos Santos	Argissolo Vermelho	889	18°08'24"S	43°12'55"W
24	Felício dos Santos	Neossolo Quartzarênico Órtico típico	888	18°06'05"S	43°12'56"W
25	Felício dos Santos	Argissolo Vermelho Amarelo	880	18°05'41"S	43°13'08"W
26	Felício dos Santos	Argissolo Vermelho Amarelo	923	18°05'23"S	43°13'36"W
27	Felício dos Santos	Nitossolo Vermelho	840	18°03'27"S	43°16'31"W
28	Presidente KubitscheK	Nitossolo Vermelho	1.122	18°34'56"S	43°35'19"W
29	Presidente KubitscheK	Argissolo Vermelho Amarelo	1.097	18°38'32"S	43°38'40"W
30	Presidente KubitscheK	Neossolo Quartzarênico Órtico típico	1.164	18°37'45"S	43°30'42"W
31	Presidente KubitscheK	Argissolo Vermelho	1.015	18°35'08"S	43°32'47"W
32	Presidente KubitscheK	Nitossolo Vermelho	1.159	18°36'16"S	43°36'37"W
33	Presidente KubitscheK	Nitossolo Vermelho	1.197	18°36'11"S	43°36'38"W
34	Presidente KubitscheK	Argissolo Vermelho Amarelo	1.064	18°41'03"S	43°30'11"W
35	Presidente KubitscheK	Argissolo Vermelho Amarelo	1.085	18°41'51"S	43°30'12"W
36	Presidente KubitscheK	Argissolo Vermelho Amarelo	1.095	18°41'32"S	43°30'24"W
37	Presidente KubitscheK	Argissolo Vermelho	1.064	18°40'42"S	43°30'16"W
38	Presidente KubitscheK	Argissolo Vermelho	1.108	18°41'50"S	43°33'43"W
39	Presidente KubitscheK	Nitossolo Vermelho	1.220	18°43'15"S	43°35'33"W
40	Presidente KubitscheK	Nitossolo Vermelho	1.174	18°34'21"S	43°27'15"W
41	Presidente KubitscheK	Nitossolo Vermelho	930	18°35'16"S	43°35'22"W
42	Presidente KubitscheK	Argissolo Vermelho Amarelo	1.052	18°42'05"S	43°31'22"W
43	Presidente KubitscheK	Argissolo Vermelho Amarelo	1.121	18°43'3"S	43°31'32"W
44	Presidente KubitscheK	Argissolo Vermelho	1.288	18°40'36"S	43°31'56"W
45	São Gonçalo do Rio Preto	Argissolo Vermelho	820	18°03'27"S	43°16'31"W
46	São Gonçalo do Rio Preto	Argissolo Vermelho	772	17°57'15"S	43°21'04"W
47	Setubinha	Latossolo Vermelho distrófico	735	17°33'06"S	42°09'47"W
48	Setubinha	Latossolo Vermelho distrófico	780	17°37'47"S	42°04'18"W
49	Setubinha	Latossolo Vermelho distrófico	760	17°39'02"S	42°03'16"W
50	Setubinha	Latossolo Vermelho distrófico	790	17°35'19"S	42°11'19"W
51	Setubinha	Latossolo Vermelho distrófico	725	17°35'02"S	42°07'09"W
52	Setubinha	Latossolo Vermelho distrófico	1.030	17°39'00"S	42°13'44"W

## APÊNDICE B

## Escolhas das relações para o estabelecimento das normas DRIS

Tabela 4. Médias, coeficiente de variação (CV) e variância ( $S^2$ ) e a razão entre variâncias ( $S^2_B/S^2_A$ ) das relações dos grupos de alta (A) e baixa (B) produtividade de lavouras cafeeiras do Alto Vale do Jequitinhonha, MG.

Relação	A			B			$S^2_B/S^2_A$	Relação selec.
	Média	CV (%)	$S^2_A$	Média	CV (%)	$S^2_B$		
N/P	12,55	36,81	21,35	15,22	21,62	10,82	0,51	X
P/N	$9,14 \times 10^{-2}$	40,44	$1,36 \times 10^{-3}$	$6,87 \times 10^{-2}$	21,55	$2,19 \times 10^{-4}$	0,16	
N/K	1,54	30,37	$2,19 \times 10^{-1}$	1,78	29,50	$2,76 \times 10^{-1}$	1,26	X
K/N	$7,08 \times 10^{-1}$	30,20	$4,57 \times 10^{-2}$	$6,07 \times 10^{-1}$	27,96	$2,88 \times 10^{-3}$	0,63	
N/Ca	1,81	34,36	$3,88 \times 10^{-1}$	2,57	35,71	$8,43 \times 10^{-1}$	2,17	X
Ca/N	$5,85 \times 10^{-1}$	25,68	$2,25 \times 10^{-2}$	$4,27 \times 10^{-1}$	28,39	$1,47 \times 10^{-2}$	0,65	
N/Mg	7,54	30,75	5,38	8,14	41,21	11,24	2,09	X
Mg/N	$1,47 \times 10^{-1}$	37,05	$2,97 \times 10^{-3}$	$1,38 \times 10^{-1}$	29,63	$1,68 \times 10^{-3}$	0,57	
N/S	23,11	47,70	121,48	26,31	57,14	226,04	1,86	X
S/N	$5,81 \times 10^{-2}$	61,98	$1,29 \times 10^{-3}$	$4,80 \times 10^{-2}$	47,31	$5,15 \times 10^{-4}$	0,40	
N/B	291,01	21,73	4.000,48	353,87	27,12	9.213,39	2,30	X
B/N	$3,59 \times 10^{-3}$	20,08	$5,20 \times 10^{-7}$	$3,02 \times 10^{-3}$	26,33	$6,30 \times 10^{-7}$	1,22	
N/Cu	573,03	54,09	96.085,16	709,47	45,03	102.048,09	1,06	X
Cu/N	$2,10 \times 10^{-3}$	32,69	$4,60 \times 10^{-7}$	$1,70 \times 10^{-3}$	40,68	$4,70 \times 10^{-7}$	1,02	
N/Fe	144,10	50,21	5.235,02	154,83	32,22	2.489,14	0,48	X
N/Fe	$9,40 \times 10^{-3}$	63,89	$3,57 \times 10^{-5}$	$7,20 \times 10^{-3}$	35,88	$6,71 \times 10^{-6}$	0,19	
N/Mn	110,88	55,96	3.850,55	192,67	66,46	16.395,71	4,26	X
Mn/N	$1,31 \times 10^{-2}$	70,00	$8,45 \times 10^{-5}$	$6,80 \times 10^{-3}$	52,24	$1,27 \times 10^{-5}$	0,15	
N/Zn	2.358,49	89,94	4.499.521,42	4.717,61	57,39	7.329.785,42	1,63	X
Zn/N	$8,00 \times 10^{-4}$	74,09	$3,40 \times 10^{-7}$	$4,00 \times 10^{-4}$	101,70	$1,30 \times 10^{-7}$	0,40	
P/K	$1,40 \times 10^{-1}$	57,55	$6,50 \times 10^{-3}$	$1,20 \times 10^{-1}$	24,13	$8,18 \times 10^{-4}$	0,13	
K/P	8,60	33,11	8,10	8,98	26,97	5,87	0,72	X
P/Ca	$1,61 \times 10^{-1}$	43,53	$4,91 \times 10^{-3}$	$1,71 \times 10^{-1}$	30,88	$2,79 \times 10^{-3}$	0,57	
Ca/P	7,09	31,67	5,04	6,33	27,33	3,00	0,59	X
P/Mg	$6,69 \times 10^{-1}$	44,93	$9,05 \times 10^{-2}$	$5,44 \times 10^{-1}$	37,26	$4,10 \times 10^{-2}$	0,45	
Mg/P	1,78	38,70	$4,72 \times 10^{-1}$	2,07	34,82	$5,21 \times 10^{-1}$	1,10	X
P/S	2,08	61,82	1,65	1,86	80,99	2,28	1,38	X
S/P	$7,04 \times 10^{-1}$	62,97	$1,96 \times 10^{-1}$	$7,15 \times 10^{-1}$	42,03	$9,03 \times 10^{-2}$	0,46	
P/B	26,70	49,82	176,87	24,35	39,97	94,73	0,54	
B/P	$4,47 \times 10^{-2}$	37,52	$2,81 \times 10^{-4}$	$4,56 \times 10^{-2}$	29,53	$1,81 \times 10^{-4}$	0,64	X
P/Cu	60,66	104,98	4.055,26	49,24	49,15	585,73	0,14	
Cu/P	$2,71 \times 10^{-2}$	49,53	$1,80 \times 10^{-4}$	$2,61 \times 10^{-2}$	51,12	$1,78 \times 10^{-4}$	0,99	X
P/Fe	14,03	82,27	133,25	10,50	37,86	15,82	0,12	
Fe/P	$1,21 \times 10^{-1}$	76,05	$8,48 \times 10^{-3}$	$1,07 \times 10^{-1}$	33,99	$1,33 \times 10^{-3}$	0,16	X
P/Mn	10,21	76,05	60,27	14,12	93,11	172,87	2,87	X
Mn/P	$1,60 \times 10^{-1}$	70,11	$1,26 \times 10^{-2}$	$1,04 \times 10^{-1}$	50,17	$2,72 \times 10^{-3}$	0,22	
P/Zn	191,89	78,06	22.439,34	332,12	66,46	48.714,81	2,17	X
Zn/P	$9,00 \times 10^{-3}$	71,65	$4,15 \times 10^{-5}$	$5,50 \times 10^{-3}$	97,61	$2,88 \times 10^{-5}$	0,70	
K/Ca	1,23	28,84	$1,26 \times 10^{-1}$	1,48	26,59	$1,54 \times 10^{-1}$	1,22	X
Ca/K	$8,67 \times 10^{-1}$	27,26	$5,59 \times 10^{-2}$	$7,27 \times 10^{-1}$	29,17	$4,49 \times 10^{-2}$	0,80	
K/Mg	5,27	42,08	4,93	4,72	37,06	3,06	0,62	
Mg/K	$2,20 \times 10^{-1}$	37,20	$6,75 \times 10^{-3}$	$2,38 \times 10^{-1}$	33,51	$6,36 \times 10^{-3}$	0,94	X
K/S	15,38	49,19	57,27	15,74	67,12	111,61	1,95	X
S/K	$8,20 \times 10^{-2}$	50,42	$1,71 \times 10^{-3}$	$8,18 \times 10^{-2}$	41,22	$1,13 \times 10^{-3}$	0,66	
K/B	199,28	25,61	2.604,20	215,83	42,22	8.301,78	3,19	X

Tabela 4. Continuação...

Relação	A			B			$S^2_B/S^2_A$	Relação selec.
	Média	CV (%)	$S^2_A$	Média	CV (%)	$S^2_B$		
B/K	$5,40 \times 10^{-3}$	26,34	$1,99 \times 10^{-6}$	$5,40 \times 10^{-3}$	34,95	$3,51 \times 10^{-6}$	1,76	
K/Cu	378,12	42,33	25.618,68	411,92	39,50	26.470,47	1,03	
Cu/K	$3,00 \times 10^{-3}$	37,41	$1,29 \times 10^{-6}$	$2,9 \times 10^{-3}$	47,42	$1,91 \times 10^{-6}$	1,48	X
K/Fe	94,65	41,99	1.579,57	93,98	44,33	1.735,89	1,10	X
Fe/K	$1,34 \times 10^{-2}$	59,95	$6,44 \times 10^{-5}$	$1,27 \times 10^{-2}$	41,19	$2,74 \times 10^{-5}$	0,43	
K/Mn	72,84	52,43	1.458,78	121,90	78,74	9.212,45	6,32	X
Mn/K	$1,87 \times 10^{-2}$	69,61	$1,70 \times 10^{-4}$	$1,24 \times 10^{-2}$	59,86	$5,53 \times 10^{-5}$	0,33	
K/Zn	1.680,62	91,85	2.382.739,47	3.048,71	74,16	5.111.482,09	2,15	X
Zn/K	$1,20 \times 10^{-3}$	85,10	$1,12 \times 10^{-6}$	$6,00 \times 10^{-4}$	89,14	$3,30 \times 10^{-3}$	0,29	
Ca/Mg	4,17	22,31	$8,66 \times 10^{-1}$	3,19	22,73	$5,27 \times 10^{-1}$	0,61	
Mg/Ca	$2,50 \times 10^{-1}$	27,41	$4,70 \times 10^{-3}$	$3,29 \times 10^{-1}$	23,02	$5,73 \times 10^{-3}$	1,22	X
Ca/S	12,87	48,43	38,83	11,32	70,40	63,53	1,64	X
S/Ca	$9,75 \times 10^{-2}$	48,81	$2,26 \times 10^{-3}$	$1,19 \times 10^{-1}$	45,75	$2,99 \times 10^{-3}$	1,32	
Ca/B	164,63	21,32	1.231,84	152,42	40,79	3.865,61	3,14	
B/Ca	$6,30 \times 10^{-3}$	28,43	$3,19 \times 10^{-6}$	$7,80 \times 10^{-3}$	44,39	$1,20 \times 10^{-5}$	3,76	X
Ca/Cu	329,98	58,80	37.647,21	307,98	52,51	26.147,67	0,69	
Cu/Ca	$3,70 \times 10^{-3}$	49,79	$3,37 \times 10^{-6}$	$4,40 \times 10^{-3}$	59,16	$6,92 \times 10^{-3}$	2,05	X
Ca/Fe	81,25	45,78	1.383,21	66,04	42,65	793,42	0,57	
Fe/Ca	$1,64 \times 10^{-2}$	63,90	$1,10 \times 10^{-4}$	$1,84 \times 10^{-2}$	44,87	$6,78 \times 10^{-5}$	0,62	X
Ca/Mn	65,30	57,91	1.429,67	85,98	81,99	4.969,49	3,48	X
Mn/Ca	$2,46 \times 10^{-2}$	82,24	$4,08 \times 10^{-4}$	$1,76 \times 10^{-3}$	56,70	$9,96 \times 10^{-5}$	0,24	
Ca/Zn	1.296,73	83,21	1.164.243,04	2.162,91	74,91	2.625.456,62	2,26	X
Zn/Ca	$1,40 \times 10^{-3}$	78,11	$1,15 \times 10^{-6}$	$1,00 \times 10^{-3}$	100,36	$9,20 \times 10^{-7}$	0,80	
Mg/S	3,22	50,63	2,66	3,69	77,25	8,13	3,06	X
S/Mg	$4,09 \times 10^{-1}$	53,41	$4,77 \times 10^{-2}$	$3,74 \times 10^{-1}$	46,08	$2,97 \times 10^{-2}$	0,62	
Mg/B	41,45	31,18	166,97	49,58	44,24	480,95	2,88	X
B/Mg	$2,64 \times 10^{-2}$	32,90	$7,57 \times 10^{-5}$	$2,47 \times 10^{-2}$	48,99	$1,46 \times 10^{-4}$	1,94	
Mg/Cu	82,68	60,18	2.475,61	97,98	50,16	2.415,65	0,98	
Cu/Mg	$1,55 \times 10^{-2}$	47,57	$5,45 \times 10^{-5}$	$1,38 \times 10^{-2}$	60,24	$6,93 \times 10^{-5}$	1,27	X
Mg/Fe	20,07	49,08	97,03	21,12	42,47	80,50	0,83	X
Fe/Mg	$6,69 \times 10^{-2}$	61,81	$1,71 \times 10^{-3}$	$5,72 \times 10^{-2}$	46,80	$7,16 \times 10^{-4}$	0,42	
Mg/Mn	16,76	66,14	122,83	28,68	86,66	617,46	5,03	X
Mn/Mg	$1,05 \times 10^{-1}$	89,13	$8,78 \times 10^{-3}$	$5,84 \times 10^{-2}$	72,66	$1,80 \times 10^{-3}$	0,20	
Mg/Zn	335,48	101,23	115.339,82	704,95	73,07	265.337,04	2,30	X
Zn/Mg	$5,60 \times 10^{-3}$	70,95	$1,56 \times 10^{-5}$	$3,10 \times 10^{-3}$	101,39	$9,58 \times 10^{-6}$	0,61	
S/B	15,58	47,81	55,52	15,60	36,01	31,56	0,57	
B/S	$7,77 \times 10^{-2}$	40,77	$1,00 \times 10^{-3}$	$7,20 \times 10^{-2}$	34,11	$6,03 \times 10^{-4}$	0,60	X
S/Cu	30,23	56,23	288,93	33,60	69,34	542,84	1,88	X
Cu/S	$4,60 \times 10^{-2}$	56,98	$6,88 \times 10^{-4}$	$4,18 \times 10^{-2}$	50,15	$4,39 \times 10^{-4}$	0,64	
S/Fe	7,58	66,29	25,22	6,87	48,92	11,31	0,45	X
Fe/S	$2,05 \times 10^{-1}$	93,57	$3,71 \times 10^{-2}$	$1,72 \times 10^{-1}$	46,04	$6,29 \times 10^{-3}$	0,17	
S/Mn	6,01	75,72	20,71	7,82	41,94	10,77	0,52	X
Mn/S	$2,83 \times 10^{-1}$	78,57	$4,96 \times 10^{-2}$	$1,55 \times 10^{-1}$	51,54	$6,44 \times 10^{-3}$	0,13	
S/Zn	129,45	94,76	15.049,41	207,46	66,36	18.952,32	1,26	X
Zn/S	$1,85 \times 10^{-2}$	91,50	$2,85 \times 10^{-4}$	$8,00 \times 10^{-3}$	77,69	$3,83 \times 10^{-3}$	0,13	
B/Cu	1,96	47,83	$8,81 \times 10^{-1}$	2,06	45,23	$8,72 \times 10^{-1}$	0,99	
Cu/B	$5,78 \times 10^{-1}$	27,72	$2,56 \times 10^2$	$5,69 \times 10^{-1}$	35,46	$4,07 \times 10^{-2}$	1,59	X
B/Fe	$5,03 \times 10^{-1}$	48,94	$6,05 \times 10^{-2}$	$4,56 \times 10^{-1}$	41,07	$3,51 \times 10^{-2}$	0,58	X
Fe/B	2,65	64,49	2,92	2,45	29,06	$5,05 \times 10^{-1}$	0,17	
B/Mn	$3,87 \times 10^{-1}$	55,76	$4,65 \times 10^{-2}$	$5,40 \times 10^{-1}$	44,62	$5,81 \times 10^{-2}$	1,25	X
Mn/B	3,70	68,27	6,37	2,34	57,06	1,78	0,28	

Tabela 4. Continuação...

Relação	A			B			$S^2_B/S^2_A$	Relação selec.
	Média	CV (%)	$S^2_A$	Média	CV (%)	$S^2_B$		
B/Zn	7,98	75,67	36,45	13,32	59,98	63,85	1,75	X
Zn/B	$2,24 \times 10^{-1}$	77,48	$3,02 \times 10^{-2}$	$1,10 \times 10^{-1}$	71,55	$6,23 \times 10^{-3}$	0,21	
Cu/Fe	$2,77 \times 10^{-1}$	56,42	$2,44 \times 10^{-2}$	$2,64 \times 10^{-1}$	54,50	$2,07 \times 10^{-2}$	0,85	
Fe/Cu	4,75	59,50	7,99	5,20	60,74	9,97	1,25	X
Cu/Mn	$2,21 \times 10^{-1}$	64,72	$2,05 \times 10^{-2}$	$3,25 \times 10^{-1}$	58,53	$3,62 \times 10^{-2}$	1,77	X
Mn/Cu	6,93	68,64	22,63	5,39	94,48	25,95	1,15	
Cu/Zn	5,04	88,78	20,04	8,03	78,93	40,16	2,00	X
Cu/Zn	$5,68 \times 10^{-1}$	144,72	$6,75 \times 10^{-1}$	$2,31 \times 10^{-1}$	77,27	$3,20 \times 10^{-2}$	0,05	
Fe/Mn	$9,41 \times 10^{-1}$	69,60	$4,29 \times 10^{-1}$	1,30	57,04	$5,52 \times 10^{-1}$	1,28	X
Mn/Fe	1,73	75,85	1,72	1,02	57,23	$3,40 \times 10^{-1}$	0,20	
Fe/Zn	$9,41 \times 10^{-1}$	69,60	$4,29 \times 10^{-1}$	1,30	57,04	$5,52 \times 10^{-1}$	1,29	X
Zn/Fe	1,73	75,85	1,72	1,02	57,23	$3,40 \times 10^{-1}$	0,20	
Mn/Zn	32,62	135,74	1.960,36	30,51	96,59	868,35	0,44	
Zn/Mn	$8,38 \times 10^{-2}$	88,49	$5,49 \times 10^{-3}$	$6,13 \times 10^{-2}$	108,44	$4,41 \times 10^{-3}$	0,80	X