



**LUÍSA PELOSO PEREIRA**

**NDVI EM CAFEEIROS EM FORMAÇÃO COM FAIXAS  
CRÍTICAS DE TEORES FOLIARES DE N, P e K**

**LAVRAS-MG  
2019**

**LUÍSA PELOSO PEREIRA**

**NDVI EM CAFEEIROS EM FORMAÇÃO COM FAIXAS CRÍTICAS DE  
TEORES FOLIARES DE N, P e K.**

Trabalho de conclusão de curso,  
apresentado à Universidade  
Federal de Lavras, como parte das  
exigências do curso de  
Agronomia, para a obtenção do  
título de Bacharel em Agronomia.

Orientador:

Prof. Dr. Rubens José Guimarães

**LAVRAS-MG  
2019**

**LUÍSA PELOSO PEREIRA**

**NDVI EM CAFEEIROS EM FORMAÇÃO COM FAIXAS CRÍTICAS DE  
TEORES FOLIARES DE N, P e K.**

Trabalho de conclusão de curso,  
apresentado à Universidade  
Federal de Lavras, como parte das  
exigências do curso de  
Agronomia, para a obtenção do  
título de Bacharel em Agronomia.

APROVADA em 05 de junho de 2019.

Ms. Carlos Henrique Cardon- Doutorando em Biotecnologia Vegetal/ UFLA

Ms. Ademilson de Oliveira Alecrim - Doutorando em Fitotecnia/UFLA

Ms. Larissa Cocato da Silva - Fitotecnia/ UFLA

Prof. Dr. Rubens José Guimarães  
Orientador

**LAVRAS-MG  
2019**

Primeiramente à Deus que me deu forças;  
Aos meus pais e irmã Bethânia, pelo amor, apoio, incentivo  
e valores que empregou em minha educação;  
A Marcos Vinícios de Carvalho pelo amor e companheirismo  
e a todos que estiveram ao meu lado de alguma forma.

**DEDICO.**

## AGRADECIMENTOS

Agradeço, primeiramente, a Deus, que em sua infinita sabedoria colocou força em meu coração para vencer essa etapa de minha vida. A fé no Senhor, sem dúvidas, me ajudou a lutar até o fim.

À minha família, meus pais José Geraldo e Flávia, que me espelho, minha irmã Bethânia pelo apoio, amizade e risadas, aos meus tios e primos pelo amor, carinho, amizade e apoio incondicional que mesmo distantes sempre me incentivaram.

Aos queridos avós que Deus me concedeu: Tarley e Vânia, Maria José e José Antônio, por todas as orações, ensinamentos e carinho. Vocês são essenciais em minha vida.

Ao meu namorado, Marcos Vinícios, que sempre esteve presente em todos os momentos, com palavras de apoio, incentivo, amor e companheirismo. Somos um só.

Sou grata a todos os professores que contribuíram com a minha trajetória acadêmica, especialmente ao Professor Rúbens, responsável pela orientação do meu projeto. Obrigada por sempre esclarecer minhas dúvidas, ser tão atencioso e paciente

.À Universidade Federal de Lavras, ao Departamento de Agricultura (DAG) e em especial ao Setor de Cafeicultura, pela oportunidade e condições oferecidas durante o curso.

Ao membro da banca de defesa, Eng<sup>o</sup> Agr<sup>o</sup> MSc. Carlos Henrique Cardon, pelo aprendizado ímpar, confiança, parceria, experiência e conhecimento passado durante o trabalho e toda a graduação

Aos demais membros da banca, Eng<sup>o</sup> Agr<sup>o</sup> MSc. Ademilson de Oliveira Alecrim e Eng<sup>o</sup> Agr<sup>o</sup> MSc. Larissa Cocato da Silva, e aos colegas de cafeicultura por todo o apoio, atenção e incentivo na realização, condução e avaliação deste trabalho.

Ao Núcleo de Estudos em Cafeicultura (NECAF) pela troca de experiência, amizade e companheirismo que contribuíram para minha formação pessoal e profissional.

Agradeço às minhas amigas de Três Corações e Lavras por entenderem os momentos de ausência. Vocês nunca negaram uma palavra de apoio, força e cumplicidade ao longo dessa etapa em minha vida.

Ao Pedrão e Marina pela amizade e ensinamentos em todas as fases do projeto. Minha eterna gratidão.

Às amigas Nalinha e Vi pelo convívio diário e companheirismo intenso, estarão para sempre em meu coração.

A todas as amigas e amigos que fizeram parte do meu dia-a-dia, por todo o suporte, lições, alegrias, e histórias compartilhadas.

Às amizades de Rio Verde, da Cereal Ouro, Dani, Bia, Angélica, Gabi e Jana, vocês foram essenciais no meu crescimento pessoal e profissional.

A todas as pessoas que de alguma forma fizeram parte do meu percurso eu agradeço com todo meu coração.

**MUITO OBRIGADA!!**

## RESUMO

O Brasil é o maior produtor e exportador de Café do mundo e teve, em 2018, sua safra recorde. Com isso, a cultura torna-se cada vez mais importante para o agronegócio brasileiro que, mesmo em tempos de crise, ainda consegue alavancar. Entretanto, visando menores gastos o produtor prefere cortar os investimentos com a adubação na implantação, que é primordial, perdendo o desempenho na produção. Objetivou-se, com o presente estudo, identificar alterações no Índice de Vegetação por Diferença Normalizada ( Normalized Difference Vegetation Index- NDVI), de número de folhas e altura de plantas de cafeeiros em formação submetidos a diferentes níveis de adubação com Nitrogênio, Fósforo e Potássio. O experimento foi implantado no setor de Cafeicultura, da Universidade Federal de Lavras-UFLA, Lavras - MG, em dezembro de 2018, utilizando mudas de cafeeiro da cultivar Mundo Novo IAC 379/19, plantadas no espaçamento de 3,50 x 0,55 m. O delineamento estatístico foi de blocos casualizados, com 6 tratamentos, 4 repetições, totalizando 24 parcelas, com níveis de adubação equivalentes a: 10, 40, 70, 100, 130 e 160% da dose recomendada padrão. Para a avaliação do NDVI, foi utilizado o sensor manual GreenSeeker, posicionado a 0,80 metros acima do topo da planta, realizando duas leituras por parcelas, após três meses da primeira adubação de cobertura com Nitrogênio e Potássio. Com isso conclui-se que, em cafeeiros em fase de formação, não há a interferência das diferentes doses de N, P e K nas análises com NDVI, altura de planta e número de folhas, no entanto há correlação positiva do NDVI com as duas variáveis.

**Palavras-chave:** GreenSeeker; Adubação; Café;

## LISTA DE TABELAS

<b>Tabela 1-</b> Caracterização química do solo antes da diferenciação dos tratamentos, na área onde serão montados os experimentos.....	19
<b>Tabela 2-</b> Resumo da análise de variância para NDVI, altura de plantas (cm) e número de folhas, em função das doses de NPK.....	22
<b>Tabela 3-</b> Coeficiente de correlação de Pearson para as variáveis altura de plantas e número de folhas e o NDVI.....	23



## LISTA DE FIGURAS

<b>Figura 1-</b> Área experimental na Agência de Inovação do Café- INOVACAFÉ. UFLA, Lavras- MG, 2019.....	18
<b>Figura 2-</b> Croqui representativo da área experimental.....	20

## SUMÁRIO

<b>1. INTRODUÇÃO.....</b>	<b>11</b>
<b>2. REFERENCIAL TEÓRICO.....</b>	<b>13</b>
<b>2.1. Importância da cafeicultura e lavouras em sequeiro.....</b>	<b>13</b>
<b>2.2. Os nutrientes .....</b>	<b>13</b>
<b>2.3.Avaliação do Estado Nutricional da Planta.....</b>	<b>14</b>
<b>2.4.N, P e K .....</b>	<b>15</b>
<b>2.5.Diagnose por meio da análise química das folhas.....</b>	<b>16</b>
<b>2.6. Índice de Vegetação por Diferença Normalizada- NDVI.....</b>	<b>17</b>
<b>3. MATERIAL E MÉTODOS.....</b>	<b>18</b>
<b>3.1. Caracterização da área experimental.....</b>	<b>18</b>
<b>3.2.Tratamentos e delineamento experimental.....</b>	<b>19</b>
<b>3.3.Avaliações.....</b>	<b>20</b>
<b>3.4.Análise de dados.....</b>	<b>21</b>
<b>4. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....</b>	<b>22</b>
<b>5. CONCLUSÃO.....</b>	<b>24</b>
<b>6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....</b>	<b>25</b>

## 1. INTRODUÇÃO

A produção de café no Brasil é de enorme importância para o agronegócio brasileiro, visto que o Brasil é o maior produtor e exportador mundial de café, produzindo na safra de 2018/2019 cerca de 60 milhões de sacas, com uma área total plantada de 2,16 milhões hectares. Entretanto, a produtividade média das lavouras é muito baixa, com média nacional de 30 sacas por hectare, na safra 2018/2019 (CONAB, 2018). Sobretudo, esta baixa produtividade média atribui-se a permanência de lavouras antigas e depauperadas no campo, deficiências nutritivas, bienalidade de produção, estresse abiótico e biótico e manejo inadequado da cultura (CAIXETA et al., 2008).

Entre os principais desafios encontrados pelos cafeicultores é o manejo adequado da cultura em geral, e isso inclui controle de pragas e doenças, mas, principalmente, o uso correto de fertilizantes. Por ser uma cultura perene, é importante preocupar com a disponibilidade de nutrientes na sua formação para que não haja comprometimento em todo seu ciclo produtivo. Entretanto, visando menores gastos, o produtor prefere cortar os investimentos com a adubação na implantação, que é primordial, perdendo o alto desempenho futuramente.

Com isso, a utilização de faixas críticas de teores foliares de nutrientes constitui importante ferramenta para dar suporte às recomendações de adubação a serem prescritas por engenheiros agrônomos e técnicos, a fim de orientar os cafeicultores, tendo sido amplamente utilizada (FONTES, 2001; MARTINEZ; NEVES; ZANBINI, 2003). Essa orientação serve, tanto para cafeeiros em formação, quanto para cafeeiros em produção.

Com a nutrição das plantas em faixas críticas, é relevante a difusão de metodologias que possibilitem o monitoramento das condições de desenvolvimento da cultura em formação. Ferramentas baseadas em sensoriamento remoto, como o NDVI (Índice de Vegetação por Diferença Normalizada), têm sido uma alternativa para esse monitoramento, visto que, a partir da combinação das respostas das bandas espectrais do vermelho e do infravermelho próximo, ele consegue medir o vigor das plantas e está diretamente relacionado à biomassa das culturas, IAF (Índice de Área Foliar) e a produtividade. Sua principal vantagem é a possibilidade de um grande número de amostragens não destrutivas e rápidas, permitindo a leitura, em tempo real, em diversos pontos da lavoura.

Na cafeicultura, o NDVI tem sido utilizado como ferramenta muito útil, precisa e de baixo custo, para o monitoramento do vigor da vegetação (SILVA, et al., 2015). Nos cafeeiros

do Brasil, as medidas de NDVI podem ser realizadas para se acessar seu estado morfológico, como número de folhas e altura de planta, visto que esta ferramenta está diretamente associada à biomassa total e a área fotossinteticamente ativa da planta. Entretanto, as pesquisas relacionadas ao NDVI com o café ainda são poucas e, por isso, a necessidade de novas descobertas para o desenvolvimento dessa ferramenta.

Desse modo, objetivou-se, com o presente estudo, identificar alterações no Índice de Vegetação por Diferença Normalizada e no crescimento de plantas de cafeeiros em formação submetidos a diferentes níveis de adubação foliar com Nitrogênio, Fósforo e Potássio.

## **2. REFERENCIAL TEÓRICO**

### **2.1 Importância da Cafeicultura e lavouras de Sequeiro**

A produção mundial de café no ano-safra 2018/19, contabiliza volume de 174.493 mil sacas de 60 Kg. Tal volume representa acréscimo de 9,83% em relação ao ano-safra anterior, que foi de 158.882 mil sacas (OIC, 2017). Esses dados demonstram a importância que a Cafeicultura brasileira tem, com um constante crescimento e, por isso, o Brasil é considerado o maior produtor. Com isso, novas dificuldades estão sendo enfrentadas para a sua sobrevivência, dependendo de melhorias em diversos aspectos.

A área de Café em sequeiro no Brasil ainda é maior que a de Café irrigado, sendo este ocupando uma área de pouco mais de 12% do parque cafeeiro (CONAB, 2019). Isso se deve ao alto custo de produção, uma atividade que requer investimentos significativos. Mesmo trazendo muitos benefícios como a garantia de maior vigor às plantas e eliminação dos riscos advindos de secas ocasionais, elevando a produtividade, os produtores ainda optam por realizar a cafeicultura tradicional. (EVANGELISTA, A. W. R. et al) Por isso, é muito importante melhorar, cada vez mais, o cultivo em condições de sequeiro.

### **2.2 Os Nutrientes**

Todos os elementos essenciais estão presentes na planta, mas nem todos os elementos encontrados na planta são essenciais (MALAVOLTA, 2006). Para que um elemento possa ser considerado essencial deve seguir três critérios. São eles: um elemento é essencial se sua deficiência impede que a planta complete o seu ciclo vital; o elemento não pode ser substituído por outro elemento com propriedades similares. Por exemplo: O Na apresenta propriedades semelhantes ao K, contudo não pode substituir completamente o K; e, por último, o elemento deve participar diretamente no metabolismo da planta e promover seu benefício não só com o objetivo de melhorar as características do solo, por meio do crescimento da microflora, mas também de possibilitar outro efeito benéfico à planta (ARNON, D.I; STOUT. P.R, 1939).

Os nutrientes presentes na planta podem enquadrar-se, além da essencial, nas seguintes categorias: benéfico, ou seja, sem ele a planta vive, mas, em dadas condições a sua presença pode ajudar o crescimento e aumentar a produção; tóxico, ou seja, elementos

essenciais ou benéficos podem tornar-se tóxicos quando presentes em concentrações muito altas no meio; por definição é aquele que diminui o crescimento e a produção, podendo ser natural ou antropogênico (MALAVOLTA, 2006).

Para que essa toxidez não ocorra e haja segurança para a produção de uma planta criou-se o conceito de Faixa Crítica. Pode ser definida como a faixa de concentração do nutriente acima da qual há razoável segurança de que a cultura está adequadamente suprida do nutriente e, abaixo dela, há razoável segurança de que a cultura está tão deficiente do nutriente que a produção será negativamente influenciada (FONTES, 2001). Essa faixa de concentração corresponde de 90% a 100% (JONES JR, 1967) ou de 95% a 100% da produção máxima (ROBERTS; DOW, 1982).

Para a determinação de faixas críticas, Reuter e Robinson (1988) recomendam que essas sejam determinadas nas plantas que apresentarem 90% do crescimento máximo, o qual pode ser estabelecido a partir de medições e contagens realizadas nas plantas em estudo e também pela produtividade obtida na colheita.

### **2.3 Avaliações do Estado Nutricional da Planta**

Nas culturas perenes, como o Café, a proporção de elementos imobilizada é muito maior que aquela exportada pelo produto colhido. Mas, para que a produção máxima econômica seja obtida, as exigências da planta toda – não só do produto colhido – deve ser atendida e fornecida pelo meio – solo, adubo etc (FAQUIN, 2005). Quando não atendida, as plantas podem manifestar sintomas característicos, podendo ser de excesso ou falta de um nutriente ou de um elemento químico. Tais sintomas podem ser de grande importância para avaliar o estado nutricional da planta.

Folhas, caules e raízes são a parte vegetativa em que tais sintomas aparecem e de grande importância para determinar esse estado. Entretanto, muitas vezes eles não são visíveis e podem estar presentes, o que é chamado de “fome” ou “toxidez” escondida (oculta), detectada somente por meio de análise química do material vegetal ou diagnose foliar (MALAVOLTA,2006). De forma geral, os métodos mais utilizados para determinação do estado nutricional são a diagnose visual, a foliar e a análise de solo.

A observação visual é uma forma imediata de diagnóstico, porém, sua principal limitação é que, quando constatada, parte da produtividade da planta já estará comprometida. Além disso, o sintoma de carência ou excesso pode ser dificultado devido à semelhança que

pode haver com o sintoma causado por pragas, moléstias ou por causas abióticas, como condições de clima (MALAVOLTA, 2006).

Deste método de diagnóstico, alguns pontos devem ser ressaltados para uma melhor avaliação. Um deles é a distribuição do sintoma e a simetria, isto é, se uma folha mostra o sintoma, a folha oposta também deverá e a anormalidade deverá se manifestar na planta independentemente da exposição cardinal, mas com intensidades diferentes numa mesma planta ou num mesmo ramo pode acontecer. Quando a causa dos sintomas são pragas ou doenças, não se observam essas características. Ressalta-se ainda, que condições climáticas severas podem agravar ou atenuar as deficiências e a toxidez, podendo mesmo condicionar seus aparecimentos (MALAVOLTA, 1980; GUIMARÃES, MENDES e BALIZA, 2010).

Portanto, a adubação é de extrema importância para qualquer cultura, que pode ser definida como a adição de elementos (nutrientes) de que a planta necessita para viver, com a finalidade de obter colheitas compensadoras de produtos de boa qualidade nutritiva ou industrial, provocando-se o mínimo de perturbação no ambiente. Em resumo, sempre que o fornecimento dos nutrientes pelo solo (reservatório) for menor que a exigência da cultura, torna-se necessário recorrer ao uso de adubos (FAQUIN, 2005).

#### **2.4 N, P e K**

As pesquisas sobre nutrição do cafeeiro concentram-se preferencialmente em torno dos macronutrientes N, P e K. A exigência do nitrogênio pelo cafeeiro é alta, sendo que, se a adubação for adequada e não houver outros fatores limitantes, ocorrem um crescimento rápido da planta e a formação de folhas verdes e brilhantes (MALAVOLTA, 1986). Possui grande mobilidade no floema, apresentando os sintomas de carência a partir das folhas mais velhas. Plantas deficientes apresentam folhas amareladas, inicialmente as mais velhas; as folhas permanecem pequenas, devido ao menor número de células, e logo se tornam cloróticas (MALAVOLTA, 2006; GUIMARÃES, MENDES e BALIZA, 2010). É um importante nutriente componente da clorofila, enzimas, proteínas estruturais, ácidos nucleicos e outros compostos orgânicos, sendo que a sua carência acarreta drástica redução no crescimento das plantas.

Já o fósforo tem menor exigência pelo cafeeiro, comparado ao N e K, e seus sintomas de toxidez não são descritos na literatura. Entretanto, este nutriente é de grande importância para lavouras em formação por ser essencial no desenvolvimento das mudas (NEVES,

GOMES e NOVAIS, 1990). Tanto que, em substratos com deficiência do elemento as mudas mostram desenvolvimento irregular na parte aérea e sistema radicular (MAY, 1984). As plantas afetadas por carência de fósforo têm pequeno desenvolvimento radicular, acompanhado de uma paralisação do crescimento e folhas e caule são bem menores do que nas plantas normais (crescimento retardado). As folhas velhas apresentam-se com coloração púrpuro-alaranjado e as folhas novas de coloração verde escuro (MALAVOLTA, 2006; GUIMARÃES, MENDES e BALIZA, 2010).

A quantidade de potássio nas partes vegetativas e nos frutos do cafeeiro demonstra que este elemento desempenha um papel muito importante na nutrição do café. Há correlação positiva entre o teor de K nas folhas e o seu conteúdo de amido, de tal forma que, ao baixar o nível de K, a produção de amido diminui e, conseqüentemente, reduzem-se o desenvolvimento da planta, o aparecimento de novos ramos e de novas folhas e a produção (PEREIRA, 1999). O sintoma mais característico da deficiência é a clorose, seguida de necrose das margens e pontas das folhas, inicialmente das mais velhas. Primeiramente as folhas amarelecem; a seguir torna-se de cor marrom e finalmente secam. Plantas deficientes em potássio apresentam um aumento de sensibilidade a doenças, déficit hídrico e injúrias pelo frio (MALAVOLTA, 2006; GUIMARÃES, MENDES e BALIZA, 2010).

## **2.5 Diagnoses por meio da análise química das folhas**

Apesar de outros órgãos da planta serem utilizados na realização da diagnose química, a folha é o mais usado, pois, é sede do metabolismo e reflete bem, na sua composição, as mudanças na nutrição (CARVALHO et. al., 2001; GUIMARÃES, MENDES; BALIZA, 2010). A utilização da análise química foliar é uma importante ferramenta para identificar e corrigir deficiências e desequilíbrios nutricionais na planta (MELDAL-JOHNSEN; SUMMER, 1980; BALDOCK; SCHULTE, 1996), monitorando e avaliando a eficiência do programa de adubação de determinada cultura (MELDAL-JOHNSEN; SUMMER, 1980) e a fertilidade do solo (DARA et al., 1992).



## **2.6 Índice de Vegetação por Diferença Normalizada ( Normalized Difference Vegetation Index- NDVI) de cafeeiros**

O NDVI é um índice de vegetação que, dentre os índices de refletância, é considerado um bom estimador de biomassa, sendo um dos mais conhecidos e utilizados para o monitoramento da vegetação (COLTRI et al., 2009; XIAO et al., 2015). Esse índice é o resultado da combinação das respostas das bandas espectrais do vermelho e do infravermelho próximo. Gitelson et al. (2014), estudando plantas de milho e soja (com estruturas foliares – C3 e C4 – e arquitetura do dossel diferentes), observaram alta relação entre o NDVI e a radiação fotossinteticamente ativa, a qual é responsável direta pelo rendimento das culturas.

Com o café não é muito diferente e já existem alguns estudos comprovando a relação do IAF da planta com o NDVI, facilitando as pesquisas do rendimento da cultura. O IAF é uma importante variável para a estimativa dos fluxos de água, carbono e energia e é determinante para a produção primária. Apesar de sua importância, a determinação do IAF de cafeeiros não é uma tarefa simples, pois os métodos propostos são freqüentemente exaustivos e, em muitos casos, é necessária a destruição de plantas. A busca por métodos indiretos que estimem o IAF de uma planta de café, de forma precisa e não destrutiva, a baixo custo tem adquirido uma grande importância no cenário de pesquisas em cafeicultura. Com isso, o NDVI caracteriza-se um bom proxy para quantificar o IAF ao longo do tempo, sendo uma alternativa de baixo custo, de elevada repetibilidade e pouco invasiva para se obter as variações do IAF em elevada resolução temporal (SILVA et AL., 2015).

A maioria dos estudos relacionados a esta ferramenta de sensoriamento remoto estão voltados as cultura de cereais, como trigo, triticale, cevada e milho, também havendo pesquisas com o feijão e a cana-de-açúcar. São muitos os resultados positivos com a utilização do NDVI, mas sua principal vantagem é a possibilidade de um grande número de amostragens não destrutivas e rápidas, permitindo a leitura, em tempo real, em diversos pontos da lavoura (COLLARES et al., 2007).

### 3. MATERIAL E MÉTODOS

#### 3.1. Caracterização da área experimental

O experimento foi implantado no Setor de Cafeicultura do Departamento de Agricultura da Universidade Federal de Lavras- UFLA, Lavras-MG, em área de 0,11 hectares, em dezembro de 2018. O município se localiza na região sul de Minas Gerais, a uma altitude de 918 metros, com latitude de 21°14'S e longitude de 45°00' W GRW. As médias anuais de temperatura do ar, máxima e mínima, são respectivamente de 21,6° C e 14,4° C, e a temperatura média anual é de 19,4°C. O clima da região é classificado como Cwa, mas apresenta características de Cwb com duas estações distintas: seca no período de abril a setembro e chuvosa no período de outubro a março, segundo a classificação de Köppen.

Figura1- Área experimental na Agência de Inovação do Café- INOVACAFÉ. UFLA, Lavras- MG, 2019



O solo da área experimental é um Latossolo Vermelho-escuro distroférico, textura argilosa a muito argilosa. As características químicas do solo, realizadas a partir de uma análise, em agosto de 2018, podem ser observadas na Tabela 1:

Tabela 1 - Caracterização química do solo antes da diferenciação dos tratamentos, na área onde serão montados os experimentos.

Característica	0-20 cm	20-40 cm	Característica	0- 20 cm	20-40 cm
pH (H <sub>2</sub> O)	6,1	5,6	V - (%)	64,46	48,08
P-rem - (mg L <sup>-1</sup> )	24,88	24,21	m - (%)	1,04	2,41
P - (mg.dm <sup>-3</sup> )	19,55	4,33	Matéria org. - dag.kg <sup>-1</sup>	1,90	1,54
K - (mg.dm <sup>-3</sup> )	108,04	61,18	Zn - (mg.dm <sup>-3</sup> )	4,52	3,50
Ca - (cmolc.dm <sup>-3</sup> )	3,67	2,24	Fe - (mg.dm <sup>-3</sup> )	38,18	37,84
Mg - (cmolc.dm <sup>-3</sup> )	0,81	0,44	Mn - (mg.dm <sup>-3</sup> )	23,07	11,65
Al - (cmolc.dm <sup>-3</sup> )	0,05	0,07	Cu - (mg.dm <sup>-3</sup> )	3,65	3,77
H + Al - (cmolc.dm <sup>-3</sup> )	2,62	3,06	B - (mg.dm <sup>-3</sup> )	0,12	0,12
T - (cmolc.dm <sup>-3</sup> )	7,38	5,90	S - (mg.dm <sup>-3</sup> )	18,16	78,98

Para a realização do plantio, o solo foi sulcado a 30 centímetros de profundidade e 50 centímetros de largura. Nos sulcos de plantio foi aplicado o calcário complementar na dose de 40g/m, segundo as recomendações de Guimarães et al. (1999), e incorporado ao solo de forma homogênea, sendo o sulco de plantio fechado com subsolador de 3 hastes e enxada rotativa. As covas de plantio foram feitas com auxílio de um enxadão com dimensões de 40 centímetros de comprimento, 40 centímetros de largura e 40 centímetros de profundidade, aproximadamente. O fertilizante químico superfosfato simples foi aplicado na cova de plantio de acordo com cada tratamento.

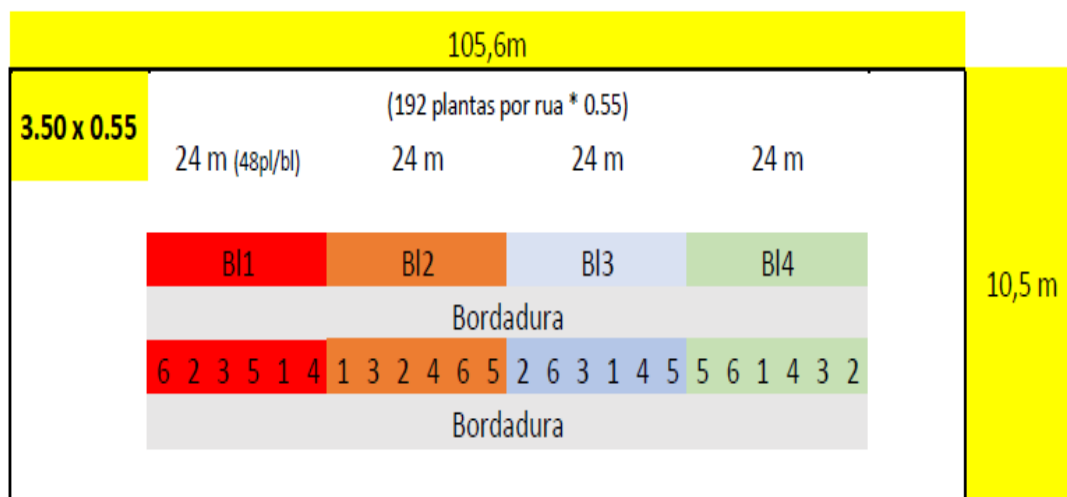
A correção da acidez do solo e aplicação dos fertilizantes nos sulcos de plantio, por ocasião da implantação da lavoura, foram feitas seguindo as recomendações de Guimarães et al. (1999).

### 3.2. Tratamentos e delineamento experimental

Os cafeeiros destinados ao experimento foram plantados no dia 11 de dezembro de 2018, com mudas da cultivar “Mundo Novo IAC 379/19” da espécie *Coffea arabica* L., de porte alto, desenvolvida pelo Instituto Agrônomo de Campinas – IAC, no espaçamento de 3,5 metros entre linhas e 55 centímetros entre plantas nas linhas (3,5 x 0,55 m). Cada parcela

foi composta de 8 plantas, sendo as 6 centrais consideradas como úteis, com bordadura dupla entre linhas. Na figura 1 encontra-se o croqui da área experimental:

Figura 2- Croqui representativo da área experimental. Em amarelo estão as medidas do terreno e do plantio (espaçamento entre linhas X entre plantas); e em colorido estão os 4 blocos e os tratamentos de cada



O delineamento estatístico foi em blocos casualizados (DBC), sendo utilizados 6 tratamentos, com 4 repetições, totalizando 24 parcelas, com níveis de adubação equivalente a: 10, 40, 70, 100, 130 e 160% da dose recomendada padrão, que correspondem, respectivamente, aos tratamentos 1, 2, 3, 4, 5 e 6. Os níveis considerados como padrão foram: 80 gramas de  $P_2O_5$  por muda na cova de plantio, 10 gramas de  $K_2O$  e 5 gramas de N por planta por aplicação. Foram realizadas duas aplicações de N e duas de  $K_2O$ , em janeiro e fevereiro de 2019.

Dessa forma, o experimento tinha, no total, 576 plantas, onde cada parcela teve oito plantas, sendo 192 plantas no total, e seis plantas na parcela útil, onde 144 plantas foram utilizadas nas avaliações.

### 3.3. Avaliações

A avaliação foi realizada três meses após o plantio, dia 23 de abril, entre 08 e 10 horas da manhã, na qual foram analisadas a altura de planta, número de folhas e NDVI. Para a variável altura de plantas, mediu-se a partir da base da planta (superfície do solo) até a extremidade apical do caule, com o auxílio de uma régua graduada em centímetros. A

variável número de folhas foi avaliada por meio da contagem e, o NDVI, realizado por meio de um sensor manual GreenSeeker (Trimble, USA) que capta a combinação das respostas das bandas espectrais do vermelho e do infravermelho próximo, posicionado a 0,80 metros acima do topo da planta, medindo planta por planta.

### **3.4. Análise dos dados**

Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância, utilizando-se o teste F, a 5% de probabilidade e quando significativo foi realizado o agrupamento de Scott Knott. Utilizou-se o software SISVAR (Sistema para Análise de Variância) (FERREIRA, 2000). Foi realizada a correlação de Pearson a fim de verificar as associações entre as variáveis analisadas. Essas análises foram realizadas no programa SAS ( SAS Institute, 2009), a 5% de probabilidade.

#### 4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Pelo resultado da análise de variância, foi possível observar que não houve interferência significativa ( $P > 0,05$ ) entre número de folhas, altura de plantas e NDVI em função das doses de N, P e K aplicadas (Tabela 2).

Tabela 2. Resumo da análise de variância para NDVI, altura de plantas (cm) e número de folhas, em função das doses de NPK

FV	N° folhas			Altura de planta		NDVI	
	GL	QM	Pvalor	QM	Pvalor	QM	Pvalor
Doses	5	33,4658	0,0891	5,34590	0,8670	0,0025	0,6676
Bloco	3	15,0957	0,3909	21,4190	0,2686	0,0158	0,0260
Erro	15	14,0912		14,7991		0,0039	
Total	23						
CV (%)		28,45		12,55		26,61	

\*Significativo pelo teste F a 5% de probabilidade

De acordo com Pinto et al. (2013), na fase de formação da lavoura, as plantas de café não tem o dreno forte dos frutos, sendo que o produto da fotossíntese é carregado para as partes novas para o crescimento. Possivelmente, mesmo no menor nível de adubação, as plantas enquanto jovens conseguiram suprir suas necessidades de crescimento com os nutrientes contidos no solo antes da instalação do experimento.

As plantas avaliadas estavam com 120 dias e ainda não apresentavam diferença entre as doses de adubação. Buscando as faixas críticas de teores foliares de macro e micronutrientes em cafeeiros, no primeiro ano de adubação após o plantio, Clemente et al. (2008), avaliou algumas características de crescimento e obteve alguns resultados complementares. Analisando separadamente o desenvolvimento em altura das plantas, os tratamentos passaram a diferir entre si a partir de 210 dias após a implantação do experimento, quando as plantas estavam com altura em torno de 50 cm, coincidindo com a época de pleno desenvolvimento vegetativo.

Ainda em relação a essa época, no trabalho apresentado por Clemente et. al. (2008), somente depois de 210 dias da implantação do experimento que houve um maior valor de IAF, que também pode ser explicado por ser uma época de grande crescimento vegetativo das plantas. Avaliações de NDVI podem ser utilizadas para estimar o IAF de cafeeiros no sul de Minas Gerais, com precisão satisfatória, conforme apresentado por (SILVA, et al., 2015) e

isso explica a relação não significativa do NDVI com as diferentes doses de N, P e K. As plantas ainda não estão com a idade adequada para haver alguma interferência das doses com a biomassa da planta do cafeeiro.

Semelhante às outras características avaliadas, o número de folhas também não se diferenciam entre as faixas críticas.

Ressalta-se que as avaliações de crescimento realizadas nesse trabalho, além de servirem de base para a determinação das faixas críticas, são também indicativas de produtividades futuras, ou seja, lavouras em formação, fora das faixas adequadas de macronutrientes, podem levar os cafeicultores a prejuízos consideráveis, visto que crescimento está diretamente relacionado com produtividade.

No entanto, verificou-se correlação positiva significativa ( $P < 0,05$ ) para as variáveis altura de planta e número de folhas com o NDVI (Tabela 3).

Tabela 3. Coeficiente de correlação de Pearson para as variáveis altura de plantas e número de folhas e o NDVI.

Variável	Altura (cm)	Número de folhas
	R	R
NDVI	0,65*	0,58*

\* Significativo a 5% de probabilidade. Fonte: Da autora (2019).

Buscando complementar os trabalhos com as análises de NDVI, é possível perceber que, mesmo que os diferentes níveis de adubação não tenham apresentado diferenças na altura de plantas, número de folhas e o NDVI, por serem cafeeiros em formação, estas variáveis se relacionam e são diretamente proporcionais. Quanto maior o NDVI, maior a biomassa da planta, maior altura de planta e maior número de folhas, ou seja, comprova-se que são diretamente proporcionais, devido à relação do NDVI com a área fotossinteticamente ativa da planta. Da mesma forma, Silva (2019) observou correlação significativamente positiva ( $r = 0,71^*$ ) entre o NDVI e a altura de plantas em cafeeiros adultos.

O máximo de variáveis observadas na condução do experimento auxilia, também, no entendimento fisiológico em função da resposta morfológica resultante do tratamento que está sendo submetido.

## **5. CONCLUSÃO**

As variáveis NDVI, número de folhas e altura de plantas não são influenciadas com os diferentes níveis de adubação foliar com N, P e K em cafeeiros em formação.

Nos cafeeiros do Sul de Minas Gerais, as medidas de NDVI podem ser realizadas para se acessar seu estágio morfológico, como número de folhas e altura de plantas, visto que esta ferramenta está diretamente associada à biomassa total.



## 6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ARNON, D.I. & STOUT. P.R. The essentiality of certain elements in minute quantity for plants with special reference to copper. **Plant Physiol.** V.14, p. 371-375, 1939.

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

CLEMENTE, Flávia Maria Vieira Teixeira et al. **Faixa crítica de teores foliares de macronutrientes no cafeeiro em pós-plantio-primeiro ano.** 2008.

COLTRI, P.P.; RAMIREZ, G.M.; WALTER, M.K.C.; ZULLO JUNIOR, J.; PINTO, H.S.; NASCIMENTO, C.R.; GONÇALVES, R.R.V. Utilização de índices de vegetação para estimativas não destrutivas da biomassa, estoque e sequestro de carbono do cafeeiro arábica. In: **SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO**, 14. Anais... Natal, 2009. p. 25–30.

COLLARES, Fernando Carbonari et al. **Estimativa da biomassa e da quantidade de N absorvida em trigo através de medições de reflectância do dossel** ano. 2007

COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO - CONAB. **Boletim da Safra de Café.** Terceiro levantamento, setembro de 2018. Acesso em 01 de março de 2019, disponível em Conab.

DARA, S. T.; FIXEN, P. E.; GELDERMAN, R. H. Sufficiency level and diagnosis anthesis corn. **Agronomy Journal**, Madison, v. 84, n. 6, p. 1006-1010, Nov./Dec. 1992.

EVANGELISTA, A. W. R. et al. Viabilidade financeira da produção de café irrigado em regiões aptas ao cultivo não irrigado. **Coffee Science**, Lavras, v. 6, n. 2, p. 137-146, maio/ago. 2011.

FAQUIN, Valdemar. **"Nutrição mineral de plantas."** (2005).

FERREIRA, Daniel Furtado. Análises estatísticas por meio do Sisvar para Windows versão 4.0. **Reunião anual da região brasileira da sociedade internacional de biometria**, v. 45, n. 2000, p. 235, 2000.

FONTES, P. C. R. **Diagnóstico do estado nutricional das plantas**. Viçosa: Editora UFV, 2001. 122 p.

GITELSON, A.A.; PENG, Y.; HUENNRICH, K.F. Relationship between fraction of radiation absorbed by photosynthesizing maize and soybean canopies and NDVI from remotely sensed data taken at close range and from MODIS 250 m resolution data. **Remote Sensing of Environment**, v.147, n.5, p.108–120, 2014. <http://dx.doi.org/doi:10.1016/j.rse.2014.02.014>.

GUIMARÃES, R.J.; MENDES, A.N.G.; BALIZA, D.P. **Semiologia do cafeeiro: sintomas de desordens nutricionais, fitossanitárias e fisiológicas**. 215 p. UFLA, Lavras, 2010.

JONES Jr., J. B. Interpretation of plant analysis for several agronomic crops. In: WALSH, L. M. BEATON, J. D. (Ed.). **Soil testing and plant analysis**. Part 2. MADISON: sssa, 1967. p. 49-58.

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

MALAVOLTA, E. **Manual de nutrição de plantas**. São Paulo: Agronômica Ceres, 2006. 683p.

MALAVOLTA, E. **Nutrição, adubação e calagem para o cafeeiro**. In: SIMPOSIO SOBRE FATORES QUE AFETAM A PRODUTIVIDADE DO CAFEIRO, 1986, Piracicaba. Simpósio... Piracicaba: Associação Brasileira para a pesquisa da Potassa e do Fosfato, 1986. p. 165-274.

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

MAY, J. T. Soil moisture. In: SOUTHERN pine nursey handbook. (S. 1): USDA. Forest Service. Southern Region, 1984. cap. 11, p. 1-19.

MELDAL-JOHNSEN, A.; SUMNER, M. E. Foliar diagnosis norms for potatoes. **Journal of Plant Nutrition**, New York, v. 2, n. 5, p. 569-576, 1980.

NEVES, J. C. L.; GOMES, J. M.; NOVAIS, R. F. Adubação mineral de mudas de Eucalipto. In: BARROS, N. F.; NOVAIS, R. F. (Ed.). **Relação solo- eucalipto**. Viçosa, MG: Folha de Viçosa, 1990. p. 99-126.

PEREIRA, João Bosco Diniz. "Eficiência nutricional de nitrogênio e de potássio em plantas de café (*Coffea arabica* L.)." (1999).

PINTO, C. G. et al. Faixas críticas de teores foliares de macronutrientes primários para cafeeiros fertirrigados no primeiro ano pós-plantio, 2013.

ROBERTS, S.; DOW, A. I. Critical nutrient ranges for petiole P levels of sprinkler-irrigated. Russet Burbank potatoes **Agronomy Journal**, Madison, v. 74, n. 2, p. 583-585, Mar./Apr. 1982.

SILVA, Larissa Cocato da et al. Conhecendo o IAF do cafeeiro arábica através do índice de vegetação por diferença normalizada. In **Simpósio de Pesquisa dos Cafés do Brasil**, 9, 2015.

SILVA, L. C. da. Monitoramento do vigor de cafeeiros submetidos a estratégias de manejo para atenuar os efeitos da escassez hídrica. 2019. 82 f. **Dissertação**. Lavras UFLA, 2019.

XIAO, Z.; LIANG, S.; SUN, R.; WANG, J.; JIANG, B. Estimating the fraction of absorbed photosynthetically active radiation from the MODIS data based GLASS leaf area index product. *Remote Sensing of Environment*, v.171, p.105– 117, 2015. <http://dx.doi.org/10.1016/j.rse.2015.10.016>.