

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO ESPÍRITO SANTO
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM PRODUÇÃO VEGETAL**

CAMILO BUSATO

**CARACTERÍSTICAS BIOMÉTRICAS DO CAFEEIRO CONILON
IRRIGADO ASSOCIADAS A ÍNDICES FISIOLÓGICOS E
NUTRICIONAIS DE NITROGÊNIO**

ALEGRE - ES

2015

CAMILO BUSATO

**CARACTERÍSTICAS BIOMÉTRICAS DO CAFEIRO CONILON
IRRIGADO ASSOCIADAS A ÍNDICES FISIOLÓGICOS E
NUTRICIONAIS DE NITROGÊNIO**

Tese apresentada à Universidade Federal do Espírito Santo, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Produção Vegetal, para obtenção do título de Doutor em Produção Vegetal, na linha de pesquisa Recursos Hídricos e Geoprocessamento em Sistemas Agrícolas.

Orientador: Prof. D.Sc. Edvaldo Fialho dos Reis

ALEGRE - ES

2015

Dados Internacionais de Catalogação-na-publicação (CIP)
(Biblioteca Setorial de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Espírito Santo, ES, Brasil)

B976c Busato, Camilo, 1981-
Características biométricas do cafeeiro conilon irrigado associadas a índices fisiológicos e nutricionais de nitrogênio / Camilo Busato. – 2015.
100 f. : il.

Orientador: Edvaldo Fialho dos Reis.

Coorientador: Fábio Luiz Partelli, Giovanni de Oliveira Garcia, Cristiani Campos Martins Busato.

Tese (Doutorado em Produção Vegetal) – Universidade Federal do Espírito Santo, Centro de Ciências Agrárias.

1. Café conillon. 2. Adubação nitrogenada. 3. Nutrição mineral. 4. Diagnóstico nutricional. 5. Irrigação. I. Reis, Edvaldo Fialho dos. II. Partelli, Fábio Luiz. III. Garcia, Giovanni de Oliveira. IV. Busato, Cristiani Campos Martins. V. Universidade Federal do Espírito Santo. Centro de Ciências Agrárias. VI. Título.

CDU: 63

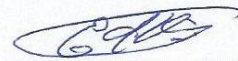
CAMILO BUSATO

**CARACTERÍSTICAS BIOMÉTRICAS DO CAFEIRO CONILON
IRRIGADO ASSOCIADAS A ÍNDICES FISIOLÓGICOS E
NUTRICIONAIS DE NITROGÊNIO**

Tese apresentada à Universidade Federal do Espírito Santo, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Produção Vegetal, para obtenção do título de Doutor em Produção Vegetal, na linha de pesquisa Recursos Hídricos e Geoprocessamento em Sistemas Agrícolas.

Aprovada em 27 de fevereiro de 2015.

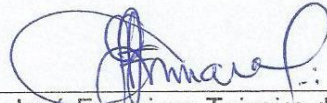
COMISSÃO EXAMINADORA



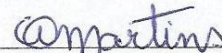
Prof. D.Sc. Edvaldo Fialho dos Reis
Universidade Federal do Espírito Santo
(Orientador)



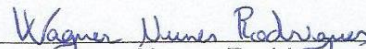
Prof. D.Sc. Giovanni de Oliveira Garcia
Universidade Federal do Espírito Santo



Prof. D.Sc. José Francisco Teixeira do Amaral
Universidade Federal do Espírito Santo



D.Sc. Camila Aparecida da Silva Martins
Doutora em Produção Vegetal – PMSJC



D.Sc. Wagner Nunes Rodrigues
Universidade Federal do Espírito Santo

Aos meus filhos Camila e Caio.

À minha esposa Cristiani.

Aos meus pais José (*in memoriam*) e Marta Alice.

A todos os meus familiares.

DEDICO

AGRADECIMENTOS

A Deus, nosso guia, pela vida e por ter me dado força, coragem, fé, saúde, sabedoria e motivação para enfrentar os desafios encontrados nessa caminhada.

À minha esposa Cristiani, pelo amor, carinho, apoio e compreensão em todos os momentos e aos meus filhos Camila e Caio pelos momentos de alegria e descontração.

Aos meus pais José Busato (*in memoriam*) e Marta Alice Cecato Busato, pelos sábios ensinamentos, pelo exemplo de vida, de honestidade e de simplicidade.

Às minhas irmãs Joelma Busato e Marciana Busato, meus cunhados, sobrinhos, enfim, a todos os meus familiares, pelo incentivo e apoio.

Ao Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal do Espírito Santo e, em especial, ao Programa de Pós-Graduação em Produção Vegetal, pela oportunidade concedida para a realização do curso de doutorado.

Ao professor orientador D.Sc. Edvaldo Fialho dos Reis, pela amizade, confiança, paciência, ensinamentos e conselhos, que contribuíram para minha pesquisa e para meu crescimento profissional e pessoal.

Ao professor D.Sc. Fábio Luiz Partelli, amigo de longa data, pela confiança, otimismo, por atuar como co-orientador e acima de tudo parceiro em todos os momentos, sempre me aconselhando e motivando.

Ao professor D.Sc. Giovanni de Oliveira Garcia, pela co-orientação, pelo incentivo e apoio durante o curso e principalmente pela confiança em mim depositada.

Aos demais professores do Programa de Pós-Graduação em Produção Vegetal da UFES que contribuíram para a minha formação acadêmica.

Aos amigos da pós-graduação, pela amizade, incentivo e apoio, em especial a Aldemar, Aline, Caio, José Maria, Rogério, Samuel e Wagner.

Ao Prof. D.Sc. José Francisco Teixeira do Amaral, a D.Sc. Camila Aparecida da Silva Martins e ao D.Sc. Wagner Nunes Rodrigues, pela excelente contribuição para o enriquecimento do trabalho.

À Universidade Federal de Viçosa e ao professor D.Sc. Paulo Cezar Rezende Fontes, a quem devo todo respeito e gratidão, pela orientação durante o mestrado, pelos ensinamentos e incentivo à formação de uma visão crítica, que muito contribuiu para meu crescimento pessoal e profissional.

Ao Instituto de Defesa Agropecuária e Florestal – IDAF, pela oportunidade de ingressar nesta proposta “arrojada” de conciliar trabalho e estudo; e à Diretoria do IDAF, por acreditar e contribuir desde a apresentação da minha proposta para realização do curso.

Aos amigos do IDAF de Colatina: Alexandrina Pungal, Alysson de Almeida, Cláudia Lyrio, Daniel Sperandio, Edimar Mantovani, José Eduardo Côgo, Maria de Fátima de Resende, Filipe Tiago de Lacerda, Gustavo Miguel, Loiana Spalenza, Luciana Dantas, Luis Nandorf, Marcos Redighieri, Marcos Vinícius Frinhani, Marilise Dadalto, Mateus Eckel, Otávio Pinheiro, Rafael Albane, Rafael Braga, Raoni Cipriano, Zilma Pimenta, e aos demais, que “seguraram a barra” nos momentos de minha ausência e sempre me apoiaram.

Ao Instituto Federal do Espírito Santo (IFES) *Campus* Itapina e ao Centro Universitário Norte do Espírito Santo (CEUNES), por disponibilizarem o uso de laboratórios e equipamentos.

Aos amigos e meeiros Levy Barcellos dos Santos e Marinete Breda, pela condução da lavoura durante todo o período de avaliação, pelo auxílio na coleta dos dados climáticos e nas colheitas.

Aos amigos da Fazenda Experimental do INCAPER de Marilândia, Aldo Luiz Mauri, Paulo Sérgio Volpi e Abraão Carlos Verdin Filho, pelas dicas fundamentais para a realização do trabalho.

Ao professor do IFES *Campus* Colatina, D.Sc. Marco Antônio de Carvalho pelo apoio e incentivo.

A todos aqueles que sempre me apoiaram.

MUITO OBRIGADO

BIOGRAFIA

CAMILO BUSATO, filho de Marta Alice Cecato Busato e José Busato (*in memoriam*), nasceu em 22 de fevereiro de 1981, na cidade de Colatina, ES. O Distrito de Acioli, em João Neiva, ES, foi sua residência até o ano de 2008 e depois disso passou a residir na cidade de Colatina, ES.

No ano de 1997 iniciou o curso Técnico em Agropecuária na Escola Agrotécnica Federal de Colatina (EAFCOL), em Colatina, ES, hoje Instituto Federal do Espírito Santo, IFES *Campus Itapina*, finalizando-o em 1999.

Em março de 2000 iniciou o Curso de Agronomia, no Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal do Espírito Santo (CCA-UFES), na cidade de Alegre, ES, concluindo-o em outubro de 2004.

Em fevereiro de 2005 ingressou no Programa de Pós-Graduação em Fitotecnia, em nível de Mestrado, na Universidade Federal de Viçosa (UFV), em Viçosa, MG, na área de Nutrição Mineral e Adubação de Plantas, submetendo-se à defesa de dissertação em março de 2007.

Iniciou suas atividades profissionais no ano de 2006, como Engenheiro Agrônomo, no Instituto de Defesa Agropecuária e Florestal do Espírito Santo (IDAF), no município de Colatina, ES, onde permaneceu até março de 2012. Em abril de 2012 ingressou como Pesquisador no Instituto Capixaba de Pesquisa, Assistência Técnica e Extensão Rural (INCAPER), na Fazenda Experimental de Linhares, permanecendo até janeiro de 2013. Também em janeiro de 2013, retornou ao mesmo cargo que exercia no IDAF de Colatina, onde desempenha suas funções até a presente data.

Em março de 2011, iniciou o curso de Doutorado do Programa de Pós-Graduação em Produção Vegetal, na área de concentração Recursos Hídricos e Geoprocessamento em Sistemas Agrícolas, no CCA-UFES, submetendo-se à defesa da tese em 27 de fevereiro de 2015.

RESUMO

BUSATO, Camilo, D.Sc., Universidade Federal do Espírito Santo, fevereiro de 2015. **Características biométricas do cafeeiro conilon irrigado associadas a índices fisiológicos e nutricionais de nitrogênio.** Orientador: Edvaldo Fialho dos Reis. Coorientadores: Fábio Luiz Partelli, Giovanni de Oliveira Garcia, Cristiani Campos Martins Busato.

O cafeeiro conilon apresenta elevado potencial produtivo e isso reflete em sua alta exigência nutricional, principalmente de nitrogênio (N), que se destaca entre os nutrientes pela quantidade exigida e pelas funções que exerce na planta. A dinâmica do N no solo é complexa e a determinação do teor de N na planta por técnicas rápidas de diagnóstico, com a utilização de características de crescimento e índices de N, talvez possa ser uma ferramenta útil no manejo do N no cafeeiro. Assim, objetivou-se com o presente trabalho avaliar a nutrição, características de crescimento, índices de N e produtividade do cafeeiro conilon irrigado sob doses de N, estabelecendo os níveis críticos dessas características associados à dose de N que proporcionou 95% da máxima produtividade. O experimento foi conduzido com um genótipo de *Coffea canephora* (clone 02), em uma lavoura em produção, no município de Colatina, ES. A irrigação foi realizada por aspersão. O experimento foi disposto em esquema de parcelas subdivididas, sendo nas parcelas as doses de N e nas subparcelas as épocas de avaliação, que variaram de acordo com a característica em análise, em um delineamento em blocos casualizados, com quatro repetições. Os tratamentos corresponderam a seis doses de N, sendo: 0, 110, 220, 440, 880 e 1320 kg ha⁻¹ de N. Cada parcela foi composta por sete plantas, sendo úteis as cinco centrais. Foram avaliadas características de crescimento (crescimento de ramos, área e massa de folha) e índices de N (clorofila, teor e conteúdo de N) na folha diagnóstico, bem como a relação desses com a produtividade. Houve efeito positivo do incremento das doses de N sobre a produtividade, em que as doses de N que proporcionaram 95% da máxima produtividade foram 420,7 e 543,1 kg ha⁻¹ de N, nas safras 2012/2013 (137,4 sacas ha⁻¹) e 2013/2014 (108,5 sacas ha⁻¹), respectivamente. Houve efeito positivo das doses de N sobre as características de crescimento e os índices de N. Além disso, as características de crescimento e os índices de N se correlacionaram com o teor e conteúdo de N na folha e com a

produtividade da lavoura, demonstrando que podem ser utilizados como técnicas rápidas de diagnóstico, sendo mais uma ferramenta útil para auxiliar no manejo do N no cafeeiro conilon.

Palavras-chave: *Coffea canephora*. Adubação nitrogenada. Nutrição mineral. Irrigação

ABSTRACT

Busato, Camilo, D.Sc., Espírito Santo State Federal University, February 2015. **Irrigated conilon coffee plant biometric characteristics associated with nitrogen physiological and nutritional index.** Advisor: Edvaldo Fialho dos Reis; Co-advisors: Fábio Luiz Partelli, Giovanni de Oliveira Garcia, Cristiani Campos Martins Busato.

Conilon coffee plant demonstrates high productive potential and this is reflected in its high nutritional need, mainly for nitrogen (N), which stands out against the nutrients on account of the high quantity needed and the different functions it performs on the plant. The nitrogen process in the soil is rather complex, and determining the quantity of N in the plant through rapid diagnosis methods utilizing growth characteristics and N index, may well be a useful tool in handling N in the coffee plant. Thus, the main objective of this work is to evaluate the nutrition, growth characteristics, N index and irrigated conilon coffee plant under different N rates, establishing these characteristics critical levels associated with the N dose which resulted in 95% of maximum productivity. The experiment was conducted utilizing a *Coffea Canephora* genotype (clone 02), on a coffee plantation farm in the municipality of Colatina-ES. Sprinkler irrigation methods were utilized. The experiment was broken down into a system of subdivisions, with N doses in the main parts and the evaluation periods in the subdivisions, which varied according to the characteristic under analysis, in a configuration of randomized block design with four repetitions. The treatments corresponded to 6 N rates, being: 0, 110, 220, 440, 880 and 1320 kg ha⁻¹ of N. Each part was made up of 7 plants, with the five central units proving useful. Growth characteristics (twig growth; area and leaf mass) and N index (chlorophyll; N density and content) were evaluated in the diagnosis leaf as well as their relationship to productivity. A positive effect of the increment of N rates on productivity was demonstrated, where N rates which produced 95% of maximum productivity were 420,7 and 543,1 kg ha⁻¹ of N, in 2012/2013 harvests (137,4 sacks ha⁻¹) and 2013/2014 (108,5 sacks ha⁻¹), respectively. A positive effect of N rates on growth characteristics and N index was demonstrated. Furthermore, growth characteristics and N index correlated with N density and content in the leaf and with the plantation

productivity, demonstrating that they can be used as diagnosis rapid techniques, proving to be an additional useful tool in handling N in conilon coffee plant.

Key-words: *Coffea canephora*. Nitrogen fertilization. Mineral nutrition. Irrigation.

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	14
2. REVISÃO DE LITERATURA	17
2.1. Nitrogênio no solo e na planta.....	17
2.2. Nitrogênio no cafeeiro.....	20
2.3. Disponibilidade de água e nutrição com N no cafeeiro.....	23
2.4. Índices de nitrogênio e características de crescimento.....	26
3. MATERIAL E MÉTODOS	32
3.1. Localização e caracterização da área experimental.....	32
3.2. Cultura avaliada.....	34
3.3. Delineamento experimental e tratamentos.....	35
3.4. Instalação e condução do experimento.....	36
3.5. Avaliações realizadas.....	37
3.5.1. Características de crescimento.....	37
3.5.1.1. Comprimento e número de nós dos ramos ortotrópicos e plagiotrópicos.....	37
3.5.1.2. Área foliar.....	38
3.5.1.3. Massa seca da folha.....	39
3.5.2. Índices fisiológicos e nutricionais.....	39
3.5.2.1. Medida indireta de clorofila.....	39
3.5.2.2. Teor e conteúdo de nitrogênio (N) na folha.....	40
3.5.3. Produtividade de café beneficiado.....	41
3.5.4. Uniformidade de maturação e percentagem de grãos “boia”.....	41
3.5.5. Estabelecimento dos níveis críticos das características avaliadas..	42
3.5.6. Análise estatística.....	42
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO	43
4.1. Características de crescimento.....	43
4.1.1. Comprimento e número de nós dos ramos ortotrópicos e plagiotrópicos.....	43
4.1.2. Área foliar.....	50
4.1.3. Massa seca da folha.....	53

4.2. Índices fisiológicos e nutricionais.....	56
4.2.1. Medida indireta de clorofila.....	56
4.2.2. Teor e conteúdo de N na folha.....	61
4.3. Produtividade de café beneficiado.....	64
4.4. Uniformidade de maturação e grãos “boia”.....	68
4.5. Correlação entre as características de crescimento e índices de N com o teor de N na folha diagnóstico.....	70
4.6. Correlação entre as características de crescimento e índices de N na folha diagnóstico com a produtividade do cafeeiro conilon.....	73
5. CONCLUSÕES.....	77
6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	78
APÊNDICES.....	95

1. INTRODUÇÃO

A cafeicultura é uma atividade de grande destaque na agricultura e na economia brasileira. No Estado do Espírito Santo é a atividade agropecuária mais importante, tanto do ponto de vista econômico quanto social, sendo notório o destaque de todo o sistema agroindustrial do café em termos de uso de mão de obra, fixação do homem no campo, geração de empregos e arrecadação de impostos (FASSIO; SILVA, 2007). A espécie *Coffea canephora* passou a ser explorada a partir do final dos anos 60 e hoje é considerada a principal espécie do gênero *Coffea* para o Estado (FERRÃO et al., 2007c).

O Estado do Espírito Santo se destaca como o segundo maior produtor nacional de café, com estimativa de produção média em 2014 de 12,85 milhões de sacas e é o maior produtor nacional de café conilon, com produção média aproximada dos últimos anos na ordem de 9,95 milhões de sacas beneficiadas (CONAB, 2014), que representam aproximadamente 38% da produção mundial e tem sido especialmente utilizada nos cafés solúvel e também com cerca de 40% nas misturas ("blends") com o café arábica (FERRÃO et al., 2007a).

A atividade gera mais de 400 mil postos de trabalho no Estado ao longo de toda a cadeia produtiva, envolvendo pelo menos 130 mil famílias. A agricultura familiar é a base da cafeicultura capixaba, representando mais de 70% dos agricultores que cultivam café (FASSIO; SILVA, 2007).

O cafeeiro conilon apresenta elevada capacidade produtiva e, conseqüentemente, é alta sua exigência nutricional, principalmente em nitrogênio (N), que se destaca pela quantidade exigida e pelas funções que exerce na planta, sendo um dos nutrientes minerais mais limitantes para o crescimento e desenvolvimento das plantas (FERNANDES; ROSSIELLO, 1995; TISCHNER, 2000). Plantas cultivadas com quantidades inadequadas de N normalmente não expressam o seu potencial produtivo, pois a deficiência de N, além de reduzir o crescimento, pode comprometer a partição de assimilados entre as diferentes partes da planta.

O N se destaca também por apresentar acentuado dinamismo na natureza, traduzido pelas muitas transformações que sofre e pelo seu elevado grau de mobilidade. A dinâmica do N no sistema solo-planta-atmosfera é bastante complexa

e seu conteúdo em solos tropicais é muito variável. Portanto, faz-se necessário manejar corretamente a fertilização nitrogenada na cultura e o ajuste no programa de fertilização nitrogenada pode ser conseguido por correto monitoramento e diagnóstico do estado nutricional das plantas (FONTES, 2011).

Normalmente, a dose de N utilizada no cafeeiro é baseada em uma recomendação geral, de acordo com a expectativa de produtividade, sendo raramente realizada utilizando análise da planta. Quando efetuado, esse monitoramento é realizado pela análise química quanto aos teores de N na massa seca das folhas. Esses procedimentos são onerosos, demorados e devem ser realizados em locais adequados e por pessoas com algum grau de instrução (FONTES, 2001; BUSATO, 2007; FONTES, 2011).

Alternativamente com a agricultura de precisão, o sensoriamento em tempo real do estado nutricional nitrogenado das plantas tem despertado maior interesse devido as avaliações serem rápidas, fáceis e de baixo custo (FONTES, 2011).

Nesse sentido, a determinação do teor de N na planta por técnicas rápidas de diagnóstico, dentre elas características biométricas ou de crescimento da planta como comprimento de ramos, área foliar e massa seca da folha e características ou índices de N associados com a intensidade da coloração verde da folha e com a clorofila, talvez possa ser uma ferramenta útil e viável no manejo do N em cafeeiro.

Assim, estabelecer valores críticos dessas características ou índices em determinadas fases de desenvolvimento, sensíveis à aplicação de N, que se associem com a produtividade da lavoura, sejam fáceis, práticos, em tempo real, são de extrema importância no cafeeiro conilon. Essa quantificação do crescimento ou de índices de N no cafeeiro em função dos níveis de adubação nitrogenada se traduz em um prognóstico do potencial produtivo da lavoura, em campo, e permite ainda adequar o manejo da adubação com N para otimização dos fertilizantes e menor impacto ao meio ambiente.

Mesmo com os avanços da pesquisa em cafeicultura, a obtenção de resultados quanto à nutrição, crescimento e produção influenciados pela adubação nitrogenada, utilizando conjuntamente características biométricas e de N que se associem com a dose de N e com a produtividade, em condição irrigada, em campo, é inédita em cafeeiro conilon no Espírito Santo.

OBJETIVOS

- ✓ Avaliar o efeito de doses de N sobre as características de crescimento, os índices de N e a produtividade em cafeeiro conilon irrigado;
- ✓ Determinar a dose de N que proporcionará 95% da máxima produtividade em cafeeiro conilon irrigado;
- ✓ Verificar se as características de crescimento e os índices de N se correlacionam com o teor de N na folha e com a produtividade em cafeeiro conilon irrigado;
- ✓ Estabelecer níveis críticos (NC) das características de crescimento e dos índices de N associados à dose de N responsável por 95% da máxima produtividade em cafeeiro conilon irrigado.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1. NITROGÊNIO NO SOLO E NA PLANTA

No solo, aproximadamente 98% do N encontra-se na forma orgânica, enquanto que os outros 2% apresentam-se principalmente sob as formas inorgânicas de amônio (NH_4^+) ou nitrato (NO_3^-), prontamente disponíveis às plantas (AITA; GIACOMINI, 2007). A matéria orgânica do solo constitui o reservatório de N do solo e representa a principal fonte de N para as plantas (DIAS et al., 1996; SILVA; RESCK, 1997; CANTARELLA, 2007; FONTES; ARAÚJO, 2007; REICHARDT et al., 2009; FIOREZE et al., 2012; PEDROSA et al., 2014), porém seu teor é muito variável.

Devido às perdas e à complexidade de sua dinâmica no solo é difícil prever quando o N se tornará disponível, em que quantidades e o que acontecerá com o N no solo. Como a mineralização e a imobilização ocorrem simultaneamente no solo, a quantidade de N encontrada em um determinado momento representa a diferença dos dois processos opostos (AITA; GIACOMINI, 2007; FONTES; ARAÚJO, 2007; BORTOLOTTI et al., 2012). Quando o fertilizante nitrogenado é aplicado, parte dele é recuperada pelo sistema radicular e parte aérea, parte permanece no solo, enquanto outra porção pode se perder no sistema solo-planta-atmosfera (FENILLI et al., 2008; REICHARDT et al., 2009).

O N está sujeito a inúmeros processos, podendo ser perdido por lixiviação de nitrato (NO_3^-), volatilização da amônia (NH_3), sofrer nitrificação ou desnitrificação, imobilização e mineralização, além de exportado pelas culturas (SOUZA; FERNANDES, 2006; CANTARELLA, 2007).

A conversão de N atmosférico para formas combinadas ocorre através da fixação biológica de N_2 . Por sua vez, as formas orgânicas são convertidas em NH_4^+ e em NO_3^- pelo processo denominado mineralização. A conversão para NH_4^+ é denominada amonificação; a oxidação deste composto para NO_3^- é designado por nitrificação. A utilização de NH_4^+ e de NO_3^- pelas plantas e por microrganismos do solo constitui a assimilação e a imobilização, respectivamente. O N combinado é novamente devolvido à atmosfera como N_2O e N_2 molecular através da

desnitrificação biológica, completando, assim, a dinâmica do N no solo-planta-atmosfera (VICTORIA et al., 1992; TAIZ; ZEIGER, 2013).

O N está presente no solo em diversas formas, incluindo amônio, nitrato, aminoácidos, peptídeos solúveis e formas complexas insolúveis. As plantas absorvem o N principalmente sob as formas inorgânicas de NO_3^- e NH_4^+ , que são as formas predominantes de N mineral disponível (WILLIAMS; MILLER, 2001), produzidas principalmente pela mineralização da matéria orgânica ou pela adição de fertilizantes.

A forma de N fornecida tem influência sobre a absorção de outros cátions e ânions. A absorção de NO_3^- estimula a absorção de cátions, enquanto que a absorção de NH_4^+ pode restringir a absorção de cátions, como o K^+ ou o Ca^{2+} . A absorção do NH_4^+ é passiva e acontece através de um transportador do tipo uniporte, enquanto que a absorção do NO_3^- é um processo ativo secundário, em simporte com 2H^+ (CRAWFORD, 1995; MARSCHNER, 2012). Em solos com pH superior a 5,5, a maioria das culturas absorve o N, preferencialmente, na forma de NO_3^- (NETO, 2009; FAVARIN; TEIXEIRA, 2013).

Com o processo de nitrificação, o NO_3^- , por ser um ânion, não interage com as cargas negativas da fase sólida do solo e permanece em solução, o que favorece sua lixiviação no perfil para profundidades inexploradas pelas raízes. O NH_4^+ , por ser um cátion, permanece no solo na forma trocável, interage com as cargas negativas do solo e, neste equilíbrio, torna-se disponível para as plantas (COSTA et al., 1999; SANGOI et al., 2003; RAMBO et al., 2007; FIOREZE et al., 2012).

A assimilação do N pelas plantas compreende os processos de conversão do NO_3^- em NH_4^+ e a incorporação do NH_4^+ em aminoácidos (BREDEMEIER; MUNDSTOCK, 2000; JACKSON et al., 2008; BALOTF et al., 2012).

Na planta, a conversão de NO_3^- em NH_4^+ ocorre em duas etapas. A primeira etapa na redução do NO_3^- envolve a ação da enzima nitrato redutase produzindo nitrito (NO_2^-), sendo então reduzido a NH_4^+ por ação da enzima nitrito redutase (CAMPBELL, 1999; TAIZ; ZEIGER, 2013). Embora o NO_3^- e o NH_4^+ possam ser absorvidos pelas plantas, a assimilação do N somente ocorre sob a forma de NH_4^+ (SOUZA; FERNANDES, 2006). Na conversão do NH_4^+ , a principal via envolve reações catalisadas pela ação sequencial da enzima glutamina sintetase (GS), que

combina o NH_4^+ ao glutamato, para formar a glutamina; e da enzima glutamato sintase (GOGAT), que transfere o grupo amida da glutamina, produzindo duas moléculas de glutamato. O N, após ser assimilado em glutamina e glutamato, passa por reações de transaminação para a produção de todos os outros aminoácidos necessários à síntese de proteínas (FORDE; LEA, 2007; TAIZ; ZEIGER, 2013).

O N é considerado elemento essencial às plantas, presente em diversos compostos como aminoácidos, proteínas, ácidos nucleicos, nucleotídeos, coenzimas, diversos hormônios vegetais, como constituinte da molécula de clorofila e em metabólitos secundários que atuam na defesa da planta, tendo função central na produtividade. Participa da síntese de proteínas estruturais e enzimáticas, as quais são responsáveis pela síntese de outras proteínas e dos intermediários metabólicos e componentes da estrutura celular, como carboidratos, lipídios e pigmentos. Esses compostos constituem a estrutura da planta e são requeridos para o crescimento celular e dos órgãos (MARSCHNER, 2012; TAIZ; ZEIGER, 2013).

O N é um dos elementos minerais requeridos em maior quantidade pelas plantas e o que mais limita o crescimento, o desenvolvimento e a produção (FERNANDES; ROSSIELLO, 1995; BREDEMEIER; MUNDSTOCK, 2000; SOUZA; FERNANDES, 2006). Dependendo da espécie, estágio fenológico e do desenvolvimento do órgão da planta, o teor de N necessário para o crescimento pode variar de 2 a 5% da massa seca da planta (MARSCHNER, 2012).

Apesar de em alguns casos o N apresentar-se na camada arável do solo em quantidades relativamente elevadas, sua baixa disponibilidade, somada à grande demanda pelos vegetais, faz com que seja um dos nutrientes mais limitantes à produtividade da maioria das culturas (FONTES; ARAÚJO, 2007).

Dada a sua importância, alta mobilidade no solo e elevado custo dos adubos, o N tem sido intensamente estudado. Assim, uma maior eficiência da adubação nitrogenada na nutrição e produção das culturas, inclusive com redução da dose de N aplicada, pode ser obtida com a definição de uma estratégia adequada de manejo nutricional.

2.2. NITROGÊNIO NO CAFEEIRO

O cafeeiro conilon (*Coffea canephora* Pierre ex Froehner) é uma espécie que apresenta elevado potencial produtivo, especialmente as variedades clonais recentemente lançadas e, dessa forma, apresentam alta exigência nutricional e acumulam grande quantidade de nutrientes em seus órgãos, sobretudo nos frutos (PARTELLI et al., 2014). A quantidade de nutrientes exportada com a colheita é muito maior no cafeeiro conilon em relação ao cafeeiro arábica (MARTINS; PREZOTTI, 2009).

O N é o elemento mineral mais exigido pelo cafeeiro, cujo teor foliar adequado está entre 27-32 g kg⁻¹ em arábica (MARTINEZ et al., 1999) e entre 29-32 g kg⁻¹ (BRAGANÇA et al., 2007) no cafeeiro conilon e essa exigência aumenta com a idade da planta, principalmente com o início da produção. O adequado fornecimento de N promove rápido crescimento vegetativo, especialmente via aumento do número de ramos plagiotrópicos, de pares de folhas, de nós por ramos e de flores e frutos por nó, todos associados a maior produtividade (FAHL et al., 1994; BRAGANÇA et al., 2008).

No cafeeiro conilon, o N é o nutriente mais acumulado, com 38% do total dos macronutrientes distribuídos entre os diversos órgãos da planta (BRAGANÇA et al., 2008). De acordo com esses autores, o conteúdo total de N no cafeeiro conilon alcançou 249,38 g planta⁻¹ em plantas adultas com seis anos de idade, equivalendo a uma imobilização de 554,12 kg ha⁻¹ de N, o que mostra a alta exigência do cafeeiro conilon em relação ao N. Destes, aproximadamente 29% são alocados nas folhas, 24% no tronco e ramos ortotrópicos, 20% nas raízes, 17% nos frutos e 10% nos ramos plagiotrópicos (BRAGANÇA, 2005; BRAGANÇA et al., 2007). O N é o nutriente mais acumulado na parte aérea tanto em plantas adultas (BRAGANÇA et al., 2007), quanto em mudas (COVRE et al., 2013).

Comparando-se os resultados do acúmulo de N nos diversos órgãos do conilon com os obtidos com as variedades Mundo Novo (IAC-379/19) e Catuaí Vermelho (IAC81) verificou-se que ambas apresentaram o mesmo comportamento, ou seja, a maior proporção do N acumulado na planta foi alocada para as folhas (BRAGANÇA, 2005). Reichardt et al. (2009) constataram que aproximadamente 32% do total de N

absorvido pela planta de *Coffea arabica* cultivar Catuaí Vermelho (IAC-44) foram alocados em folhas de ramos vegetativos. Lima Filho e Malavolta (2003) verificaram em cafeeiro de 14 meses de idade, em casa de vegetação, que a exportação do N foi de 47% a 58% nas folhas.

Malavolta (1993) e Martinez et al. (1999) apresentam para o cafeeiro arábica a faixa de suficiência considerada adequada de 27,0 a 32,0 g kg⁻¹. Essa faixa crítica é muito próxima da proposta por Malavolta et al. (1997), em que os teores foliares de N considerados adequados para cafeeiro arábica variam de 29,0 a 32,0 g kg⁻¹.

A faixa de suficiência considerada para o cafeeiro arábica por Mills e Jones Junior (1996) foi de 23,0 a 30,0 g kg⁻¹. Martinez et al. (2003) consideram adequada a faixa de 25,8 a 28,8 g kg⁻¹, muito próxima da faixa proposta por Martinez et al. (2004) de 25,1 a 28,5 g kg⁻¹. Farnezi et al. (2009) apresentam uma faixa de suficiência para a região do Alto Jequitinhonha, MG, estando os valores entre 22,5 e 27,9 g kg⁻¹. Reis Júnior et al. (2002) consideraram teor foliar adequado de N para cafeeiros do sul de Minas Gerais de 34,7 g kg⁻¹ e Lana et al. (2010), no Alto Paranaíba, MG, citam como faixa de suficiência valores entre 33,0 e 36,0 g kg⁻¹, valores muito superiores aos anteriormente citados.

A faixa crítica de N na folha obtida por Quintela et al. (2011) para o cafeeiro arábica em Guaranhuns, PE, variou da fase fenológica de granação para a fase fenológica de maturação. Na granação foi de 25,72 a 27,19 g kg⁻¹ e na fase de maturação, a faixa crítica de N foliar foi de 29,24 a 29,60 g kg⁻¹, com amplitude inferior àquela da granação. Assis et al. (2015), em estudo realizado com cafeeiro arábica em Lavras, MG, encontraram faixas críticas de N na folha distintas durante o ano, onde as faixas variaram entre 24,23 e 33,61 g kg⁻¹ para diferentes épocas de amostragem.

Os frutos de café, em particular durante a fase de rápida expansão, podem extrair mais de 95% do total de N absorvido, sendo frequente o aparecimento de sintomas de deficiência nas folhas e redução do crescimento vegetativo. Período de seca prolongado ou elevada produção de frutos são fatores que concorrem para diminuir o teor de N nas folhas. Por outro lado, dose elevada de N pode resultar no crescimento excessivo das partes vegetativas e abundância de folhas verdes, em detrimento à produtividade (AMARAL et al., 2001).

Bragança et al. (2009) relataram que os efeitos da fertilização NPK sobre a produção do cafeeiro são muito diversos, considerando-se os fatores solo, espaçamento e dose, sendo que as respostas positivas que predominam são para o N (RAIJ et al., 1996). Bragança et al. (2009), em experimento com o cafeeiro conilon em Marilândia, ES, avaliando doses de NPK e espaçamentos, encontraram resposta significativa, na média de sete colheitas (1998 a 2004), para doses de N, alcançando 59,3 sacas ha^{-1} utilizando-se a dose de 298 $kg\ ha^{-1}$ de N.

Efeito de doses de N em sete das oito colheitas avaliadas em Martins Soares, MG, com cafeeiro Catuaí Vermelho 44 foi encontrado por Valadares et al. (2013). Clemente et al. (2013), trabalhando com duas doses de N, uma baixa e uma elevada, verificaram que as plantas cultivadas com baixo suprimento de N tiveram produção de frutos 39% inferior.

Quintela et al. (2011) encontraram efeito significativo de doses de N sobre a produtividade do cafeeiro arábica cv. Catuaí Vermelho IAC H2077-2-5-24, em lavoura com cinco anos. A produtividade máxima e a produtividade máxima econômica, que de acordo com os autores foi calculada como sendo igual a 90% da produtividade máxima (GONTIJO et al., 2007), estimadas pela equação de regressão, foram iguais a 60 e 54 sacas ha^{-1} , que corresponderam ao fornecimento de doses de 337,83 e 196,43 $kg\ ha^{-1}$ de N, respectivamente. A dose de N correspondente a 90% da máxima produção de grãos representou uma redução de 41,85% da dose de N responsável pela máxima produtividade, que correspondeu a uma diminuição de apenas 10% na produção.

O N é facilmente redistribuído na planta via floema e, conseqüentemente, as plantas deficientes em N apresentam os sintomas primeiramente nas folhas mais velhas, onde ocorre decréscimo no teor de clorofila. Essa alta mobilidade se deve ao fato de as proteínas, compostos que estão em constante síntese e degradação, liberarem compostos nitrogenados permeáveis no floema, conferindo ao N ótima redistribuição para as folhas mais novas na planta (FERNANDES; ROSSIELLO, 1995; BREDEMEIER; MUNDSTOCK, 2000; SOUZA; FERNANDES, 2006; MARSCHNER, 2012; TAIZ; ZEIGER, 2013). Evoluindo os sintomas, as folhas adquirem uma coloração amarelada (BRAGANÇA et al., 2007), o que reflete na redução da taxa de crescimento, da área foliar e, conseqüentemente, da produtividade das plantas (BRAGANÇA, 2005; TAIZ; ZEIGER, 2013).

Quando a dose de N é subestimada, ocorre redução na produtividade e, se superestimada, ocorrem aumento do custo e prejuízo ao meio ambiente pela potencial capacidade de lixiviação de NO_3^- . Os processos fisiológicos na planta, que se estendem desde a absorção até a completa assimilação do N em moléculas orgânicas, são muito dispendiosos, razão pela qual níveis elevados de fertilizante nitrogenado podem reduzir a produtividade (MARSCHNER, 2012).

2.3. DISPONIBILIDADE DE ÁGUA E NUTRIÇÃO COM N NO CAFEIEIRO

A periodicidade de crescimento do cafeeiro está associada a diversos fatores ambientais, entre eles o suprimento de água e nutrientes (DaMATTA et al., 1999; MERA et al., 2011). A ocorrência do déficit hídrico em determinadas fases do ciclo fenológico, como a que antecede o início da floração, pode comprometer a produtividade do cafeeiro (SILVA et al., 2009).

A maior parte das lavouras de café conilon do Estado do Espírito Santo ocupa áreas nas regiões norte e noroeste, que são consideradas marginais, de baixas altitudes, temperaturas mais elevadas, com solos de baixa fertilidade e que sofrem constantemente com problemas de baixa disponibilidade de água (BUSATO et al., 2007; PEZZOPANE et al., 2010; REIS et al., 2012; BONOMO; REIS, 2013), fazendo com que uma adubação equilibrada e correto manejo da água sejam indispensáveis para melhoria da produtividade e da qualidade do produto (BUSATO et al., 2011). Neste sentido, a adoção da irrigação visa um manejo adequado da cultura e possibilita incrementos em produtividade (MARTINS et al., 2007) que podem variar de 20 a 260% (SILVA; REIS, 2007).

O N é um dos nutrientes mais afetados pela disponibilidade de água no solo, principalmente na fase de frutificação, quando é intensamente transportado das folhas para os frutos, seja em condição de suprimento adequado ou deficiente (LIMA FILHO; MALAVOLTA, 2003). A resposta da cultura ao N está intimamente relacionada com a disponibilidade de água no solo; pois, além de ser essencial às funções vitais da planta, a água é de fundamental importância para o transporte do nutriente por fluxo de massa. Neste sentido, as dinâmicas do N e da água têm estreita relação.

Reichardt et al. (2009) desenvolveram um estudo detalhado dos balanços de água e de N do adubo em um cafezal de Piracicaba, SP, visando contribuir para o conhecimento mais aprofundado das relações hídricas, bem como da distribuição do N do adubo nas diferentes partes da planta de cafeeiro. Os autores citam que a obtenção de alta eficiência do adubo nitrogenado tem relação direta com o regime hídrico favorável nas épocas das adubações, o que corrobora a importância de um adequado manejo da água de irrigação na maior resposta das plantas às doses de N aplicadas.

Segundo Marschner (2012), a adequada disponibilidade de água no solo favorece amplamente a absorção de nutrientes e aumenta diretamente o fluxo de massa do N até a raiz. A irrigação tende a potencializar o efeito das doses de fertilizantes, refletindo, assim, em maior número total de ramos plagiotrópicos (REZENDE et al., 2010).

Assis et al. (2015) verificaram que a produtividade em cafeeiro irrigado foi significativamente maior em relação ao cultivo em sequeiro. Diante disso, as exigências nutricionais em cafeeiro irrigado conseqüentemente seriam maiores, o que está de acordo com outros resultados da literatura (COSTA et al. 2010; REZENDE et al, 2010; SCALCO et al., 2011). Além disso, com o aumento das exigências nutricionais do cafeeiro irrigado, esse incremento na adubação poderia ser de 1,5 a 2,5 vezes maior em comparação com o cafeeiro em condição de sequeiro (SANTINATO; FERNANDES, 2012).

Amaral (1991) e DaMatta et al. (1999), ao realizarem adubação suplementar com N via água de irrigação, durante a estação fria e seca, observaram que este tratamento não impediu a redução no crescimento durante os meses de inverno nem alterou o padrão sazonal de crescimento do cafeeiro arábica. No entanto, o N suplementar propiciou maior crescimento de área foliar e ramos plagiotrópicos no período quente e úmido.

O parcelamento da dose de N aplicada via solo durante todo o ano, inclusive no período de inverno, é mais vantajoso que sua aplicação somente no período de verão, como geralmente se procede (FREITAS et al., 2007). A atividade da enzima redutase do nitrato permanece em vigor nas raízes durante o período de inverno (AMARAL, 1991; FREITAS et al., 2007; REIS et al., 2009).

Durante o período de maior taxa de crescimento vegetativo e reprodutivo das plantas, de setembro a maio, também ocorrem mais de 80% do consumo de nutrientes que são destinados à frutificação da safra pendente (PARTELLI et al., 2010, 2013). Ocorrendo redução da safra pendente, os fotoassimilados podem ser redirecionados para as partes vegetativas, aumentando este crescimento, que não tem efeito direto na safra em formação, mas provavelmente na safra futura (MERA et al., 2011).

O crescimento reprodutivo representado pelo maior número de frutos no ramo reduz sistematicamente a distribuição de fotoassimilados para as estruturas vegetativas representadas pelo comprimento e área foliar do ramo. O que está de acordo com Amaral et al. (2006) ao relatarem que os frutos são fortes drenos, limitam a mobilização de assimilados para outros órgãos da planta e reduzem o crescimento vegetativo. DaMatta et al. (2008) também mostraram que nas plantas em que os frutos foram removidos, o comprimento e a área foliar foram maiores do que nas plantas sem remoção dos frutos.

Mesmo havendo mobilização de nutrientes pelos frutos da safra em formação, no período de crescimento reprodutivo, a planta mantém o crescimento vegetativo. Essa partição de fotoassimilados pode estar relacionada ao suprimento de água, fertilizante ou outro fator ambiental, que pode reduzir a bialidade da produção do cafeeiro. De acordo com Laviola et al. (2007), as práticas culturais podem favorecer a produção de fotoassimilados nos períodos mais críticos, de forma que a planta venha produzir carboidratos em quantidades suficientes para o desenvolvimento dos frutos e para manutenção do crescimento vegetativo, reduzindo a bialidade de produção.

Entretanto, a demanda por nutrientes não varia somente em função da produção, pois quando esta é baixa os ramos plagiotrópicos, a formação e expansão de folhas e de novos ramos constituem o dreno de carboidratos e nutrientes (MALAVOLTA et al., 2002). Além disso, sob condições limitantes de água ou nutrientes, o maior crescimento reprodutivo da safra em formação pode implicar menor crescimento vegetativo, uma vez que essas duas fases ocorrem simultaneamente no cafeeiro adulto.

Vaast et al. (2005), em estudo realizado com cafeeiro arábica cultivar Costa Rica 95, verificaram que o transporte de fotoassimilados para os frutos foi quatro vezes superior ao observado para os ramos durante o terceiro ciclo de produção da cultura. DaMatta et al. (2008) reforçam que em decorrência dessa elevada capacidade de acúmulo de carboidratos na fase final de crescimento, os frutos podem acumular até 95% do N absorvido, constituindo-se, desta forma, um forte dreno desse nutriente. Dwomoh et al. (2008) verificaram relação linear positiva entre doses de N fornecidas a cafeeiros e níveis de N dos frutos. Os teores foliares de N, avaliados após a colheita, aumentaram em resposta às doses de N, o que se refletiu no aumento observado na produtividade (VALADARES et al., 2013).

Em estudos realizados por Amaral et al. (2001) com cafeeiro arábica, em Viçosa, MG, foi verificado que, embora a presença de frutos nas plantas condicione maior fluxo de NO_3^- às folhas, o conteúdo de NO_3^- foliar em cafeeiros, com e sem frutificação, foi semelhante. Tal comportamento foi relacionado à maior atividade da enzima redutase do nitrato nas folhas de plantas com frutos, concomitantemente ao direcionamento de transporte de NH_4^+ das folhas para os frutos.

Na fase de granação, Quintela et al. (2011) verificaram correlação entre as doses de N aplicadas e os teores do nutriente determinados nas folhas do cafeeiro arábica. Entre junho e setembro (fase de repouso) os autores não constataram diferença entre os teores de N nas folhas e a dose de N aplicada no solo, associando o fato possivelmente à menor disponibilidade hídrica naquele período. Por outro lado, no trabalho de Lemos et al. (2010) maiores médias dos teores de NO_3^- nas folhas foram observadas em março devido à maior disponibilidade hídrica.

A necessidade de aplicar adequada quantidade implica em aprofundamento do conhecimento sobre o manejo do N no cafeeiro conilon.

2.4. ÍNDICES DE NITROGÊNIO E CARACTERÍSTICAS DE CRESCIMENTO

No cafeeiro, em muitos casos, a dose de N ainda tem sido estabelecida empiricamente, ao contrário dos demais macronutrientes, cuja limitação pode ser

prevista pela análise do solo. A definição da dose de N normalmente é baseada em uma recomendação geral, considerando para isso a expectativa da produtividade.

O manejo correto da adubação nitrogenada na cultura é imprescindível e o ajuste no programa de adubação com N pode ser obtido utilizando-se um correto monitoramento e diagnóstico do estado nutricional das plantas (COLTMAN, 1988; HUETT et al., 1997; GOTT et al., 2014). Os resultados da análise do teor de N na folha podem ser interpretados por diferentes procedimentos ou métodos, dentre eles o critério do nível crítico (concentração do nutriente na massa seca da planta acima da qual é pouco provável resposta à aplicação de nutrientes no solo) e da faixa de suficiência (faixa de concentração do nutriente na planta) (FONTES, 2001).

A determinação do teor de N nas folhas por meio da análise foliar se mostra como ferramenta eficiente na avaliação da disponibilidade de N e na resposta à adubação. Entretanto, essas análises podem ter uso limitado devido ao tempo gasto entre a amostragem e a obtenção dos resultados, além de ser necessária a utilização de mão de obra, aparelhos e laboratórios especializados.

Nesse cenário, a cor verde das folhas da planta, representada pelo teor de clorofila, possível de ser medida por aparelho portátil que proporciona leitura instantânea em campo e de maneira não destrutiva de folhas, surge como alternativa de indicação do nível de N na planta (GUIMARÃES et al., 1999b; ARGENTA et al., 2004; FONTES; ARAÚJO, 2007; BUSATO et al., 2010b).

A fotossíntese e a assimilação do N têm estreita relação e são determinantes no crescimento e produtividade das plantas (EVANS, 1989). A fotossíntese depende do metabolismo do N, pois aproximadamente 40 a 60% do N total das folhas são utilizados na síntese de componentes relacionados à fotossíntese e estão presentes na molécula de clorofila, pigmento responsável pelas reações fotoquímicas da fotossíntese (EVANS, 1989; RAMALHO et al., 1998) e que proporciona a cor “verde” da folha.

Comparando-se plantas de café cultivadas sob elevada ou reduzida disponibilidade de N, nota-se que a taxa de fotossíntese líquida, os teores de N total e de clorofila, e o crescimento da planta são significativamente maiores nas condições de maior disponibilidade de N (FAHL et al., 1994).

Várias pesquisas têm demonstrado que o conteúdo de clorofila medido com clorofilômetro correlaciona-se com a concentração de N na planta e também com o rendimento das culturas (MINOTTI et al., 1994; CHAPMAN; BARRETO, 1997; ARGENTA et al., 2004; GIL et al., 2002; GODOY et al., 2007; RAMBO et al., 2008; BUSATO et al., 2010b; COELHO et al., 2010; HURTADO et al., 2011), podendo ser usado como ferramenta auxiliar para diagnosticar de forma indireta a necessidade de adubação nitrogenada.

A determinação do teor de N na planta por técnicas rápidas de diagnóstico tem sido utilizada em diversas culturas com resultados promissores e talvez possa ser uma ferramenta útil no manejo do N também no cafeeiro conilon. A constatação de que o teor de N foliar e de clorofila têm relação com a produtividade do cafeeiro e com a dose de N aplicada ao solo, revela a possibilidade de se utilizar o medidor portátil de clorofila no manejo do N, demandando trabalhos específicos para recomendação como instrumento de campo para o agricultor (REIS et al., 2006; GODOY et al., 2008). No entanto, poucos trabalhos têm avaliado a utilização do clorofilômetro no cafeeiro conilon em produção durante os estádios fenológicos, correlacionando as leituras com a produtividade.

Lima Filho et al. (1997) obtiveram correlações significativas entre a leitura do clorofilômetro e os teores de clorofila extraível da folha do cafeeiro cv. Catuaí Amarelo, com 12 meses de idade, verificando também correlação das leituras do clorofilômetro com a concentração de N foliar. Resultados semelhantes foram obtidos por Torres Netto et al. (2005) em folhas de *Coffea canephora* de diferentes idades.

No trabalho de Godoy et al. (2008) com o cafeeiro arábica, a medida indireta de clorofila aumentou linearmente com as doses de N, correlacionando-se significativamente com a produtividade, do florescimento até a colheita, porém não com a concentração de N foliar.

Busato et al. (2010b) encontraram efeito de doses de N sobre o índice de clorofila medido na quarta folha e na folha velha da batateira em todas as épocas de amostragens e cultivares avaliadas em Viçosa, MG. Também trabalhando com batata, Minotti et al. (1994) observaram aumento na concentração de clorofila na

folha, determinada com o clorofilômetro, com o aumento das doses de N aplicadas ao solo.

Alternativamente, acredita-se ser possível estabelecer um nível crítico baseado em determinada característica da planta sensível à aplicação de N (FONTES, 2001). A correlação entre característica da planta e o estado nutricional em N tem sido investigada como parte da agricultura de precisão, utilizando-se o sensoriamento remoto (BLACKMER et al., 1996; VOUILLOT et al., 1998; COELHO; FONTES, 2005).

A proposta parte do princípio de que aumentando a dose de N até determinado limite, haverá mudanças em várias características da planta como acréscimos na altura da planta, crescimento de ramos, massa da folha, no número de flores e de frutos por planta, refletindo na produtividade (FONTES, 2011).

A característica escolhida pode ser usada como índice indireto para o diagnóstico do estado nutricional em N (RONCHI et al., 2001) e para avaliar a capacidade produtiva da planta em condições em que o N é fator limitante. A possibilidade de utilizar algum índice da planta como indicador da adequação da dose de N ainda tem sido pouco explorada.

Na literatura são escassas as informações sobre uma possível relação entre a dose adequada de N e o correspondente valor de determinada característica de crescimento da planta. Esse valor, possível de ser chamado de característica biométrica, agrônômica ou fitotécnica, poderá ser uma ferramenta indicadora, com rapidez e certa precisão, da dose recomendada de adubo nitrogenado, podendo ser utilizada por técnicos no campo, desde que apropriadamente calibrada.

O aumento no teor de N estimula o crescimento vegetativo (BARHOUMI et al., 2010; TAIZ; ZEIGER, 2013) e maior taxa de crescimento do ramo pode condicionar à planta maior produção no ano seguinte. Um maior número de nós por ramo pode propiciar um maior número de rosetas florais, o que conseqüentemente pode levar ao incremento na produção da planta (TOMAZ et al., 2005), pois o número de nós é um bom indicador da quantidade disponível de gemas produtivas, já que é considerado um dos principais componentes de produtividade (CARVALHO et al., 2010).

O cafeeiro produz flores no ramo do ano anterior, o que torna sua produção dependente de fatores relacionados ao crescimento vegetativo da planta, entre os quais o N tem forte influência (NAZARENO et al., 2003; DaMATTA et al., 2007; CLEMENTE et al., 2013; VALADARES et al., 2013; MARTINEZ et al., 2014).

Guimarães et al. (2002) afirmam que tem sido constatada correlação positiva entre massa fresca da parte aérea e produtividade, mas nem sempre crescimento de parte aérea significa aumento em produtividade. Plantas bem supridas em N vegetam mais e são mais verdes e vigorosas.

Existem outras características que podem ser utilizadas isoladamente ou em conjunto para o diagnóstico de N, como por exemplo a área de determinada folha. Essa característica é influenciada pela disponibilidade de N e pode ser obtida facilmente por método não destrutivo, medindo-se o comprimento e/ou a largura da folha. Modelos para estimar a área da folha têm sido propostos para diversas culturas (NASCIMENTO et al., 2002; SILVA et al., 2008; BUSATO et al., 2010a; CARGNELUTTI FILHO et al., 2012), inclusive para o cafeeiro conilon (PARTELLI et al., 2006).

A área foliar é uma característica importante na avaliação da eficiência fotossintética das plantas (TAIZ; ZEIGER, 2013), na determinação de danos bióticos e abióticos, na análise de crescimento, relacionado com o acúmulo de massa seca, metabolismo da planta, maturação, qualidade e produção final das culturas (TAIZ; ZEIGER, 2013), diagnóstico nutricional (FONTES, 2001 e 2011; BUSATO, 2007), além de servir para estimar a necessidade de água da planta. Sua avaliação durante o ciclo da cultura é importante para modelagem do crescimento e do desenvolvimento da planta e, em consequência, a produtividade (BUSATO et al., 2010a).

A área foliar é um parâmetro indicativo de produtividade, pois o processo fotossintético depende da interceptação da energia luminosa e sua conversão em energia química (FAVARIN et al., 2002; AMARAL et al., 2011).

A mensuração da área foliar é importante e pode auxiliar a avaliação do estado fisiológico de uma planta, uma vez que o incremento na área foliar implica em uma maior superfície de interceptação de luz, o que conseqüentemente poderá resultar em maiores taxas fotossintéticas (PARTELLI et al., 2006).

Na literatura alguns autores relatam que a redução da área foliar tem sido considerada um dos efeitos mais significativos da deficiência de N (FREITAS et al., 2011; SOUSA et al., 2013). De acordo com Cruz et al. (2007), a redução da área foliar em função do decréscimo dos níveis de N fornecidos à cultura pode estar relacionada à redução do potencial de pressão celular, ao aumento na rigidez da parede celular ou à redução da divisão celular. Freitas et al. (2012) obtiveram incremento em biomassa foliar e expansão da área foliar em plantas de *Passiflora alata*, quando adubadas com N, na forma de ureia.

O uso de medidas lineares, comprimento e largura das folhas, em modelos matemáticos para estimar a área foliar, é um método não destrutivo, de boa precisão e baixo custo, eliminando a necessidade de medidores de área foliar caros ou a realização de demoradas reconstruções geométricas, pois a área foliar é uma característica fácil de quantificar em tempo real, no próprio campo, sem necessidade de coletar a folha (FONTES; ARAÚJO, 2007). Para o cafeeiro conilon, Partelli et al. (2006) estabeleceram uma equação de regressão para estimativa da área foliar baseada no comprimento da folha.

Alguns trabalhos foram realizados com hortaliças (tomate, batata, melão) para avaliar a possibilidade de utilização de características de crescimento da planta no diagnóstico do N e os resultados obtidos foram promissores (FONTES, 2011).

Para utilizar determinada característica como índice do estado nutricional nitrogenado é necessário estabelecer o valor de referência ou nível crítico (NC) desta característica em função de dose de N, sem a limitação de outros nutrientes. O valor estabelecido poderá ser uma ferramenta auxiliar indicadora, com rapidez e certa precisão, do acerto na dose aplicada de N, podendo ser utilizada por técnicos, no campo, desde que apropriadamente calibrado.

É importante salientar que em uma mesma espécie vegetal o nível crítico desses índices pode variar em função de diversos fatores entre os quais o genótipo, o órgão analisado, o estágio de desenvolvimento da planta e da folha, temperaturas extremas, a luminosidade no momento da leitura, a disponibilidade de água na planta, não sendo possível a utilização de um nível crítico universal, requerendo calibrações individuais e ajustes locais (FONTES, 2011). Essa variabilidade é muito maior quando se trata de análises em culturas distintas.

3. MATERIAL E MÉTODOS

3.1. LOCALIZAÇÃO E CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA EXPERIMENTAL

O experimento foi conduzido em uma propriedade rural situada na localidade denominada Córrego Pastinho da Boa Esperança, Distrito de Baunilha, zona rural do município de Colatina, bacia do Rio Doce, região noroeste do Estado do Espírito Santo (Figura 1). O local do experimento está situado a uma altitude média de 83 metros, latitude de 19° 35' 47" S e longitude 40° 25' 25" W. O clima do local é Tropical Aw, segundo a classificação climática de Köppen. A região é caracterizada por apresentar terras quentes, com altas temperaturas, relevo acidentado e ocorrência de secas, com irregularidade das chuvas durante o ano e inverno seco, com precipitação anual média de 1.100 mm.

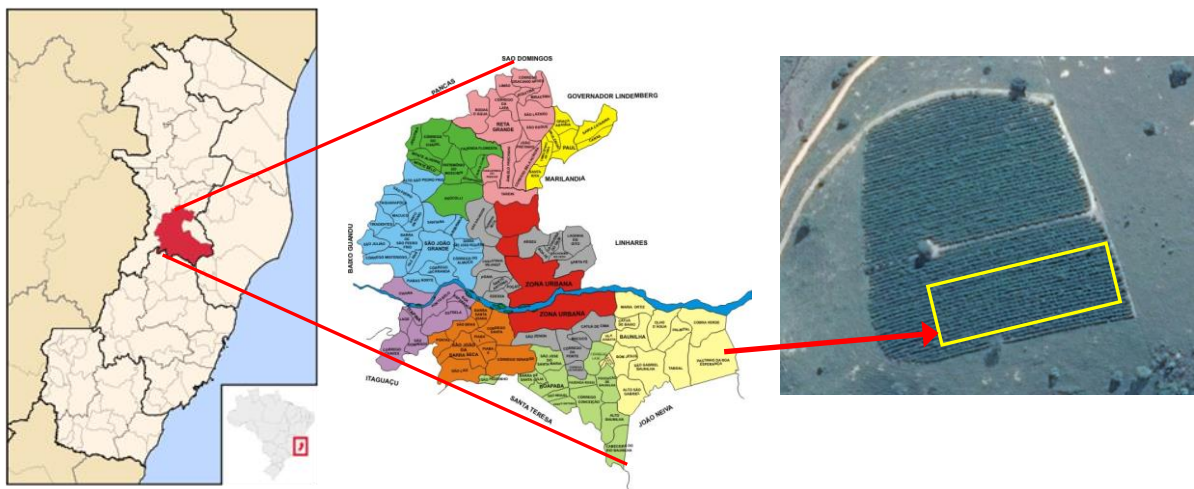


Figura 1. Localização geográfica e imagem de satélite da área experimental, localizada em Pastinho da Boa Esperança, Distrito de Baunilha, zona rural do município de Colatina, ES, região Noroeste do Estado do Espírito Santo. Fonte: IDAF (2015) e Geobases (2008)

Na área experimental foi instalado um pluviômetro para monitoramento das chuvas ocorridas durante o período de avaliação e um termômetro para medição das temperaturas máxima e mínima do ar (Tabela 1).

Tabela 1. Dados mensais de precipitação (Prec.), expressa em mm, temperatura máxima média (Tmáx.) e temperatura mínima média (Tmín.), expressas em °C, ocorridas na área do experimento entre os meses de julho de 2012 e junho de 2014

Ano agrícola 2012/2013												
	Jul.	Ago.	Set.	Out.	Nov.	Dez.	Jan.	Fev.	Mar.	Abr.	Mai.	Jun.
Prec.	15,0	170,0	32,0	20,0	166,0	25,0	55,0	40,0	80,0	64,0	39,0	88,0
Tmáx.	29,5	28,2	30,6	33,7	33,9	36,3	35,8	35,4	33,8	30,5	29,6	29,2
Tmín.	17,4	17,3	18,2	19,1	20,8	22,0	22,3	21,6	21,8	19,5	17,8	17,8
Ano agrícola 2013/2014												
	Jul.	Ago.	Set.	Out.	Nov.	Dez.	Jan.	Fev.	Mar.	Abr.	Mai.	Jun.
Prec.	4,0	17,0	18,0	96,0	185,0	473,0	80,0	106,0	54,0	69,0	60,0	23,0
Tmáx.	28,6	29,0	30,0	32,6	31,9	35,2	35,3	34,9	33,9	31,1	29,9	29,1
Tmín.	17,1	16,9	17,9	19,3	20,7	21,8	21,5	21,8	21,7	20,3	18,5	18,0

O solo da área experimental é classificado como Latossolo Vermelho-Amarelo distrófico (EMBRAPA, 2013), e suas características químicas e físicas foram determinadas por meio de análise de amostras coletadas nas camadas de 0-20 e 20-40 cm de profundidade (Tabela 2), realizada antes da implantação do experimento. Amostras de solo foram coletadas e enviadas ao laboratório para análises de caracterização físico-hídricas, para obtenção da curva de retenção de água, utilizando-se placa porosa em extrator de Richards para o cálculo da disponibilidade de água do solo (Tabela 2).

Tabela 2. Características químicas e granulométricas do solo nas camadas de 0-20 e 20-40 cm de profundidade, em amostras coletadas antes da instalação do experimento

Características químicas	Profundidade	
	0-20 cm	20-40 cm
pH em água – 1:2,5	5,80	4,60
Matéria orgânica (MO) (dag kg ⁻¹) ¹	1,70	1,10
P (mg dm ⁻³) ²	41,00	9,00
K (mg dm ⁻³) ²	64,00	36,00
Ca ²⁺ (cmol _c dm ⁻³) ³	1,50	0,80
Mg ²⁺ (cmol _c dm ⁻³) ³	0,70	0,30
Acidez trocável (Al ³⁺) (cmol _c dm ⁻³) ³	0,00	1,10
Acidez potencial (H + Al) (cmol _c dm ⁻³) ⁴	2,90	4,20
Soma de bases (SB) (cmol _c dm ⁻³)	2,40	1,20
CTC efetiva (t) (cmol _c dm ⁻³)	2,40	2,30
CTC a pH 7,0 (T) (cmol _c dm ⁻³)	5,30	5,40
Saturação de bases (V) (%)	44,90	22,10
Características granulométricas ⁵		
Areia grossa (dag kg ⁻¹)	35	-
Areia fina (dag kg ⁻¹)	10	-
Silte (dag kg ⁻¹)	7	-
Argila (dag kg ⁻¹)	48	-
Características físico-hídricas		
Capacidade de campo (kg kg ⁻¹) ⁶	0,201	-
Ponto de murcha (kg kg ⁻¹) ⁷	0,126	-
Densidade do solo (kg dm ⁻³) ⁸	1,1	-

¹ MO = Carbono orgânico x 1,724 – Walkley-Black; ² Extrator Mehlich 1; ³ Extrator KCl 1 mol.L⁻¹; ⁴ Extrator Acetato de cálcio 0,5 mol.L⁻¹ pH 7,0; ⁵ Método da “pipeta” (Embrapa, 1997); ⁶ Potencial -10 kPa; ⁷ Potencial -1500 kPa; ⁸ Método da proveta.

3.2. CULTURA AVALIADA

A espécie utilizada foi o cafeeiro conilon (*Coffea canephora* Pierre ex Froehner). No experimento foi avaliado o genótipo 02, do programa de melhoramento desenvolvido pelo INCAPER - Instituto Capixaba de Pesquisa, Assistência Técnica e Extensão Rural. O genótipo foi fixado para promover maior homogeneidade nos tratamentos. O genótipo foi multiplicado assexuadamente e os clones foram transplantados em

linha, em fileiras alternadas, perfazendo 50% da área de plantio. Para proporcionar melhores condições para a ocorrência da polinização cruzada foram utilizados outros clones transplantados em linhas, em fileiras intermediárias.

As plantas foram conduzidas até a idade de 3 anos e o experimento foi cultivado sob o espaçamento de 3,0 metros entre fileiras e 1,5 metros entre plantas. Nesse espaçamento, a lavoura foi manejada com poda e desbrota tradicional, mantendo-se 5-6 hastes planta⁻¹, equivalentes a 13.333 hastes ha⁻¹, conforme recomendação de Fonseca et al. (2007). Com a utilização de tecnologias como irrigação, nutrição equilibrada e manejo adequado da lavoura, manejar o número de hastes por hectare é mais interessante do que interferir na população de plantas da lavoura.

3.3. DELINEAMENTO EXPERIMENTAL E TRATAMENTOS

O experimento foi disposto no esquema de parcelas subdivididas, sendo nas parcelas as doses de nitrogênio (N) em seis níveis: 0, 110, 220, 440, 880 e 1320 kg ha⁻¹ ano⁻¹ de N e nas subparcelas as épocas de avaliação, que variaram de acordo com a característica avaliada (Tabela 3), num delineamento em blocos casualizados, com quatro repetições. Cada parcela foi constituída por sete plantas dispostas em linha, sendo cinco plantas úteis, pois as duas plantas das extremidades serviram como bordadura.

Tabela 3. Épocas de avaliação das características de crescimento e dos índices de N na folha diagnóstica (FD) e na folha velha (FV) do cafeeiro conilon e da produtividade de café beneficiado

Características	Out. 2012	Nov. 2012	Dez. 2012	Fev. 2013	Jun. 2013	Out. 2013	Dez. 2013	Fev. 2014	Jun. 2014
Comprimento e número de nós do ramo plagiotrópico		X	X	X	X				
Comprimento e número de nós do ramo ortotrópico		X	X	X	X				
Área foliar (FD)	X			X	X	X	X		
Área foliar (FV)			X	X	X	X			
Massa seca (FD)			X	X	X	X	X	X	
Massa seca (FV)			X	X	X	X			
Clorofila a, b e total (FD)			X	X	X			X	
Clorofila a, b e total (FV)			X	X	X				
Teor e conteúdo de N (FD)				X	X	X		X	
Produtividade de café beneficiado					X				X

A dose de N recomendada para a cultura do cafeeiro conilon no Estado do Espírito Santo, de acordo com Prezotti et al. (2007), pode variar de 440 a 500 kg ha⁻¹ de N, para produtividade média do presente trabalho entre 90 e 130 sacas ha⁻¹, respectivamente. As doses de N foram aplicadas na forma do fertilizante ureia (45% de N), parceladas em quatro aplicações durante o ano, sendo 30% no mês de outubro, 30% no mês de dezembro, 25% no mês de fevereiro e 15% no mês de junho.

3.4. INSTALAÇÃO E CONDUÇÃO DO EXPERIMENTO

O experimento teve início no mês de julho de 2012, quando foi realizada amostragem de solo, calagem, adubação com os demais nutrientes, aplicação dos tratamentos e o término ocorreu no mês de junho de 2014, após realização da colheita dos frutos. Assim, foram avaliadas as safras de 2012/2013 (1ª Safra) e de 2013/2014 (2ª Safra).

A calagem e a adubação com os demais nutrientes foram realizadas de acordo com a recomendação para a cultura a partir da análise do solo, seguindo o proposto por Prezotti et al. (2007).

As irrigações foram realizadas com sistema de aspersão convencional fixa e o manejo da irrigação realizado conforme recomendações de Silva e Reis (2007), considerando a umidade do solo, repondo-se a lâmina necessária para atingir a umidade do solo na capacidade de campo.

A disponibilidade total de água foi calculada pela diferença entre a umidade obtida na capacidade de campo (10 kPa) e a umidade no potencial de 1500 kPa, considerado como o ponto de murcha permanente. Considerou-se para os cálculos da lâmina a ser aplicada um fator de disponibilidade (f) de 0,5 e uma profundidade efetiva do sistema radicular (z) de 30 cm.

O turno de rega foi fixo e, antes das irrigações, amostras de solo foram retiradas, acondicionadas em recipientes vedados e a umidade atual obtida pelo método do microondas. Quando da ocorrência de precipitação no período, determinou-se a diferença entre a lâmina de irrigação calculada e a precipitação.

O controle de plantas daninhas, pragas e doenças foi realizado sempre que necessário e o manejo da lavoura seguiu as recomendações propostas para a cultura (FONSECA et al., 2007; FERRÃO et al., 2007b).

3.5. AVALIAÇÕES REALIZADAS

3.5.1. CARACTERÍSTICAS DE CRESCIMENTO

3.5.1.1. COMPRIMENTO E NÚMERO DE NÓS DOS RAMOS ORTOTRÓPICOS E PLAGIOTRÓPICOS

O comprimento dos ramos ortotrópicos e plagiotrópicos foi medido com auxílio de trena e o número de nós nesses ramos foi obtido por contagem.

Inicialmente, em cada uma das cinco plantas úteis, um ramo ortotrópico jovem recebeu uma marcação com barbante e etiqueta plástica branca para identificação no local de emissão do ramo plagiotrópico mais novo. Avaliou-se o crescimento do ortotrópico e do primeiro ramo plagiotrópico jovem a partir desse ponto previamente marcado. Assim, foram marcados cinco ramos ortotrópicos e cinco ramos plagiotrópicos por parcela e a média dos valores correspondeu ao valor da parcela.

As avaliações nos ramos ocorreram em quatro épocas (E) que foram nos meses de novembro de 2012 (E1), dezembro de 2012 (E2), fevereiro de 2013 (E3) e junho de 2013 (E4), antes da aplicação da adubação nitrogenada.

Foram mensurados, em cada época de avaliação, o comprimento e o número de nós em ramos ortotrópicos e plagiotrópicos voltados para a entrelinha de plantio e localizados no terço médio da planta.

3.5.1.2. ÁREA FOLIAR

As medições foram efetuadas no 3º ou 4º par de folhas contados a partir do ápice de ramos plagiotrópicos situados no terço médio das plantas de cafeeiro, identificada como Folha Diagnóstico (FD) e na Folha mais Velha (FV) do mesmo ramo, em cada lado da planta.

A Folha Diagnóstico é a folha coletada na amostragem para realização de análise foliar no cafeeiro conilon, por representar o estado nutricional da planta, conforme recomendação de Prezotti e Fullin (2007). O objetivo de efetuar avaliações na Folha Diagnóstico no presente trabalho foi verificar se as características de crescimento e as relacionadas com o “verde” da folha tiveram comportamento diferenciado quando a disponibilidade de N foi variável. As avaliações na Folha Velha, no entanto, tiveram o propósito de verificar uma possível remobilização do N, considerado muito móvel, das folhas velhas para as folhas mais novas e frutos, principalmente em condições de menor suprimento de N às plantas.

As avaliações foram realizadas em cinco épocas (E) para a folha diagnóstico, nos meses de outubro de 2012 (E1), fevereiro de 2013 (E2), junho de 2013 (E3), outubro de 2013 (E4) e dezembro de 2013 (E5) e em quatro épocas para a folha velha, nos

meses de dezembro de 2012 (E1), fevereiro de 2013 (E2), junho de 2013 (E3) e outubro de 2013 (E4), antes da adubação nitrogenada.

Em cada época de avaliação foi mensurado o comprimento de dez folhas diagnóstico e dez folhas velhas em cada parcela, sendo coletado um par de folhas em cada ramo marcado na parcela. O comprimento foi obtido em campo, com a folha presa à planta, utilizando trena para a medição. De posse das medidas lineares de comprimento da folha, utilizando-se a equação proposta por Partelli et al. (2006) foi possível a obtenção da área foliar.

3.5.1.3. MASSA SECA DA FOLHA

As avaliações foram realizadas em seis épocas (E) para a folha diagnóstico, nos meses de dezembro de 2012 (E1), fevereiro de 2013 (E2), junho de 2013 (E3), outubro de 2013 (E4), dezembro de 2013 (E5) e fevereiro de 2014 (E6) e em quatro épocas para a folha velha, nos meses de dezembro de 2012 (E1), fevereiro de 2013 (E2), junho de 2013 (E3), outubro de 2013 (E4), imediatamente antes da aplicação de cada parcela da adubação nitrogenada, com o propósito de analisar o efeito da adubação anterior.

As folhas utilizadas nas avaliações de área foliar (dez folhas diagnóstico e dez folhas velhas) foram coletadas das plantas, acondicionadas em caixas de isopor e enviadas ao laboratório. As folhas frescas foram acondicionadas em sacolas de papel e posteriormente levadas à estufa de circulação forçada de ar a 70 °C até atingirem peso constante, para obtenção da massa seca, determinada em balança de precisão.

3.5.2. ÍNDICES FISIOLÓGICOS E NUTRICIONAIS

3.5.2.1. MEDIDA INDIRETA DE CLOROFILA

As avaliações foram realizadas em quatro épocas para a folha diagnóstica, nos meses de dezembro de 2012 (E1), fevereiro de 2013 (E2), junho de 2013 (E3) e fevereiro de 2014 (E4) e em três épocas para a folha velha, nos meses de dezembro de 2012 (E1), fevereiro de 2013 (E2) e junho de 2013 (E3), imediatamente antes da aplicação de cada parcela da adubação nitrogenada, com o propósito de analisar o efeito da adubação anterior.

As medições foram efetuadas no 3º ou 4º par de folhas, considerada folha diagnóstica e na folha mais velha de ramos plagiotrópicos situados na porção mediana, em dois lados das plantas, voltados para a entrelinha de plantio.

Efetuuou-se medição indireta do teor de clorofila por meio do medidor de clorofila portátil ClorofilLOG CFL1030 da Falker (FALKER, 2008). As avaliações foram realizadas em campo, em tempo real, entre 7 h e 9 horas da manhã, com as folhas ainda presas às plantas, sendo efetuadas quatro leituras por folha, em doze folhas por parcela, onde a média das leituras representou o valor da parcela. Avaliaram-se as medidas indiretas de clorofila a, clorofila b e clorofila total. As avaliações foram realizadas dois dias após irrigação ou chuva, com o intuito de buscar a padronização da condição de turgescência das folhas.

3.5.2.2. TEOR E CONTEÚDO DE NITROGÊNIO (N) NA FOLHA

As amostras secas das folhas diagnósticas utilizadas para obtenção de massa seca nas épocas fevereiro, junho e outubro de 2013 e fevereiro de 2014, representadas pelo 3º e 4º pares de folhas a partir da extremidade de ramos plagiotrópicos situados no terço médio da planta, foram moídas em moinho tipo Wiley, equipado com peneira de 20 mesh e posteriormente o teor de N-total na folha diagnóstica foi determinado conforme o método analítico semi-micro Kjeldahl (SILVA, 2009).

A multiplicação do teor de N-total na matéria seca da folha diagnóstica, expresso em g kg^{-1} , pela massa seca da folha diagnóstica, em kg, forneceu o conteúdo de N-total na folha, expresso em g folha^{-1} . Não foi realizada análise das folhas mais velhas.

Uma das vantagens em se trabalhar com dados de conteúdo de nutrientes na planta é que o resultado encontrado representa a situação real do elemento presente no

tecido vegetal. Afinal, o acúmulo leva em consideração a produção de massa seca da planta, de forma que efeitos de concentração ou diluição não afetarão os resultados, o que não acontece quando se comparam apenas os teores dos nutrientes presentes (SOUZA et al., 2011).

3.5.3. PRODUTIVIDADE DE CAFÉ BENEFICIADO

Em cada parcela experimental as cinco plantas úteis foram colhidas por derrixa no pano quando apresentavam aproximadamente 80% de grãos maduros. Por ocasião da colheita foi mensurado o volume (litros) e a massa (kg) dos grãos colhidos em cada parcela, do qual foram retiradas amostras de 1 litro de cada repetição, que foram acondicionadas em sacolas teladas. Durante a noite foram protegidas do orvalho e, ao longo do dia, revolvidas várias vezes para que a secagem ocorresse de forma homogênea. As amostras foram expostas ao sol até atingirem a umidade de beneficiamento (12-13%). Posteriormente os grãos foram beneficiados e pesados.

Diante da produção mensurada por meio do volume (litros) e da massa (kg) dos grãos colhidos em cada parcela e da avaliação da massa após o beneficiamento de um volume determinado de grãos (1 litro), foi estabelecida uma relação com a produção de café. O rendimento no processo de beneficiamento da amostra foi extrapolado para o café colhido das cinco plantas úteis por parcela. Os resultados de produção foram então transformados para produtividade em sacas de 60 kg ha⁻¹ de café beneficiado.

3.5.4. UNIFORMIDADE DE MATURAÇÃO E PERCENTAGEM DE GRÃOS “BOIA”

Amostras contendo 100 frutos do café colhido da roça em cada parcela foram utilizadas para determinação da uniformidade de maturação dos grãos. Foi determinado o percentual e a massa fresca dos grãos de acordo com o estágio de maturação verde, cereja e seco, e o percentual de grãos “boia”.

Foi realizada a avaliação da percentagem de grãos “boia” através da coleta de uma amostra contendo 100 frutos maduros e posterior transferência para um recipiente contendo água, de forma a facilitar a separação dos grãos normais daqueles “boia”. Os grãos “boia” foram retirados, contados e expressos em percentagem.

3.5.5. ESTABELECIMENTOS DOS NÍVEIS CRÍTICOS DAS CARACTERÍSTICAS AVALIADAS

Adotou-se o critério estabelecido por Fontes (2001), onde os valores de cada uma das características avaliadas foram associados à dose de N que propiciou 95% da máxima produtividade para o cálculo e estabelecimento dos valores dos Níveis Críticos (NC) dessas características.

Para a determinação dos Níveis Críticos (NC), as características que tiveram suas avaliações realizadas anteriormente à 1ª safra (2012/2013) foram associadas à dose de N que propiciou 95% da máxima produtividade na 1ª safra. Já as características cujas avaliações foram realizadas posteriormente à 1ª safra, foram associadas à dose de N que propiciou 95% da máxima produtividade na 2ª safra (2013/2014).

3.5.6. ANÁLISE ESTATÍSTICA

Os dados obtidos foram submetidos às análises de variância e quando significativos os dados quantitativos foram submetidos à análise de regressão e os modelos escolhidos foram baseados: na significância dos coeficientes de regressão, utilizando-se o teste t e adotando-se o nível de 5% de probabilidade; no coeficiente de determinação; e de acordo com a lógica biológica. Correlações entre as variáveis foram estabelecidas.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1. CARACTERÍSTICAS DE CRESCIMENTO

4.1.1. COMPRIMENTO E NÚMERO DE NÓS DOS RAMOS ORTOTRÓPICOS E PLAGIOTRÓPICOS

Houve efeito significativo ($p \leq 0,05$) da interação doses de N x épocas de avaliação para o crescimento e o número de nós dos ramos plagiotrópicos e ortotrópicos das plantas do cafeeiro conilon, como pode ser observado pela análise de variância (Tabela 1A - Apêndice).

Estudando o fator N em cada época de avaliação, nota-se que houve efeito positivo das doses de N no crescimento dos ramos plagiotrópicos (Figuras 2A, 2B, 3A e 3B) e ortotrópicos (Figuras 4A, 4B, 5A e 5B), respectivamente, e sobre o número de nós dos ramos plagiotrópicos e ortotrópicos das plantas do cafeeiro conilon em todas as épocas de avaliação que foram novembro de 2012 (E1), dezembro de 2012 (E2), fevereiro de 2013 (E3) e junho de 2013 (E4) (Tabela 4).

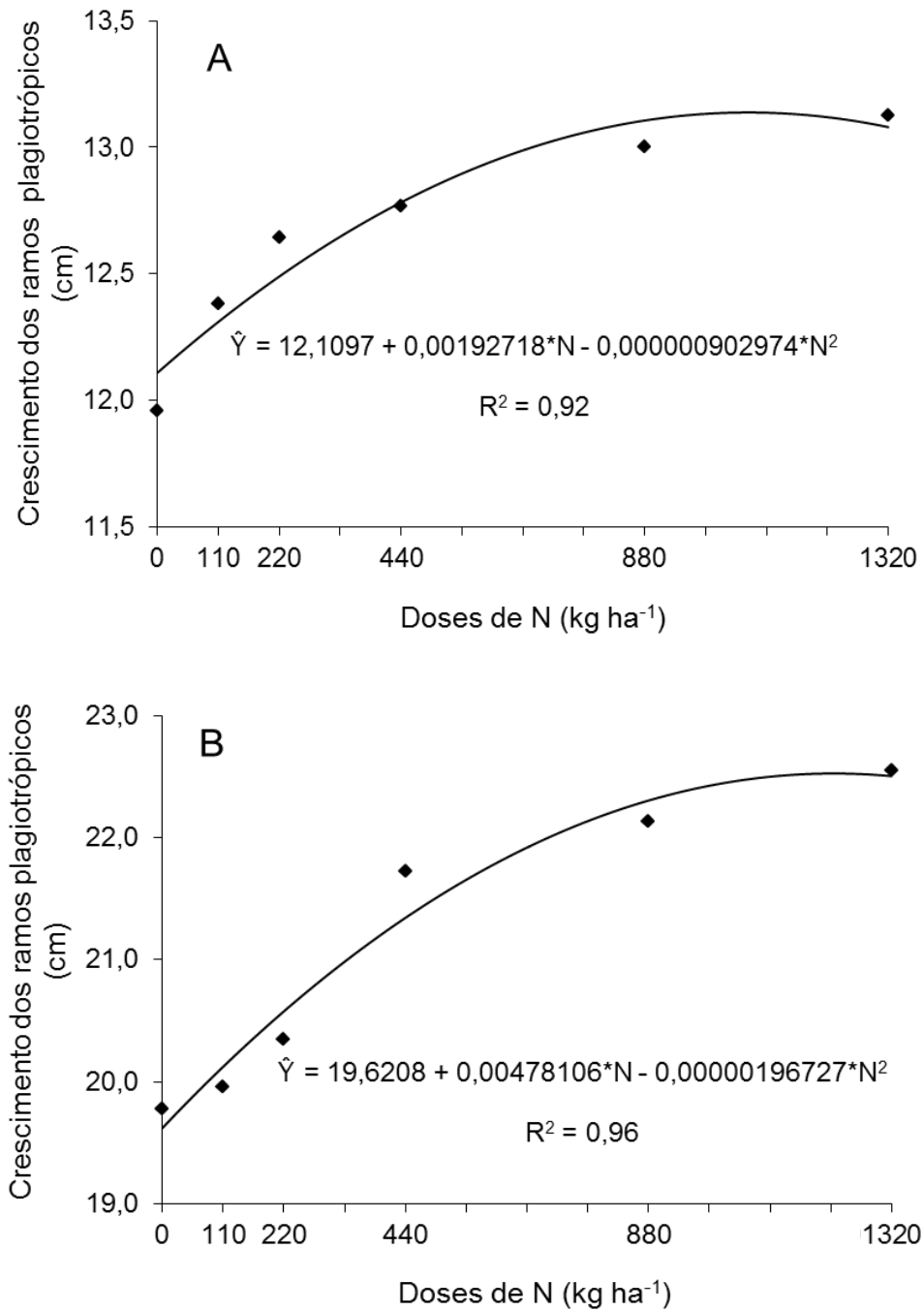


Figura 2. Estimativa do crescimento acumulado dos ramos plagiotrópicos do cafeeiro conilon, em função das doses de N (kg ha⁻¹), nas épocas de avaliação Nov./2012 (A) e Dez./2012 (B)

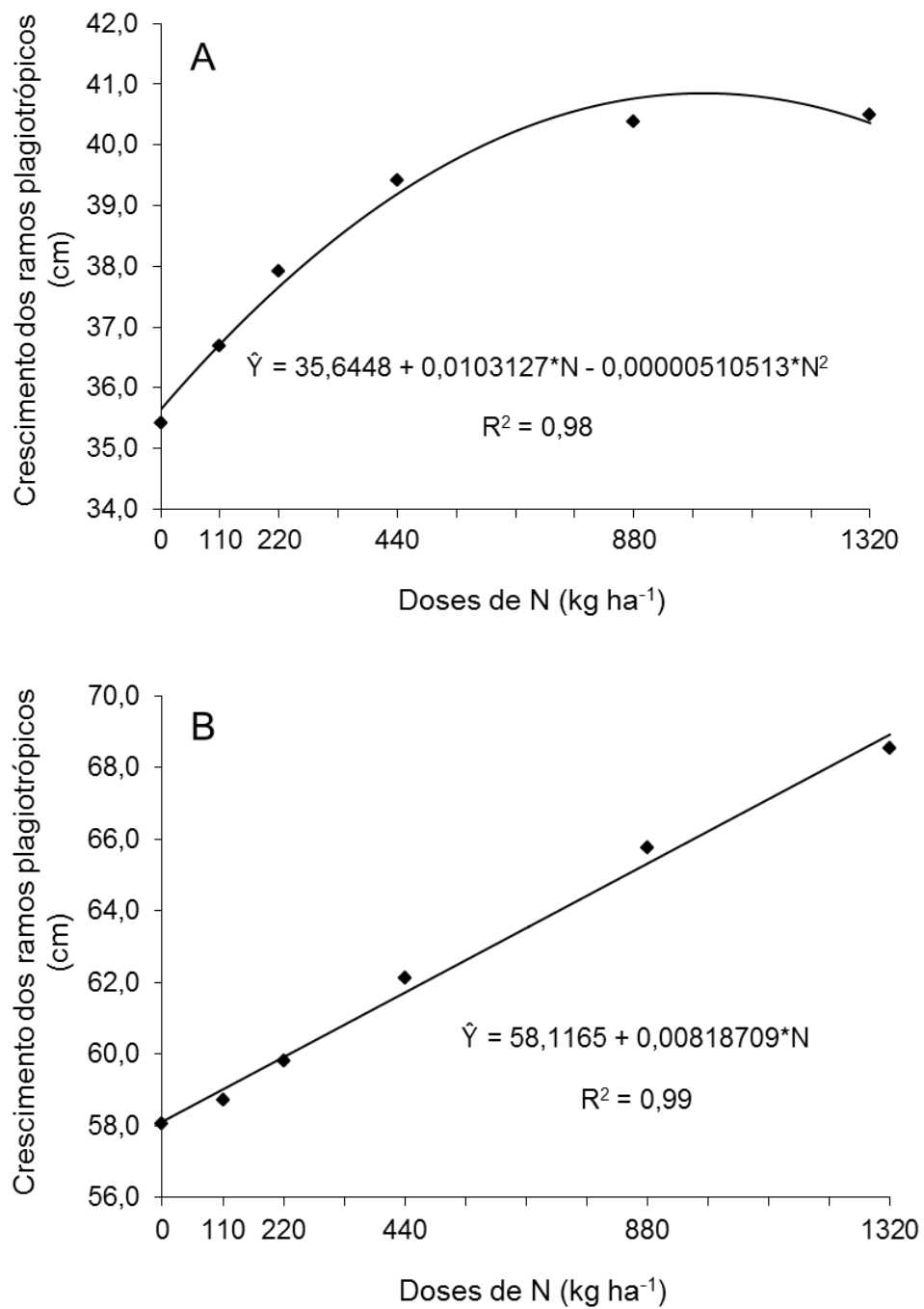


Figura 3. Estimativa do crescimento acumulado dos ramos plagiotrópicos do cafeeiro conilon, em função das doses de N (kg ha⁻¹), nas épocas de avaliação Fev./2013 (A) e Jun./2013 (B)

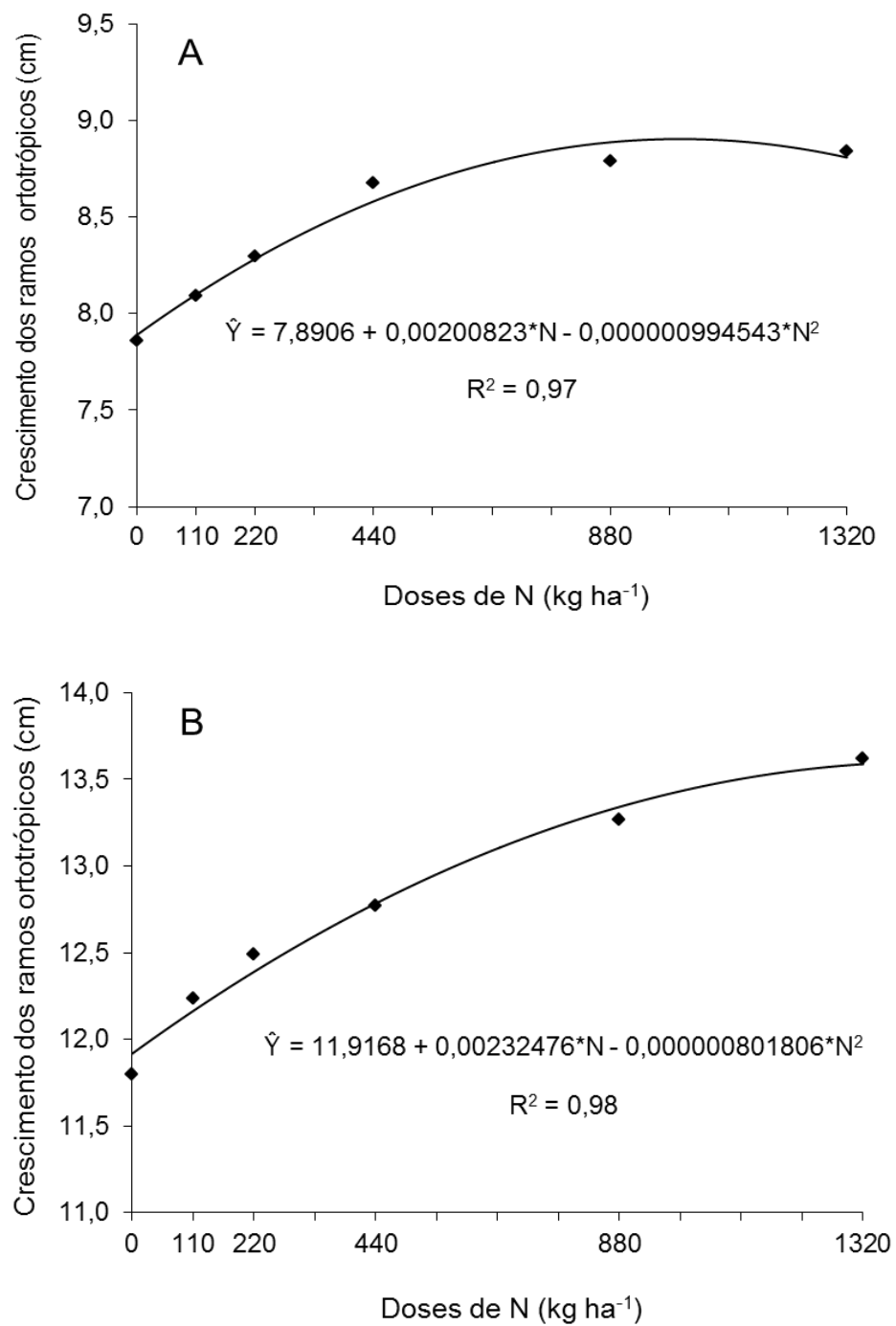


Figura 4. Estimativa do crescimento acumulado dos ramos ortotrópicos do cafeeiro conilon, em função das doses de N (kg ha⁻¹), nas épocas de avaliação Nov./2012 (A) e Dez./2012 (B)

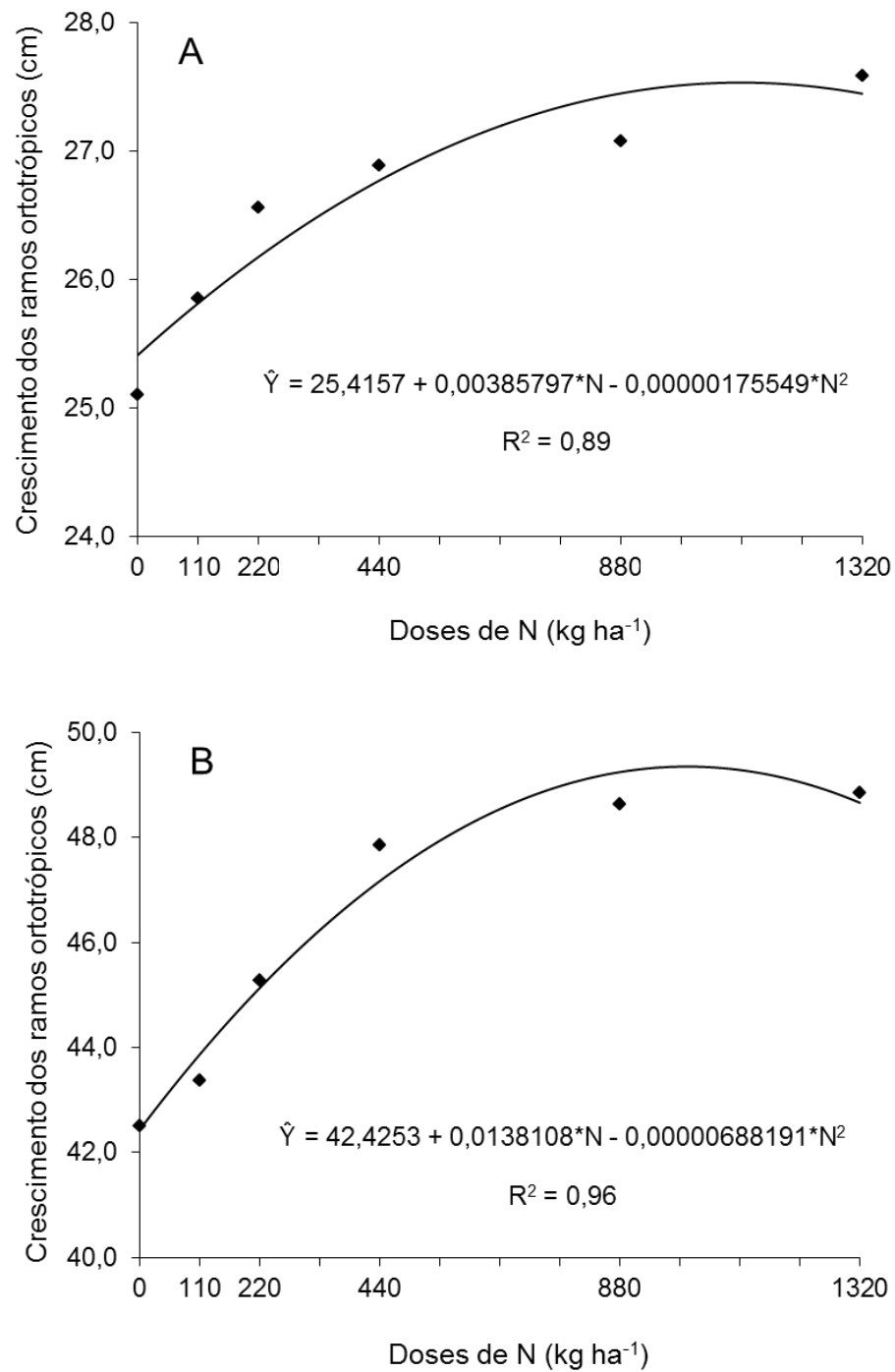


Figura 5. Estimativa do crescimento acumulado dos ramos ortotrópicos do cafeeiro conilon, em função das doses de N (kg ha⁻¹), nas épocas de avaliação Fev./2013 (A) e Jun./2013 (B)

Tabela 4. Equações ajustadas e coeficientes de determinação para o número de nós dos ramos plagiotrópicos e ortotrópicos das plantas do cafeeiro conilon, em função das doses de N, para cada uma das épocas de avaliação

Épocas de avaliação	Equações ajustadas		R ²
	Número de nós dos ramos plagiotrópicos (und)		
E1 (Nov./2012)	$\hat{Y} = 2,66567 + 0,000372493N - 0,000000149083N^2$		0,92
E2 (Dez./2012)	$\hat{Y} = 5,07661 + 0,00109895N - 0,000000446244N^2$		0,95
E3 (Fev./2013)	$\hat{Y} = 8,87834 + 0,00119973N - 0,000000553336N^2$		0,96
E4 (Jun./2013)	$\hat{Y} = 16,2846 + 0,00189364N - 0,000000492509N^2$		0,98
	Número de nós dos ramos ortotrópicos (und)		
E1 (Nov./2012)	$\hat{Y} = 2,08976 + 0,000672167N - 0,000000259798N^2$		0,95
E2 (Dez./2012)	$\hat{Y} = 3,76749 + 0,000790431N - 0,000000343164N^2$		0,97
E3 (Fev./2013)	$\hat{Y} = 8,09292 + 0,00104586N - 0,000000419977N^2$		0,93
E4 (Jun./2013)	$\hat{Y} = 13,5878 + 0,00434855N - 0,00000193378N^2$		0,93

Os Níveis Críticos (NC) estimados do crescimento e número de nós dos ramos plagiotrópicos e ortotrópicos do cafeeiro conilon foram associados à dose de N que propiciou 95% da máxima produtividade do cafeeiro conilon na 1ª safra (420,7 kg ha⁻¹ de N – resultado que será apresentado no tópico 4.3) e os referentes à 2ª demarcação foram associados à dose de N que propiciou 95% da máxima produtividade do cafeeiro conilon na 2ª safra (543,1 kg ha⁻¹ de N – resultado que será apresentado no tópico 4.3) (Tabela 5).

Tabela 5. Estimativas dos níveis críticos (NC) associados à dose de N que propiciou 95% da máxima produtividade do cafeeiro para o comprimento de ramos plagiotrópicos (CRP), número de nós de ramos plagiotrópicos (NNRP), comprimento de ramos ortotrópicos (CRO) e número de nós de ramos ortotrópicos (NNRO), em cada época de avaliação

Épocas de avaliação	Características de crescimento			
	CRP (cm)	NNRP (und)	CRO (cm)	NNRO (und)
E1 (Nov./2012)	12,92	2,82	8,73	2,37
E2 (Dez./2012)	21,63	5,54	12,89	4,10
E3 (Fev./2013)	39,98	9,38	27,04	8,53
E4 (Jun./2013)	61,56	17,08	48,23	15,42

Verificou-se que o crescimento dos ramos foi maior nas primeiras avaliações, reduzindo até a última avaliação, uma vez que a maior taxa de crescimento do cafeeiro se concentra no verão. Ademais, com o passar do tempo os ramos foram se tornando mais velhos. Esse comportamento do crescimento dos ramos corrobora com os dados de Amaral et al. (2006), Partelli et al. (2010) e Magiero (2013), que relataram que os ramos apresentam maiores taxas de crescimento na fase inicial, quando jovens, apresentando redução no crescimento na medida em que se tornam mais velhos.

As doses de N proporcionaram incremento significativo no crescimento dos ramos, tanto dos ortotrópicos quanto dos plagiotrópicos, e no número de nós, mostrando que essas características de crescimento apresentaram relação direta com a adubação nitrogenada e que é possível sua utilização como ferramenta auxiliar no diagnóstico nutricional nitrogenado do cafeeiro conilon.

Assis et al. (2015) encontraram valores máximos de crescimento com níveis de adubação de 85,04% a 94,81% superiores aos níveis da adubação de referência propostos por Guimarães et al. (1999a). Esse aumento pode ser atribuído, principalmente, ao uso da irrigação no experimento, que promoveu uma maior produtividade e, portanto, uma maior demanda por nutrientes. Resultados semelhantes de aumento dos níveis de adubação em cafeeiro irrigado na fase de produção foram obtidos por Costa et al. (2010) e Guimarães et al. (2010) que verificaram que cafeeiros irrigados têm crescimento durante todo ano. Estudando o crescimento inicial do cafeeiro arábica cultivar Rubi MG 1192 irrigado, Nazareno et al. (2003) concluíram que o N afetou o número de ramos plagiotrópicos e o número de nós com gemas por planta.

Considerando que nas condições onde o experimento foi realizado, Colatina, Noroeste do Estado do Espírito Santo, a temperatura no inverno é superior à temperatura de 15 °C indicada por Amaral (1991) como a temperatura mínima para a ativação da redutase do nitrato nas raízes do cafeeiro arábica, é possível que essa enzima permaneça ativa do período outono-inverno, quando o crescimento vegetativo continua, apesar de mais lento.

A continuidade da atividade da redutase do nitrato no período de inverno motivou a aplicação, no mês de junho, de uma parcela da dose de N dos tratamentos propostos no presente trabalho.

4.1.2. ÁREA FOLIAR

Observa-se pela análise de variância (Tabela 2A - Apêndice) que houve efeito significativo ($p \leq 0,05$) da interação doses de N x épocas de avaliação para a área foliar da folha diagnóstico obtida de ramos plagiotrópicos do terço médio da planta do cafeeiro conilon.

Estudando o fator N em cada época de avaliação, nota-se que houve efeito positivo de doses de N sobre a área foliar da folha diagnóstico em todas as épocas de avaliação, em dezembro de 2012 (E1), fevereiro de 2013 (E2), junho de 2013 (E3), outubro de 2013 (E4) e dezembro de 2013 (E5), com aumento nos valores dessa característica com o incremento das doses de N (Figura 6).

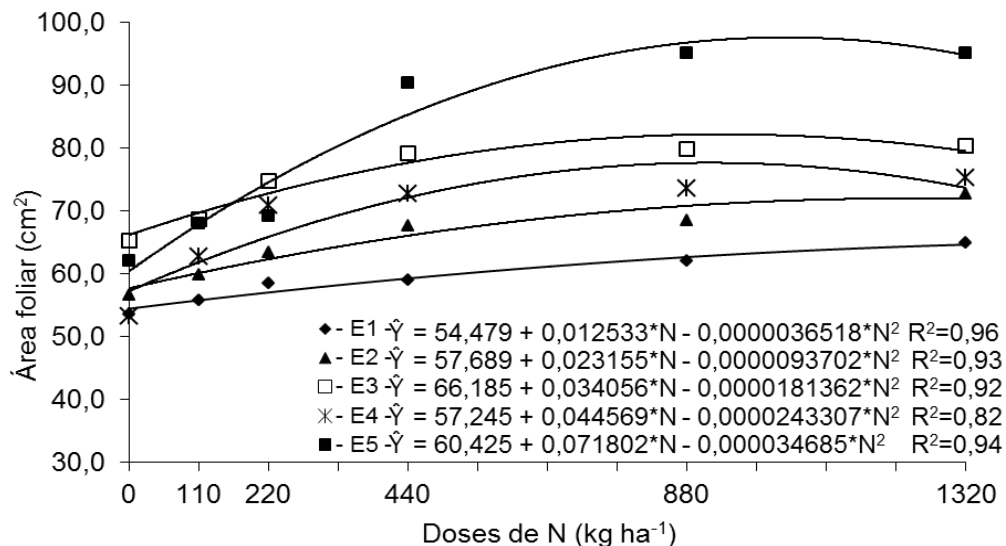


Figura 6. Estimativa da área foliar (unitária) da folha diagnóstico do cafeeiro conilon, em função das doses de N (kg ha⁻¹), em cada época de avaliação

Para a característica área foliar da folha mais velha obtida em ramos plagiotrópicos do terço médio da planta do cafeeiro conilon, observa-se pela análise de variância (Tabela 3A - Apêndice) que houve efeito significativo ($p \leq 0,05$) da interação doses de N x épocas de avaliação.

Quando se estudou o fator N em cada época de avaliação verificou-se que houve efeito de doses de N sobre a área foliar da folha velha nas épocas de avaliação fevereiro de 2013 (E2), junho de 2013 (E3) e outubro de 2013 (E4). Não houve efeito das doses de N para a primeira avaliação realizada, em dezembro de 2012 (E1) (Tabela 6).

Tabela 6. Equações ajustadas e coeficientes de determinação para a área foliar da folha velha do cafeeiro conilon, em função das doses de N, para cada época de avaliação

Épocas de avaliação	Equações ajustadas	R ²
	Área foliar (cm ²)	
E1 (Dez./2012)	$\hat{Y} = \bar{Y} = 69,6355$	-
E2 (Fev./2013)	$\hat{Y} = 67,4837 + 0,0274079N - 0,000012933N^2$	0,87
E3 (Jun./2013)	$\hat{Y} = 61,0712 + 0,0173628N - 0,00000645754N^2$	0,95
E4 (Out./2013)	$\hat{Y} = 64,0906 + 0,0320953N - 0,0000153664N^2$	0,90

Os Níveis Críticos (NC) estimados da área foliar da folha diagnóstico, referentes às avaliações realizadas em dezembro de 2012 (E1) e fevereiro de 2013 (E2), foram associados à dose de N que propiciou 95% da máxima produtividade do cafeeiro conilon na 1ª safra (420,7 kg ha⁻¹ de N) e os referentes às avaliações realizadas em junho (E3), outubro (E4) e dezembro de 2013 (E5), as características foram associadas à 2ª safra (543,1 kg ha⁻¹ de N) (Tabela 7).

Tabela 7. Estimativas dos níveis críticos (NC) associados à dose de N que propiciou 95% da máxima produtividade do cafeeiro para a característica área foliar da folha diagnóstico e da folha velha, para cada época de avaliação

Épocas de avaliação	Área foliar (cm ²)	
	Folha diagnóstico	Folha velha
E1 (Dez./2012)	59,75	-
E2 (Fev./2013)	67,43	79,02
E3 (Jun./2013)	84,68	70,50
E4 (Out./2013)	81,45	81,52
E5 (Dez./2013)	99,42	-

Os Níveis Críticos (NC) estimados da área foliar da folha velha, referentes às avaliações realizadas em dezembro de 2012 (E1) e fevereiro de 2013 (E2), foram associados à dose de N que propiciou 95% da máxima produtividade do cafeeiro conilon na 1ª safra (420,7 kg ha⁻¹ de N) e os referentes às avaliações realizadas em junho (E3) e outubro de 2013 (E4), as características foram associadas à 2ª safra (543,1 kg ha⁻¹ de N) (Tabela 7).

O uso da área foliar da folha diagnóstico é mais adequado do que o uso da área da folha mais velha, uma vez que a primeira é considerada fisiologicamente mais ativa e representa melhor a condição da planta. Além disso, a folha diagnóstico tem acesso mais facilitado na planta, o que representa maior rapidez na mensuração em campo, ao passo que as folhas mais velhas têm maior chance de terem sofrido com estresse biótico ou abiótico.

Adicionalmente, verificou-se que o efeito das doses de N sobre as características biométricas área foliar, comprimento e largura foi mais pronunciado na folha diagnóstico em relação à folha mais velha, assim como observado por Busato (2007).

Quanto maior a disponibilidade de N, maior foi a área foliar (BIEMOND; VOS, 1992; ANDRIOLO et al., 2006) do cafeeiro conilon, mostrando que a expansão da área foliar foi sensível ao efeito do N (CRUZ et al., 2007; FREITAS et al., 2011, 2012; SOUSA et al., 2013). O suprimento adequado de N, mantendo os níveis dentro das faixas adequadas preconizadas por Gomes e Partelli (2013), é imprescindível para o

crescimento contínuo do cafeeiro durante todo o ano, inclusive no outono-inverno, apesar de ocorrer em menor taxa.

4.1.3. MASSA SECA DA FOLHA

Houve efeito significativo ($p \leq 0,05$) da interação doses de N x épocas de avaliação para a característica de crescimento massa seca da folha diagnóstico do cafeeiro conilon, como pode ser observado pela análise de variância (Tabela 4A - Apêndice).

Estudando o fator N em cada época de avaliação, nota-se que houve efeito positivo das doses de N sobre a massa seca da folha diagnóstico nas épocas de avaliação: fevereiro de 2013 (E2), junho de 2013 (E3), outubro de 2013 (E4), dezembro de 2013 (E5) e fevereiro de 2014 (E6) (Figura 7). Em dezembro de 2012 (E1) não houve efeito de doses de N sobre a característica avaliada, o que pode ser justificado pelo curto espaço de tempo decorrido entre a aplicação da dose de N e a realização da primeira avaliação (Figura 7).

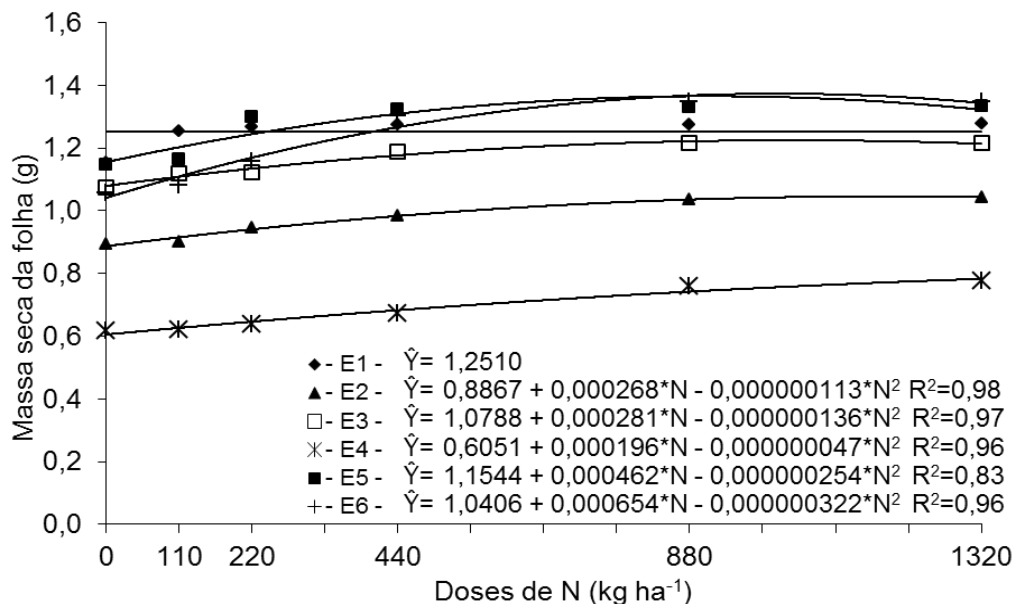


Figura 7. Estimativa da massa seca da folha diagnóstico do cafeeiro conilon, em função das doses de N (kg ha^{-1}), em cada época de avaliação

Houve efeito significativo ($p \leq 0,05$) da interação doses de N x épocas de avaliação para a característica massa seca da folha mais velha do cafeeiro conilon, como se observa na análise de variância (Tabela 5A - Apêndice).

Estudando o fator N em cada época de avaliação, nota-se que houve efeito positivo de doses de N sobre a massa seca da folha velha nas épocas de avaliação fevereiro de 2013 (E2) e junho de 2013 (E3). Não houve efeito das doses de N para a avaliação de dezembro de 2012 (E1) e outubro de 2013 (E4) (Tabela 8).

Tabela 8. Equações ajustadas e coeficientes de determinação para a massa seca da folha velha do cafeeiro conilon, em função das doses de N, em cada época de avaliação

Épocas de avaliação	Equações ajustadas	R ²
	Massa seca (g)	
E1 (Dez./2012)	$\hat{Y} = \bar{Y} = 0,7309$	-
E2 (Fev./2013)	$\hat{Y} = 0,991418 + 0,000331015N - 0,000000183559N^2$	0,80
E3 (Jun./2013)	$\hat{Y} = 1,25922 + 0,000169864N - 0,0000000829438N^2$	0,83
E4 (Out./2013)	$\hat{Y} = \bar{Y} = 1,2866$	-

Esses resultados mostraram que provavelmente as folhas mais velhas e mais maduras são fisiologicamente menos sensíveis e sofrem menor influência dos tratamentos aplicados. Possivelmente, o período de tempo também não foi suficiente para proporcionar alterações significativas na massa da folha na primeira avaliação.

Os Níveis Críticos (NC) estimados da massa seca da folha diagnóstico, referentes às avaliações realizadas em dezembro de 2012 (E1) e fevereiro de 2013 (E2), foram associados à dose de N que propiciou 95% da máxima produtividade do cafeeiro conilon na 1ª safra ($420,7 \text{ kg ha}^{-1}$ de N) e os referentes às avaliações realizadas em junho (E3), outubro (E4), dezembro de 2013 (E5) e fevereiro de 2014 (E6), as características foram associadas à 2ª safra ($543,1 \text{ kg ha}^{-1}$ de N) (Tabela 9).

Tabela 9. Estimativas dos níveis críticos (NC) associados à dose de N que propiciou 95% da máxima produtividade para a massa seca da folha diagnóstico e da folha velha, em cada época de avaliação

Épocas de avaliação	Massa seca (g)	
	Folha diagnóstico	Folha velha
E1 (Dez./2012)	-	-
E2 (Fev./2013)	1,00	1,13
E3 (Jun./2013)	1,23	1,35
E4 (Out./2013)	0,71	-
E5 (Dez./2013)	1,40	-
E6 (Fev./2014)	1,39	-

Os Níveis Críticos (NC) estimados da massa seca da folha velha, referentes às avaliações realizadas em dezembro de 2012 (E1) e fevereiro de 2013 (E2), foram associados à dose de N que propiciou 95% da máxima produtividade do cafeeiro conilon na 1ª safra ($420,7 \text{ kg ha}^{-1}$ de N) e os referentes às avaliações realizadas em junho (E3) e outubro (E4), as características foram associadas à 2ª safra ($543,1 \text{ kg ha}^{-1}$ de N) (Tabela 9).

Analogamente à área foliar, o uso da característica de crescimento massa seca da folha diagnóstico foi mais apropriado do que o uso da característica na folha mais velha, pelos motivos discutidos no item 4.1.2 (Área foliar).

No entanto, a massa do material fresco pode mostrar-se muito variável, principalmente devido à perda da turgescência após a colheita da planta ou parte desta, dependendo principalmente das condições de umidade relativa do ar desde o local de amostragem até o local de pesagem. Dessa forma, é preferencial a utilização da massa do material seco como ferramenta auxiliar no diagnóstico nutricional do N no cafeeiro.

O fornecimento da maior dose de N não acarretou aumento de produtividade, apesar de ter resultado em maior comprimento dos ramos e massa e área da folha diagnóstico. Por outro lado, nos tratamentos sem N ou aplicação em baixas doses, as folhas tiveram menor crescimento, pois o acúmulo de massa da matéria seca é reduzido quando o N é limitante, o que limita a expansão foliar e a interceptação da radiação (BIEMOND; VOS, 1992).

Assim, determinadas características de crescimento da planta (área foliar, altura, massa seca, crescimento de ramos) sensíveis à aplicação de N, determinadas com facilidade e de forma não destrutiva, também podem ser utilizadas como índices indiretos para o diagnóstico do estado nutricional em N (FONTES, 2011).

4.2. ÍNDICES FISIOLÓGICOS E NUTRICIONAIS

4.2.1. MEDIDA INDIRETA DE CLOROFILA

Houve efeito significativo ($p \leq 0,05$) da interação doses de N x épocas de avaliação para as medidas indiretas de clorofila a, clorofila b e clorofila total tanto na folha diagnóstica quanto na folha mais velha, conforme se observa pela análise de variância (Tabela 6A e 7A - Apêndice, respectivamente).

Estudando o fator N em cada época de avaliação, nota-se que houve efeito de doses de N sobre as medidas indiretas de clorofila a, clorofila b e clorofila total obtidas com o clorofilômetro na folha diagnóstica do cafeeiro em todas as épocas de avaliação: dezembro de 2012 (E1), fevereiro de 2013 (E2), junho de 2013 (E3) e fevereiro de 2014 (E4) (Figura 8).

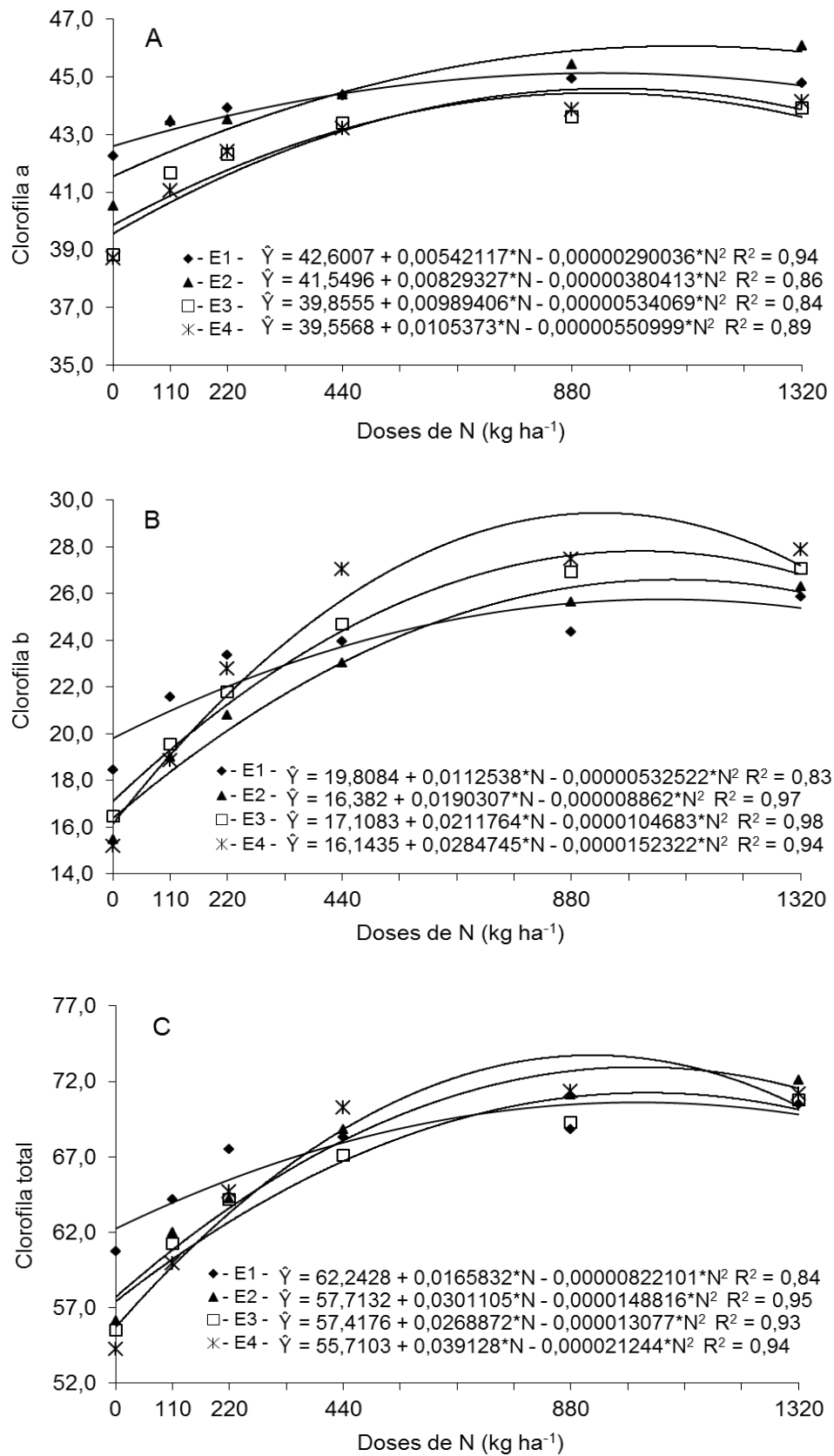


Figura 8. Estimativa da clorofila a (A), clorofila b (B) e clorofila total (C) na folha diagnóstico do cafeeiro conilon, em função das doses de N (kg ha⁻¹), em cada época de avaliação

Os resultados corroboram com os encontrados por Reis et al. (2006) com o cafeeiro arábica, em que o efeito das doses de N sobre as leituras do clorofilômetro foi significativo em todas as épocas de amostragem.

Estudando o fator N em cada época de avaliação, nota-se que houve efeito de doses de N sobre as medidas indiretas de clorofila a, clorofila b e clorofila total obtidas com o clorofilômetro na folha velha do cafeeiro em todas as épocas de avaliação, realizadas em dezembro de 2012 (E1), fevereiro de 2013 (E2) e junho de 2013 (E3) (Tabela 10).

Tabela 10. Equações ajustadas e coeficientes de determinação para os índices de N clorofila a, clorofila b e clorofila total medidos na folha velha do cafeeiro conilon, em função das doses de N, em cada época de avaliação

Épocas de avaliação	Equações ajustadas	R ²
	Clorofila a	
E1 (Dez./2012)	$\hat{Y} = 41,8647 + 0,00296553N - 0,00000103622N^2$	0,84
E2 (Fev./2013)	$\hat{Y} = 40,5182 + 0,0100976N - 0,00000503183N^2$	0,94
E3 (Jun./2013)	$\hat{Y} = 39,4604 + 0,0101218N - 0,0000054157N^2$	0,87
	Clorofila b	
E1 (Dez./2012)	$\hat{Y} = 19,0713 + 0,00943109N - 0,00000465222N^2$	0,92
E2 (Fev./2013)	$\hat{Y} = 16,0898 + 0,0161776N - 0,0000070561N^2$	0,95
E3 (Jun./2013)	$\hat{Y} = 17,9658 + 0,0179274N - 0,00000894919N^2$	0,92
	Clorofila total	
E1 (Dez./2012)	$\hat{Y} = 59,0668 + 0,0183556N - 0,00000995696N^2$	0,98
E2 (Fev./2013)	$\hat{Y} = 56,541 + 0,0265501N - 0,0000127586N^2$	0,95
E3 (Jun./2013)	$\hat{Y} = 57,3799 + 0,0284133N - 0,0000147979N^2$	0,92

Os Níveis Críticos (NC) estimados de clorofila a, clorofila b e clorofila total da folha diagnóstico, referentes às avaliações realizadas em dezembro de 2012 (E1) e fevereiro de 2013 (E2), foram associados à dose de N que propiciou 95% da máxima produtividade do cafeeiro conilon na 1ª safra (420,7 kg ha⁻¹ de N) e os referentes às avaliações realizadas em junho de 2013 (E3) e fevereiro de 2014 (E4), as características foram associadas à 2ª safra (543,1 kg ha⁻¹ de N) (Tabela 11).

Tabela 11. Estimativas dos níveis críticos (NC) associados à dose de N que propiciou 95% da máxima produtividade do cafeeiro para os índices de N clorofila a, clorofila b e clorofila total na folha diagnóstico e na folha velha, em cada época de avaliação

Épocas de avaliação	Características					
	Folha diagnóstico			Folha velha		
	Clorofila a	Clorofila b	Clorofila total	Clorofila a	Clorofila b	Clorofila total
E1 (Dez./2012)	44,88	24,54	69,22	43,11	23,04	66,79
E2 (Fev./2013)	45,04	24,39	70,38	44,77	22,90	67,71
E3 (Jun./2013)	45,23	28,61	72,02	44,96	27,70	72,81
E4 (Fev./2014)	45,28	31,61	76,96	-	-	-

Os Níveis Críticos (NC) estimados de clorofila a, clorofila b e clorofila total da folha velha, referentes às avaliações realizadas em dezembro de 2012 (E1) e fevereiro de 2013 (E2), foram associados à dose de N que propiciou 95% da máxima produtividade do cafeeiro conilon na 1ª safra ($420,7 \text{ kg ha}^{-1}$ de N) e os referentes às avaliações realizadas em junho de 2013 (E3), as características foram associadas à 2ª safra ($543,1 \text{ kg ha}^{-1}$ de N) (Tabela 11).

As doses de N proporcionaram incremento significativo nas medidas indiretas de clorofila na folha diagnóstico e na folha mais velha, mostrando que esse índice de N apresenta relação direta com a adubação nitrogenada, o que confirma a possibilidade de sua utilização como ferramenta auxiliar no diagnóstico nutricional nitrogenado do cafeeiro conilon.

Observa-se nas últimas avaliações um aumento mais acentuado da clorofila b em relação à clorofila a, tanto para a folha diagnóstico quanto para a folha mais velha (Tabela 11). Esse fato é interessante dada a importância da clorofila b na captação de energia para o processo fotossintético.

Os resultados estão de acordo com Reis et al. (2006) que também relataram que pode-se detectar deficiências de N com o auxílio do clorofilômetro, bem como corrigir adequadamente a carência de N em razão dessas leituras e como vantagem adicional dessa técnica tem-se o fornecimento de informação de forma rápida e eficaz. Os autores consideraram o equipamento adequado como forma de recomendação de doses de N, desde que as leituras sejam efetuadas no mesmo

local de coleta tradicional de folhas para diagnose foliar, no caso, o 3º e 4º par de folhas, que neste trabalho é designada Folha Diagnóstico.

O uso das medidas indiretas de clorofila da folha diagnóstico é mais adequado do que o uso das características da folha mais velha, uma vez que a primeira é considerada fisiologicamente mais ativa. Além disso, a folha diagnóstico tem acesso mais facilitado na planta, o que representa maior rapidez na mensuração em campo, ao passo que as folhas mais velhas têm maior chance de terem sofrido com estresse biótico ou abiótico.

No presente trabalho, os locais de avaliação na planta influenciaram os valores de leitura de clorofila nas diferentes doses. As folhas mais jovens (folha diagnóstico) possuem maior capacidade de síntese de clorofila (FONTES, 2001), portanto, maior intensidade de “verde”, proporcionando assim maiores valores das leituras indiretas (Tabela 11).

Fontes (2001) afirma que a concentração de N na folha reduz com a idade da planta amostrada e a variação em seu teor pode ser explicada por mecanismos que envolvam a absorção, acumulação e distribuição do elemento na planta, bem como o desenvolvimento da mesma. Neste contexto, esse mesmo autor atenta para a necessidade de padronização da folha a ser usada para efeito de diagnóstico. O índice de clorofila mede o teor de clorofila na planta de forma indireta, determinando o estado nutricional nitrogenado em uma fase específica do ciclo da cultura.

O estabelecimento de parcelas consideradas referência possibilita o uso do clorofilômetro como indicador da necessidade de aplicação de N durante o ciclo do cafeeiro conilon.

Assim, o uso de índices de N como a medida indireta de clorofila, sensível à aplicação de N, determinada com facilidade e de forma não destrutiva, também pode ser utilizada como índice indireto para o diagnóstico do estado nutricional em N.

4.2.2. TEOR E CONTEÚDO DE N NA FOLHA

Para os índices teor e conteúdo de N na massa seca da folha diagnóstico do cafeeiro conilon, observa-se na análise de variância (Tabela 8A - Apêndice) que houve efeito significativo ($p \leq 0,05$) da interação doses de N x épocas de avaliação.

Estudando o fator N em cada época de avaliação, nota-se que houve efeito positivo de doses de N sobre o teor (Figura 9) e o conteúdo (Tabela 12) de N na massa seca da folha diagnóstico do cafeeiro em todas as épocas de avaliação, realizadas em fevereiro de 2013 (E1), junho de 2013 (E2), outubro de 2013 (E3) e fevereiro de 2014 (E4). O incremento das doses de N promoveu aumento nos valores desses índices de N.

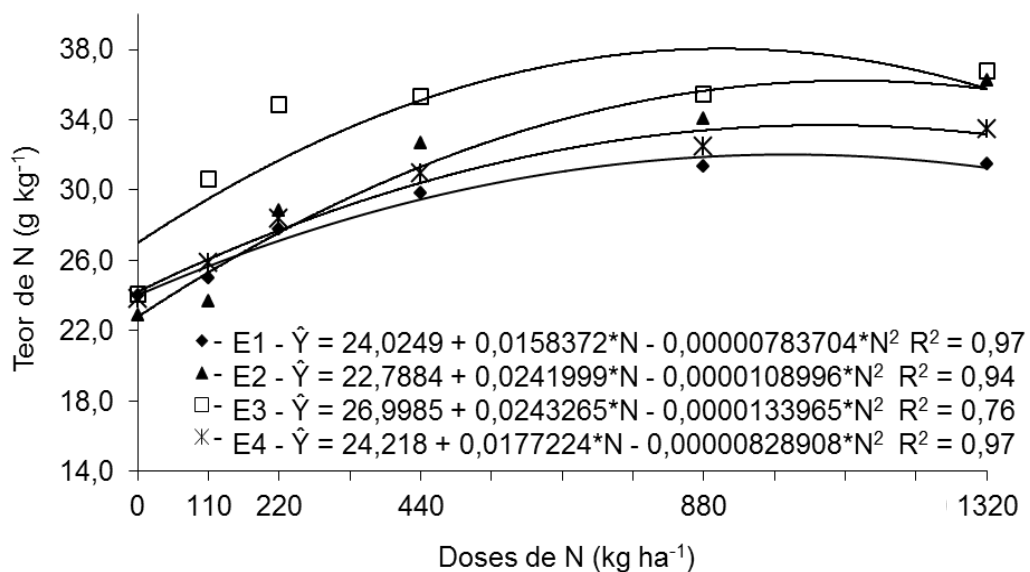


Figura 9. Estimativa do teor de N na matéria seca da folha diagnóstico do cafeeiro conilon, em função das doses de N (kg ha⁻¹), em cada época de avaliação

Tabela 12. Equações ajustadas e coeficientes de determinação para os índices de N conteúdo de N na matéria seca da folha diagnóstico do cafeeiro, em função das doses de N, em cada época de avaliação

Épocas de avaliação	Equações ajustadas	R ²
	Conteúdo de N (g folha ⁻¹)	
E1 (Fev./2013)	$\hat{Y} = 0,0212127 + 0,0000222322N - 0,0000000102547N^2$	0,98
E2 (Jun./2013)	$\hat{Y} = 0,0244509 + 0,0000352892N - 0,000000015838N^2$	0,96
E3 (Out./2013)	$\hat{Y} = 0,0324641 + 0,0000370041N - 0,0000000205528N^2$	0,75
E4 (Fev./2014)	$\hat{Y} = 0,02496 + 0,0000391369N - 0,0000000183058N^2$	0,98

Os Níveis Críticos (NC) estimados do teor e conteúdo de N na folha diagnóstico, referentes às avaliações realizadas em fevereiro de 2013 (E1), foram associados à dose de N que propiciou 95% da máxima produtividade do cafeeiro conilon na 1ª safra (420,7 kg ha⁻¹ de N) e os referentes às avaliações realizadas em junho (E2) e outubro de 2013 (E3) e fevereiro de 2014 (E4), as características foram associadas à 2ª safra (543,1 kg ha⁻¹ de N) (Tabela 13).

Tabela 13. Níveis críticos (NC) associados à dose de N que propiciou 95% da máxima produtividade do teor e conteúdo de N na matéria seca da folha diagnóstico, em cada época de avaliação

Épocas de avaliação	Características	
	Teor de N (g kg ⁻¹)	Conteúdo de N (g folha ⁻¹)
E1 (Fev./2013)	30,69	0,0305
E2 (Jun./2013)	35,93	0,0436
E3 (Out./2013)	40,20	0,0525
E4 (Fev./2014)	33,84	0,0462

Novos padrões foliares para o cafeeiro conilon foram publicados por Gomes e Partelli (2013) para o norte do Espírito Santo, considerando lavouras com produtividade média superior a 100 sacas ha⁻¹. Os autores propuseram padrões para amostragem realizada no inverno, no período pré-florada, cuja faixa de suficiência do N correspondeu a valores de 23,1 a 28,7 g kg⁻¹, com valor médio de 25,8 g kg⁻¹ e para amostragens realizadas no verão, no período de granação, cujos padrões

propostos apresentaram faixa de suficiência de N correspondente a valores de 25,2 a 30,6 g kg⁻¹, com valor médio de 27,9 g kg⁻¹. Esses novos padrões foliares foram considerados no presente trabalho como principal base de comparação dos resultados encontrados.

Os valores críticos de N estão acima das faixas de suficiência apresentadas por Gomes e Partelli (2013) (Tabela 13). Verifica-se redução nos teores e conteúdos de N da amostragem realizada em fevereiro de 2014 (E4) em relação à amostragem realizada em outubro de 2013 (E3). Esse fato provavelmente está relacionado à maior demanda por N com o crescimento dos frutos.

Os teores de N considerados adequados para o cafeeiro conilon por Bragança et al. (2007) está na faixa de 29,0 a 32,0 g kg⁻¹. De forma semelhante, Bragança et al. (2001) e Prezotti e Fullin (2007) sugerem como adequados níveis críticos de 30,0 e 27,0 g kg⁻¹, respectivamente. Gomes (2013) analisou as concentrações foliares de sete genótipos do cafeeiro conilon de uma variedade desenvolvida pelo Incaper e encontrou diferenças significativas entre os genótipos nas épocas da floração e enchimento de grãos. O clone 02, que é o clone utilizado no presente trabalho, esteve entre os genótipos que apresentaram maior concentração de N nos períodos pré-florada e granação, sendo elas 28,10 e 29,89 g kg⁻¹, respectivamente.

A redução nos valores médios dos teores de N da amostragem realizada na E4 (fevereiro de 2014) em comparação à E3 (outubro de 2013) (Tabela 13) tem relação direta com a maior mobilização do N e dos assimilados para os frutos em detrimento às folhas; porém, as fortes precipitações ocorridas no estado do Espírito Santo no final do ano de 2013 podem ter contribuído para a lixiviação do N no solo.

O N é um elemento que se perde facilmente por lixiviação, volatilização e desnitrificação, no sistema solo-planta, e o manejo adequado da adubação nitrogenada é tido como um dos mais difíceis (SANT'ANA et al., 2010). Devido à grande suscetibilidade às condições ambientais e ao importante papel que exerce, o N é um elemento que apresenta as maiores dificuldades no manejo (ALVES et al., 2010).

4.3. PRODUTIVIDADE DE CAFÉ BENEFICIADO

Observa-se na análise de variância (Tabela 9A - Apêndice) que houve efeito significativo ($p \leq 0,05$) da interação doses de N x épocas de avaliação sobre a produtividade de café beneficiado.

Estudando o fator N em cada nível das épocas de avaliação, nota-se que houve efeito de doses de N sobre a produtividade de café beneficiado (sacas ha^{-1}) do cafeeiro conilon nas duas safras avaliadas (1ª safra - 2012/2013 e 2ª safra - 2013/2014) (Figuras 10 e 11, respectivamente). A interação entre as doses de N e as safras foi significativa, porém foi considerado para estudo o fator dose sobre a produtividade em cada uma das safras separadamente.

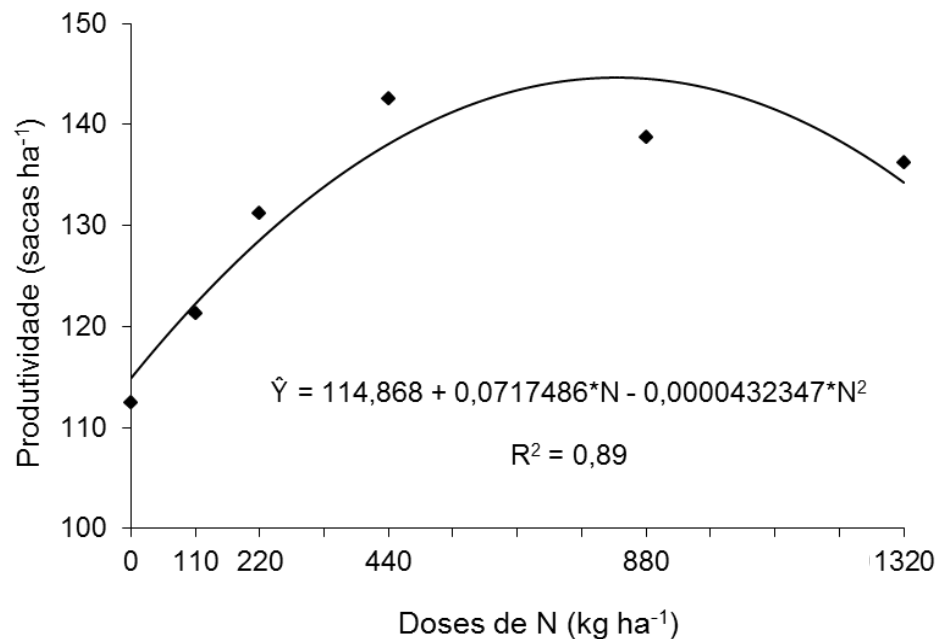


Figura 10. Estimativa da produtividade (sacas ha^{-1}) do cafeeiro conilon em função das doses de N (kg ha^{-1}), na 1ª safra avaliada (2012/2013)

Na 1ª safra avaliada a produtividade média foi de 130,4 sacas ha^{-1} . A dose de 830,2 kg ha^{-1} de N propiciou a máxima produtividade de café beneficiado dentre os níveis estudados que foi de 144,8 sacas ha^{-1} . Entretanto, foi utilizada a metodologia descrita por Fontes (2001, 2011), e se trabalhou com a dose responsável por 95%

da produtividade máxima, que correspondeu à dose de 420,7 kg ha⁻¹ de N e a produtividade de 137,4 sacas ha⁻¹.

Analisando-se esses resultados verifica-se que uma redução de 5% na produtividade proporcionou uma redução de 49,3% na dose de N aplicada, o que conseqüentemente representa uma economia considerável com a adubação nitrogenada, reduzindo o custo da saca de café.

Um dado interessante é que a dose de N necessária para obtenção de 90% da máxima produtividade (130,1 sacas ha⁻¹) foi de 251,3 kg ha⁻¹, ou seja, uma redução em 10% na produtividade máxima acarretou uma redução de 69,7% da dose de N aplicada.

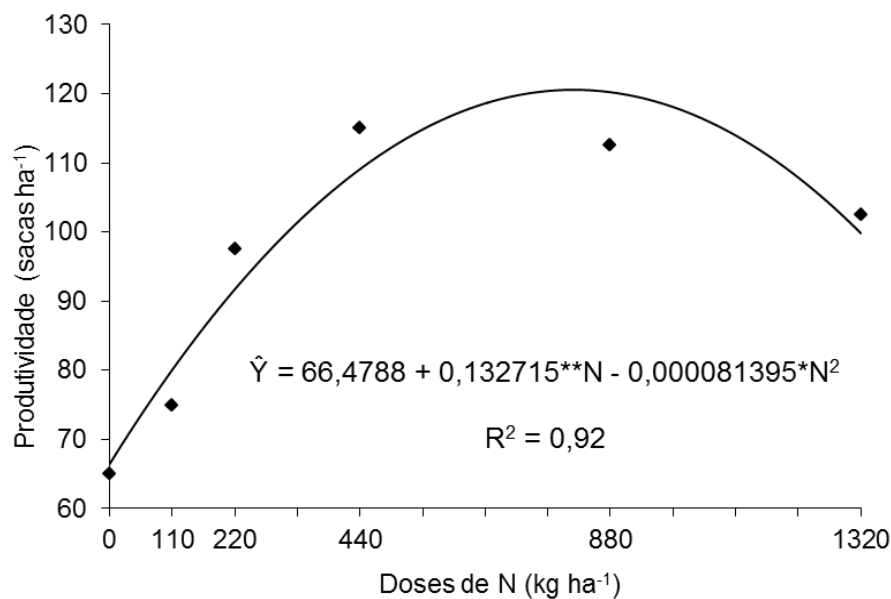


Figura 11. Estimativa da produtividade (sacas ha⁻¹) do cafeeiro conilon em função das doses de N (kg ha⁻¹), na 2ª safra avaliada (2013/2014)

Na 2ª safra avaliada a produtividade média foi de 94,5 sacas ha⁻¹. A dose de 815,2 kg ha⁻¹ de N propiciou a máxima produtividade de café beneficiado dentre os níveis estudados que foi 120,5 sacas ha⁻¹. Nessa safra, a dose responsável por 95% da produtividade máxima correspondeu a 543,1 kg ha⁻¹ de N, com uma produtividade de 114,5 sacas ha⁻¹.

A dose de N responsável por 90% da produtividade máxima (108,5 sacas ha^{-1}) foi de 430,3 kg ha^{-1} . Analisando-se esses resultados de forma semelhante à análise dos resultados da safra anterior verifica-se que uma redução em 10% na produtividade máxima proporcionou uma redução de 47,2% na dose de N aplicada.

Diante do exposto, as doses de 420,7 e 543,1 kg ha^{-1} de N, obtidas na 1ª e na 2ª safra, respectivamente, foram consideradas para o cálculo dos valores de Níveis Críticos (NC) das características avaliadas.

A mudança no conceito de redução de 10, 5, 1 ou 0,1% na performance ou no potencial máximo da planta implica, na maioria das vezes, a necessidade de quantidades muito maiores de fertilizantes, seguindo-se a “lei dos rendimentos decrescentes”. Quanto maior o valor econômico da cultura, menor será a redução aceitável na performance máxima da cultura. Em alguns casos uma redução de 10% é inaceitável, em virtude de um alto valor da cultura em relação ao custo do fertilizante (FONTES, 2001; 2011). Em experimentos de campo, geralmente não há viabilidade econômica quando se busca a produtividade máxima. A colheita máxima econômica se situa sempre pouco abaixo da colheita máxima fisiológica. É fundamental para se determinar a dose de N a ser fornecida via adubação mineral, seguir critérios de produtividade, retorno econômico e preservação ambiental (RESENDE; COSTA, 2014).

A recomendação de adubação com N para o cafeeiro conilon no Estado do Espírito Santo para uma produtividade de 137,4 sacas ha^{-1} é de 560 kg ha^{-1} de N e para uma produtividade de 114,5 sacas ha^{-1} é de 500 kg ha^{-1} de N (PREZOTTI et al., 2007).

A redução da resposta em doses altas pode estar associada ao maior fechamento do dossel da cultura, conforme indicaram Gallo et al. (1999), que atribuíram as menores respostas, ou mesmo os efeitos negativos da adubação nitrogenada sobre a produtividade do cafeeiro, ao excessivo adensamento das plantas em lavouras mais velhas. Clemente et al. (2013), trabalhando com cafeeiro arábica cultivado em solução nutritiva, verificaram que o aumento da dose de N resultou em menor produção, o que pode ter sido causado pelo aumento do crescimento vegetativo e, portanto, aumento do auto sombreamento, o que conseqüentemente influenciou na taxa fotossintética e na produção de fotoassimilados utilizados na produção de grãos.

Verifica-se que a 1ª safra apresenta uma produtividade média 27,47% maior do que a 2ª safra. Na 1ª safra as plantas estavam notadamente mais vigorosas, com maior número de ramos em produção. Com a realização da poda a arquitetura da planta foi alterada e na 2ª safra, maior era o número de ramos em estágio vegetativo e, portanto, mais jovens.

Silva (2014), em experimento realizado com cafeeiro conilon em São Mateus, ES, observou que as plantas na safra 2011/2012 apresentavam melhor estrutura, com maior número de ramos e folhas e, conseqüentemente, obteve uma produtividade de 127,0 sacas ha^{-1} , bem maior quando comparada com a produtividade da safra 2012/2013 que foi de 92,0 sacas ha^{-1} . Os ramos produtivos reduzem o seu vigor depois da segunda ou terceira colheita e não há crescimento compensatório para manutenção de altas produtividades (BRAGANÇA et al., 2007).

Prezotti e Rocha (2004) encontraram resposta linear positiva ao N em diferentes espaçamentos em anos de baixa produtividade para o cafeeiro arábica em Venda Nova do Imigrante, ES. Segundo os autores, a maior exigência de N pelo cafeeiro nos anos de baixa produtividade é indicativa da necessidade de reconstituição da biomassa vegetativa da planta, afetada pelo maior carreamento dos nutrientes para os frutos em anos de alta produção. Mesmo em ano de baixa produção a demanda de nutrientes continua, sendo direcionada principalmente para o crescimento de ramos plagiotrópicos e para a formação de novos ramos, folhas e raízes que vão substituir o fruto como dreno de carboidratos e nutrientes e sustentar a produção do ano seguinte (MALAVOLTA et al., 2002; NEVES et al., 2006).

A acumulação de N normalmente acompanha o incremento de biomassa da lavoura (NEVES et al., 2006), o que significa que a exigência nutricional varia pouco com a produtividade (VALADARES et al., 2013).

O possível efeito da fertilização realizada na safra anterior sobre a produtividade da safra seguinte encontraria suporte no fato de a nutrição mineral das plantas afetar todas as suas funções vitais e não exclusivamente aspectos relacionados à reprodução. Portanto, por mais que a demanda nutricional varie ao longo dos anos, as fertilizações não devem ser formuladas apenas para o atendimento das necessidades nutricionais associadas à carga pendente de frutos, pois essa prática

poderia comprometer a produção na safra seguinte (MALAVOLTA et al., 2002; VALADARES et al., 2013).

Quanto à análise da bienalidade de produção, Valadares et al. (2013) constataram que ao longo de oito safras avaliadas do cafeeiro arábica em Martins Soares, MG, maior estabilidade produtiva foi obtida nos tratamentos com maiores doses de N. Portanto, o maior suprimento de N proporcionou menor bienalidade de produção. Os autores reforçam que na análise da bienalidade, a relação entre adubação e maior estabilidade produtiva pode ser atribuída, essencialmente, à adubação com N.

4.4. UNIFORMIDADE DE MATURAÇÃO E GRÃOS “BOIA”

Houve efeito de doses de N apenas sobre a massa de grãos no estágio de maturação verde na safra 2012/2013, com aumento da massa com o incremento das doses de N. Não houve efeito de doses de N sobre as características percentagem e massa de grãos nos estádios de maturação cereja e seco, percentagem de grãos no estágio de maturação verde e percentagem de grãos boia, em nenhuma das duas safras, em amostras contendo 100 grãos. Os valores médios dessas características obtidas nas safras 2012/2013 e 2013/2014 estão apresentados nas Tabelas 14 e 15, respectivamente.

Tabela 14. Valores médios observados para percentagem e massa de grãos nos estádios de maturação verde, cereja e seco, além do percentual de grãos “boia”, em função das doses de N, em amostra contendo 100 grãos, na safra 2012/2013

Doses de N (kg ha ⁻¹)	Verde		Cereja		Seco		Boia
	%	massa (g)	%	massa (g)	%	massa (g)	%
0	10,82	7,88	79,73	65,54	9,44	3,29	1,25
110	13,17	9,34	78,36	57,65	8,46	3,35	0,25
220	14,04	10,08	79,00	65,37	6,92	6,55	0,75
440	15,77	10,62	78,05	64,68	6,17	2,27	2,00
880	14,80	11,82	80,62	67,48	4,57	1,93	2,00
1320	16,22	12,68	77,11	66,68	6,66	2,52	2,00

De acordo com Clemente et al. (2013), o N tem influência principalmente nas características de crescimento vegetativo, enquanto o K nas características de crescimento reprodutivo, como número de frutos no ramo, tamanho e qualidade dos grãos.

Guimarães e Mendes (1997) também relataram que o fornecimento adequado de N proporciona uma maior ramificação dos ramos plagiotrópicos e maior área foliar, enquanto o K desempenha um papel importante na formação dos grãos, atuando no transporte de fotoassimilados no floema (MARSCHNER, 2012).

Tabela 15. Valores médios observados para percentagem e massa de grãos nos estádios de maturação verde, cereja e seco, além do percentual de grãos “boia”, em função das doses de N, em amostra contendo 100 grãos, na safra 2013/2014

Doses de N (kg ha ⁻¹)	Verde		Cereja		Seco		Boia
	%	massa (g)	%	massa (g)	%	massa (g)	%
0	8,68	5,68	79,17	79,05	12,57	9,47	9,00
110	9,11	8,64	76,24	83,16	14,63	6,39	8,75
220	5,72	6,26	73,14	80,03	21,12	9,27	9,25
440	6,99	5,69	77,14	83,89	15,86	8,27	6,25
880	9,18	9,88	78,63	83,05	12,18	5,33	7,50
1320	8,62	5,69	75,07	79,94	16,29	8,08	8,50

Malta et al. (2003) relatam que grande parte das pesquisas envolvendo o N tem relação com o aumento da produtividade que esse nutriente pode exercer sobre o cafeeiro, a qual não faz referências sobre a influência da adubação nitrogenada na qualidade da bebida. O excesso de N poderia retardar a maturação dos frutos, sendo que frutos verdes são responsáveis por bebida de qualidade inferior. Por outro lado, uma adubação desequilibrada de N poderia causar prejuízos, mesmo colhendo-se somente os frutos no estágio cereja. O N na planta favorece o crescimento vegetativo e, principalmente, faz parte de diversos compostos orgânicos vitais ao vegetal. Assim, um aumento no teor de N estimula o crescimento e em consequência prolonga o estágio reprodutivo da cultura (BARHOUMI et al., 2010).

4.5. CORRELAÇÃO ENTRE AS CARACTERÍSTICAS DE CRESCIMENTO E ÍNDICES DE N COM O TEOR DE N NA FOLHA DIAGNÓSTICO

As estimativas dos coeficientes de correlação linear das características crescimento e número de nós dos ramos plagiotrópicos e ortotrópicos e área foliar determinadas na folha diagnóstica com o teor de N na folha diagnóstica do cafeeiro conilon foram significativas e positivas em todas as épocas de avaliação (Tabela 16).

Tabela 16. Estimativas dos coeficientes de correlação linear simples (r) do crescimento e número de nós dos ramos plagiotrópicos e ortotrópicos e da área foliar da folha diagnóstica, em cada época, com o teor de N na folha diagnóstica do cafeeiro conilon

Características	Teor de N (g kg ⁻¹)			
	Fev./2013	Jun./2013	Out./2013	Fev./2014
Crescimento do ramo plagiotrópico (cm)				
E1 (Nov./2012)	0,75**	0,75**	0,76**	0,79**
E2 (Dez./2012)	0,73**	0,74**	0,58**	0,76**
E3 (Fev./2013)	0,93**	0,94**	0,87**	0,94**
E4 (Jun./2013)	0,84**	0,90**	0,70**	0,89**
Número de nós do ramo plagiotrópico (und)				
E1 (Nov./2012)	0,43*	0,41*	0,36*	0,37*
E2 (Dez./2012)	0,67**	0,65**	0,46*	0,59**
E3 (Fev./2013)	0,91**	0,93**	0,82**	0,89**
E4 (Jun./2013)	0,76**	0,72**	0,57**	0,68**
Crescimento do ramo ortotrópico (cm)				
E1 (Nov./2012)	0,91**	0,91**	0,82**	0,87**
E2 (Dez./2012)	0,91**	0,90**	0,82**	0,92**
E3 (Fev./2013)	0,82**	0,78**	0,79**	0,79**
E4 (Jun./2013)	0,89**	0,94**	0,83**	0,91**
Número de nós do ramo ortotrópico (und)				
E1 (Nov./2012)	0,86**	0,93**	0,79**	0,90**
E2 (Dez./2012)	0,79**	0,81**	0,76**	0,81**
E3 (Fev./2013)	0,89**	0,92**	0,88**	0,92**
E4 (Jun./2013)	0,85**	0,80**	0,75**	0,82**
Área foliar (cm²)				
E1 (Dez./2012)	0,70**	0,67**	0,60**	0,68**
E2 (Fev./2013)	0,87**	0,90**	0,83**	0,92**
E3 (Jun./2013)	0,87**	0,91**	0,84**	0,89**
E4 (Out./2013)	0,84**	0,86**	0,92**	0,87**
E5 (Dez./2013)	0,88**	0,92**	0,78**	0,94**

** e * - Significativo a 1 e 5% de probabilidade pelo teste "t", respectivamente.

As estimativas dos coeficientes de correlação linear da massa seca e da medida indireta de clorofila a, clorofila b e clorofila total determinadas na folha diagnóstica

com o teor de N na folha diagnóstico do cafeeiro conilon foram significativas e positivas em todas as épocas de avaliação (Tabela 17).

Tabela 17. Estimativas dos coeficientes de correlação linear simples (r) da massa seca e da medida indireta de clorofila a, clorofila b e clorofila total na folha diagnóstico, em cada época, com o teor de N na folha diagnóstico do cafeeiro conilon

Características	Teor de N (g kg^{-1})			
	Fev./2013	Jun./2013	Out./2013	Fev./2014
Massa seca (g)				
E1 (Dez./2012)	0,76**	0,82**	0,63**	0,82**
E2 (Fev./2013)	0,79**	0,84**	0,71**	0,85**
E3 (Jun./2013)	0,83**	0,84**	0,77**	0,85**
E4 (Out./2013)	0,59**	0,62**	0,81**	0,64**
E5 (Dez./2013)	0,91**	0,89**	0,83**	0,84**
E6 (Fev./2014)	0,93**	0,65**	0,81**	0,95**
Clorofila a				
E1 (Dez./2012)	0,83**	0,85**	0,85**	0,82**
E2 (Fev./2013)	0,77**	0,82**	0,85**	0,84**
E3 (Jun./2013)	0,82**	0,79**	0,86**	0,81**
E4 (Fev./2014)	0,85**	0,89**	0,95**	0,93**
Clorofila b				
E1 (Dez./2012)	0,83**	0,83**	0,86**	0,88**
E2 (Fev./2013)	0,87**	0,91**	0,87**	0,94**
E3 (Jun./2013)	0,85**	0,88**	0,82**	0,92**
E4 (Fev./2014)	0,94**	0,95**	0,92**	0,96**
Clorofila total				
E1 (Dez./2012)	0,82**	0,87**	0,89**	0,88**
E2 (Fev./2013)	0,83**	0,89**	0,86**	0,94**
E3 (Jun./2013)	0,83**	0,88**	0,88**	0,91**
E4 (Fev./2014)	0,93**	0,95**	0,93**	0,95**

** - Significativo a 1% de probabilidade pelo teste "t".

Os resultados corroboram com os encontrados por Reis et al. (2006) com o cafeeiro arábica, onde a concentração de clorofila correlacionou-se positivamente com o teor de N nas folhas. Essa relação é atribuída, principalmente, ao fato de que 50% a 70%

do N total das folhas serem integrantes de enzimas como a redutase do nitrato (NR) que estão associadas aos cloroplastos (CHAPMAN; BARRETO, 1997).

Lima Filho et al. (1997) obtiveram correlações significativas entre a leitura do clorofilômetro e os teores de clorofila extraível da folha do cafeeiro cv. Catuaí Amarelo, com 12 meses de idade, verificando também correlação das leituras do clorofilômetro com a concentração de N foliar. Resultados semelhantes foram obtidos por Torres Netto et al. (2005) em folhas de *Coffea canephora* de diferentes idades.

No tomateiro, os valores de massa fresca e da área da folha acima do primeiro cacho apresentaram correlação significativa com o teor de N na massa seca do pecíolo, havendo também correlação entre doses de N e área foliar, diâmetro do caule e altura da planta (RONCHI et al., 2001). Para o melão em ambiente protegido, em amostras realizadas no pegamento do primeiro fruto, a área e a massa seca da quinta folha a partir do ápice do ramo principal se correlacionaram com as doses de N (COELHO; FONTES, 2005). Busato (2007) encontrou resultados interessantes de correlação entre características de crescimento e índices de N com o teor de N na folha da batateira.

Verifica-se que as características de crescimento e a medida indireta de clorofila da folha se correlacionam com o teor de N na folha, ou seja, os testes rápidos têm correlação com a análise foliar que é considerada o método tradicional, o que evidencia a possibilidade de utilização dessas características no diagnóstico nutricional nitrogenado do cafeeiro conilon.

4.6. CORRELAÇÃO ENTRE AS CARACTERÍSTICAS DE CRESCIMENTO E ÍNDICES DE N NA FOLHA DIAGNÓSTICO COM A PRODUTIVIDADE DO CAFEEIRO CONILON

As estimativas dos coeficientes de correlação linear das características crescimento e número de nós dos ramos plagiotrópicos e ortotrópicos e área foliar da folha diagnóstico com a produtividade do cafeeiro conilon, em todas as épocas, foram significativas e positivas nas duas safras avaliadas (Tabela 18).

Tabela 18. Estimativas dos coeficientes de correlação linear simples (r) do crescimento e número de nós dos ramos plagiotrópicos e ortotrópicos e da área foliar da folha diagnóstica, em cada época, com a produtividade do cafeeiro nas duas safras

Características	Produtividade (sacas ha ⁻¹)	
	1ª Safra	2ª Safra
Crescimento do ramo plagiotrópico (cm)		
E1 (Nov./2012)	0,65**	0,74**
E2 (Dez./2012)	0,66**	0,68**
E3 (Fev./2013)	0,84**	0,85**
E4 (Jun./2013)	0,67**	0,61**
Número de nós do ramo plagiotrópico (und)		
E1 (Nov./2012)	0,31 ^o	0,37*
E2 (Dez./2012)	0,58**	0,55**
E3 (Fev./2013)	0,86**	0,78**
E4 (Jun./2013)	0,60**	0,61**
Crescimento do ramo ortotrópico (cm)		
E1 (Nov./2012)	0,81**	0,77**
E2 (Dez./2012)	0,75**	0,74**
E3 (Fev./2013)	0,71**	0,72**
E4 (Jun./2013)	0,86**	0,81**
Número de nós do ramo ortotrópico (und)		
E1 (Nov./2012)	0,77**	0,76**
E2 (Dez./2012)	0,72**	0,64**
E3 (Fev./2013)	0,79**	0,82**
E4 (Jun./2013)	0,76**	0,73**
Área foliar (cm²)		
E1 (Dez./2012)	0,57**	0,58**
E2 (Fev./2013)	0,78**	0,78**
E3 (Jun./2013)	0,87**	0,81**
E4 (Out./2013)	0,85**	0,82**
E5 (Dez./2013)	0,82**	0,81**

** , * e ^o - Significativos a 1, 5 e 10% de probabilidade pelo teste "t", respectivamente.

As estimativas dos coeficientes de correlação linear da massa seca e dos índices de N medida indireta de clorofila a, clorofila b e clorofila total, determinados na folha

diagnóstico com a produtividade do cafeeiro conilon, em todas as épocas, foram significativas e positivas nas duas safras de avaliação (Tabela 19).

Tabela 19. Estimativas dos coeficientes de correlação linear simples (r) da massa seca e da medida indireta de clorofila a, clorofila b e clorofila total na folha diagnóstico, em cada época, com a produtividade do cafeeiro conilon nas duas safras

Características	Produtividade	
	1ª Safra (sacas ha ⁻¹)	2ª Safra (sacas ha ⁻¹)
Massa seca (g)		
E1 (Dez./2012)	0,59**	0,55**
E2 (Fev./2013)	0,70**	0,69**
E3 (Jun./2013)	0,77**	0,77**
E4 (Out./2013)	0,70**	0,63**
E5 (Dez./2013)	0,87**	0,85**
E6 (Fev./2014)	0,86**	0,84**
Clorofila a		
E1 (Dez./2012)	0,83**	0,75**
E2 (Fev./2013)	0,78**	0,74**
E3 (Jun./2013)	0,79**	0,80**
E4 (Fev./2014)	0,87**	0,84**
Clorofila b		
E1 (Dez./2012)	0,74**	0,73**
E2 (Fev./2013)	0,81**	0,78**
E3 (Jun./2013)	0,78**	0,77**
E4 (Fev./2014)	0,93**	0,90**
Clorofila total		
E1 (Dez./2012)	0,79**	0,78**
E2 (Fev./2013)	0,84**	0,82**
E3 (Jun./2013)	0,81**	0,78**
E4 (Fev./2014)	0,94**	0,90**

** , * e ° - Significativos a 1, 5 e 10 % de probabilidade pelo teste "t", respectivamente.

As estimativas dos coeficientes de correlação linear do teor e conteúdo de N, determinados na folha diagnóstico com a produtividade do cafeeiro conilon, em

todas as épocas, foram significativas e positivas nas duas safras de avaliação (Tabela 20).

Tabela 20. Estimativas dos coeficientes de correlação linear simples (r) do teor e conteúdo de N na folha diagnóstico, em cada época, com a produtividade do cafeeiro conilon nas duas safras

Características	Produtividade	
	1ª Safra (sacas ha ⁻¹)	2ª Safra (sacas ha ⁻¹)
Teor de N (g kg⁻¹)		
E1 (Fev./2013)	0,86**	0,84**
E2 (Jun./2013)	0,88**	0,82**
E3 (Out./2013)	0,88**	0,84**
E4 (Fev./2014)	0,83**	0,82**
Conteúdo de N (g folha⁻¹)		
E1 (Fev./2013)	0,82**	0,81**
E2 (Jun./2013)	0,87**	0,83**
E3 (Out./2013)	0,87**	0,82**
E4 (Fev./2014)	0,84**	0,83**

** , * e ° - Significativos a 1, 5 e 10 % de probabilidade pelo teste "t", respectivamente.

Além de se correlacionarem com o teor de N na planta (SCHADCHINA; DMITRIEVA, 1995), as leituras indiretas de clorofila também se correlacionam com a produtividade das culturas (PIEKIELEK; FOX, 1992).

No trabalho de Godoy et al. (2008) com o cafeeiro arábica, a medida indireta de clorofila aumentou linearmente com as doses de N, correlacionando-se significativamente com a produtividade, do florescimento até a colheita.

Verifica-se que as características de crescimento e os índices de N se correlacionam com a produtividade do cafeeiro conilon, o que confirma a possibilidade de utilização dessas características fáceis de serem avaliadas, de forma rápida e prática como medidas indiretas para o prognóstico da produção do cafeeiro conilon.

5. CONCLUSÕES

O aumento das doses de N proporcionou incremento significativo no crescimento dos ramos, nas dimensões e na massa da folha do cafeeiro conilon irrigado;

O aumento das doses de N proporcionou incremento significativo nas medidas indiretas de clorofila e no teor e conteúdo de N na folha do cafeeiro conilon irrigado;

As características de crescimento e os índices de N têm relação com a adubação nitrogenada, o que confirma a possibilidade de sua utilização como ferramenta auxiliar no diagnóstico nutricional nitrogenado de forma mais rápida e prática no cafeeiro conilon irrigado;

A produtividade do cafeeiro conilon aumentou com o incremento das doses de N, o que foi potencializado pelo uso e manejo adequado da irrigação;

A dose de N responsável por 95% da máxima produtividade do cafeeiro conilon na 1ª safra (2012/2013) correspondeu a 420,78 kg ha⁻¹ de N, com a produtividade de 137,40 sacas ha⁻¹ e na 2ª safra (2013/2014), correspondeu a 543,09 kg ha⁻¹ de N, com a produtividade de 114,54 sacas ha⁻¹.

Para inferir sobre o estado nutricional para o N, a folha diagnóstica se mostrou mais adequada do que a folha mais velha para a avaliação das características de crescimento e dos índices de N.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AITA, C.; GIACOMINI, S.J. Matéria orgânica do solo, nitrogênio e enxofre nos diversos sistemas de exploração agrícola. In: YAMADA, T.; ABDALLA, S.R.S.; VITTI, G.C. (Org.). **Nitrogênio e enxofre na agricultura brasileira**. Piracicaba: IPNI, 2007. p.1-42.

ALVES, M.S.; COELHO, E.F.; PAZ, V.P.S.; ANDRADE NETO, T.M. Crescimento e produtividade da bananeira cv. Grande Naine sob diferentes combinações de nitrato de cálcio e ureia. **Revista Ceres**, Viçosa, v.57, n.1, p.125-131, 2010.

AMARAL, J.A.T. **Crescimento vegetativo estacional do cafeeiro e suas inter-relações com fontes de nitrogênio, fotoperíodo, fotossíntese e assimilação do nitrogênio**. 1991. 139f. Tese (Doutorado em Fitotecnia) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 1991.

AMARAL, J.A.T.; DaMATTA, F.M.; RENA, A.B. Effects of fruiting on the growth of arábica coffee trees as related to carbohydrate and nitrogen status and to nitrate reductase activity. **Revista Brasileira de Fisiologia Vegetal**, Lavras, v.13, n.1, p.66-74, 2001.

AMARAL, J.A.T.; RENA, A.B.; AMARAL, J.F.T. Crescimento vegetativo sazonal do cafeeiro e sua relação com fotoperíodo, frutificação, resistência estomática e fotossíntese. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.41, n.3, p.377-384, 2006.

AMARAL, J.F.T.; MARTINEZ, H.E.P.; LAVIOLA, B.G.; FERNANDES FILHO, E.I.; CRUZ, C.D. Eficiência da utilização de nutrientes por cultivares de cafeeiro. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.41, n.4, p.621-629, 2011.

ANDRIOLO, J.L.; BISOGNIN, D.A.; PAULA, A.L.; PAULA, F.L.M.; GODOI, R.S.; BARROS, G.T. Curva crítica de diluição de nitrogênio da cultivar Asterix de batata. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.41, n.7, p.1179-1184, 2006.

ARGENTA, G.; SILVA, P.R.F.; SANGOI, L. Leaf relative chlorophyll content as an indicator parameter to predict nitrogen fertilization in maize. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.34, n.5, p.1379-1387, 2004.

- ASSIS, G.A.; GUIMARÃES, R.J.; COLOMBO, A.; SCALCO, M.S.; DOMINGHETTI, A.W. Critical ranges for leaf nitrogen and potassium levels in coffee fertigated at the production phase. **Revista Ciência Agronômica**, Fortaleza, v.46, n.1, p.126-134, 2015.
- BALOTF, S.; NIAZI, A.; KAVOOSI, G.; RAMEZANI, A. Differential expression of nitrate reductase in response to potassium and sodium nitrate: real-time PCR analysis. **Australian Journal of Crop Science**, v.6, n.1, p.130-134, 2012.
- BARHOUMI, Z.; ATIA, A.; RABHI, M.; DJEBALI, W.; ABDELLY, C.; SMAOUI, A. Nitrogen and NaCl salinity effects on the growth and nutrient acquisition of the grasses *Aeluropus littoralis*, *Catapodium rigidum*, and *Brachypodium distachyum*. **Journal of Plant Nutrition and Soil Science**, v.173, n.1, p.149-157, 2010.
- BIEMOND, H.; VOS, J. Effects of nitrogen on the potato plant. 2. The partitioning of dry matter, nitrogen and nitrate. **Annals of Botany**, v.70, p.37-45, 1992.
- BLACKMER, T.M.; SCHEPERS, J.S.; VARVEL, G.E.; WALTER-SHEA, E.A. Nitrogen deficiency detection using reflected shortwave radiation from irrigated corn canopies. **Agronomy Journal**, Madison, v.88, p.1-5, 1996.
- BONOMO, R.; REIS, E.F. Irrigação do Conilon: Manejo de irrigação. In: PARTELLI, F.L.; OLIVEIRA, M.G.; SILVA, M.B. **Café conilon: Qualidade, Adubação e Irrigação**. 1ª ed., São Mateus: ES, 2013, p.53-72.
- BORTOLOTTO, R.P.; BRUNO, I.P.; REICHARDT, K.; TIMM, L.C.; AMADO, T.J.C.; FERREIRA, A.O. Nitrogen fertilizer (¹⁵N) leaching in a central pivot fertigated coffee crop. **Revista Ceres**, Viçosa, v.59, n.4, p.466-475, 2012.
- BRAGANÇA, S.M. **Crescimento e acúmulo de nutrientes pelo cafeeiro conilon (*Coffea canephora* Pierre)**. 2005, 99f. Tese (Doutorado em Fitotecnia) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2005.
- BRAGANÇA, S.M.; CARVALHO, C.H.S.; FONSECA, A.F.A.; FERRÃO, R.G. Variedades clonais de café Conilon para o Estado do Espírito Santo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.36, n.5, p.765-770, 2001.
- BRAGANÇA, S.M.; MARTINEZ, H.E.P.; LEITE, H.G.; SANTOS, L.P.; SEDIYAMA, C.S.; ALVAREZ V., V.H.; LANI, J.A. Accumulation of macronutrients for the Conilon Coffee Tree. **Journal of Plant Nutrition**, v.31, n.1, p.103-120, 2008.

BRAGANÇA, S.M.; PREZOTTI, L.C.; LANI, J.A. Nutrição do cafeeiro conilon. In: FERRÃO, R.G.; FONSECA, A.F.A.; BRAGANÇA, S.M.; FERRÃO, M.A.G.; DEMUNER, L.H. (eds.) **Café conilon**. Vitória, ES: Incaper, 2007. p.297-327.

BRAGANÇA, S.M.; SILVA, E.B.; MARTINS, A.G.; SANTOS, L.P.; LANI, J.A.; VOLPI, P.S. Resposta do cafeeiro conilon à adubação de NPK em sistema de plantio adensado. **Coffee Science**, Lavras, v.4, n.1, p.67-75, 2009.

BREDEMEIER, C.; MUNDSTOCK, C.M. Regulação da absorção e assimilação do nitrogênio nas plantas. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.30, n.2, p.365-372, 2000.

BUSATO, C. **Características da planta, teores de nitrogênio nas folhas e produtividade de tubérculos de cultivares de batata em função de doses de nitrogênio**. 2007. 129f. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2007.

BUSATO, C.; FONTES, P.C.R.; BRAUN, H.; BUSATO, C.C.M. Estimativa da área foliar da batateira, cultivar Atlantic, utilizando dimensões lineares. **Revista Ciência Agronômica**, Fortaleza, v.41, n.4, p.702-708, 2010a.

BUSATO, C.; FONTES, P.C.R.; BRAUN, H.; CECON, P.R. Seasonal variation and threshold values for chlorophyll meter readings on leaves of potato cultivars. **Journal of Plant Nutrition**, v.33, n.14, p.2148-2156, 2010b.

BUSATO, C.; REIS, E.F.; MARTINS, C.C.; PEZZOPANE, J.E.M. Lâminas de irrigação aplicadas ao café conilon na fase inicial de desenvolvimento. **Revista Ceres**, Viçosa, v.54, n.314, p.351-357, 2007.

BUSATO, C.C.M.; SOARES, A.A.; SEDIYAMA, G.C.; MOTOIKE, S.Y.; REIS, E.F. Manejo da irrigação e fertirrigação com nitrogênio sobre as características químicas da videira 'Niágara Rosada'. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.41, n.7, p.1183-1188, 2011.

CAMPBELL, W.H. Nitrate reductase structure, function and regulation: Bridging the gap between biochemistry and physiology. **Annual Review of Plant Physiology and Plant Molecular Biology**, v.50, p.277-303, 1999.

CANTARELLA, H. Nitrogênio. In: NOVAIS, R.F.; ALVAREZ V., V.H.; BARROS, N.F.; FONTES, R.L.F.; CANTARUTTI, R.B.; NEVES, J.C.L. **Fertilidade do solo**. SBCS: Viçosa, MG, 2007. p.375-470.

CARGNELUTTI FILHO, A.; TOEBE, M.; BURIN, C.; FICK, A.L.; NEU, I.M.M.; FACCO, G. Estimação da área foliar de mucuna cinza por meio de método não destrutivo. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.42, n.2, p.238-242, 2012.

CARVALHO, A.M.; MENDES, A.N.G.; CARVALHO, G.R.; BOTELHO, C.E.; GONÇALVES, F.M.A.; FERREIRA, A.D. Correlação entre crescimento e produtividade de cultivares de café em diferentes regiões de Minas Gerais, Brasil. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.45, n.3, p.269-275, 2010.

CHAPMAN, S.C.; BARRETO, H.J. Using a chlorophyll meter to estimate specific leaf nitrogen of tropical maize during vegetative growth. **Agronomy Journal**, Madison, v.89, n.4, p.557-562, 1997.

CLEMENTE, J.M.; MARTINEZ, H.E.P.; ALVES, L.C.; LARA, M.C.R. Effect of N and K doses in nutritive solution on growth, production and coffee bean size. **Revista Ceres**, Viçosa, v.60, n.2, p.279-285, 2013.

COELHO, E.L.; FONTES, P.C.R. Índices agronômicos do meloeiro associados à dose adequada de nitrogênio, em ambiente protegido e no campo. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v.29, n.5, p.974-979, 2005.

COELHO, F.S.; FONTES, P.C.R.; PUIATTI, M.; NEVES, J.C.L.; SILVA, M.C.C. Dose de nitrogênio associada à produtividade de batata e índices do estado de nitrogênio na folha. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.34, n.4, p.1175-1183, 2010.

COLTMAN, R.R. Yield of greenhouse tomatoes managed to maintain specific petiole sap nitrate. **HostScience**, v.23, n.1, p.148-151, 1988.

CONAB - Companhia Nacional de Abastecimento. **Acompanhamento da safra brasileira de café: Safra 2014, Terceiro Levantamento, setembro/2014**. Brasília, CONAB, 2014. 59p.

COSTA, A.R.; REZENDE, R.; FREITAS, P.S.L.; FRIZZONE, J.A.; HELBEL JÚNIOR, C. Número de ramos plagiotrópicos e produtividade de duas cultivares de cafeeiro utilizando irrigação por gotejamento. **Revista Ciência Agronômica**, Fortaleza, v.41, n.4, p.571-581, 2010.

COSTA, S.N.; MARTINEZ, M.A.; MATOS, A.T.; RAMOS, V.B.N. Mobilidade de nitrato em colunas de solo sob condições de escoamento não permanente. **Revista**

Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, Campina Grande, v.3, n.2, p.190-194, 1999.

COVRE, A.M.; PARTELLI, F.L.; MAURI, A.L.; DIAS, M.A. Crescimento e desenvolvimento inicial de genótipos de café conilon. **Revista Agro@ambiente Online**, Boa Vista, v.7, n.2, p.193-202, 2013.

CRAWFORD, N.M. **Nitrate: nutrient and signal for plant growth**. *The Plant Cell*, v.7, p.859-868, 1995.

CRUZ, J.L.; PELACANI, C.R.; CARVALHO, J.E.B.; SOUZA FILHO, L.F.S.; QUEIROZ, D.C. Níveis de nitrogênio e a taxa fotossintética do mamoeiro "Golden". **Ciência Rural**, Santa Maria, v.37, n.1, p.64-71, 2007.

DaMATTA, F.M.; AMARAL, J.A.T.; RENA, A.B. Growth periodicity in trees of *Coffea arabica* L. in relation to nitrogen supply and nitrate reductase activity. **Field Crops Research**, v.60, p.223-229, 1999.

DaMATTA, F.M.; CUNHA, R.L.; ANTUNES, W.C.; MARTINS, S.C.V.; ARAUJO, W.L.; FERNIE, A.R.; MORAES, G.A.B.K. In field-grown coffee trees source sink manipulation alters photosynthetic rates, independently of carbon metabolism, via alterations in stomatal function. **New Phytologist**, v.178, p.348-357, 2008.

DaMATTA, F.M.; RONCHI, C.P.; MAESTRI, M.; BARROS, R.S. Ecophysiology of coffee growth and production. **Brazilian Journal of Plant Physiology**, Londrina, v.19, n.4, p.485-510, 2007.

DIAS, L.E.; BARROS, N.F.; FRANCO, A.A. **Nitrogênio**. Associação Brasileira de Educação Agrícola Superior. Brasília: ABEAS; Viçosa: UFV, 1996.

DWOMOH, E.A.; OFORI-FRIMPONG, K.; AFRIFA, A.A.; APPIAH, M.R. Effects of fertilizer on nitrogen contents of berries of three coffee clones and berry infestation by the coffee berry borer, *Hypothenemus hampei* (Ferrari) (Coleoptera: Scolytidae). **African Journal of Agricultural Research**, v.3, p.111-114, 2008.

EMBRAPA. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Manual de Métodos de Análise de Solo**. 2. ed. rev. atual. Rio de Janeiro, 1997. 212p.

EMBRAPA. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. 3.ed. Rio de Janeiro, 2013. 359p.

EVANS, J.R. Photosynthesis and nitrogen relationship in leaves of C3 plants. **Oecologia**, Berlim, v.78, p.9-19, 1989.

FAHL, J.I.; CARELLI, M.L.C.; VEGA, J.; MAGALHÃES, A.C. Nitrogen and irradiance levels affecting net photosynthesis and growth of young coffee plants (*Coffea arabica* L.). **Journal of Horticultural Science**, v.69, p.161-169, 1994.

FALKER AUTOMAÇÃO AGRÍCOLA. **Medidor eletrônico de teor de clorofila ClorofiLOG CFL 1030**: manual de instruções. Porto Alegre, 2008. 33p.

FARNEZI, M.M.M.; SILVA, E.B.; GUIMARÃES, P.T.G. Diagnose nutricional de cafeeiros da região do Alto Jequitinhonha (MG): Normas DRIS e faixas críticas de nutrientes. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.33, n.4, p.969-978, 2009.

FASSIO, L.H.; SILVA, A.E.S. Importância Econômica e Social do Café Conilon. In: FERRÃO, R.G.; FONSECA, A.F.A.; BRAGANÇA. S.M.; FERRÃO, M.A.G.; DEMUNER, L.H. (Ed.) **Café Conilon**. Vitória, ES: Incaper, 2007. Cap.1, p.35-49.

FAVARIN, J.L.; DOURADO NETO, D.; GARCIA, A.G.; VILLA NOVA, N.A.; FAVARIN, M.G.G.V. Equações para a estimativa do índice de área foliar do cafeeiro. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.37, n.6, p.769-773, 2002.

FAVARIN, J.L.; TEIXEIRA, P.P.C. Nitrogênio na cultura do cafeeiro. In: PARTELLI, F.L.; OLIVEIRA, M.G.; SILVA, M.B (eds.). **Café Conilon: Qualidade, Adubação e Irrigação**. 1ª ed., São Mateus, ES. 2013. p.21-40.

FENILLI, T.A.B.; REICHARDT, K.; FAVARIN, J.L.; BACCHI, O.O.S.; SILVA, A.L.; TIMM, L.C. Fertilizer ¹⁵N balance in a coffee cropping system: a case study in Brazil. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.32, n.4, p.1459-1469, 2008.

FERNANDES, M.S.; ROSSIELLO, R.O.P. Mineral nitrogen in plant physiology and plant nutrition. **Critical Reviews in Plant Science**, v.14, n.2, p.111-148, 1995.

FERRÃO, M.A.G.; FERRÃO, R.G.; FONSECA, A.F.A.; VOLPI, P.S.; VERDIN FILHO, A.C. Origem, dispersão geográfica, taxonomia e diversidade genética de *Coffea canephora*. In: FERRÃO, R.G.; FONSECA, A.F.A.; BRAGANÇA. S.M.; FERRÃO,

- M.A.G.; DEMUNER, L.H. (Ed.). **Café Conilon**. Vitória, ES: Incaper, 2007a, Cap.3, p.65-91.
- FERRÃO, R.G.; FONSECA, A.F.A.; BRAGANÇA. S.M.; FERRÃO, M.A.G.; DEMUNER, L.H. (Ed.). **Café Conilon**. Vitória, ES: Incaper, 2007b, 702p.
- FERRÃO, R.G.; FONSECA, A.F.A.; FERRÃO, M.A.G.; BRAGANÇA. S.M.; VERDIN FILHO, A.C.; VOLPI, P.S. Cultivares de Café Conilon. In: FERRÃO, R.G.; FONSECA, A.F.A.; BRAGANÇA. S.M.; FERRÃO, M.A.G.; DEMUNER, L.H. (Ed.). **Café Conilon**. Vitória, ES: Incaper, 2007c. Cap. 7, p. 203-225
- FIOREZE, C.; CERETTA, C. A.; GIACOMINI, S. J.; TRENTIN, G.; LORENSINI, F. Liberação do N em solos de diferentes texturas com ou sem adubos orgânicos. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.42, n.7, p.1187-1192, 2012.
- FONSECA, A.F.A.; FERRÃO, R.G.; LANI, J.A.; FERRÃO, M.A.G.; VOLPI, P.S.; VERDIN FILHO, A.C.; RONCHI, C.P.; MARTINS, A.G. Manejo da cultura do café conilon: espaçamento, densidade de plantio e podas. In: FERRÃO, R.G.; FONSECA, A.F.A.; BRAGANÇA. S.M.; FERRÃO, M.A.G.; MUNER, L.H. (Ed.). **Café Conilon**. Vitória, ES: Incaper, 2007. Cap. 9, p. 257-277
- FONTES, P.C.R. **Diagnóstico do estado nutricional das plantas**. Viçosa: UFV, 2001. 122p.
- FONTES, P.C.R. **Nutrição mineral de plantas: avaliação e diagnose**. Viçosa: UFV, 2011. 296p.
- FONTES, P.C.R.; ARAÚJO, C. **Adubação nitrogenada de hortaliças: princípios e práticas com o tomateiro**. Viçosa: UFV, 2007. 148p.
- FORDE, B.G.; LEA, P.J. Glutamate in plants: metabolism, regulation, and signalling. **Journal of Experimental Botany**, v.58, n.9, p.2339-2358, 2007.
- FREITAS, J.C.O.; ALMEIDA, A.F.; LAGO, M.F.; SOUZA, M.M.; SOUZA JÚNIOR, J.O. Características morfofisiológicas de plantas clonais de *Passiflora alata* crescidas em diferentes doses de nitrogênio e níveis de sombreamento. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v.34, n.3, p.859-872, 2012.
- FREITAS, M.S.M.; MONNERAT, P.H.; CARVALHO, A.J.C.; VASCONCELLOS, M.A.S. Sintomas visuais de deficiência de macronutrientes e boro em maracujazeiro-doce. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v.33, n.4, p.1329-1341, 2011.

FREITAS, R.B.; ALVES, J.D.; MAGALHÃES, M.M.; GOULART, P.F.P.; NASCIMENTO, M.N.; FRIES, D.D. Adubação do cafeeiro com nitrato de potássio via solo e folha, no outono-inverno e primavera-verão: efeitos na atividade da redutase do nitrato, no crescimento das plantas e na produção. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v.31, n.4, p.945-952, 2007.

GALLO, P.B.; VAN RAIJ, B.; QUAGGIO, J.A.; PEREIRA, L.C.E. Resposta de cafezais adensados à adubação NPK. **Bragantia**, Campinas, v.58, n.2, p.341-351, 1999.

GEOBASES - **Sistema Integrado de Bases Georreferenciadas do Estado do Espírito Santo**. GEOBASES/IBGE. 2008. Disponível em: <http://www.geobases.com.br/portal>. Acesso em 16 de janeiro de 2015.

GIL, P.T.; FONTES, P.C.R; CECOM, P.R.; FERREIRA, F.A. Índice SPAD para o diagnóstico do estado de nitrogênio e para o prognóstico da produtividade de batata. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v.20, n.4, p.611-615, 2002.

GODOY, L.J.G.; SANTOS, T.S.; VILLAS BÔAS, R.L.; LEITE JÚNIOR, J.B. Índice relativo de clorofila e o estado nutricional em nitrogênio durante o ciclo do cafeeiro fertirrigado. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.32, n.1, p.217-226, 2008.

GODOY, L.J.G.; SOUTO, L.S.; FERNANDES, D.M.; VILLAS BÔAS, R.L. Uso do clorofilômetro no manejo da adubação nitrogenada para milho em sucessão a pastagem de *Brachiaria decumbens*. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.37, n.1, p.38-44, 2007.

GOMES, W.R.; PARTELLI, F.L. Faixas adequadas para cafeeiro conilon no Norte do Espírito Santo, conforme fases fenológicas. In: Simpósio de Pesquisa dos Cafés do Brasil, 7., 2013, Vitória da Conquista. **Resumos...** Vitória da Conquista: Embrapa, 2013.

GONTIJO, R.A.N.; CARVALHO, J.G.; GUIMARÃES, R.J.; MENDES, A.N.G.; ANDRADE, W.E.B. Faixas críticas de teores foliares de micronutrientes em mudas de cafeeiro (*Coffea arabica* L.). **Coffee Science**, Lavras, v.2, n.2, p.135-141, 2007.

GOTT, R.M.; AQUINO, L.A.; CARVALHO, A.M.X.; SANTOS, L.P.D.; NUNES, P.H.M.P.; COELHO, B.S. Índices diagnósticos para interpretação de análise foliar do

milho. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v.18, n.11, p.1110-1115, 2014.

GUIMARÃES, P.T.G. et al. Cafeeiro. In: RIBEIRO, A.C.; GUIMARÃES, P.T.G.; ALVAREZ, V.V.H. (Ed.). **Recomendação para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais: 5ª aproximação**. Viçosa: Comissão de Fertilidade do Solo do Estado de Minas Gerais, 1999a. p. 289-302.

GUIMARÃES, R.J.; MENDES, A.N.G. **Nutrição Mineral do cafeeiro**. Lavras, UFLA/FAEPE, 1997. 70p.

GUIMARÃES, R.J.; SCALCO, M.S.; COLOMBO, A.; ASSIS, G.A.; CARVALHO, G.R.; ALEXANDRE, L.P.B. Adubação para primeiro ano pós-plantio (N e K₂O) de cafeeiros fertirrigados na Região Sul de Minas Gerais. **Coffee Science**, Lavras, v.5, n.2, p.137-147, 2010.

GUIMARÃES, T.G.; FONTES, P.C.R.; PEREIRA, P.R.G.; ALVAREZ, V.H.; MONNERAT, P.H. Teores de clorofila determinados por medidor portátil e sua relação com formas de nitrogênio em folhas de tomateiro cultivado em dois tipos de solo. **Bragantia**, Campinas, v.58, n.1, p.209-216, 1999b.

GUIMARÃES, V.F.; ECHER, M.M.; MINAMI, K. Métodos de produção de mudas, distribuição de matéria seca e produtividade de plantas de beterraba. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v.20, n.3, p.505-509, 2002.

HUETT, D.O.; MAIER, N.A.; SPARROW, L.A.; PIGGOT, T.J. Vegetables. In: REUTER, D.J.; ROBINSON, J.B. (Eds.). **Plant analysis, an interpretation manual**. Austrália: CSIRO, 1997. p.383-464.

HURTADO, S.M.C.; RESENDE, A.V.; SILVA, C.A.; CORAZZA, E.J.; SHIRATSUCHI, L.S. Clorofilômetro no ajuste da adubação nitrogenada em cobertura para o milho de alta produtividade. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.41, n.6, p.1011-1017, 2011.

IDAF – Instituto de Defesa Agropecuária e Florestal do Espírito Santo. **Mapas do Espírito Santo**. Disponível em: <<http://www.idaf.es.gov.br>>. Acesso em: 16 jan. 2015.

JACKSON, L.E.; BURGER, M.; CAVAGNARO, T.R. Roots, nitrogen transformations, and ecosystem services. **Annual Review of Plant Biology**, v.59, p.341-363, 2008.

LANA, R.M.Q.; OLIVEIRA, S.A.; LANA, A.M.Q.; FARIA, M.V. Levantamento do estado nutricional de plantas de *Coffea arabica* L. pelo DRIS, na região do Alto Paranaíba - Minas Gerais. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.34, n.4, p.1147-1156, 2010.

LAVIOLA, B.G.; MARTINEZ, H.E.P.; SOUZA, R.B.; ALVAREZ V., V.H. Dinâmica de cálcio e magnésio em folhas e frutos de *Coffea arabica*. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.31, n.2, p.319-329, 2007.

LAVRES JUNIOR, J.; BOARETTO, R.M.; SILVA, M.L.S.; CORREIA, D.; CABRAL, C.P.; MALAVOLTA, E. Deficiências de macronutrientes no estado nutricional da mamoneira cultivar Iris. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.40, n.2, p.145-151, 2005.

LE MOS, C.L.; MATSUMOTO, S.N.; VIANA, A.E.S.; COELHO, R.A.; CÉSAR, F.R.C.F. Metabolismo de nitrogênio em dois sistemas de cultivo de café sob veranico da estação úmida. **Revista Ceres**, Viçosa, v.57, n.1, p.34-41, 2010.

LIMA FILHO, O.F.; MALAVOLTA, E. Studies on mineral nutrition of the coffee plant (*Coffea arabica* L. cv. Catuaí Vermelho): LXIV. Remobilization and re-utilization of nitrogen and potassium by normal and deficient plants. **Brazilian Journal of Biology**, v.63, n.3, p.481-490, 2003.

LIMA FILHO, O.F.; MALAVOLTA, E.; CABRAL, C.P. Avaliação preliminar de um medidor portátil de clorofila como ferramenta para o manejo da adubação nitrogenada do cafeeiro. **Brazilian Archives of Biology and Technology**, Curitiba, v.40, p.642-650, 1997.

MAGIERO, M. **Parcelamentos e doses de nitrogênio e potássio aplicados no cafeeiro conilon, via fertirrigação**. 2013, 49f. Dissertação (Mestrado em Agricultura Tropical), CEUNES, São Mateus, 2013.

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

MALAVOLTA, E.; FAVARIN, J.L.; MALAVOLTA, M.; CABRAL, C.P.; HEINRICH, R.; SILVEIRA, J.S.M. Repartição de nutrientes nos ramos, folhas e flores do cafeeiro. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.37, n.7, p.1017-1022, 2002.

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

MALTA, M.R.; NOGUEIRA, F.D.; GUIMARÃES, P.T.G. Composição química, produção e qualidade do café fertilizado com diferentes fontes e doses de nitrogênio. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v.27, n.6, p.1246-1252, 2003.

MARSCHNER, H. **Mineral nutrition of higher plants**. 3ªed. New York: Academic Press, 2012. 651p.

MARTINEZ, H.E.P.; CARVALHO, J.G.; SOUZA, R.B. Diagnose foliar. In: RIBEIRO, A.C.; GUIMARÃES, P.T.G.; ALVAREZ V., V.H. (eds.). **Recomendações para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais**, 5ª Aproximação. Comissão de Fertilidade do Solo do Estado de Minas Gerais – CFSEMG. Viçosa, MG, 1999. p.143-168.

MARTINEZ, H.E.P.; CLEMENTE, J.M.; LACERDA, J.S.; NEVES, Y.P.; PEDROSA, A.W. Nutrição mineral do cafeeiro e qualidade da bebida. **Revista Ceres**, Viçosa, v.61, suplemento, p.838-848, 2014.

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, n.6, p.703-713, 2003.

MARTINEZ, H.E.P.; SOUZA, R.B.; ALVAREZ V., V.H.; MENEZES, J.F.S.; NEVES, Y.P.; OLIVEIRA, J.A.; ALVARENGA, A.P.; GUIMARÃES, P.T.G. **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. 60p. (Boletim Técnico, 72)

MARTINS, A.G.; PREZOTTI, L.C. Fertilização do café conilon. In: LAÉRCIO ZAMBOLIM (Ed.). **Tecnologias para produção do café conilon**. Viçosa: UFV, 2009. p.249-293

MARTINS, C.C.; SOARES, A.A.; BUSATO, C.; REIS, E.F. Manejo da irrigação por gotejamento no cafeeiro (*Coffea arabica* L.). **Bioscience Journal**, Uberlândia, v.23, n.2, p.61-69, 2007.

- MERA, A.C.; OLIVEIRA, C.A.S.; GUERRA, A.F.; RODRIGUES, G.C. Regimes hídricos e doses de fósforo em cafeeiro. **Bragantia**, Campinas, v.70, n.2, p.302-311, 2011.
- MILLS, H.A.; JONES JUNIOR, J.B. **Plant analysis handbook II**. 2.ed. Athens, Micro-Macro, 1996. 422p.
- MINOTTI, P.L.; HALSETH, D.E.; SIECZKA, J.B. Field chlorophyll measurements to asses the nitrogen status of potato varieties. **Hortscience**, Alexandria, v.29, n.12, p.1497-1500, 1994.
- NASCIMENTO, I.B.; FARIAS, C.H.A.; SILVA, M.C.C.; MEDEIROS, J.F.; SOBRINHO, J.E.; NEGREIROS, M.Z. Estimativa da área foliar do meloeiro. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v.20, n.4, p.555-558, 2002.
- NAZARENO, R.B.; OLIVEIRA, C.A.S.; SANZONOWICZ, C.; SAMPAIO, J.B.R.; SILVA, J.C.P.; GUERRA, A.F. Crescimento inicial do cafeeiro Rubi em resposta a doses de nitrogênio, fósforo e potássio e a regimes hídricos. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.38, n.8, p.903-910, 2003.
- NETO, A.P. **Metabolismo do nitrogênio e concentração de nutrientes no cafeeiro irrigado em razão da dose de N**. 2009, 93f. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2009.
- NEVES, Y.P.; MARTINEZ, H.E.P.; AMARAL, J.F.T.; SOUZA, R.B.; DOMINGOS, D.R. Produtividad y acumulación de materia seca, N, P y K por cultivares de *Coffea arabica* L. **Coffee Science**, Lavras, v.1, n.2, p.156-167, 2006.
- PARTELLI, F.L.; ESPINDULA, M.C.; MARRE, W.B.; VIEIRA, H.D. Dry matter and macronutrient accumulation in fruits of Conilon coffee with different ripening cycles. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.38, n.1, p.214-222, 2014.
- PARTELLI, F.L.; MARRÉ, W.B.; FALQUETO, A.R.; VIEIRA, H.D.; CAVATTI, P.C. Seasonal vegetative growth in genotypes of *Coffea canephora*, as related to climatic factors. **Journal of Agricultural Science**, v.5, p.108-116, 2013.
- PARTELLI, F.L.; VIEIRA, H.D.; DETMANN, E.; CAMPOSTRINI, E. Estimativa da área foliar do cafeeiro conilon a partir do comprimento da folha. **Revista Ceres**, Viçosa, v.53, n.306, p.204-210, 2006.

- PARTELLI, F.L.; VIEIRA, H.D.; SILVA, M.G.; RAMALHO, J.C. Seasonal vegetative growth of different age branches of conilon coffee tree. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v.31, n.3, p.619-626, 2010.
- PEDROSA, A.W.; FAVARIN, J.L.; VASCONCELOS, A.L.S.; CARVALHO, B.V.; OLIVEIRA, F.B.; NEVES, G.B. Resíduo de brachiária fertilizada com nitrogênio na adubação do cafeeiro. **Coffee Science**, Lavras, v.9, n.3, p.366-373, 2014.
- PEZZOPANE, J.R.M.; CASTRO, F.S.; PEZZOPANE, J.E.M.; BONOMO, R.; SARAIVA, G.S. Zoneamento de risco climático para a cultura do café Conilon no Estado do Espírito. **Revista Ciência Agronômica**, Fortaleza, v.41, n.3, p.341-348, 2010.
- PIEKIELEK, W.P.; FOX, R.H. Use of a chlorophyll meter to predict sidedress nitrogen requirements for maize. **Agronomy Journal**, Madison, v.84, n.1, p.59-65, 1992.
- PREZOTTI, L.C.; FULLIN, E.A. Avaliação da fertilidade do solo do estado nutricional das plantas. In: PREZOTTI, L.C.; GOMES, J.A.; DADALTO, G.G.; OLIVEIRA, J.A. **Manual de recomendação de calagem e adubação para o Estado do Espírito Santo**. 5ª aproximação. Vitória, ES, SEEA/INCAPER/CEDAGRO, 2007. p.11-42.
- PREZOTTI, L.C.; GOMES, J.A.; DADALTO, G.G.; OLIVEIRA, J.A. **Manual de recomendação de calagem e adubação para o estado do Espírito Santo**. 5ª aproximação. Vitória: SEEA/INCAPER/CEDAGRO, 2007. 305p.
- PREZOTTI, L.C.; ROCHA, A.C. Nutrição do cafeeiro arábica em função da densidade de plantas e da fertilização com NPK. **Bragantia**, Campinas, v.63, n.2, p.239-251, 2004.
- QUINTELA, M.P.; SILVA, T.J.A.; BOMFIM-SILVA, E.M.; SILVA, E.F.F.; BEBÉ, F.V. Parâmetros produtivos e nutricionais do cafeeiro submetido adubação nitrogenada na região de Garanhuns. **Revista Caatinga**, Mossoró, v.24, n.4, p.74-79, 2011.
- RAIJ, B. van; COSTA, W.M.; IGUE, T.; SERRA, J.R.M.; GUERREIRO, G. Calagem e adubação nitrogenada e potássica para o cafeeiro. **Bragantia**, Campinas, v.55, n.2, p.347-355, 1996.
- RAMALHO, J.C.; CAMPOS, P.S.; TEIXEIRA, M.; NUNES, M.A. Nitrogen dependent changes in antioxidant systems and in fatty acid composition of chloroplast

membranes from *Coffea arabica* L. plants submitted to high irradiance. **Plant Science**, v.135, p.115-124, 1998.

RAMBO, L.; SILVA, P.R.F.; BAYER, C.; ARGENTA, G.; STRIEDER, M.L.; SILVA, A.A. Teor de nitrato como indicador complementar da disponibilidade de nitrogênio no solo para o milho. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.31, n.4, p.731-738, 2007.

RAMBO, L.; SILVA, P.R.F.; STRIEDER, M.L.; DELATORRE, C.A.; BAYER, C.; ARGENTA, G. Adequação de doses de nitrogênio em milho com base em indicadores de solo e de planta. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.43, n.3, p.401-409, 2008.

REICHARDT, K.; SILVA, A.L.; FENILLI, T.A.B.; TIMM, L.C.; BRUNO, I.P.; VOLPE, C.A. Relação entre a adubação nitrogenada e as condições hídricas do solo para um cafezal de Piracicaba, SP. **Coffee Science**, Lavras, v.4, n.1, p.41-55, 2009.

REIS, A.R.; FURLANI JUNIOR, E.; BUZETTI, S.; ANDREOTTI, M. Diagnóstico da exigência do cafeeiro em nitrogênio pela utilização do medidor portátil de clorofila. **Bragantia**, Campinas, v.65, n.1, p.163-171, 2006.

REIS, E.F.; BUSATO, C.C.M.; BUSATO, C. Problemas de entupimento em sistemas de irrigação localizada na cafeicultura. In: TOMAZ, M.A.; AMARAL, J.F.T.; JESUS JUNIOR, W.C.; FONSECA, A.F.A.; FERRÃO, R.G.; FERRÃO, M.A.G.; MARTINS, L.D.; RODRIGUES, W.N. (Org.). **Inovação, Difusão e Integração: Bases para a Sustentabilidade da Cafeicultura**. Cap. 12, 2012, p.227-243.

REIS JÚNIOR, R.A.; CORRÊA, J.B.; CARVALHO, J.G.; GUIMARÃES, P.T.G. Diagnose nutricional de cafeeiros da região sul de Minas Gerais: Normas DRIS e teores foliares adequados. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.26, n.3, p.801-808, 2002.

RESENDE, G.M.; COSTA, N.D. Dose econômica de nitrogênio na produtividade e armazenamento de cultivares de cebola. **Horticultura Brasileira**, Vitória da Conquista, v.32, n.3, p.357-362, 2014.

REZENDE, R.; HELBEL JÚNIOR, C.; SOUZA, R.S.; ANTUNES, F.M.; FRIZZONE, J.A. Crescimento inicial de duas cultivares de cafeeiro em diferentes regimes

hídricos e dosagens de fertirrigação. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v.30, n.3, p.447-458, 2010.

RONCHI, C.P.; FONTES, P.C.R.; PEREIRA, P.R.G.; NUNES, J.C.S.; MARTINEZ, H.E.P. Índices de nitrogênio e de crescimento do tomateiro em solo e em solução nutritiva. **Revista Ceres**, Viçosa, v.48, n.278, p.469-484, 2001.

SANGOI, L.; ERNANI, P.R.; LECH, V.A.; RAMPAZZO, C. Lixiviação de nitrogênio afetada pela forma de aplicação da ureia e manejo dos restos culturais de aveia em dois solos com texturas contrastantes. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.33, n.1, p.65-70, 2003.

SANT'ANA, E.V.P.; SANTOS, A.B.; SILVEIRA, P.M. Adubação nitrogenada na produtividade, leitura SPAD e teor de nitrogênio em folhas de feijoeiro. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia, v.40, n.4, p.491-496, 2010.

SANTINATO, R.; FERNANDES, A.L.T. **Cultivo do cafeeiro irrigado por gotejamento**. 2. ed. Uberaba, 2012. 388p.

SCALCO, M.S.; ALVARENGA, L.A.; GUIMARÃES, R.J.; COLOMBO, A.; ASSIS, G.A. Cultivo irrigado e não irrigado do cafeeiro em plantio superadensado. **Coffee Science**, Lavras, v.6, n.3, p.193-202, 2011.

SHADCHINA, T.M.; DMITRIEVA, V.V. Leaf chlorophyll content as a possible diagnostic mean for the evaluation of plant nitrogen uptake from the soil. **Journal of Plant Nutrition**, New York, v.18, n.7, p.1427-1437, 1995.

SILVA, B.S.O. **Distribuição espacial dos nutrientes foliares, produtividade e *Hypothenemus hampei* em *Coffea canephora***. 2014. 85f. Dissertação (Mestrado em Agricultura Tropical) – Universidade Federal do Espírito Santo, Centro Universitário Norte do Espírito Santo, São Mateus, 2014.

SILVA, E.A.; BRUNINI, O.; SAKAI, E.; ARRUDA, F.B.; ARRUDA, F.B.; PIRES, R.C. M.P. Influência de déficits hídricos controlados na uniformização do florescimento e produção do cafeeiro em três diferentes condições edafoclimáticas do Estado de São Paulo. **Bragantia**, Campinas, v.68, n.2, p.493-501, 2009.

SILVA, F.C. **Manual de análises químicas de solos, plantas e fertilizantes**. 2.ed. rev. ampl. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica; Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2009. 627p.

- SILVA, J.E.; RESCK, D.V.S. Matéria orgânica do solo. In: VARGAS, M.A.T.; HUNGRIA, M. (eds.). **Biologia dos Solos dos Cerrados**, Planaltina, DF, Embrapa-CPAC, 1997. p.467-524.
- SILVA, J.G.F.; REIS, E.F. Irrigação do Cafeeiro Conilon. In: FERRÃO, R.G.; FONSECA, A.F.A.; BRAGANÇA, S.M.; FERRÃO, M.A.G.; MUNER, L.H. **Café Conilon**. Vitória: Incaper, Cap. 13, 2007. p.345-373.
- SILVA, M.C.C.; FONTES, P.C.R.; VIANA, R.G. Estimativa da área da folha da batateira utilizando medidas lineares. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v.26, n.1, p.83-87, 2008.
- SOUSA, L.B.; HEITOR, L.C.; SANTOS, P.C.; FREITAS, J.A.A.; FREITAS, M.S.M.; FREITAS, S.J.; CARVALHO, A.J.C. Crescimento, composição mineral e fenóis totais de espécies de Passiflora em função de fontes nitrogenadas. **Bragantia**, Campinas, v.72, n.3, p.247-254, 2013.
- SOUZA, H.A.; HERNANDES, A.; ROMUALDO, L.M.; ROZANE, D.E.; NATALE, W.; BARBOSA, J.C. Folha diagnóstica para avaliação do estado nutricional do feijoeiro. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v.15, n.12, p.1243-1250, 2011.
- SOUZA, S.R.; FERNANDES, M.S. Nitrogênio. In: FERNANDES, M.S. **Nutrição Mineral de Plantas**. Viçosa, MG: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, Cap. 9, p.216-252, 2006.
- TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia Vegetal**. 5. ed. Porto Alegre: Artmed, 2013. 820p.
- TISCHNER, R. Nitrate uptake and reduction in higher and lower plants. **Plant, Cell and Environment**, v.23, n.10, p.1005-1024, 2000.
- TOMAZ, M.A.; SAKIYAMA, N.S.; MARTINEZ, H.E.P.; CRUZ, C.D.; PEREIRA, A.A.; FREITAS, R.S. Porta-enxertos afetando o desenvolvimento de plantas de *Coffea arabica* L. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.35, n.3, p.570-575, 2005.
- TORRES NETTO, A.; CAMPOSTRINI, E.; OLIVEIRA, J.G.; SMITH, R.E.B. Photosynthetic pigments, nitrogen, chlorophyll fluorescence and SPAD-502 readings in coffee leaves. **Scientia Horticulturae**, Amsterdam, v.104, p.199-209, 2005.

VAAST, P.; ANGRAND, J.; FRANCK, N.; DAUZAT, J.; GÉNARD, M. Fruit load and branch ring-barking affect carbon allocation and photosynthesis of leaf and fruit of *Coffea arabica* in the field. **Tree Physiology**, v.25, p.753-760, 2005.

VALADARES, S.V.; NEVES, J.C.L.; ROSA, G.N.G.P.; MARTINEZ, H.E.P.; ALVAREZ V., V.H.; LIMA, P.C. Produtividade e bienalidade da produção de cafezais adensados, sob diferentes doses de N e K. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.48, n.3, p.296-303, 2013.

VICTORIA, R.L.; PICCOLO, M.C.; VARGAS, A.A.T. O ciclo do nitrogênio, In: CARDOSO, E.J.B.N.; TSAI, S.M.; NEVES, M.C.P. **Microbiologia do solo**. Campinas: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, cap. 9, p.105-119, 1992.

VOUILLOT, M.O.; HUET, P.; BOISSARD, P. Early detection of N deficiency in a wheat crop using physiological and radiometric methods. **Agronomie**, v.18, p.117-130, 1998.

WILLIAMS, L.E.; MILLER, A.J. Transporters Responsible for the Uptake and Partitioning of Nitrogenous solutes. **Annual Review in Plant Physiology and Plant Molecular Biology**, v.52, p.659-688, 2001.

APÊNDICE

Tabela 1A. Análise de variância do crescimento (CRP1) e número de nós (NNRP1) dos ramos plagiotrópicos e crescimento (CRO1) e número de nós (NNRO1) dos ramos ortotrópicos do cafeeiro conilon da primeira etapa de marcação

Fontes de variação	GL	Quadrado Médio			
		CRP1	NNRP1	CRO1	NNRO1
Dose de N	5	47,68769**	1,300935**	17,56486**	2,124781**
Bloco	3	0,8663382 ^o	0,05591793**	0,2600563**	0,1786967 ^o
Resíduo a	15	0,3754886	0,08822821	0,2870394	0,05819028
Época	4	14019,72**	1044,277**	7813,224**	826,486**
Época x Dose de N	20	11,52924**	0,2535098**	4,681622**	0,615666**
Resíduo b	72	0,5155218	0,09303955	0,2690990	0,07569934
Total	119				
Média geral		26,857	6,8814	18,744	5,9133
CV (%)		2,6734	4,4326	2,7675	4,6528

** e ^o - significativo ao nível de 1 e 10% de probabilidade pelo teste "F", respectivamente.

Tabela 2A. Análise de variância da área foliar da folha diagnóstico obtida de ramos plagiotrópicos do cafeeiro conilon

Fontes de variação	GL	Quadrado Médio
		Área foliar
Dose de N	5	1199,502**
Bloco	3	10,23821 ^{ns}
Resíduo a	15	9,955823
Época	4	1619,575**
Época x Dose de N	20	94,79789**
Resíduo b	72	9,531633
Total	119	
Média geral		69,302
CV (%)		4,4549

** - significativo ao nível de 1% de probabilidade pelo teste "F". ^{ns} - não significativo

Tabela 3A. Análise de variância da área foliar da folha velha obtida de ramos plagiotrópicos do cafeeiro conilon

Fontes de variação	GL	Quadrado Médio
		Área foliar
Dose de N	5	426,1572**
Bloco	3	41,45856*
Resíduo a	15	11,79247
Época	3	325,1392**
Época x Dose de N	15	32,73106*
Resíduo b	54	15,21057
Total	95	
Média geral		71,070
CV (%)		5,4877

** e * - significativo ao nível de 1 e 5% de probabilidade pelo teste "F", respectivamente

Tabela 4A. Análise de variância da massa seca da folha diagnóstico obtida de ramos plagiotrópicos do cafeeiro conilon

Fontes de variação	GL	Quadrado Médio
		Massa seca
Dose de N	5	0,1269674**
Bloco	3	0,001191423 ^{ns}
Resíduo a	15	0,001162438
Época	5	1,245892**
Época x Dose de N	25	0,006812154**
Resíduo b	90	0,0009904705
Total	143	
Média geral		1,0894
CV (%)		2,8889

** - significativo ao nível de 1% de probabilidade pelo teste "F". ^{ns} - não significativo

Tabela 5A. Análise de variância da massa seca da folha velha obtida de ramos plagiotrópicos do cafeeiro conilon

Fontes de variação	GL	Quadrado Médio
		Massa seca
Dose de N	5	0,01522605**
Bloco	3	0,001610278 ^{ns}
Resíduo a	15	0,001193994
Época	3	1,711351**
Época x Dose de N	15	0,007672428**
Resíduo b	54	0,001359227
Total	95	
Média geral		1,0982
CV (%)		3,3569

** - significativo ao nível de 1% de probabilidade pelo teste "F". ^{ns} - não significativo

Tabela 6A. Análise de variância das medidas indiretas de clorofila a, clorofila b e clorofila total determinadas na folha diagnóstico obtida de ramos plagiotrópicos do cafeeiro conilon

Fontes de variação	GL	Quadrado Médio		
		Clorofila a	Clorofila b	Clorofila total
Dose de N	5	46,98064**	258,7588**	495,1415**
Bloco	3	0,6660993 ^{ns}	0,6575997**	1,920312**
Resíduo a	15	0,5637750	3,456775	5,662482
Época	3	22,17304**	10,20141**	16,6103**
Época x Dose de N	15	1,188520*	6,472604**	10,65287**
Resíduo b	54	0,5782531	1,677706	3,297818
Total	95			
Média geral		43,089	22,647	65,589
CV (%)		1,7648	5,7193	2,7687

** e * - significativo ao nível de 1 e 5% de probabilidade pelo teste "F", respectivamente. ^{ns} - não significativo

Tabela 7A. Análise de variância das medidas indiretas de clorofila a, clorofila b e clorofila total determinadas na folha velha obtida de ramos plagiotrópicos do cafeeiro conilon

Fontes de variação	GL	Quadrado Médio		
		Clorofila a	Clorofila b	Clorofila total
Dose de N	5	30,18905**	116,9538**	272,5654**
Bloco	3	0,3873708**	2,224976 ^{ns}	0,4819977**
Resíduo a	15	0,7597488	1,084735	1,997537
Época	2	9,571729**	21,19888**	7,370435 ^{ns}
Época x Dose de N	10	2,46513**	5,474356**	8,444819*
Resíduo b	36	0,4937	1,012303	3,354978
Total	71			
Média geral		42,672	21,712	63,985
CV (%)		1,6466	4,6339	2,8626

** e * - significativo ao nível de 1 e 5% de probabilidade pelo teste "F", respectivamente. ^{ns} - não significativo

Tabela 8A. Análise de variância do teor e do conteúdo de N na matéria seca da folha diagnóstico obtida de ramos plagiotrópicos do cafeeiro conilon

Fontes de variação	GL	Quadrado Médio	
		Teor N	Conteúdo N
Dose de N	5	287,9783**	0,0007701785**
Bloco	3	0,6784961**	0,000001647945**
Resíduo a	15	0,3934684	0,000001423602
Época	3	95,95065**	0,0007749571**
Época x Dose de N	15	9,052203**	0,00002587373**
Resíduo b	54	0,7452607	0,000001853248
Total	95		
Média geral		29,999	0,034814
CV (%)		2,8777	3,9104

** - significativo ao nível de 1% de probabilidade pelo teste "F"

Tabela 9A. Análise de variância da produtividade do cafeeiro conilon

Fontes de variação	GL	Quadrado Médio
		Produtividade
Dose de N	5	2012,5**
Bloco	3	4,166667**
Resíduo a	15	43,33333
Época	1	15408,33**
Época x Dose de N	5	165,8333**
Resíduo b	18	38,19444
Total	47	
Média geral		112,50
CV (%)		5,4935

** - significativo ao nível de 1% de probabilidade pelo teste "f"