

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE VIÇOSA**

**DIEGO FERNANDO ARCOS CALVACHE**

**PREPARO PROFUNDO DE SOLO E ADUBAÇÃO PARA PLANTIO DE CAFÉ  
CONILON**

**VIÇOSA - MINAS GERAIS  
2021**

**DIEGO FERNANDO ARCOS CALVACHE**

**PREPARO PROFUNDO DE SOLO E ADUBAÇÃO PARA PLANTIO DE CAFÉ  
CONILON**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Viçosa, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Solos e Nutrição de Plantas, para obtenção do título de *Magister Scientiae*.

Orientado: Edson Marcio Mattiello  
Coorientador: Igor Rodrigues de Assis

**VIÇOSA – MINAS GERAIS  
2021**

Ficha catalográfica elaborada pela Biblioteca Central da  
Universidade Federal de Viçosa - Campus Viçosa

T

A675p  
2021      Arcos Calvache, Diego Fernando, 1993-  
            Preparo profundo de solo e adubação para plantio de café conilon  
            / Diego Fernando Arcos Calvache. - Viçosa, MG, 2021.  
            1 dissertação eletrônica (43 f.): il.

Inclui anexos.

Orientador: Edson Márcio Mattiello.

Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Viçosa.

Referências bibliográficas: f. 38-41.

DOI: <https://doi.org/10.47328/ufvbbt.2021.162>

Modo de acesso: World Wide Web.

1. *Coffea canephora* - Cultivo. 2. Cisalhamento dos solos - Resistência. 3. Subsolo. I. Universidade Federal de Viçosa. Departamento de Solos. Programa de Pós-Graduação em Solos e Nutrição de Plantas. II. Título.

CDD 22. ed. 633.73892

Bibliotecário(a) responsável: Alice Regina Pinto CRB6 2523

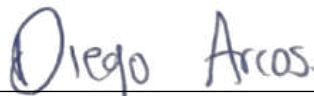
**DIEGO FERNANDO ARCOS CALVACHE**

**PREPARO PROFUNDO DE SOLO E ADUBAÇÃO PARA PLANTIO DE CAFÉ  
CONILON**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Viçosa, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Solos e Nutrição de Plantas, para obtenção do título de *Magister Scientiae*.

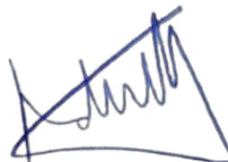
APROVADA: 27 de julho de 2021

Assentimento:



---

Diego Fernando Arcos Calvache  
Autor



---

Edson Marcio Mattiello  
Orientador

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço a Deus, por ter me dado a oportunidade de iniciar umas das etapas mais importantes da minha vida. À minha mãe Gladis, meu Pai Carlos e ao meu irmão Carlos por terem sido minha fortaleza e me acompanhar em todos os momentos desta etapa.

À Universidade Federal de Viçosa e ao Departamento de Solos e Nutrição de plantas, pela oportunidade concedida para a realização do meu curso de Mestrado.

Ao Professor Edson Marcio Mattiello pela orientação, apoio e amizade.

Ao Coorientador Professor Igor Rodrigues de Assis pela colaboração na realização deste trabalho.

Aos membros da banca examinadora, Professor Hugo Ruiz Eraso, Professor Ivo Ribeiro da Silva, Professor Gustavo Franco de Costa e Professor Wedisson Oliveira Santos, por aceitarem prontamente o convite e por contribuírem com sugestões e críticas construtivas.

Ao grupo de investigação Gefert pela disponibilidade em ajudar sempre.

A Jessica, Cristian pela amizade e auxílio nos trabalhos realizados. Aos amigos do Departamento de Solos pela força e torcida.

Enfim agradeço sinceramente a todos que contribuíram de forma direta ou indireta para a realização deste trabalho.

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil (CAPES) – Código de financiamento 001.

**MUITO OBRIGADO A TODOS!**

## **BIOGRAFIA**

DIEGO FERNANDO ARCOS CALVACHE, filho de Gladis Calvache Astaiza e Carlos Alberto Arcos Torres, nasceu em 8 de agosto de 1993, em Pasto, Nariño, Colômbia.

Em 2004, concluiu o primeiro grau na Escola Santo Domingo Savio, em Pasto, Nariño.

Em 2010, concluiu o segundo grau no Colégio Insuca, em Pasto, Nariño.

Em 2016, diplomou-se em Engenharia Agrônômica pela Univerisdad de Nariño.

Em julho de 2019, ingressou no Programa de Pós-Graduação em Solos e Nutrição de Plantas, em nível de Mestrado, na área de Fertilidade de solos, na Universidade Federal de Viçosa, submetendo-se à defesa de Tese em julho de 2021.

## RESUMO

ARCOS, Diego Fernando, M.Sc., Universidade Federal de Viçosa, julho de 2021. **Preparo profundo de solo e adubação para plantio de café conilon.** Orientador: Edson Marcio Mattiello. Coorientador: Igor Rodrigues de Assis.

No Estado de Espírito Santo o café conilon "*Coffea canephora*" apresenta grande importância econômica, sendo este o maior produtor no Brasil, responsável por 75% da produção nacional. Durante a realização do levantamento exploratório de solos do estado de Espírito Santo o termo solo "coeso" foi inicialmente empregado, para distinguir horizontes minerais subsuperficiais de solos que apresentavam consistência no mínimo dura, quando secos, e friável a firme, quando úmidos. Os cafeeiros são plantas perenes que necessitam de desenvolvimento radicular adequado para que atinjam boas produtividades. As limitações físicas do solo em subsuperfície, ocasionado pelo adensamento natural, dificultam o desenvolvimento radicular limitando acesso a nutrientes e água. Neste sentido, o preparo profundo do solo, juntamente com adubação mineral e orgânica podem reduzir ou eliminar as restrições ao crescimento das raízes em camadas profundas. O objetivo do trabalho foi avaliar os efeitos, do preparo profundo do solo, e da adubação mineral e orgânica na produtividade do café. O experimento foi conduzido no município de São Gabriel da Palha-ES, região que apresenta solos tipicamente coesos. O experimento foi montado num arranjo simples, com cinco tratamentos combinando preparo do solo e adubação, em blocos casualizados, com quatro repetições, sendo: T1: Preparo de solo a 60 cm, adubação padrão; T2: Preparo de solo a 60 cm, adubação mineral, cama de frango e biocarvão; T3: Preparo profundo de solo a 150 cm, adubação mineral; T4: Preparo Profundo de solo a 150 cm, adubação mineral e cama de frango; T5: Preparo profundo de solo a 150 cm, adubação mineral, cama de frango e biocarvão. Os resultados mostraram aumento de produtividade de até 26% com o preparo profundo do solo, com adubação mineral e orgânica em relação ao controle produtor. A presença do carvão não influenciou a produtividade ou estado nutricional do cafeeiro. A avaliação do estado nutricional das plantas mostrou similaridades entre os tratamentos, não havendo, portanto, limitações nutricionais para a produtividade. Os resultados mostraram que a redução das restrições químicas, e melhoramento da fertilidade em profundidade nos solos coesos é uma prática importante para ganhos de produtividade do café conilon.

Palavras-chave: *Coffea canephora*. Solos coesos. Subsolo.



## ABSTRACT

ARCOS, Diego Fernando, M.Sc., Universidade Federal de Viçosa, July, 2021. **Deep soil preparation and fertilization for planting conilon coffee.** Adviser: Edson Marcio Mattiello. Co-adviser: Igor Rodrigues de Assis.

In the State of Espírito Santo the conilon coffee "*Coffea canephora*" has great economic importance, being this the biggest producer in Brazil, responsible for 75% of the national production. During the exploratory survey of soils in the state of Espírito Santo, the term "cohesive" soil was initially used to distinguish subsurface mineral horizons from soils that were at least hard, when dry, and friable to firm, when wet. Coffee trees are perennial plants that need adequate root development to reach good yields. The physical limitations of the subsurface soil, caused by natural densification, hinder root development, limiting access to nutrients and water. Thus, deep soil preparation, together with mineral and organic fertilization, may reduce or eliminate restrictions on root growth in deep soil layers. The objective of this work was to evaluate the effects of deep soil preparation and mineral and organic fertilization on coffee productivity and quality. The experiment was carried out in the municipality of São Gabriel da Palha-ES, a region with typically cohesive soils. The experiment was carried in a simple arrangement, with five treatments combining soil preparation and fertilization, in a randomized block design, with four replications, where: T1: soil preparation at 60 cm, standard fertilization; T2: soil preparation at 60 cm, mineral fertilizer, chicken litter and biochar; T3: 150 cm deep soil preparation, mineral fertilization; T4: Deep soil preparation at 150 cm, mineral fertilizer and chicken litter; T5: 150 cm deep soil preparation, mineral fertilizer, chicken litter and biochar. The results show an increase in productivity of up to 30% with the deep preparation of the soil, with mineral and organic fertilization in relation to the producer control. The evaluation of the nutritional status of the plants showed similarities between treatments, with no nutritional limitations for yield. The results show that the reduction or elimination of chemical restrictions of cohesive soils is an important practice for conilon coffee yields.

Keywords: *Coffea canephora*. Cohesive soils. Subsoil.

## SUMÁRIO

<b>1. INTRODUÇÃO</b> .....	9
<b>2. MATERIAIS E MÉTODOS</b> .....	12
<i>Caracterização da área de estudo</i> .....	12
<i>Arranjo experimental</i> .....	13
<i>Preparo de solo e adubações.</i> .....	15
<i>Plantio e irrigação.</i> .....	18
<i>Avaliações</i> .....	18
<i>Análise Estatística.</i> .....	19
<b>3. RESULTADOS</b> .....	21
<i>Características químicas do solo</i> .....	21
<i>Estado nutricional da planta</i> .....	26
<i>Teores de matéria orgânica do solo e Atividade Biológica</i> .....	27
<i>Produtividade do cafeeiro.</i> .....	28
<i>Análise Estatística</i> .....	30
<b>4. DISCUSSÃO</b> .....	32
<b>5. CONCLUSÃO</b> .....	37
<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b> .....	38
<i>Anexos</i> .....	42

## 1. INTRODUÇÃO

O Brasil, há vários anos, tem-se notabilizado como o maior produtor, exportador e segundo maior consumidor de café em nível mundial. Em média, a produção brasileira tem correspondido a um terço da safra global, e, no âmbito interno, as exportações, em média, equivalem a 60% da produção nacional (EMBRAPA CAFÉ 2020).

Por outro lado, a demanda mundial de café no período de 2020 a 2030 deverá ter crescimento médio anual próximo de 2%, o que elevará a produção das atuais 171 milhões de sacas para 209 milhões (CECAFÉ, 2019). Como o Brasil responde por um terço da produção mundial, para manter o *market share* desse mercado terá que elevar sua produção para pelo menos 70 milhões de sacas por ano, das quais em torno de 44 milhões são destinadas à exportação e 26 milhões ao consumo interno. Para tanto, terá que promover e investir mais intensamente em pesquisas e no desenvolvimento e transferência de novas tecnologias visando o aumento da produtividade.

O estado do Espírito Santo é o maior produtor de café conilon do Brasil, responsável por aproximadamente 76% da produção nacional e por até 20% da produção do café robusta do mundo. Atualmente, existem 283 mil hectares plantados de café conilon no Estado, distribuídas em 63 municípios, somando 40 mil propriedades rurais com 78 mil famílias produtoras, sendo assim que a cultura de café conilon gera aproximadamente 250 mil empregos diretos e indiretos. Pelo qual o Estado é referência brasileira e mundial no desenvolvimento da cafeicultura do conilon, com uma produtividade média de 35 sacas por hectare (sc/ha) (INCAPER 2020).

Os problemas encontrados na obtenção de cafés de qualidade começam já na fase de implantação da cultura, pois o seu caráter perene determina que o sistema de preparo do solo seja eficaz para a formação de um ambiente favorável ao crescimento do sistema radicular, ao longo dos anos, principalmente em solos que apresentam características de compactação natural ou dada pelo uso de maquinaria. Alternativas para incorporar fertilizantes e corretivos em profundidade, com o propósito de estimular o crescimento radicular, ao longo do perfil do solo, estão sendo utilizadas em outras culturas perenes.

Durante a realização do levantamento exploratório de solos do estado de Espírito Santo termo solo "coeso" foi inicialmente empregado para eles, para distinguir horizontes minerais subsuperficiais de solos que apresentavam consistência no mínimo dura, quando secos, e friável a

firme, quando úmidos. Esse tipo de comportamento do solo foi incorporado ao Sistema Brasileiro de Classificação de Solos (SIBCS) por meio da criação e utilização do atributo diagnóstico "caráter coeso". Esse caráter é uma característica pedogenética (adensamento), típica de horizontes subsuperficiais (BA e, ou, parte do Bw ou Bt), de textura média, argilosa ou muito argilosa, encontrada normalmente entre 0,30 e 0,70 m de profundidade (SIBCS, 2018).

Grande parte da atividade agrícola na região ocorre em solos vermelhos e amarelos (Latosolos, Argissolos) cuja fração mineral mais fina predomina argilas do grupo das caulinitas. Esses solos apresentam baixo pH, baixa disponibilidade de nutrientes, toxicidade de alumínio e baixa capacidade de troca catiônica (CTC). Tais características ou propriedades estão relacionadas direta ou indiretamente com a mineralogia desses solos que apresenta a caulinita como mineral dominante, o que pode ser atribuído ao intenso intemperismo pelo qual passou o material de origem, além das condições climáticas e geomorfológicas que favoreceram a hidrólise e remoção inicial dos óxidos de Fe e Al (gibbsita, goethita e hematita) e matéria orgânica, e a posterior concentração desta na fração argila (RESENDE et al., 2002). A Ausência ou pouca expressão destes, favorece a acomodação ordenada das faces da caulinita, que podem estar associados a ocorrência do caráter coeso (DIXON, 1989; FERREIRA et al., 1999).

O cafeeiro além de precisar de um sistema de preparo eficaz, também possui elevada exigência nutricional, uma vez que se trata de uma planta perene e de porte arbustivo, sendo o período reprodutivo o de maior requerimento pelas plantas (MALAVOLTA et al., 2002; LAVIOLA, 2004). Dentre os nutrientes requeridos pelo cafeeiro, o N e K são de longe os mais exigidos, tanto na fase de formação, garantindo o crescimento vegetativo da planta, quanto nas fases de florescimento e enchimento de grãos, Na sequência de ordem de exigência, tem-se o Ca e o Mg, já o P e o S, são os macronutrientes menos exigidos pelo cafeeiro, tendo o P maior importância na fase de formação do cafezal, fase está em que o sistema radicular ainda é pouco desenvolvido, o que restringe a absorção desse elemento cujo transporte se dá por difusão (NOVAIS et al., 2007; MARTINEZ; NEVES, 2015).

O preparo de solo e o manejo de culturas afetam as taxas metabólicas dos microrganismos nos processos de decomposição dos resíduos vegetais e da matéria orgânica no solo (MOS). A decomposição dos resíduos orgânicos ocorre em três fases: 1: fragmentação e mistura com o solo mineral realizada pela macrofauna (2-20 mm); 2: quebra de grandes moléculas pela ação de

enzimas liberadas por alguns fungos e bactérias e, 3: assimilação e transformação de produtos solúveis gerados no estágio anterior por meio de microrganismos do solo (microfauna <100µm) (SINGER E MUNNS, 1996; PAUL et al., 1999). Os produtos finais da decomposição de resíduos orgânicos e húmus são energia, água e elementos em formas minerais. Se o oxigênio não for um fator limitante no solo, a decomposição ocorre pela respiração, caso contrário, ocorre a fermentação (SINGER E MUNNS, 1996). Dependendo do estado oxidativo do solo, o C mineralizado adota as formas oxidada (CO<sub>2</sub>) ou reduzida (CH<sub>4</sub>).

A incorporação de adubos orgânicos no solo possui o potencial de melhorar as propriedades físicas do solo, a dinâmica dos nutrientes e o estabelecimento da vegetação, com alterações visíveis na densidade do solo, infiltração e condutividade hidráulica (KRANZ et al., 2020). Pode-se supor que uma estrutura de poros fisicamente estável permita o armazenamento e a transmissão de água sem um colapso estrutural, contribuindo assim para a estabilidade agregada (MENON et al., 2020).

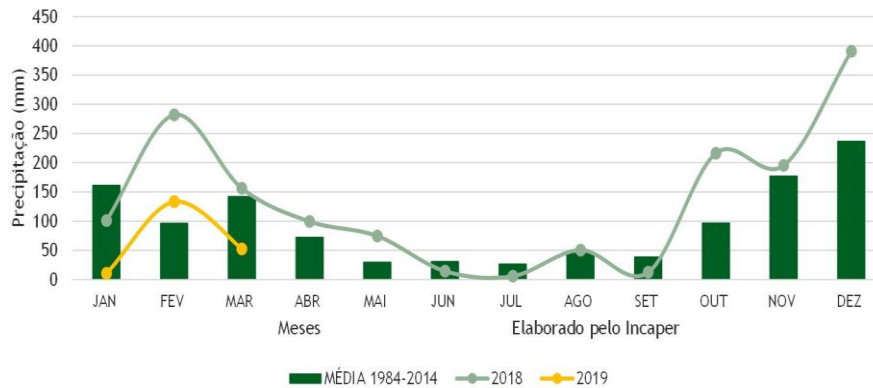
Enquanto ao uso na agricultura do gesso agrícola tem sido estimulado como fonte de nutrientes (Ca e S) para as plantas ou como condicionador de solo. É classificado como condicionador de solo, pois age na movimentação de íons no perfil do solo. A Gessagem pode ser usada com objetivo de promover a movimentação de íons no perfil do solo, especialmente de Ca, e melhorar o ambiente subsuperficial para o crescimento das raízes das plantas. (NOVAIS et al., 2007)

O objetivo deste trabalho foi avaliar os efeitos do preparo profundo do solo e da adubação mineral e orgânica na produtividade do café conilon.

## 2. MATERIAIS E MÉTODOS

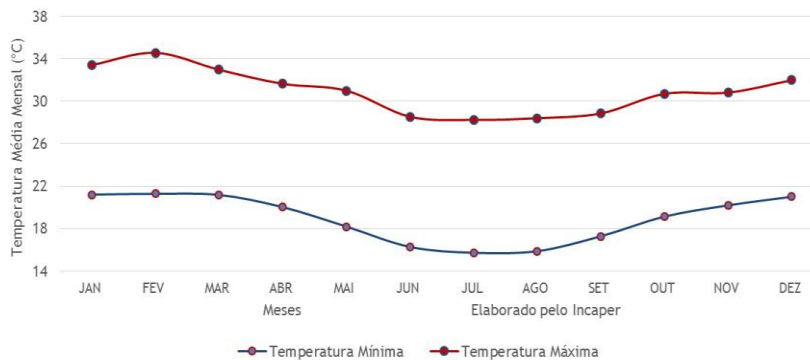
### Caracterização da área de estudo

O experimento foi realizado no município de São Gabriel da Palha localizado no estado do Espírito Santo, nas coordenadas 19° 01'00" S e 40°32'11" N. A região possui clima, segundo classificação de Köppen, como Aw (tropical úmido), com inverno seco, precipitação inferior a 60 mm e verão chuvoso (Figura 1), dada pela temperatura média do mês mais frio inferior a 18°C e mais quente superior a 30 °C conforme (Figura 2). Possui relevo com declividade superior a 8% e altitude de 118 m. O solo foi classificado como Latossolo Amarelo distrocóeso típico (IBGE, 2007).



**Figura 1** Comparativo de precipitação mensal do município São Gabriel da Palha – ES.

Fonte: Incaper



**Figura 2.** Serie histórica de temperatura mensa do município de São Gabriel da Palha – ES.

Fonte: Incaper.

Amostras de solo foram coletadas antes da instalação do experimento nas camadas de 0-0,1; 0,1-0,2; 0,2-0,4; 0,4-0,6; 0,6-1,0 e 1,0-1,5 cm, e apresentaram as características químicas e físicas destacadas na Tabela 1

### ***Arranjo experimental***

O experimento foi montado num arranjo simples, com cinco tratamentos combinando preparo do solo e adubação, sendo:

- T1. Preparo de solo com sulcagem a 60 cm e adubações nos padrões do produtor de café da região (Controle produtor) (SUL/Cprod);
- T2. Preparo de solo com sulcagem a 60 cm, com adubação mineral, cama de frango e biocarvão (Controle experimento) (SUL/Cexp);
- T3. Preparo profundo do solo com retroescavadeira e adubação mineral (PP/AM);
- T4. Preparo profundo do solo com retroescavadeira, adubação mineral e cama de frango (PP/AM+AO) e
- T5. Preparo profundo do solo com retroescavadeira, adubação mineral, cama de frango e biocarvão (completo) (PP/AM+AO+BC).

O delineamento foi blocos casualizados, com quatro repetições, sendo 1 clone por bloco. Os clones foram 02, LB1, P1 e 13, pois são os mais produtivos e preferidos pelos produtores da região (anexo a). A unidade experimental era de uma linha com 7 plantas (7 m), sendo a parcela útil compreendida das três plantas centrais.

As quantidades de corretivos, fertilizantes, cama de frango e biocarvão no tratamento controle experimento (T2) foram as mesmas do tratamento 5 e foram aplicadas de forma parcelada até o 3º ano após o plantio.

**Tabela 1.** Características químicas e físicas do Latossolo Amarelo distrocoeso típico da área experimental, em São Gabriel da Palha-ES no momento da instalação, em 28/12/2017

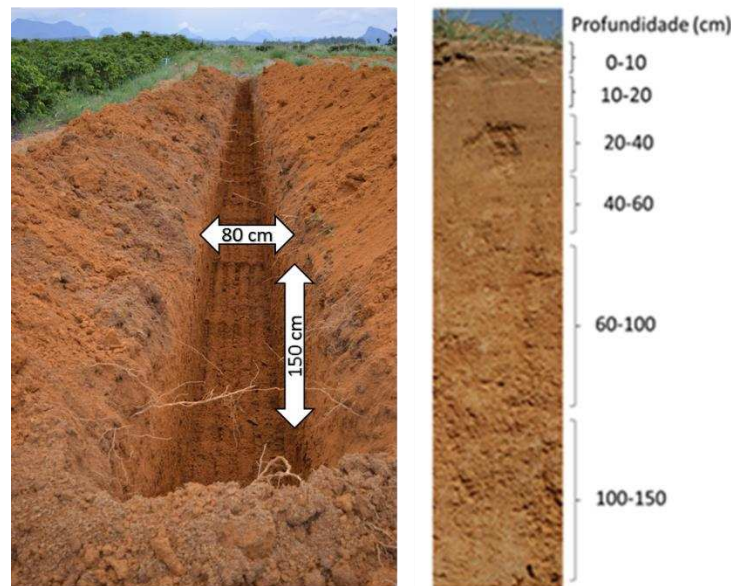
Profundidade	pH	P	K	S	Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	Al <sup>3+</sup>	HAl	T	P-rem	Mn	B	Cu	Zn	MO	Areia	Silte	Argila	DS
m	H <sub>2</sub> O	...mg dm <sup>-3</sup> ...			.....cmolec dm <sup>-3</sup> .....					mg L <sup>-1</sup>		.....mg dm <sup>-3</sup> .....			g kg <sup>-1</sup>	.....%.....			kg dm <sup>-3</sup>
0,0- 0,1	5,58	13,5	105	3,1	2,63	0,92	0	3,6	7,42	40,1	31,8	0,85	0,37	2,07	27,10	49,1	1,7	49,2	1,42
0,1-0,2	4,89	10,4	31	0,1	1,18	0,3	0,1	3,2	4,76	39,9	9,2	0,77	0,31	1,16	14,90	41,6	6,0	52,4	1,49
0,2-0,4	4,48	3,5	19	2,8	1,13	0,28	0,39	2,9	4,36	33,5	2,3	0,50	0,22	0,27	10,90	36,4	1,3	62,3	1,55
0,4-0,6	4,27	1	4	6,6	0,94	0,19	0,69	3,4	4,54	31,4	1,3	0,45	0,23	0,35	10,90	32,00	2,00	66,00	1,41
0,6-1,0	4,27	0,8	4	13,8	0,86	0,17	0,69	2,6	3,64	28,1	1,4	0,45	0,32	0,27	8,10	31,6	3,0	65,4	1,49
1,0-1,5	4,13	2,2	2	34,2	0,53	0,19	0,69	2,6	3,33	26,8	2,5	0,45	0,32	0,39	5,40	29,9	2,2	68,0	1,33

pH em água (L: S 1:2,5 L kg<sup>-1</sup>); Ca<sup>2+</sup>, Mg<sup>2+</sup>, Al<sup>3+</sup> trocável em 1 mol L<sup>-1</sup> KCl; P, K, Zn, Cu e Mn extraído por Mehlich<sup>-1</sup>; B método de água quente; H+Al determinada por titulometria; Capacidade de troca catiônica (T) medido com 0,5 mol L<sup>-1</sup> acetato de cálcio a pH 7,0; P-rem fósforo em equilíbrio (Alvarez V, et al., 2000); S por Ca(H<sub>2</sub>PO<sub>4</sub>)<sub>2</sub> 500 mg L<sup>-1</sup> P em CH<sub>3</sub>COOH 2 mol L<sup>-1</sup>; MO (Matéria Orgânica do solo) pelo método Walkley-Black; Análise de partículas do solo pelo método de pipeta (Ruiz et al., 2005); DS (Densidade do Solo) balão volumétrico.



***Preparo de solo e adubações.***

O preparo convencional do solo para o plantio do café foi feito com abertura de sulcos a 60 cm de profundidade, com sulcador de 3 pontos. Para o preparo profundo do solo, foi usada retroescavadeira para abertura de valas com largura de 80 cm e profundidade de 150 cm (Figura 3).



**Figura 3.** Ilustração do preparo profundo e camadas amostradas para plantio de café.

O biocarvão foi feito de biomassa (tronco) de eucalipto e, após triturado apresentou densidade (método proveta) de  $0,55 \text{ kg dm}^{-3}$  e a seguinte granulometria:  $> 4\text{mm}$ : 11,9 %; 2-4 mm: 15 %; 1-2 mm 12,7 %; 1-0,25 mm: 27,4 % e  $< 0,25 \text{ mm}$ : 33,1 %.

A cama de frango fresca apresentou umidade de 59 % e, após secagem, densidade de  $0,5 \text{ kg dm}^{-3}$ . Os teores de nutrientes da cama de frango e biocarvão são apresentados na Tabela 2

As quantidades de corretivos, gesso, cama de frango, biocarvão e fertilizantes utilizadas no plantio são apresentadas na Tabela 3 e, as respectivas quantidades de nutrientes, na Tabela 4. Os corretivos e fertilizantes minerais e orgânicos foram misturados uniformemente ao solo, retornando-os para a vala, evitando-se depressões que possam acumular água em excesso e causar afogamento de colete. Para facilitar a drenagem da água para a linha do café, foi feito desnível de aproximadamente 10 % do meio da entre linha até a linha. As quantidades de nutrientes aplicadas no período de 2017-2021 são apresentadas na Tabela 5.

**Tabela 2.** Teores de nutrientes na cama de frango e biocarvão

	C	N	P	K	Ca	Mg	S	B	Mn	Fe	Al
	-----g kg <sup>-1</sup> -----										
Cama de frango	25	2,1	4,7	16,9	7,3	4,4	2,9	0,024	0,584	1,43	-
Biocarvão	69	0,7	0,21	0,45	2,4	0,28	0,11	0,007	0,055	0,32	0,62

**Tabela 3.** Quantidades de calcário, gesso, cama de frango, biocarvão e fertilizantes a serem utilizadas no plantio do café

Tratamento	Preparo solo	Cama de				P-								
		Calcário	Gesso	frango	Carvão	SS	reativo	MAP	Ureia	KCl	Ulexita	ZnO	CuO	
		.....kg m <sup>-1</sup> .....				L m <sup>-1</sup>	.....g m <sup>-1</sup> .....							
1	Convencional	0.3	0.15	0.5	-	150	200	-	-	-	-	-	-	
2	Convencional <sup>1/</sup>	0.8	0.3	2.5	12	50	321	212	178	133	4.43	1.6	0.8	
3	Profundo + mineral	2.4	0.9	-	-	50	962	635	533	400	13.3	4.8	2.4	
4	Profundo + mineral + cama frango	2.4	0.9	7.5	-	50	962	635	533	400	13.3	4.8	2.4	
5	Profundo + mineral + cama + biocarvão	2.4	0.9	7.5	36	50	962	635	533	400	13.3	4.8	2.4	

T1- Preparo de solo com sulcagem a 60 cm e adubações nos padrões do produtor de café da região, sendo o controle produtor; t2- Preparo de solo com sulcagem a 60 cm, com adubação mineral, cama de frango e biocarvão, sendo o controle local; t3 - Preparo profundo do solo (150 cm) e adubação mineral; t4- Preparo profundo do solo (150 cm), adubação mineral e cama de frango; t5- Preparo profundo do solo (150 cm), adubação mineral, cama de frango e biocarvão.

**Tabela 4.** Quantidade de nutrientes aplicados para o plantio de café

Tratamento	N	P	K	Ca	Mg	S	B	Zn	Cu
	.....g/planta.....								
<b>1</b>	10	15	15	178	24	41	-	-	-
<b>2</b>	149	100	129	371	70	51	0.4	1.2	0.6
<b>3</b>	297	270	199	945	173	141	1.3	3.6	1.8
<b>4</b>	447	293	386	1095	210	141	1.3	3.6	1.8
<b>5</b>	447	293	386	1095	210	141	1.3	3.6	1.8
	.....kg ha <sup>-1</sup> .....								
<b>1</b>	33	50	50	593	80	135	-	-	-

2	497	334	429	1237	234	170	1.5	4	2
3	990	900	664	3151	576	470	4.4	12.0	6.0
4	1490	975	1286	3651	701	470	4.4	12.0	6.0
5	1490	975	1286	3651	701	470	4.4	12.0	6.0

T<sub>1</sub>- Preparo de solo com sulcagem a 60 cm e adubações nos padrões do produtor de café da região, sendo o controle produtor; t<sub>2</sub>- Preparo de solo com sulcagem a 60 cm, com adubação mineral, cama de frango e biocarvão, sendo o controle local; t<sub>3</sub> - Preparo profundo do solo (150 cm) e adubação mineral; t<sub>4</sub>- Preparo profundo do solo (150 cm), adubação mineral e cama de frango; t<sub>5</sub>- Preparo profundo do solo (150 cm), adubação mineral, cama de frango e biocarvão.

A adubação na fase de formação e produção foi feita conforme manual de recomendação para a cultura do café conilon (INCAPER, 2020). A adubação de restituição na fase de produção para os tratamentos 2, 3, 4 e 5 foi feita conforme Bragança (2005), (Anexo b).

**Tabela 5.** Quantidades de nutrientes aplicadas no período de 2017-2021 para o café conilon em diferentes sistemas de preparo do solo e adubação

Tratamento	Produtividade sacas/ha	kg/ha									
		N	P	K	Ca	Mg	S	B	Zn	Cu	Mn
2017-implantação											
1	-	35	50	50	593	80	135	-	-	-	-
2	-	505	334	429	1237	234	170	1,5	4	2	-
3	-	990	900	664	3151	576	470	4,4	12	6	-
4	-	1515	975	1286	3651	701	470	4,4	12	6	-
5	-	1515	975	1286	3651	701	470	4,4	12	6	-
2018/2019											
1	22	200	25	100	-	-	30	0,5	1,0	0,5	-
2	15	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
3	20	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
4	31	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
5	27	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2019/2020											
1	123	450	65	400	-	30	30	0,5	1	0,5	1
2	112	505	334	429	1237	234	170	0,5	1	0,5	1
3	146	59	3	61	-	-	-	0,5	1	0,5	1
4	155	90	5	92	-	-	-	0,5	1	0,5	1
5	152	80	4	82	-	-	-	0,5	1	0,5	1
2020/2021											
1	114	450	65	400	500	150	30	1	2	1	2
2	142	505	334	429	1237	234	170	1	2	1	2
3	146	432	23	442	500	150	25	1	2	1	2
4	162	457	24	468	500	150	26	1	2	1	2
5	154	448	24	459	500	150	25	1	2	1	2
total											

1	260	1135	204	950	1093	260	225	2	3	2	3
2	270	1515	1001	1286	3711	701	510	3	7	3	3
3	313	1481	926	1167	3651	726	495	6	15	7	3
4	347	2062	1004	1847	4151	851	496	6	15	7	3
5	332	2043	1003	1827	4151	851	495	6	15	7	3

Fontes: Ureia, sulfato de amônio, fosfato de monoamônio-MAP; cloreto de potássio, ácido bórico, sulfato de zinco, sulfato de cobre e sulfato de manganês. Aplicação via fertirrigação e manual.

### ***Plantio e irrigação.***

As mudas foram plantadas em 28/12/2017, no espaçamento de 3 x 1 m, de tal forma que nos tratamentos com preparo profundo de solo (T3, T4 e T5), cada planta ocupou um volume de solo preparado de 1200 dm<sup>3</sup> (80 x 100 x 150: largura, comprimento, profundidade). Nos tratamentos com preparo convencional de solo (T1 e T2) o volume de solo preparado por planta foi de aproximadamente 150 dm<sup>3</sup> (30 x 100 x 50: largura, comprimento e profundidade). O sistema de irrigação instalado foi de micro spray - microjet, com vazão de 14 L/hora/planta, sendo a mesma quantidade de água em todos os tratamentos na fase de implantação, diminuindo a frequência de irrigação na fase de produção nos tratamentos com preparo profundo de solo (T3, T4 e T5).

### ***Avaliações***

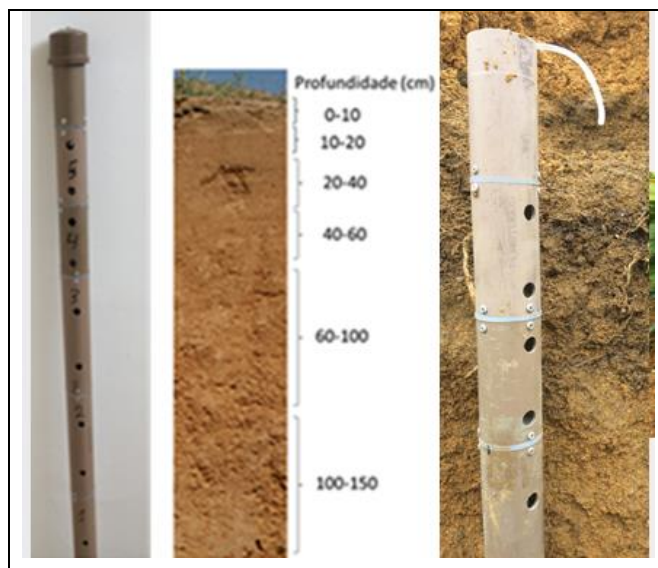
Amostras de solo foram coletadas aos 4 e 26 meses após do plantio, para análise química do solo. Amostras de folhas foram coletadas em 02/02/2020 para análise de tecido vegetal. O diagnóstico nutricional foi feito com auxílio do sistema NUTRI-UFV, com as normas para café conilon, conforme Tabela 6.

**Tabela 6.** Valores nutricionais de referência Coaabriel VI

Parâmetros	P	K	Ca	Mg	S	Cu	Fe	Zn	Mn	B
Media	1,23	15,19	g/kg 14,4	2,65	1,61	9,1	104,1	mg/kg 8,8	111,8	66,4 15,5
Desvio Padrão	0,16	2,2	2,97	0,83	0,42	4,75	38,49	3,8	88,54	3
C.V.	12,8	14,5	20,6	31,3	25,8	52,3	37	43,3	79,2	23,4

A produção de café cereja foi feita nas três plantas da parcela útil. A estimativa da produção de café beneficiado (sacas/ha) foi feita com base no rendimento da lavoura, 310 litros de café cereja para cada saca de café beneficiada (60 kg).

Para avaliação da atividade biológica do solo, respiração de raízes e decomposição de resíduos orgânicos, foram instalados, em cada parcela, tubos de PCV 50 mm preparados para coleta de gases ( $\text{CO}_2$ ), nas profundidades de 0-10; 10-20; 20-40; 46-60; 60-100 e 100-150 cm (Figura 4). A coleta dos gases foi feita com seringas na parte superior do tubo, que possui mangueiras conectadas aos segmentos do tubo em cada camada do solo, para medir as concentrações de gás de dióxido de carbono ( $\text{CO}_2$ ), diante uso de espectrômetro de ressonância (Picarro G2131-i).



**Figura 4.** Ilustração da instalação de tubos para avaliação de gases.

#### ***Análise Estatística.***

Foi realizada análise de variância (ANOVA) das médias de produtividade ao nível de 1% de significância, com contrastes ortogonais (Tabela 7). Foi calculados quatro contrastes ortogonais (C1, C2, C3, C4) conforme o modelo a seguir:

**Tabela 7.** Contrastes ortogonais (C1...C4)

Tratamento		Contraste <sup>(1)</sup>			
Chave	nº	C1	C2	C3	C4
SUL/Cprod	T1	-3	-1	0	0
SUL/Cexp	T2	-3	1	0	0
PP/AM	T3	2	0	-2	0
PP/AM+AO	T4	2	0	1	-1
PP/AM+AO+BC	T5	2	0	1	1

C1 (t1 + t2 vs. t3 + t4 + t5) = Preparo de solo (PS)60 vs. PS150

C2 (t1 vs. t2) = Adubação (Ad.) d/ PS60

C3 (t3 vs. t4 + t5) = Adubação mineral (Ad mi) vs. Ad mi + cf + bioc d/ PS150

C4 (t4 vs. t5) = Ad mi + cf vs. Ad mi + cf + bioc d/ PS150

O cálculo da soma de quadrados de contrastes ortogonais é dado pelas seguintes formulas:

$$Q = \sum C_i x Y_i$$

$$SQ = Q^2 / r \sum C_i^2 \quad \text{Eq. 1}$$

Em que:

C<sub>i</sub> = Coeficiente do contraste

Y<sub>i</sub> = media da produtividade

r = número de repetições

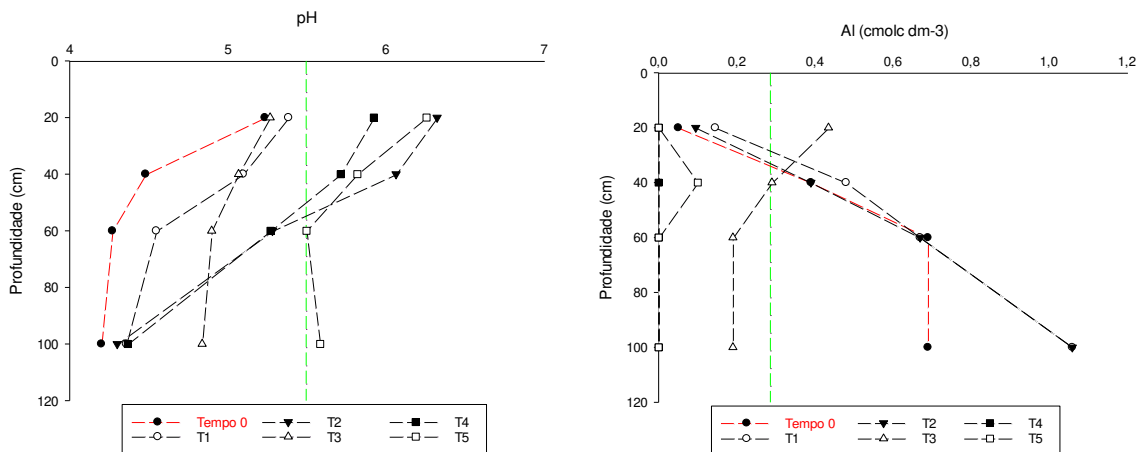
### 3. RESULTADOS

#### *Características químicas do solo*

Os resultados da análise química do solo coletados aos 4 e 26 meses após o plantio Tabelas 8 e 9) mostram distribuição mais uniforme de P, K, Ca e Mg no perfil do solo com o preparo profundo (vala), em comparação ao preparo convencional (sulcagem).

O pH do solo antes do plantio, apresentava valores inferiores a 5,5 ao longo do perfil, chegando a 4,13 (Figura 5). Com calagem nos tratamentos de preparo profundo, em especial no tratamento 5, observou-se valores de pH superiores aos 5,5 ao longo do perfil do solo. Por outro lado, nos tratamentos com preparo convencional (1 e 2) não promoveram variações nas camadas mais profundas do solo, evidenciando limitações de correção da acidez nessas camadas (Figura 5).

De maneira geral, em solos com pH abaixo de 5,5 podem ocorrer limitações ao crescimento em razão de elevadas concentrações de elementos potencialmente tóxicos, como  $Al^{3+}$ . Assim nos tratamentos que receberam maiores doses de calcário (3, 4 e 5) e foi feito preparo profundo, o teor de  $Al^{3+}$  ao longo do perfil do solo foi menor (Figura 5).



**Figura 5.** pH em  $H_2O$  e Al trocável ao longo do perfil, no tempo zero (tempo 0) e após 26 meses do plantio, a linha verde representa o nível crítico.

**Tabela 8.** Características químicas do solo coletado quatro meses após do plantio.

Tratamentos	Profundidade	pH	P	K	Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	Al <sup>3+</sup>	t	T	MO	P-Rem	Mn	B	Cu	S	Zn	V
	m	H <sub>2</sub> O	...mg dm <sup>-3</sup> ...		.....cmolc dm <sup>-3</sup> .....					g kg <sup>-1</sup>	mg L <sup>-1</sup>	.....mg dm <sup>-3</sup> .....					%
T1	0,0-0,1	5,13	99,90	66,00	2,24	0,55	0,00	2,96	4,36	12,60	33,90	7,40	0,57	0,32	70,80	2,16	67,90
	0,1-0,2	4,15	52,10	43,00	1,25	0,25	0,29	1,90	4,11	8,80	34,00	3,60	0,72	0,16	77,60	0,73	39,20
	0,2-0,4	3,89	5,00	34,00	0,88	0,35	0,48	1,80	4,32	11,30	34,60	6,10	0,65	0,14	66,30	0,61	30,60
	0,4-0,6	3,80	3,10	27,00	0,88	0,40	0,67	2,02	4,35	11,30	33,20	6,00	0,74	0,11	60,50	0,54	31,00
	0,6-100	3,64	3,60	20,00	0,36	0,21	1,06	1,68	4,12	8,80	29,20	7,70	0,61	0,21	45,20	2,42	15,00
T2	0,0-0,1	5,54	247,60	124,00	2,82	0,65	0,00	3,79	5,89	18,80	39,90	7,50	0,63	0,19	28,50	1,01	64,30
	0,1-0,2	4,32	87,70	131,00	1,49	0,42	0,19	2,44	5,55	18,80	42,60	6,90	0,79	0,20	35,30	0,93	40,50
	0,2-0,4	3,96	22,10	117,00	1,27	0,34	0,39	2,30	5,21	16,30	36,80	7,30	0,86	0,19	51,50	1,00	36,70
	0,4-0,6	3,61	7,40	113,00	0,75	0,32	0,67	2,03	5,06	12,60	34,50	5,50	0,79	0,15	55,50	0,72	26,90
	0,6-100	3,65	14,90	93,00	0,47	0,21	1,06	1,98	4,42	11,30	28,70	4,00	0,67	0,20	99,20	0,66	20,80
T3	0,0-0,1	4,21	12,90	51,00	0,72	0,27	0,29	1,41	3,82	12,60	31,10	4,00	0,65	0,31	33,00	1,09	29,30
	0,1-0,2	4,00	14,70	55,00	0,69	0,24	0,58	1,65	4,07	13,80	33,10	3,20	0,78	0,29	34,40	1,09	26,30
	0,2-0,4	4,13	21,70	77,00	1,06	0,32	0,29	1,87	4,28	11,30	34,00	4,20	0,99	0,41	39,30	1,75	36,90
	0,4-0,6	4,27	34,40	79,00	1,29	0,37	0,19	2,05	4,36	12,60	36,20	2,80	1,23	0,63	44,70	2,68	42,70
	0,6-100	4,10	42,00	63,00	1,32	0,39	0,19	2,06	4,77	10,00	34,80	3,10	1,36	0,40	51,00	1,43	39,20
T4	0,0-0,1	5,78	230,10	188,00	2,92	1,06	0,00	4,46	6,16	21,30	44,80	14,80	1,02	0,43	7,40	8,34	72,40
	0,1-0,2	5,66	120,80	268,00	2,47	0,72	0,00	3,88	5,98	15,10	38,40	8,70	1,00	0,60	13,70	4,86	64,90
	0,2-0,4	4,73	99,60	266,00	1,52	0,48	0,00	2,68	5,38	12,60	41,50	4,80	1,29	0,71	27,20	5,17	49,80
	0,4-0,6	4,63	38,10	189,00	1,80	0,44	0,00	2,72	5,12	15,10	40,50	7,80	1,17	0,40	38,00	2,40	53,10
	0,6-100	5,37	142,20	224,00	2,99	0,85	0,00	4,41	6,51	15,10	37,50	7,60	0,96	0,58	37,50	4,75	67,70
T5	0,0-0,1	6,10	276,00	214,00	2,94	1,18	0,00	4,67	6,27	22,60	44,00	14,60	0,80	0,61	2,90	10,46	74,50
	0,1-0,2	5,44	83,90	240,00	1,81	0,64	0,00	3,07	5,17	17,60	41,10	6,40	0,74	0,49	13,70	3,73	59,40
	0,2-0,4	4,41	40,90	244,00	1,20	0,38	0,10	2,31	5,11	21,30	40,50	6,40	1,02	0,44	29,40	2,06	43,20
	0,4-0,6	4,65	118,20	162,00	1,86	0,50	0,00	2,78	5,48	12,60	41,70	6,90	0,93	0,54	42,50	3,27	50,70
	0,6-100	4,91	51,20	167,00	2,34	0,64	0,00	3,41	5,81	15,10	35,70	8,10	1,21	0,51	52,80	3,56	58,70

pH em água (L: S 1:2,5 L kg<sup>-1</sup>); Ca<sup>2+</sup>, Mg<sup>2+</sup>, Al<sup>3+</sup> trocável em 1 mol L<sup>-1</sup> KCl; P, K, Zn, Cu e Mn extraído por Mehlich<sup>-1</sup>; B método de água quente; H+Al

determinada por titulometria; Capacidade de troca catiônica (T) medido com 0,5 mol L<sup>-1</sup> acetato de cálcio a pH 7,0; P-rem fosforo em equilíbrio (Alvarez V, et al., 2000); S por Ca(H<sub>2</sub>PO<sub>4</sub>)<sub>2</sub> 500 mg L<sup>-1</sup> P em CH<sub>3</sub>COOH 2 mol L<sup>-1</sup>; MO (Matéria Orgânica do solo) pelo método Walkley-Black; Análise de partículas do solo pelo método de pipeta (Ruiz et al., 2005); DS (Densidade do Solo) balão volumétrico.

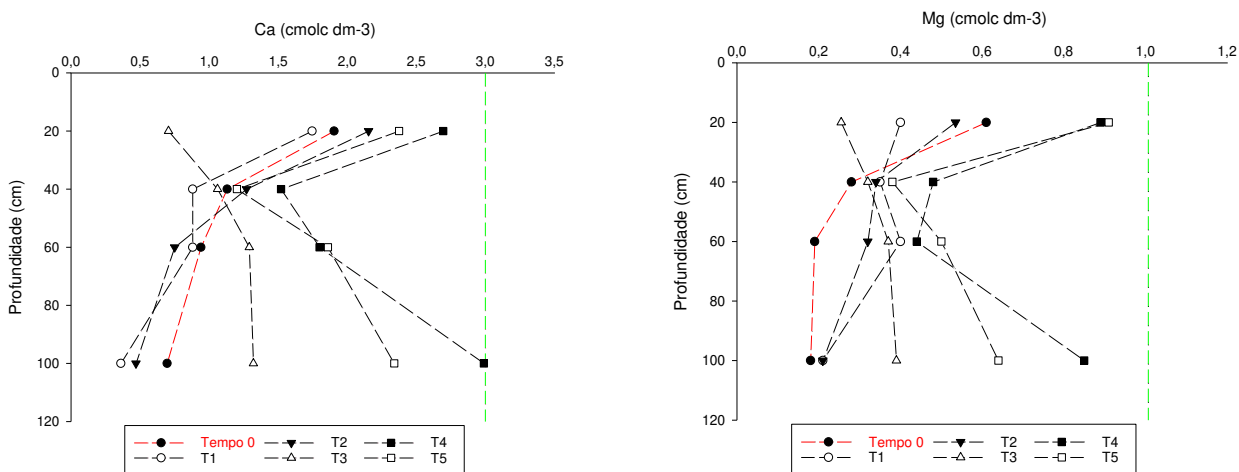


**Tabela 9.** Características químicas do solo coletado 26 meses após do plantio.

Tratamentos	Profundidade	pH	P	K	Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	Al <sup>3+</sup>	H+Al	T	MO	P-rem	Mn	B	Cu	S	Zn	V
-	m	H <sub>2</sub> O	...mg dm <sup>-3</sup> ...			.....cmolc dm <sup>-3</sup> .....				g kg <sup>-1</sup>	mg L <sup>-1</sup>		.....mg dm <sup>-3</sup> .....				%
T1	0,0- 0,2	5,39	354,48	229,00	4,66	0,79	0,10	2,43	8,46	15,12	41,20	14,68	1,44	1,38	131,45	10,39	66,18
	0,2-0,4	5,10	108,78	146,00	2,03	0,67	0,25	2,55	5,63	13,10	37,48	10,40	1,30	0,43	30,98	3,20	52,58
	0,4-0,6	4,55	32,85	107,50	1,43	0,54	0,40	3,13	5,37	10,05	33,65	6,88	1,28	0,36	39,78	1,77	40,23
	0,6-1,0	4,36	14,30	45,50	1,17	0,39	0,57	3,18	4,85	7,75	32,93	4,18	0,96	0,22	34,80	0,91	34,10
T2	0,0- 0,2	6,33	970,23	299,00	3,50	1,04	0,00	1,93	7,23	17,45	41,18	17,83	0,94	0,94	4,78	7,78	73,55
	0,2-0,4	6,07	216,45	199,00	2,64	0,85	0,00	1,98	5,98	14,77	38,45	8,50	0,96	0,53	7,78	4,01	67,00
	0,4-0,6	5,28	134,95	143,50	2,24	0,70	0,05	2,40	5,70	12,75	37,88	7,55	0,79	1,15	28,10	4,36	57,60
	0,6-1,0	4,30	29,48	166,00	1,13	0,44	0,49	3,03	5,03	9,75	34,68	2,70	0,61	0,56	60,58	1,21	39,80
T3	0,0- 0,2	5,27	20,45	298,50	1,54	0,53	0,20	2,68	5,50	16,1	35,35	10,58	0,91	0,85	11,95	2,58	51,15
	0,2-0,4	5,07	15,98	151,00	1,58	0,50	0,20	2,78	5,24	14,07	36,93	9,58	0,96	0,46	15,93	1,59	47,45
	0,4-0,6	4,90	17,05	116,50	1,78	0,53	0,15	2,68	5,28	12,07	36,60	8,55	0,98	0,52	24,20	1,48	48,88
	0,6-1,0	4,84	66,48	132,00	1,80	0,46	0,10	2,25	4,85	7,07	36,95	3,30	0,61	0,40	33,87	1,27	53,58
T4	0,0- 0,2	5,93	183,50	117,00	3,45	0,73	0,10	1,63	6,11	13,42	37,95	14,15	0,76	0,57	6,43	9,28	70,25
	0,2-0,4	5,72	64,90	89,50	2,39	0,58	0,27	1,98	5,17	10,4	38,30	7,53	0,73	0,58	15,40	3,69	59,58
	0,4-0,6	5,27	44,55	89,50	2,12	0,47	0,20	2,15	4,97	10,07	37,38	6,50	0,73	0,45	19,63	2,00	55,38
	0,6-1,0	4,37	10,70	36,00	1,05	0,30	0,69	3,10	4,55	8,72	32,93	4,63	0,67	0,68	33,95	1,28	31,35
T5	0,0- 0,2	6,26	81,45	244,00	3,50	0,76	0,00	1,70	6,58	16,80	39,98	16,50	0,98	0,56	3,98	7,57	73,45
	0,2-0,4	5,82	77,58	189,50	2,73	0,62	0,05	2,13	5,96	11,40	38,03	11,05	1,02	0,48	6,13	4,42	62,70
	0,4-0,6	5,50	31,05	157,50	2,50	0,54	0,00	2,28	5,72	14,45	36,55	14,03	1,05	0,50	20,18	3,22	60,10
	0,6-1,0	5,59	177,88	149,50	2,21	0,56	0,00	1,93	5,08	9,05	34,00	8,70	0,98	0,50	22,65	2,27	62,70

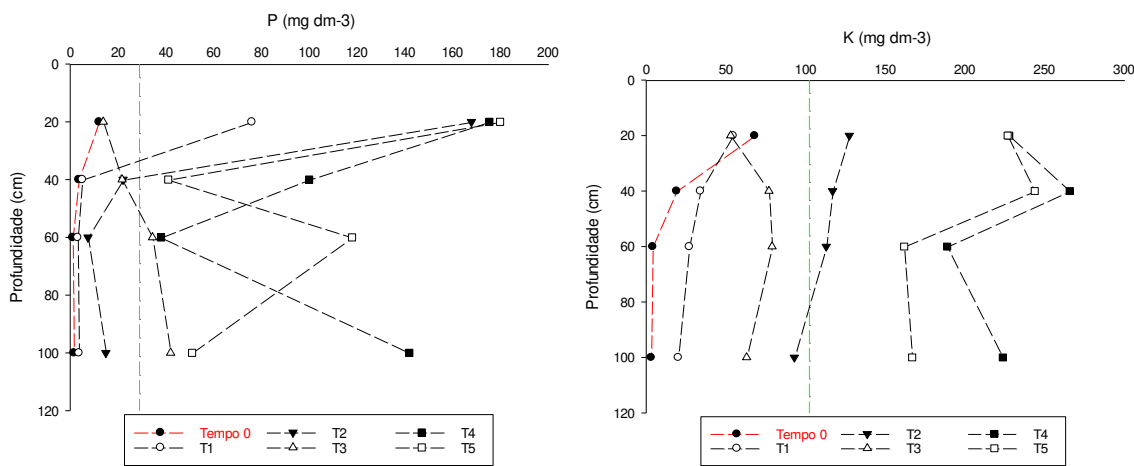
pH em água (L: S 1:2,5 L kg<sup>-1</sup>); Ca<sup>2+</sup>, Mg<sup>2+</sup>, Al<sup>3+</sup> trocável em 1 mol L<sup>-1</sup> KCl; P, K, Zn, Cu e Mn extraído por Mehlich<sup>-1</sup>; B método de água quente; H+Al determinada por titulometria; Capacidade de troca catiônica (T) medido com 0,5 mol L<sup>-1</sup> acetato de cálcio a pH 7,0; P-rem fosforo em equilíbrio (Alvarez V, et al., 2000); S por Ca(H<sub>2</sub>PO<sub>4</sub>)<sub>2</sub> 500 mg L<sup>-1</sup> P em CH<sub>3</sub>COOH 2 mol L<sup>-1</sup>; MO (Matéria Orgânica do solo) pelo método Walkley-Black; Análise de partículas do solo pelo método de pipeta (Ruiz et al., 2005); DS (Densidade do Solo) balão volumétrico.

Os teores de Ca e Mg foram maiores em profundidade nos tratamentos com preparo profundo de solo, evidenciando o efeito da incorporação do calcário como fonte destes nutrientes. No entanto, assim como o pH, os teores ficaram abaixo do desejado provavelmente devido a um subestimativa da necessidade de calagem nessas condições de cultivo (Figura 6).



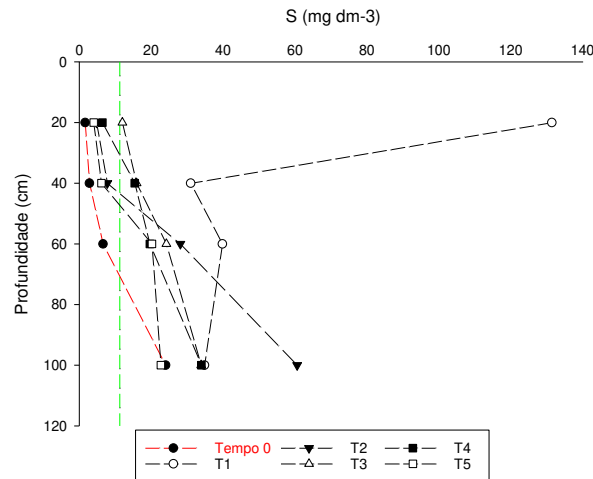
**Figura 6.** Teores de Ca e Mg nas diferentes camadas do solo no tempo zero (tempo 0) e após o plantio.

Os tratamentos com preparo profundo de solo apresentarem maiores teores de P e K nas camadas subsuperficiais em comparação ao preparo convencional. Os teores desses nutrientes se elevaram em profundidade, sendo maiores que o nível crítico no solo, de 25 e 100 mg dm<sup>-3</sup> para P e K respectivamente (Figura 7). Os teores de P e K em profundidade foram baixos e insatisfatórios para o crescimento de raízes nos tratamentos com preparo convencional de solo.



**Figura 7.** Teores de K e P nas diferentes camadas do solo no tempo zero (tempo 0) e após o plantio.

Devido a mobilidade de  $S-SO_4^{2-}$  no perfil do solo, houve distribuição uniforme do nutriente nas camadas do solo (Figura 8), não havendo diferenças importante, em relação ao nível crítico, entre os tratamentos (Tabelas 8 e 9).



**Figura 8.** Teor de S nas diferentes camadas do solo no tempo zero (tempo 0) e após 26 meses do plantio.

Em relação aos micronutrientes, os teores de Zn estavam acima do nível crítico,  $4,0 \text{ mg dm}^{-3}$ , (BRAGANÇA et al., 2000) na camada superficial na coleta aos 26 meses após o plantio (Tabela 7). Os tratamentos com preparo profundo do solo apresentaram teores mais uniformes de Zn nas camadas subsuperficiais, próximos dos valores considerados adequados, de  $2,0 - 3,0 \text{ mg dm}^{-3}$  de Zn (BRAGANÇA et al, 2000).

Os teores de B foram similares entre os tratamentos aos 26 meses após o plantio (Tabela 9). Em geral os teores de B aumentaram de,  $0,4$  para  $0,9 \text{ mg dm}^{-3}$  no período e estiveram, portanto, acima do nível crítico do nutriente,  $0,6 \text{ mg dm}^{-3}$  (BRAGANÇA et al., 2000). Os teores de Cu aos 26 meses após o plantio apresentaram maior uniformidade ao longo do perfil do solo em relação aos teores nutricionais antes do plantio (Tabela 9 e 1, respectivamente), mas os resultados mostram teores insatisfatórios em relação aos níveis adequados deste nutriente ( $1,5 \text{ mg dm}^{-3}$ ). Os teores de Mn foram maiores e mais uniformemente distribuídos ao longo do perfil do solo com o preparo profundo em relação ao preparo convencional, e estão dentro da faixa adequada para café conilon,  $5-10 \text{ mg dm}^{-3}$  (BRAGANÇA et al., 2000).

### *Estado nutricional da planta*

Os teores dos nutrientes na folha (Tabela 10) e o diagnóstico nutricional pelos métodos DRIS e índice balanceado de Kenworthy (Tabela 11) mostram que, em geral, não houveram limitações de nutrientes para o crescimento e produção do cafeeiro, exceto um desequilíbrio nutricional de Zn e B no tratamento 2.

**Tabela 10.** Teores de nutrientes em amostras de folhas coletadas em Fevereiro 2020.

Tratamentos	P	K	Ca	S	Mg	B	Zn	Cu	Mn	Fe
	g kg <sup>-1</sup>			mg kg <sup>-1</sup>						
Controle Produtor	1,36	14,79	16,42	2,67	3,15	59,70	4,75	5,94	124,55	70,62
Controle Experimento	1,41	22,25	16,78	2,52	3,33	36,49	3,95	3,87	113,44	74,04
Preparo profundo 1	1,43	20,91	15,70	2,46	3,32	50,96	4,97	8,35	122,24	60,20
Preparo profundo 2	1,41	23,68	17,95	2,49	3,57	51,42	5,40	8,10	126,79	61,08
Preparo profundo 3	1,40	22,93	19,28	2,55	3,67	45,55	4,86	7,51	124,83	53,64
Faixa adequada <sup>1/</sup>	1,20- 1,60	18,00- 22,00	10,00- 13,00	1,85- 2,30	3,10- 4,50	45,50- 63,50	10,00- 20,00	8,00- 16,00	50,00- 200,00	70,00- 180,00

Digestão nítrico-perclorica; P espectrofotometria de absorção molecular; K, Na, fotometria de chama; Ca, Mg, Absorção atômica; S, Turbidimetria; Cu, Fe, Mn, Zn, ICP. 1/ PREZOTTI et al 2007

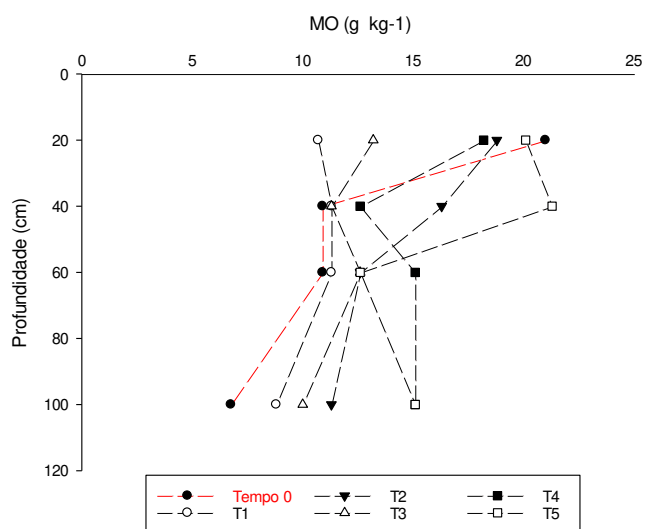
**Tabela 11.** Diagnóstico nutricional pelo método DRIS e índice balanceado de Kenworthy (IBK).

Tratamento	Método	P	K	Ca	Mg	S	Cu	Fe	Zn	Mn	B
T1	DRIS	0,18	-0,16	0,43	0,46	1,36	-0,52	-0,72	-1,15	0,4	-0,29
T2		0,36	1,33	0,72	0,72	1,36	-1,15	-0,5	-1,57	0,41	-1,69
T3		0,19	0,84	0,23	0,52	1,04	-0,04	-1,13	-1,13	0,32	-0,82
T4		-0,04	1,1	0,51	0,58	0,94	-0,16	-1,23	-1,06	0,31	-0,95
T5		0,03	1,11	0,89	0,74	1,11	-0,22	-1,49	-1,26	0,34	-1,25
T1	IBK	109	98	111	113	149	83	80	74	102	92
T2		113	140	113	118	142	73	82	69	100	66
T3		114	132	107	117	139	96	73	75	102	82
T4		113	148	120	124	141	95	74	78	103	83
T5		112	144	127	127	144	92	69	75	102	76

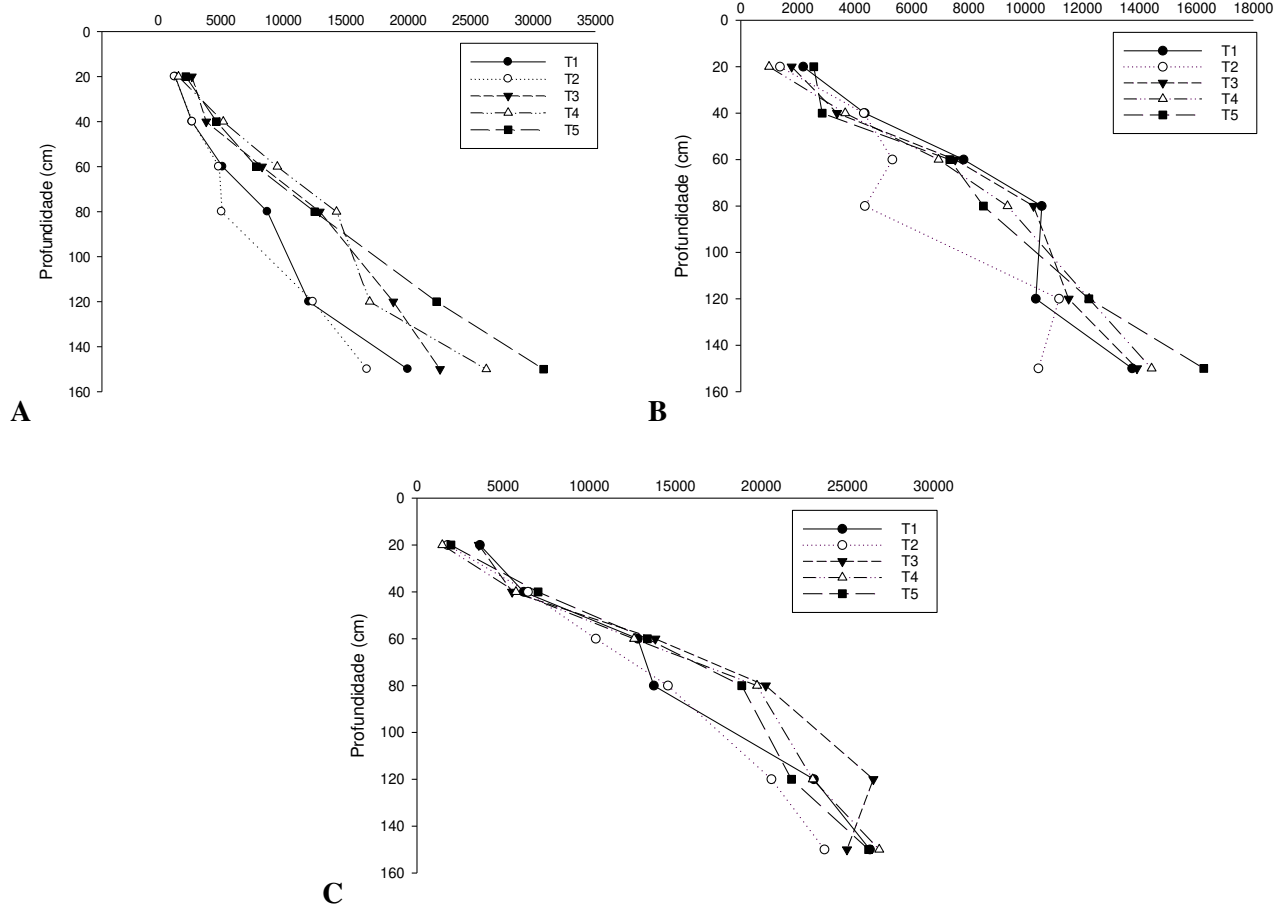
	Excessivo
	Acima do Normal
	Normal
	Abaixo do Normal
	Deficiente

### *Teores de matéria orgânica do solo e Atividade Biológica*

A adição de fontes orgânicas no solo, cama de frango e biocarvão, aumentou os teores de MOS ao longo do perfil do solo (Figura 9), bem como a atividade biológica ao longo do tempo foi maior nos tratamentos com sistemas de preparo profundo, especialmente os tratamentos 4 e 5, com maiores liberações de CO<sub>2</sub>-C ao longo do perfil (Figura 10).



**Figura 9.** Teor de material orgânica no solo nas diferentes camadas do solo no tempo zero (tempo 0) e 26 meses após o plantio.



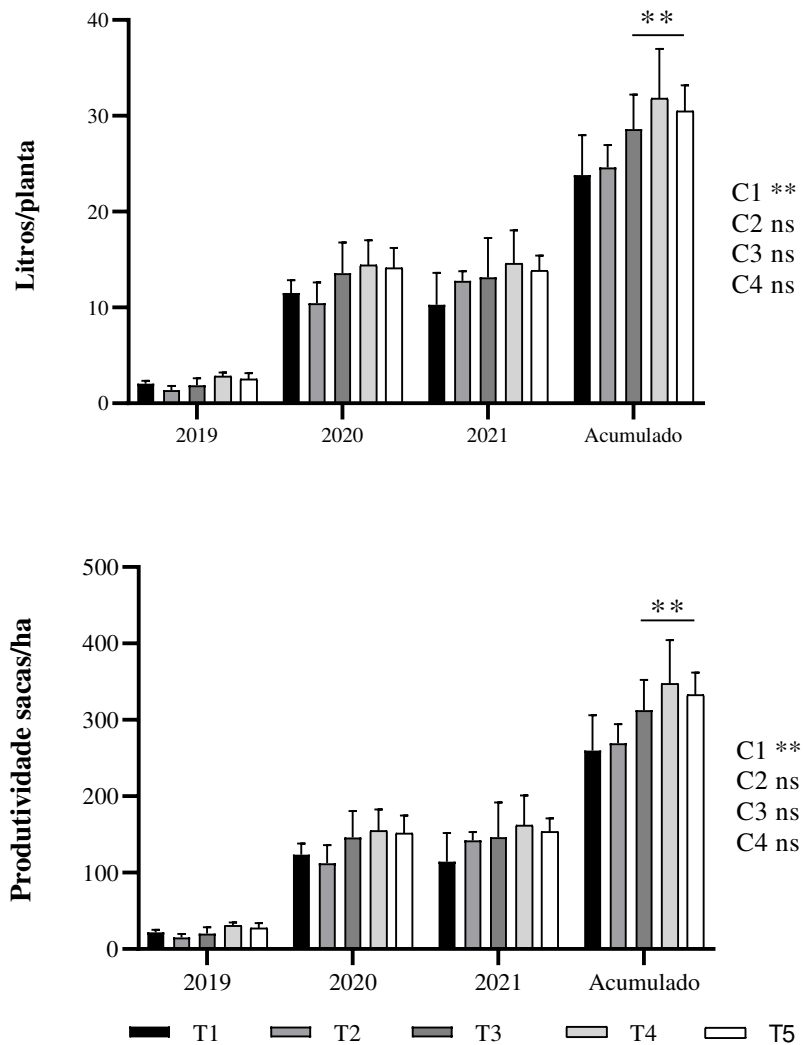
**Figura 10.** Leituras de CO<sub>2</sub>-C (µmol mol<sup>-1</sup>), determinadas pelo espectrômetro de ressonância (Picarro G2131-i). A= abril 2018; B= julho 2019 e C= fevereiro 2020.

### *Produtividade do cafeeiro.*

Durante o cultivo foi observado que as plantas submetidas aos tratamentos com preparo profundo apresentavam-se mais vigorosas que as do preparo convencional. A produtividade das plantas dos tratamentos com preparo profundo (T3, T4 e T5) foram significativamente maiores aquelas do preparo convencional (T1 e T2) e não houveram diferenças significativas de produtividade entre os tratamentos com preparo profundo de solo ou entre os tratamentos do preparo convencional, conforme demonstrado na figura 9. A adição de biocarvão não afetou a

produtividade até a terceira safra. No acumulado das três safras as produtividades de café foram de 347, 332, e 313 sacas/ha para os tratamentos 4, 5 e 3, respectivamente. As plantas com preparo de subsolagem e aplicação de doses elevadas de nutrientes e matéria orgânica na superfície do solo (T2) e do padrão produtor (T1) apresentaram produtividade acumulada de 269 e 260 sacas/ha, respectivamente. Em média, o preparo profundo aumentou a produtividade do café conilon em 25% (66 sacas/ha) em relação ao preparo convencional do solo. Na comparação entre o preparo profundo com adubação mineral e cama de frango e o controle produtor, o aumento de produtividade foi de 33% (87 sacas/ha) no acumulado das três safras.

**Historico de Produtividade Café Conilon**



**Figura 11.** Histórico de produtividade de café conilon e produtividade acumulada em função do preparo do solo e adubação. \*\* significativo a 1% de probabilidade pelo contraste ortogonal. C1= T1 e T2 vs T3, T4 e T5; C2= T1 vs T2; C3= T3 vs T4 e T5; C4= T4 vs T5.

### *Análise Estatística*

Diante os cálculos da soma de quadrados dos contrastes ortogonais presente na Tabela 12, foi feita análise de variância na qual observa-se diferenças significativas no contraste 1 o qual compara o sistema de preparo de sulcagem nos tratamentos 1 e 2 versus o sistema de preparo profundo nos tratamentos 3, 4 e 5. Por outro lado, não houve efeitos significativos nos contrastes 2, 3 e 4, não havendo influência do manejo nutricional entre os tratamentos (Tabela 13).

**Tabela 12.** Cálculo da soma de quadrados dos contrastes ortogonais das médias de produtividade litros/ de café conilon, e os coeficientes (C<sub>i</sub>) dos contrastes ortogonais (C1...C4).

Contrastes ortogonais									
	t1	t2	t3	t4	t5	$Q = \sum C_i \cdot Y_i$	$Q^2$	$r \sum C_i^2$	$SQ = Q^2 / r \sum C_i^2$
	95,2 3	98,5 7	114,5 3	127,2 7	121,8 5				
C <sub>1</sub>	-3	-3	2	2	2	145,90	21286,8 1	120	177,39
C <sub>2</sub>	-1	1	0	0	0	3,33	11,11	8	1,39
C <sub>3</sub>	0	0	-2	1	1	20,05	402,00	24	16,75
C <sub>4</sub>	0	0	0	-1	1	-5,42	29,34	8	3,67
									<b>199,20</b>

C1= T1 e T2 vs T3...T5; C2= T1 vs T2; C3= T3 vs T4 e T5; C4= T4 vs T5



**Tabela 13.** Análise de variância (ANOVA) da produtividade de café conilon.

ANOVA								
F de V	GL	SC	CM	F calculado		F tabulado		
						5%	1%	
<b>Total</b>	19	409,63						
<b>Tratamentos</b>	4	199,20	49,80	11,53	**	3,26	5,41	
	<b>C1</b>	1	177,39	177,39	41,06	**	4,75	9,33
	<b>C2</b>	1	1,39	1,39	0,32	ns	4,75	9,33
	<b>C3</b>	1	16,75	16,75	3,88	ns	4,75	9,33
	<b>C4</b>	1	3,67	3,67	0,85	ns	4,75	9,33
<b>Blocos</b>	3	158,59	52,86	12,24	**	3,49	5,95	
<b>Erro Exp</b>	12	51,84	4,32					
		<b>Média</b>	<b>27,87</b>	<b>L/planta</b>				
		<b>CV</b>	<b>7,46</b>	<b>%</b>				

\*\* : significativo a 1%

As análises estatísticas permitiram observar que o aumento significativo na produtividade do cafeeiro foi influenciado pelo sistema de preparo de solo, sendo que nos tratamentos com preparo profundo de solo apresentaram maior produtividade, com diferença significativa do 1%, quando foram comparados os tratamentos 1 e 2 com 3, 4 e 5, sendo o fator em estudo nesse contraste o sistema de preparo de solo. Também se observa diferença significativa nos blocos, os quais representam um clone por cada, assim temos que houve diferenças significativas nas produtividades sendo o clone P1 o que apresentou maior produtividade, com um acumulado de 351 sacas/há, nas três safras.

#### 4. DISCUSSÃO

A produtividade do cafeeiro é dependente das condições físicas, químicas e biológicas do solo, do material genético e condições climáticas adequadas para o desenvolvimento da cultura. No caso do plantio de café é importante considerar implantação de clones que mais se adequem as condições edafoclimáticas da região para garantir boas produções ao longo de seu ciclo vegetativo.

Para a obtenção de altas produtividades é necessário, além do material genético de qualidade, a adoção de sistemas de preparo do solo eficientes que visem aumentar os teores nutricionais em profundidade para o sucesso da cultura. Nesse contexto, a adubação é caracterizada como uma prática sustentável e de renomada importância para que a produtividade da lavoura seja maximizada.

Os resultados das análises do solo ao longo do tempo mostram que os teores dos nutrientes aumentaram consideravelmente em profundidade, o que nos permite dizer que o aumento de produtividade foi influenciado pelo melhoramento das condições nutricionais no subsolo.

Em relação a necessidade de calagem, ficou evidente que houve subestimação da dose de calcário, com valores de pH e teores de Ca e Mg em profundidade aquém dos desejados. Vale ressaltar que drástica intervenção e movimentação do solo para o preparo profundo é uma oportunidade única para a construção de um perfil de solo mais rico em nutrientes, não devendo, portanto, haver economia ou excessos de fertilizantes e corretivos nessa fase.

Os teores elevados de  $Al^{3+}$  encontrados na subsuperfície antes do plantio, pode influir na absorção de nutrientes essenciais como P, Ca e Mg e pode se constituir em fator limitante à produtividade do cafeeiro. A minimização dos teores de  $Al^{3+}$  ao longo do perfil nos tratamentos com preparo profundo do solo, 4 e 5 especialmente, pode ser justificado pela associação da calagem com os resíduos orgânicos. Esse comportamento condiz com o relatado por Miyazawa et al. (2000), os quais mostram que a presença de resíduos orgânicos reduz a acidez do perfil do solo, com decréscimo na saturação por  $Al^{3+}$  e aumento da eficiência no aproveitamento dos nutrientes pelas plantas.

A redução dos teores de  $Al^{3+}$  observadas nos tratamentos com preparo profundo está diretamente relacionada com o observado nos teores de Ca e Mg, sendo estes maiores naqueles tratamentos que apresentaram menores teores de  $Al^{3+}$ . O aumento da concentração de Ca em

solução diminui o efeito tóxico do Al, por reduzir a atividade do  $Al^{3+}$  (Silva et al., 2005). Esse comportamento nas camadas subsuperficiais, é devido provavelmente à distribuição uniforme de calcário e gesso agrícola ao longo do perfil do solo. Resultados similares foram encontrados por Silveira (1995), avaliando os efeitos de combinações de doses de gesso e de calcário na nutrição mineral de cafeeiro, obtiveram incrementos nos teores de Ca trocável no solo, e a aplicação de calcário aumentou de forma consistente, os teores foliares de Ca e Mg. Estes resultados nos permitem evidenciar a importância de melhorar as condições do subsolo com o uso da calagem e gessagem, no sentido de que além de fornecer Ca para neutralizar os efeitos do Al em camadas subsuperficiais, permite carrear bases para as camadas mais profundas do solo (GUIMARÃES et al., 1999; MARTINEZ; NEVES, 2015).

O fornecimento de P nas camadas mais profundas nos tratamentos 3, 4 e 5 conseguido pelo uso do sistema de preparo profundo do solo aumentou sua disponibilidade, sendo fundamental para o aumento do crescimento radicular e por conseqüente aumentando a produtividade da planta, já que a eficiência de absorção de P pelo cafeeiro será tanto maior quanto maior for a exploração do solo pelo seu sistema radicular. Portanto, o cafeeiro, no início de seu desenvolvimento, exige elevados teores de P disponível, uma vez que seu sistema radicular ainda é incipiente. Com o avanço da idade, as raízes passam a explorar maior volume de solo, aumentando sua capacidade de absorção de P e diminuindo seu nível de exigência (NOVAIS; SMYTH, 1999).

A adubação e o sistema de preparo profundo do solo permitiram obtenção de expressivos incrementos de K ao longo do perfil do solo, especialmente nos tratamentos com preparo profundo de solo, adubação mineral e orgânica, (4 e 5). A maior disponibilidade de K em profundidade pode ser de grande relevância em fases de elevada absorção do nutriente pelo cafeeiro, como na fase de granação (MATIELLO et al., 2010; MARTINEZ; NEVES, 2015), possibilitando maior qualidade e peso dos grãos, como tem sido observado no experimento (310 litros de café cereja, aproximadamente, para cada saca de café beneficiada de 60 kg).

Os micronutrientes, apesar de serem exigidos em menores quantidades pelas plantas são tão importantes quanto os macronutrientes para a nutrição equilibrada do cafeeiro. Os mais requeridos pela cultura são B, Cu, Fe, Mn e Zn, sendo essenciais para o crescimento, desenvolvimento e produtividade do cafeeiro. O B e o Zn são os micronutrientes que mais podem limitar a produção, pelo fato dos solos em que se cultiva o cafeeiro, na grande maioria, serem de

elevado grau de intemperismo em que a deficiência destes elementos são marcantes (MALAVOLTA, 1993).

Assim, temos que as condições nutricionais do cafeeiro foram ótimas para seu desenvolvimento, em todos os tratamentos. Neste sentido os teores de elementos indispensáveis para o crescimento radicular e determinantes de sua produção, apresentaram teores acima de seu nível crítico segundo os teores de nutrientes e de matéria orgânica, no solo, considerados adequados ao desenvolvimento do café conilon (1ª aproximação) (BRAGANÇA, et al., 2000).

A avaliação nutricional feita através de análises de solo e de tecidos foliares dá melhores subsídios para a interpretação do estado nutricional do cafeeiro, já que as análises de solos, sozinhas, apresentam algumas limitações. Daí a necessidade de aliar à avaliação da fertilidade do solo com análise de tecidos vegetais, especialmente de folhas (BRAGANÇA et al., 2001; SILVEIRA, 1995). Nesse sentido, os resultados das análises foliares interpretados pelo método DRIS permitiu eliminar os fatores de variabilidade, que podem mascarar a interpretação dos resultados, outorgando ferramentas para uma recomendação mais apropriada do cafezal. O método DRIS é eficiente no diagnóstico nutricional das plantas, propiciando a determinação da sequência nutricional, de deficiência a excesso, para as culturas (COSTA, 1995; LEITE, 1992). Por sua vez o método de Índices Balanceados de Kenworthy (IBK) aborda o aspecto de balanço nutricional ao analisar cada nutriente de maneira isolada dos demais, dando uma ideia de saldo existente entre o que foi efetivamente absorvido e o que era necessitado pela planta (KENWORTHY, 1961).

Avaliar o estado nutricional do cafeeiro pelos diferentes métodos de diagnose, permitiu obter o status nutricional da planta, possibilitando verificar a ocorrência de deficiências, como foi constatado no experimento para os micronutrientes Zn e B no tratamento 2. Simultaneamente a avaliação nutricional permite verificar suficiências ou toxidez de nutrientes (KURIHARA et al., 2005; CANTARUTTI et al., 2007).

O aumento dos teores nutricionais nos tratamentos com preparo profundo do solo, especialmente nos tratamentos 4 e 5, deva-se em grande parte ao aporte de matéria orgânica em profundidade, constatando incrementos representativos nesses tratamentos, atuando assim diretamente sobre a fertilidade do solo, disponibilizando nutrientes, após sua mineralização, além de resultar em aumentos do fator quantidade (Q) do solo, funcionando como reservatório de

nutrientes no solo e atuar nos processos de ciclagem biogeoquímica do N, P, S entre outros nutrientes (PAVAN; CHAVES, 1996).

No experimento foi observado maior uniformidade nos teores de S ao longo do perfil, devido a maior mobilidade desse nutriente no solo. Os teores foram elevados em todos os tratamentos e nas diferentes camadas do solo em função do aporte nas formas orgânicas e inorgânicas. Trabalhos têm demonstrado que a forma orgânica é predominante no solo, correspondendo a mais de 90% do S total (ALEXANDER, 1997). Dessa forma, encontramos que, a capacidade do solo em suprir a demanda da planta pelo nutriente está estreitamente relacionada à mineralização ou decomposição do material orgânico, liberando assim, formas inorgânicas de sulfato ( $\text{SO}_4^{2-}$ ) para a solução do solo, que poderão ser absorvidas pelas plantas (TIECHER et al., 2012).

Elevar os estoques de matéria orgânica ao longo do perfil do solo proporciona melhorias à atividade biológica do solo, onde observamos que as concentrações de  $\text{CO}_2\text{-C}$  foram maiores nesses tratamentos ao longo do tempo. As liberações de  $\text{CO}_2$  resultam de vários processos que ocorrem no solo pela biomassa microbiana, através da respiração de microrganismos, tais como bactérias e fungos, além dos processos fermentativos em condições anaeróbicas e da oxidação química dos compostos orgânicos podendo, a partir daí ser quantificada (KIEFT & ROSACKER, 1991).

O teor de matéria orgânica no solo, a qualidade e a quantidade de resíduos agrícolas adicionados e somados aos sistemas de manejo, são fatores que influenciam na concentração e na atividade da microbiota do solo (GAMA, RODRIGUES et al., 2005). Porém a atividade microbiana pode ser limitada pela escassez de nutrientes encontrados no solo, como foi constatado no tratamento 1, apresentando menores concentrações de  $\text{CO}_2\text{-C}$  ao longo do tempo, embora conforme Graham et al. (2002) a adição de resíduos contendo C ou N possa aumentar a biomassa desses microrganismos, como foi constatado no tratamento 2, aumentando as concentrações de  $\text{CO}_2\text{-C}$  em camadas superficiais.

O sistema de manejo preparo profundo de solo junto com adubação orgânica visa aumentar a retenção de C no solo para constituir-se em alternativa importante para aumentar a capacidade de dreno de  $\text{CO}_2$  atmosférico e mitigação do aquecimento global. Nesse sentido armazenamento de

carbono orgânico do solo reflete o saldo líquido entre as entradas C (fonte de carbono / ou resíduos vegetais) e decomposições microbianas (saída como CO<sub>2</sub>; ALBERTI et al., 2015).

No experimento foi observado maiores concentrações de CO<sub>2</sub>-C na primeira leitura, feita quatro meses após o plantio, isto devido provavelmente a que, a atividade decompositora dos microrganismos atinge valores elevados no período imediatamente posterior ao preparo de solo, devido à redução ao mínimo das frações orgânicas de fácil decomposição (PAUL & CLARK, 1996; LA SCALA JR. et al., 2006). Na última leitura, feita 26 meses após o plantio, observamos concentrações similares às do período imediatamente posterior ao preparo do solo, o que nos mostra que o crescimento radicular foi maior sendo que a respiração radicular é um dos principais contribuintes para as emissões de CO<sub>2</sub>-C.

Os resultados de produtividade e estado nutricional do café mostram que o preparo profundo do solo foi fundamental com ganhos de até 25% de produtividade. Adicionalmente, houve menor frequência de irrigação ao longo do tempo nos tratamentos com preparo profundo e não foi utilizada adubação na fase de formação do cafeeiro (Tabela 5), que representa economia importante de energia, água, e mão de obra, gerando maior rentabilidade para os cafeicultores. A deposição de fontes orgânicas em profundidade gera condições favoráveis para atividade biológica possibilitando maior desenvolvimento radicular, conseguindo o aproveitamento de nutrientes pouco móveis em subsuperfície.

As diferenças significativas encontradas nos blocos mostram a importância de plantar cultivares melhores para obter uma ótima fecundação e posterior produtividade. Convém salientar que café conilon é de fecundação cruzada, com particularidades na reprodução como a autoincompatibilidade genética. Este mecanismo impede a fecundação entre flores da mesma planta e de plantas geneticamente iguais. Assim, para que ocorra a produção de frutos em uma lavoura, é necessário plantas geneticamente diferentes (FERRÃO et al, 2009)

## **5. CONCLUSÃO**

A redução ou eliminação das restrições físicas e químicas dos solos coesos é uma prática importante para ganhos de produtividade do café conilon, sendo o preparo profundo do solo indicado nessas condições, possibilitando a construção da fertilidade ao longo do perfil do solo no momento da implantação, maximizando a produtividade e reduzindo custos na fase de formação do cafeeiro.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALBERTI, G.; VICCA, S.; INGLIMA, I.; BELELLI-MARCHESINI, L.; GENESIO, L.; MIGLIETTA, F.; MARJANOVIC, H.; MARTINEZ, C.; MATTEUCCI, G.; D'ANDREA, E.; PERESSOTTI, A.; PETRELLA, F.; RODEGHIERO, M.; COTRUFO, M.F. 2015. Soil C: N stoichiometry controls carbon sink partitioning between above-ground tree biomass and soil organic matter in high fertility forests. *iForest*, 8:195-206, 2005.
- ALEXANDER, M. Introduction to soil microbiology. New York: John Wiley & Sons, 1977. 467 p.
- ALVAREZ, V.H.; NOVAIS, R.F.; DIAS, L.E.; OLIVEIRA, J.A. Determinação e uso do fósforo remanescente. *Boletim Informativo da Sociedade Brasileira de Ciência do Solo*, 2000. 25:27-32.
- BRAGANÇA, S.M. Crescimento e acúmulo de nutrientes pelo cafeeiro Conilon (*Coffea canephora* Pierre). 99 f. Tese de Doutorado em Fitotecnia. UFV. Viçosa - MG, 2005, 99 f.
- 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*, v.36, n.5, 2001. p.765 -770.
- BRAGANÇA, S. M.; COSTA, A. N.; LANI, J.A. Absorção de Nutrientes pelo cafeeiro Conilon (*Coffea canephora*) aos 3,6 anos de idade: Macronutrientes. In: Simpósio de Pesquisa dos Cafés do Brasil, EMBRAPA/FUNCAFÉ, 2000. p. 1350-1.
- CANTARUTTI, R. B.; BARROS, N. F.; MARTINEZ, H. E. P.; NOVAIS, R. F. Avaliação da fertilidade do solo e recomendação de fertilizantes. In: NOVAIS, R. F., ALVAREZ V., V. H., BARROS, N. F., FONTES, R. L. F., CANTARUTTI, R. B.; NEVES, J. C. L., eds. Fertilidade do Solo. Viçosa, Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2007. p. 769-872.
- CECAFE, Evolução da cafeicultura nas últimas duas décadas, 2019. Disponível em: [http://www.sapc.embrapa.br/arquivos/consorcio/publicacoes\\_tecnicas/Consortio-Embrapa-Cafe-Evolucao-21-10-20.pdf](http://www.sapc.embrapa.br/arquivos/consorcio/publicacoes_tecnicas/Consortio-Embrapa-Cafe-Evolucao-21-10-20.pdf)
- COSTA, A. N da. Uso do sistema integrado de diagnose e recomendação - DRIS, na avaliação do estado nutricional do mamoeiro (*Carica papaya* L.) no Estado do Espírito Santo. Tese. (Doutorado) Imprensa Universitária. Viçosa -MG, UFV, 1995.
- DIXON, J.B. Kaolin and serpentine group minerals. In: DIXON, J.B. & WEED, S.B., eds. Minerals in soil environments. 2.ed. Madison, Soil Science Society of America, 1989. p.467-525.
- EMBRAPA CAFÉ, Evolução da cafeicultura nas últimas duas décadas, 2020. Disponível em: [http://www.sapc.embrapa.br/arquivos/consorcio/publicacoes\\_tecnicas/Consortio-Embrapa-Cafe-Evolucao-21-10-20.pdf](http://www.sapc.embrapa.br/arquivos/consorcio/publicacoes_tecnicas/Consortio-Embrapa-Cafe-Evolucao-21-10-20.pdf)
- FERRÃO, M. A. G. et al. Melhoramento do café conilon no Espírito Santo. In: ZAMBOLIM, L. (Ed.). . Tecnologias para a produção do café conilon. Viçosa- UFV: Departamento de Fitopatologia. p. 153–173, 2009.
- FERREIRA, M.M.; FERNANDES, B. & CURI, N. Mineralogia da fração argila e estrutura de Latossolos da Região Sudeste do Brasil. *R. Bras. Ci. Solo*, 23:507- 514, 1999a.



GAMA-RODRIGUES, E. F.; BARROS, N. F.; GAMA-RODRIGUES, A. C. Nitrogênio, carbono e atividade da biomassa microbiana do solo em plantações de eucalipto. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v.29, 2005. p.893-901.

GRAHAM, M. H.; HAYNES, R. J.; MEYER, J. H. Soil organic matter content and quality: effects of fertilizer applications, burning and trash retention on a long-term sugarcane experiment in South Africa. *Soil Biology and Biochemistry*, v.34, 2002. p.93-102.

GUIMARÃES, P. T. G.; GARCIA, A. W. R.; ALVAREZ V., V. H.; PREZOTTI, L. C.; VIANA, A. S.; MIGUEL, A. E.; MALAVOLTA, E.; CORRÊA, J. B.; LOPES, A. S.; NOGUEIRA, F. D.; MONTEIRO, A. V. C. Cafeeiro. In: RIBEIRO, A. C.; GUIMARÃES, P. T. G.; ALVAREZ V., V. H. (Ed.). *Recomendações para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais: 5ª aproximação*. Viçosa, MG: Comissão de Fertilidade do Solo do Estado de Minas Gerais, 1999. p. 289-302.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Rio de Janeiro: Manual Técnico 2da edição, 2007. p. 79

INCAPER. Cafeicultura – café conilon. Governo do estado do espírito santo. Secretaria de Estado da agricultura, 2020. Disponível em: <https://incaper.es.gov.br/cafeicultura-conilon>

KENWORTHY, A. L. Interpreting the balance of nutrient-elements in leaves of fruit trees. In: Reuther W. *Plant analysis and fertilizers problems*. Washington: American Institute of Biological Science, 1961. p.28-23.

KIEFT, T. L.; ROSACKER, L. L. Application of respiration and adenylate-based soil microbiological assay to deep subsurface terrestrial sediments. *Soil Biology and Biochemistry*, v.23, 1991. p.563-568.

KÖPPEN, W. *Klimate der Erde*. Gotha: Verlag J.Ustus Perthes. 1928.

KRANZ, C. N. et al. The effects of compost incorporation on soil physical properties in urban soils - A concise review. *Journal of Environmental Management*, v. 261, p. 110–209, 2020.

KURIHARA, C. H.; MAEDA, S.; ALVAREZ V., V. H. Interpretação de resultados de análise foliar. Embrapa Agropecuária Oeste; Colombo; Embrapa Florestas, Dourados, Mato Grosso do Sul, 2005. 42 p. (Documentos, 74)

LA SCALA Jr., N.; BOLONHEZI, D. & PEREIRA, G.T. Shortterm soil CO<sub>2</sub> emission after conventional and reduced tillage of a no till sugar cane area in Southern Brazil. *Soil Till. Res.*, 91:244-248, 2006.

LAVIOLA, B. G. Dinâmica de macronutrientes em folhas, flores e frutos de cafeeiro arábico em três níveis de adubação. 2004. 111 p. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, 2004.

LEITE, R. A. Avaliação do estado nutricional do cafeeiro conilon no Estado do Espírito Santo utilizando diferentes métodos de interpretação de análise foliar. 1992. 87f. Tese (Doutorado). Imprensa Universitária. Viçosa - MG, UFV.1992.

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

- MARTINEZ, H. E. P.; NEVES, J. C. L. Nutrição Mineral, Calagem, Gessagem e Adubação. In: SAKIYAMA, N. S.; MARTINEZ, H. E. P.; TOMAZ, M. A.; BORÉM, A. (Eds.). *Café Arábica do Plantio a Colheita*, Viçosa, MG: Universidade Federal de Viçosa, 2015. p.64-103
- MATIELLO, J. B.; SANTINATO, R.; GARCIA, A. W. R.; ALMEIDA, S. R.; FERNANDES, D. R. *Cultura de café no Brasil: Manual de recomendações*. Rio de Janeiro: MAPA/PROCAFÉ, 2010. 387 p.
- MENON, M. et al. Pore system characteristics of soil aggregates and their relevance to aggregate stability. *Geoderma*, v. 366, n. December 2019, 2020.
- MEURER, E. J. Potássio. In: FERNANDES, M. S. (Ed.). *Nutrição mineral de Plantas*. Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2006. p.281-298.
- MIYAZAWA, M.; PAVAN, M.A. & FRANCHINI, J.C. *Neutralização da acidez do perfil do solo por resíduos vegetais*. Piracicaba, Associação Brasileira para Pesquisa da Potassa e do Fosfato, 2000. 16p.
- NOVAIS, R. F.; SMYTH, T. J. *Fósforo em solo e planta em condições tropicais – Viçosa, MG: UFV, DPS, 1999. 399 p.*
- NOVAIS, R. F.; MELLO, J. W. V. *Relação solo-planta*. In: NOVAIS, R. F.; ALVAREZ V., V. H.; BARROS, N. F.; FONTES, R. L. F.; CANTARUTTI, R. B.; NEVES, J. C. L. (Eds.) *Fertilidade do solo*. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2007. p.133-204.
- PAUL, E.A. & CLARK, F.E. *Soil microbiology and biochemistry*. 2.ed. San Diego, Academic Press, 1996. 340p.
- PAVAN, M. A.; CHAVES, J. C. D. *Influência da densidade de plantio de cafeeiros sobre a fertilidade do solo*. In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL SOBRE CAFÉ ADENSADO, 1994, Londrina. Anais... Londrina: IAPAR, 1996. p.87-106.
- 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.
- RESENDE, M.; CURI, N.; REZENDE, S.B. & CORRÊA, S.A. *Pedologia: Base para distinção de ambientes*. 4.ed. Viçosa, MG, NEPUT, 2002. 338p.
- RUIZ, H. A. *Incremento da exatidão da análise granulométrica do solo por meio da coleta da suspensão (silte + argila)*. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, 29: 297-300, 2005
- SIBCS. *Sistema Brasileiro de classificação de solos. Caráter coeso*. EMBRAPA, 2018. p. 33
- SILVA, I.R.; FERRUFINO, A.; SANZONOWICZ, C.; SMYTH, T. J.; ISRAEL, D.W. & CARTER JUNIOR, T.E. *Interactions between magnesium, calcium and aluminum on soybean root elongation*. *R. Bras. Ci. Solo*, 29:747-754, 2005.
- SILVEIRA, D.A. *Calagem e gessagem em cafeeiro (Coffea arabica L.): Produção, características químicas do solo e desenvolvimento do sistema radicular*. 1995. 100 f. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal de Lavras. Lavras, MG, 1995

SILVEIRA, J. S. M. Revigoração do café conilon. In: Simpósio Estadual do café. Vitória. Anais. CETCAF/SEAG, 1995. p. 34-47.

SINGER, M.J., MUNNS, D.N., 1996. Soils. An introduction. Third edition. Prentice-Hall, Inc. New Jersey. 480 p.

TIECHER, T. SANTOS, D. R.; RASCHE, J. W. A.; BRUNETTO, G.; MALLMANN, F. J. K.; PICCIN, R. Resposta de culturas e disponibilidade de enxofre em solos com diferentes teores de argila e matéria orgânica submetidos à adubação sulfatada. *Bragantia*, v. 71, n. 4, 2012. p.518-527.

## Anexos

### Anexo A. Arranjo experimental da lavoura de café conilon, na região de São Gabriel da Palha

		clone 02							clone LB1							clone P1							clone 13						
		Bloco 1							Bloco 2							Bloco 3							Bloco 4						
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28
Estrada	1	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•
	2	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•
	3	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•
	4	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•
	5	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•
	6	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•
	7	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•

	•	Bordadura
<b>T 1</b>	•	Controle produtor (sulco até 60 cm + adubação mineral padrão)
<b>T 2</b>	•	Sulco até 60 cm, adubação mineral, cama e carvão igual T5 (até 3 anos)
<b>T 3</b>	•	Preparo profundo (80 x150 cm) + adubação mineral
<b>T 4</b>	•	Preparo profundo (80 x150 cm) + adubação mineral +cama de frango
<b>T 5</b>	•	Preparo profundo (80 x150 cm) + adubação mineral +cama de frango+carvão

**Anexo B.** Quantidades de nutrientes absorvidos pelos órgãos vegetativos e quantidades de nutrientes exportados em uma saca beneficiada de 60 kg de café conilon.

Nutrientes	Vegetativo	fruto		total
	g/planta	grão	casca	
N	87,7	1776	1176	2952
P	3,4	66	90	156
K	51,0	1350	1674	3024
Ca	47,2	378	558	936
Mg	12,6	162	96	258
S	7,3	78	90	168
Fe	2,9	4,8	4,2	9
Zn	0,2	0,78	0,42	1,2
Mn	0,5	1,62	4,44	6,06
B	0,2	1,92	2,1	4,02
Cu	0,1	1,5	1,02	2,52

Fonte: Bragança, 2005