

WELINGTON LAZARO TREVISAN

**PREPARO DE COVAS E FORMAS DE APLICAÇÃO DA MATÉRIA
ORGÂNICA NO PLANTIO DO CAFEIEIRO**

Tese apresentada à Universidade Federal de Viçosa, como parte das exigências do Curso de Fitotecnia, para obtenção do título de "*Magister Scientiae*".

VIÇOSA - MINAS GERAIS

MARÇO - 1998

WELINGTON LAZARO TREVISAN

**PREPARO DE COVAS E FORMAS DE APLICAÇÃO DA MATÉRIA
ORGÂNICA NO PLANTIO DO CAFEIEIRO**

Tese apresentada à Universidade Federal de Viçosa, como parte das exigências do Curso de Fitotecnia, para obtenção do título de “Magister Scientiae”.

APROVADA: 23 de dezembro de 1997.

Prof. Caetano Marciano de Souza
(Conselheiro)

Prof. Hermínia Emília Prieto Martinez
(Conselheira)

Prof. Antônio Carlos Ribeiro

Prof. Geraldo Gonçalves dos Reis

Nelson Ferreira Sampaio

(Orientador)

“Um sonho sonhado sozinho é apenas um sonho.

Um sonho sonhado em conjunto é o começo de uma nova realidade.”

A minha esposa, Susy.

A minha filha, Carina,

dedico e ofereço.

AGRADECIMENTO

A Deus, por tudo.

À Universidade Federal de Viçosa, por intermédio do Departamento de Fitotecnia, pela oportunidade de realização deste curso.

Ao CNPq e à FAPEMIG, pelo apoio financeiro concedido.

Ao professor Nelson Ferreira Sampaio, pelos ensinamentos, pela orientação, competência e sensibilidade de mestre e educador.

Aos professores Hermínia, Thiebaut, Antônio Carlos, Geraldo Reis e, em especial, a Caetano e familiares, pelas sugestões apresentadas, pela amizade, pela transmissão de conhecimentos e pelos momentos de atenção.

Aos funcionários do Fundão, da Agronomia e dos laboratórios dos Departamentos de Fitotecnia e Solos, pelos serviços prestados.

A todos os colegas com os quais convivi, ao longo do curso, em especial a Valter, Martin, Aymbiré, e aos do Guarani Futebol Clube, pela amizade e pela relação enriquecedora.

Aos meus pais, Vicente e Messias (Fiinha), avós, tios, irmãos, cunhados e sobrinhos que, mesmo à distância, sempre me apoiaram e incentivaram.

Ao Sr. Antônio e família, pela amizade e pela prazerosa e fraterna convivência.

Ao amigo Jamil e familiares, pelos ensinamentos, pelo convívio agradável e pela atenção, com a certeza de que a relação de amizade ficou consolidada na minha mente e no meu coração.

Ao Sr. Valmir e aos seus familiares, por não terem medido esforços, estando sempre presentes junto aos meus.

A todos os demais professores, amigos, funcionários e revisores que, direta ou indiretamente, contribuíram para a realização e a concretização deste trabalho.

BIOGRAFIA

WELINGTON LÁZARO TREVISAN, filho de Vicente Trevizan e Messias Cândida Trevizan, nasceu a 15 de agosto de 1966, na Cidade de São Tomás de Aquino, Minas Gerais.

Em 1992, graduou-se Engenheiro-Agrônomo, pela Universidade Federal de Viçosa.

Trabalhou com assistência técnica, na SANDOZ-S.A., em 1993, e como extensionista, na Cooperativa de Cafeicultores e Agropecuaristas Ltda., (COCAPEC) em 1994, no município de Franca, São Paulo.

Em março de 1995, iniciou o Curso de Mestrado em Fitotecnia, na Universidade Federal de Viçosa, defendendo tese em dezembro de 1997.

CONTEÚDO

EXTRATO	ix
ABSTRACT	xi
1. INTRODUÇÃO	1
2. REVISÃO DE LITERATURA	3
2.1. Preparo da cova de plantio do cafeeiro.....	3
2.2. Matéria orgânica na formação do cafezal.....	5
3. MATERIAL E MÉTODOS	10
3.1. Localização e solo do ensaio	10
3.2. Tratamentos e delineamento.....	10
3.3. Preparo do solo e instalação do ensaio.....	12
3.4. Amostragens	14
3.4.1. Amostragem do solo.....	14
3.4.2. Amostragem das plantas	15
3.4.2.1. Parte aérea.....	15
3.4.2.2. Raízes.....	15
3.4.2.3. Amostragem para análise química das folhas	16
3.5. Características determinadas.....	16
3.5.1. Características do solo.....	16
3.5.1.1. Químicas	16

3.5.1.1.1. Carbono orgânico.....	16
3.5.1.1.2. pH em água	16
3.5.1.1.3. Acidez trocável e potencial.....	17
3.5.1.1.4. Fósforo e potássio disponíveis.....	17
3.5.1.1.5. Cálcio e magnésio trocáveis.....	17
3.5.1.1.6. Soma de bases, capacidade de troca catiônica total e índice de saturação de bases.....	17
3.5.1.2. Físicas.....	18
3.5.1.2.1. Resistência do solo à penetração	18
3.5.1.2.2. Densidade do solo	18
3.5.1.2.3. Densidade real.....	18
3.5.1.2.4. Porosidade total.....	19
3.5.1.2.5. Equivalente de umidade	19
3.5.2. Características da planta	20
3.5.2.1. Parte aérea.....	20
3.5.2.1.1. Altura da planta	20
3.5.2.1.2. Diâmetro do caule	20
3.5.2.1.3. Número de ramos plagiotrópicos	20
3.5.2.1.4. Área foliar	20
3.5.2.2. Raízes.....	21
3.5.2.2.1. Volume de raízes	21
3.5.2.2.2. Peso de matéria seca de raízes.....	21
3.5.2.3. Análise química das folhas	21
3.6. Análise estatística	22
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	24
4.1. Características do solo	24
4.1.1 Químicas	24
4.1.1.1. Carbono orgânico, pH em água, acidez potencial e fósforo disponível.....	24
4.1.1.2. Potássio disponível, cálcio e magnésio trocáveis, soma de bases, capacidade de troca catiônica total e índice de saturação de bases	27

4.1.2. Físicas	30
4.1.2.1. Resistência do solo à penetração	30
4.1.2.2. Densidade do solo.....	32
4.1.2.3. Densidade real.....	34
4.1.2.4. Porosidade total.....	35
4.1.2.5. Equivalente de umidade.....	37
4.2. Características da planta.....	37
4.2.1. Parte aérea	38
4.2.1.1. Altura da planta, diâmetro do caule, número de ramos plagiotrópicos e área foliar	38
4.2.2. Raízes.....	39
4.2.2.1. Volume e peso de matéria seca de raízes	39
4.2.3. Análise química das folhas	41
4.2.3.1. Nitrogênio, fósforo, enxofre, potássio, cálcio e magnésio	41
4.2.3.2. Manganês, zinco, ferro e cobre	45
5. RESUMO E CONCLUSÕES	47
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	49
APÊNDICE	58

EXTRATO

TREVISAN, Welington Lázaro, M. S., Universidade Federal de Viçosa, março de 1998. **Preparo de covas e formas de aplicação da matéria orgânica no plantio do cafeeiro.** Orientador: Nelson Ferreira Sampaio. Conselheiros: Caetano Marciano de Souza, Hermínia Emília Prieto Martinez.

Neste trabalho, objetivou-se estudar o desenvolvimento inicial do cafeeiro, quando plantado em covas de diferentes tipos, em ausência e presença de matéria orgânica, incorporada ao volume total do solo da cova, ou distribuída superficialmente. Foi conduzido um ensaio de plantio de café em um LVd. Os fatores em estudo foram tipos de cova (40 x 40 x 40 cm, sulco e 15 x 15 x 25 cm) e matéria orgânica (incorporada, em cobertura e ausente), eliminando-se o tratamento cova de 15 x 15 x 25 cm com matéria orgânica incorporada, por ser reduzido o volume da cova. Resultaram então oito tratamentos, instalados e analisados segundo o modelo fatorial completo (3 x 2), mais dois tratamentos adicionais, em blocos casualizados e com quatro repetições. Foram utilizados dez litros de esterco curtido de gado por cova, e o plantio foi feito com o cultivar Catimor. As avaliações efetuadas após um ano de plantio constaram de características químicas e físicas do solo, variáveis da parte aérea e raiz, bem como o estado nutricional do cafeeiro. Observou-se que o tipo de cova pouco afetou as características químicas do solo, enquanto que a

presença de matéria orgânica afetou-as positivamente. A cova 15 x 15 x 25 cm, seguida pelo sulco, apresentou maior resistência do solo à penetração. Na presença de matéria orgânica em cobertura, comparativamente à sua não-aplicação, ocorreu maior desenvolvimento da planta e maior restrição à absorção de manganês. Os valores dos teores de nutrientes da planta não foram afetados pelo tipo de cova. Concluiu-se que o uso da matéria orgânica em cobertura beneficiou a formação da lavoura, favorecendo o crescimento inicial do cafeeiro, e que não houve diferença entre os tipos de cova testados em solo LVd da região de Viçosa.

ABSTRACT

TREVISAN, Welington Lázaro, M. S., Universidade Federal de Viçosa, december 1997. **Preparation of hollows and forms of application of organic fertilizer during coffee planting.** Adviser: Nelson Ferreira Sampaio. Committee Members: Caetano Marciano de Souza and Hermínia Emília Prieto Martinez.

The objective of this research was to study the initial growth of coffee plants, when planted in Yellow-red dystrophic Latosol, using different types of hollows filled up or not with bovine manure, which was mixed with the total volume of soil of each hollow or distributed superficially. The factors in study were types of hollows (40 x 40 x 40 cm, furrow and 15 x 15 x 25 cm) and bovine manure (incorporated, covering and without) eliminating the treatment 15 x 15 x 25 cm with bovine manure incorporated due to the reduced volume of the hollow, resulting in eight treatments which were installed and analysed according to a complete factorial scheme (3 x 2) plus two additional treatments, in randomized blocks, with four replicates. Ten litres of bovine manure were used per hollow and the cultivar planted was Catimor. The evaluations occurred a year after planting and it was possible to analyse the chemical and physical soil characteristics, variability of roots and shoots, and also the nutritional condition of them. It was noticed that the type of hollow did not affected the chemical characteristics of the soil while the

addition of bovine manure affected it positively. The hollow measuring 15 x 15 x 25 cm followed by the furrow presented greater resistance of the soil to penetration. There was a greater growth of coffee plants and restriction in absorbing manganese when bovine manure was added on the surface of the soil compared to the ones without it. The nutritional condition of the coffee plants was not affected by the types of hollows. Concluding, the usage of bovine manure in covering was beneficial to the crop formation, providing a better initial coffee growth, however; there was no difference among those types of hollows analysed for Yellow-red dystrophic Latosol in Viçosa.

1. INTRODUÇÃO

Sistemas atuais de plantio de café convivem com recomendações tradicionais e de eficácia questionável. Pode-se citar, entre estas, a que freqüentemente recomenda o tamanho das covas com 40 cm, para as três dimensões. Esta recomendação, tradicional, causa transtornos em plantios adensados, em que os custos do coveamento e os espaçamentos reduzidos entre plantas dificultam a adoção de covas grandes.

Covas grandes facilitam o uso de matéria orgânica e calcário incorporados, em mistura com o solo que completa a cova. Em muitos casos, apesar de a calagem ser feita em área total e o uso de matéria orgânica também não ser freqüente, permanece a recomendação de covas grandes. Com o uso de plantios adensados, aumentaram as dificuldades e os custos de utilização das mesmas, sendo o sulco uma opção mais favorável.

A matéria orgânica melhora as condições físicas e microbiológicas do solo, permitindo melhor aproveitamento dos fertilizantes, além de contribuir com determinada quantidade de nutrientes. Entretanto, dificuldades na sua obtenção têm limitado seu fornecimento à cultura do cafeeiro.

Diante disto, verifica-se que há necessidade de se adequar o tamanho das covas, o seu preparo e a forma de aplicação da matéria orgânica aos novos sistemas de produção de café. Assim, neste trabalho, objetivou-se estudar o

desenvolvimento inicial do cafeeiro, quando plantado em covas de diferentes tipos, na ausência e presença de matéria orgânica, incorporada ao volume total do solo da cova, ou distribuída superficialmente.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1. Preparo da cova de plantio do cafeeiro

O preparo do solo e a implantação de culturas são etapas muito importantes em qualquer sistema de exploração agrícola, em razão do seu elevado custo operacional, em relação ao custo total do empreendimento e também porque, sendo as iniciais, refletem no estabelecimento inicial e na produção das culturas (SIQUEIRA, 1995).

No plantio do cafeeiro a opção de preparo do solo e das covas depende da declividade da área, da extensão da lavoura e da textura do solo. De forma geral, desconsiderando-se a textura do solo, as recomendações técnicas usuais indicam a necessidade de aração, gradagem e sulcamento. A necessidade da aração do terreno justifica-se, provavelmente, por se tratar da única oportunidade que se dispõe para promover a incorporação mais profunda do calcário que, por meio da gradagem, será bem misturado ao solo, proporcionando, conseqüentemente, ação mais efetiva do corretivo. Nas regiões de topografia acidentada, o preparo das covas é feito manualmente, com auxílio de enxadões, em terreno capinado, sem aração e gradagem (NOGUEIRA et al., 1981). Nas áreas inclinadas, verifica-se que o plantio é realizado após a ceifa do mato,

havendo somente o coroamento das covas ou, quando muito, a capina nas linhas de plantio.

Segundo MALAVOLTA (1993), sempre que possível o plantio em sulcos deve ser preferido, especialmente em solos de baixa fertilidade, fazendo-se a adubação ao longo de todo o sulco, quando então são criadas melhores condições para o desenvolvimento das mudas.

As sugestões de preparo de covas para o cafeeiro têm procurado atender às necessidades de melhor estabelecimento do sistema radicular, proporcionando rápido crescimento inicial. SCARINARI (1967) e GUIMARÃES e LOPES (1986) afirmaram que, independentemente do processo de abertura das covas, mecânico ou manual, dever-se-iam adotar dimensões ao redor de 60 x 60 x 60 cm, a fim de pôr um bom volume de terra adubada à disposição das mudas e possibilitar a boa distribuição do sistema radicular.

O INSTITUTO AGRONÔMICO (1967) estabeleceu para Terra Roxa, em São Paulo, o volume da cova de plantio com dimensões básicas em torno de 40 x 40 x 45 cm, como suficiente para um bom desenvolvimento do cafeeiro. Na prática, em Latossolo Vermelho-Amarelo Húmico, nas regiões da Zona da Mata, do norte de Minas Gerais e do norte do Espírito Santo, têm sido utilizadas covas menores (SANTINATO et al., 1979).

A COMISSÃO DE FERTILIDADE DO SOLO DO ESTADO DE MINAS GERAIS - CFSEMG (1989) recomenda a abertura de covas com dimensões aproximadas de 40 x 40 x 40 cm. MATIELLO (1991) propôs também este tamanho de cova para áreas montanhosas, sendo que, para solos arenosos ou húmicos, recomenda covas menores, com 25 a 30 cm de lado.

De acordo com SOUZA et al. (1982), o preparo foi o principal agente indutor de alterações nas características físicas do solo. Os efeitos de sistemas de manejo sobre as propriedades físicas do solo podem ser benéficos ou não, dependendo das condições em que o mesmo se encontra e das práticas culturais utilizadas. A abertura das covas pode provocar modificações prejudiciais, desarranjando a estrutura do solo e influenciando direta e indiretamente a absorção, disponibilidade de nutrientes e água, o arejamento e a relação macro e microporos do solo (KUPPER, 1981).

Estudou-se muito a importância dos nutrientes, para a subsistência das plantas, mas, se o solo não for bem estruturado, a água, o oxigênio e os nutrientes ficarão escassos, mesmo que presentes em quantidades suficientes. A estrutura do solo é uma propriedade que atua como importante fator na aeração, garantindo fluxo de oxigênio, capaz de contrabalançar o excesso de gás carbônico do ar do solo, eliminado pelas raízes e microrganismos (KIEHL, 1979).

SANTINATO et al. (1979), ao experimentarem sistemas manual e mecânico de preparo de covas, para plantio de café em solo LVh, concluíram que não houve vantagem para o desenvolvimento do cafeeiro no plantio em cova de volume superior a 64 L (40 x 40 x 40 cm), preparada manualmente, podendo esta ser substituída por cova de volume de 19 L (20 x 60 cm), cilíndrica, e que o volume da cova representou pequena importância no desenvolvimento inicial do cafeeiro.

No entanto, o plantio em covas pequenas, em solos argilosos, mostrou-se pouco eficiente, não criando condições satisfatórias para o crescimento e produção inicial do cafeeiro (NOGUEIRA et al., 1981).

SILVA et al. (1983), com mesma linha de pesquisa, em LE, na região de cerrado, observaram que o sulcamento até 25 cm de profundidade foi o melhor sistema de plantio do cafeeiro em áreas mecanizáveis, e o coveamento 40 x 40 x 40 cm sem aração e gradagem foi o melhor sistema em áreas não-mecanizáveis.

2.2. Matéria orgânica na formação do cafezal

O uso de matéria orgânica deve ser incentivado porque exerce influência benéfica sobre as propriedades físicas, químicas e biológicas do solo (KUPPER, 1981; CARVAJAL, 1984). Completando, KIEHL (1985), GUIMARÃES (1986), HAAG (1986), MALAVOLTA (1987), CFSEMG (1989), MATIELLO (1991) e MALAVOLTA (1993) justificaram seu uso, pelos efeitos nas propriedades químicas do solo, tais como aumento do poder tampão e da capacidade de troca catiônica, o que significaria menor perda de bases (Ca, Mg e K) por lixiviação; formação de quelatos, que contribuem para a diminuição da fixação do fósforo no

solo; e regulação da disponibilidade de micronutrientes catiônicos, especialmente Cu e Mn. Além disso, a matéria orgânica representa fonte de nutrientes para as plantas, em particular N, P, S e B, e ativa o crescimento de microrganismos. Seu uso justifica-se também pelos efeitos nas propriedades físicas do solo, tais como estruturação; aumento da capacidade de retenção de água; aumento da circulação do ar e da água; diminuição da perda de solo por erosão e manutenção de menores amplitudes térmicas. Outras influências benéficas da matéria orgânica nas propriedades físicas do solo, como seu efeito na densidade do solo e na porosidade, foram evidenciadas por KIEHL (1979). A resistência mecânica oferecida pelo terreno depende da densidade do solo ou do volume de poros. Para um mesmo solo, quanto mais compacto ou menos poroso ele for, maior será sua resistência mecânica. Pode-se melhorar a porosidade do solo pela adição de matéria orgânica, a qual melhora a agregação, reduz a densidade do solo e, conseqüentemente, aumenta os espaços vazios.

FRANCO et al. (1960), ao estudarem a manutenção do cafezal com adubação exclusivamente mineral em LR eutrófico, verificaram a viabilidade econômica dessa técnica, desde as primeiras produções. LAZZARINI et al. (1975), ao compararem os efeitos da adubação mineral e orgânica em lavoura adulta, durante oito anos de produção, em LA, fase arenosa, sob cerrado, concluíram que NPK + calagem + B + Zn foi igual a NPK + esterco. O esterco, portanto, funcionou como melhorador do solo e fornecedor de nutrientes, substituindo a calagem e a adubação mineral com os micronutrientes B e Zn. Entretanto, a dúvida relativa aos méritos das adubações exclusivamente minerais persistiu, principalmente em solos de baixa fertilidade natural e com baixos teores de matéria orgânica.

Segundo MORAES (1981), em solos arenosos de baixa fertilidade, a adubação orgânica, aliada à adubação mineral no plantio, apresentou vantagens em relação à adubação mineral exclusiva, pelo fato de, nessa ocasião, ser mais difícil fornecer os nutrientes necessários ao cafeeiro, na proporção e quantidades adequadas, sem o risco da ocorrência de salinidade prejudicial ou fitotoxidez. MATIELLO et al. (1994) recomendaram como obrigatório, para solos mais

argilosos, o uso de matéria orgânica na cova, onde a muda recém-plantada encontraria condições adequadas ao seu desenvolvimento normal.

HARA et al. (1974), GUIMARÃES et al. (1975), GUIMARÃES (1986) e GUIMARÃES e LOPES (1986) afirmaram que a adubação química equilibrada substituiu a adubação orgânica, e esta tem efeito positivo quando a adubação química está desequilibrada.

SAMPAIO (1987) verificou que a torta de filtro pode ser usada como complemento à adubação mineral, na dose de 5 kg.cova^{-1} , na instalação do cafeeiro. SANTINATO et al. (1978), ao avaliarem, após seis meses de plantio, a altura de planta, o diâmetro do caule e o número de ramos plagiotrópicos de cafeeiro submetido a três fontes de adubo orgânico, nas doses 0, 10, 20 e 30 L.cova^{-1} , observaram que a torta do filtro de Oliver apresentou melhor efeito, seguida do lixo industrializado, e que o esterco de curral não mostrou bom efeito para solo PV. CARVALHO et al. (1980), ao avaliarem, após oito meses de plantio, em solo LE, a altura de planta, o número de ramos plagiotrópicos e o número de folhas, verificaram que o esterco de galinha (2 kg.cova^{-1}) e de curral (6 kg.cova^{-1}), quando aplicados isoladamente, apresentaram comportamento similar e inferior ao da adubação química, respectivamente. Dando seqüência a este trabalho, SANTINATO et al. (1983) concluíram que, na presença da adubação química, o esterco de galinha e o esterco de curral foram superiores, com acréscimos respectivos de 109 e 79%, nas produções acumuladas dos dois primeiros anos, comparativamente à adubação química exclusiva.

PAVAN et al. (1986) não encontraram diferenças significativas entre tratamentos, quando compararam, durante seis anos, as produções das plantas que receberam o adubo orgânico esterco de curral (4 kg.cova^{-1}), com aquelas que receberam exclusivamente fertilizantes minerais aplicados na cova antes do plantio. Afirmaram, ainda, que o material orgânico utilizado continha outros elementos, além do nitrogênio, na sua composição, os quais contribuíram para a nutrição da planta. Entretanto, este fato não foi suficientemente significativo para aumentar a produção de café no solo LEd, textura média.

Foram desenvolvidos por vários autores estudos sobre adubação química isolada, bem como acerca de sua associação com adubos orgânicos. BRAGANÇA (1988) concluiu, com dados de três anos de produção, que os melhores resultados obtidos foram com a associação de adubo químico e matéria orgânica na forma de 60% de adubação NPK (120-30-90 g.cova⁻¹) mais 20 L de palha de café, em relação a adubação NPK exclusiva. LACERDA et al. (1985) verificaram que a complementação da adubação química com o uso de matéria orgânica (esterco de galinha ou de curral) produziu, na média de cinco anos, 20% a mais que com adubação química exclusiva. OLIVEIRA e PEREIRA (1986) definiram que a disponibilidade de matéria orgânica, principalmente esterco de curral (10 L.cova⁻¹), beneficiou o crescimento inicial das plantas e as primeiras produções. VIANA et al. (1987), trabalhando com adubação química (AQ) + esterco de curral (EC), nas proporções 100% AQ; 75% AQ + 5 kg EC; 50% AQ + 10 kg EC; 25% AQ + 15 kg EC; 0% AQ + 20 kg EC e testemunha, concluíram que, em sete safras, os tratamentos mistos apresentaram produtividade 30% maior que a média das adubações isoladas e 110% superior à testemunha. Verificaram também que a adubação exclusiva com esterco de curral foi capaz de suprir o cafeeiro em NPK, de forma similar à adubação química, e que não houve diferença de produção entre adubação enterrada e em cobertura. CERVELLINI e IGUE (1994) verificaram que as produções aumentaram até 50% pela aplicação do esterco de curral (40 L.cova⁻¹), quando na ausência de aplicação de adubação nitrogenada. CERVELLINI et al. (1994) concluíram que o esterco de curral (20 L.cova⁻¹) com adubação mineral NPK (60-20-60 g.cova⁻¹) proporcionou maior produção de café, em relação à adubação mineral exclusiva (120-40-120 g.cova⁻¹).

O cafeeiro adubado com 600 kg de N, 133 kg de P₂O₅ e 708 kg de K₂O, por hectare, produziu 54 sacas beneficiadas por hectare, na média das três primeiras safras. Essa produtividade subiu para 85 e 96 sacas, quando o adubo mineral foi associado a 72 toneladas por hectare de esterco de curral e a 26 toneladas de esterco de galinha, respectivamente (SANTINATO et al., 1985).

CERVellini et al. (1995) concluíram que a incorporação do esterco de curral (40 L.cova^{-1}) proporcionou, no período de quatro anos, maiores produções que sua aplicação superficial, nos solos Latossolo Roxo transição para Latossolo Vermelho-Amarelo orto, Latossolo Roxo e Podzólico Vermelho-Amarelo orto.

De modo geral, as adubações orgânicas passaram a ser consideradas como não-essenciais e sim complementares (INSTITUTO AGRONÔMICO, 1967). MALAVOLTA e COURY (1967) mostraram que somente os adubos orgânicos não resolveram o problema de garantir ou aumentar a fertilidade dos solos e concluíram ser necessário praticar sempre a adubação orgânica e a mineral. Nenhuma delas isoladamente satisfaz as exigências do cafeeiro.

Segundo MALAVOLTA (1993), é possível cultivar o cafeeiro sem recorrer a fontes externas de matéria orgânica, embora, por todas as funções que exerce, possa haver respostas favoráveis ao seu emprego. Como acontece com qualquer outro insumo, a adição de fontes externas de matéria orgânica somente se justifica quando for viável técnica e economicamente.

3. MATERIAL E MÉTODOS

3.1. Localização e solo do ensaio

O ensaio foi conduzido em área experimental da Universidade Federal de Viçosa, situada à 693 m de altitude, 20° 45' Sul e 42° 51' Oeste, clima do tipo Cwa, segundo KÖPPEN, com média anual de 81% de umidade relativa do ar, com temperatura média anual de 19,4 °C e precipitação média anual de 1.221 mm. Os dados climáticos durante o experimento encontram-se no Quadro 1.

O solo da área experimental foi Latossolo Vermelho-Amarelo distrófico, textura argilosa, com 15% de declive. O ensaio foi instalado no terço médio da encosta. Amostras do solo retiradas nas profundidades de 0 - 20 cm e 20 - 40 cm foram submetidas a análises químicas e físicas (Quadros 2 e 3).

3.2. Tratamentos e delineamento

Foram realizados oito tratamentos derivados de um fatorial 3 x 3, onde se combinaram os fatores tipos de cova (TC1 - 40 x 40 x 40 cm, TC2 - sulco e TC3 - 15 x 15 x 25 cm) e matéria orgânica (MOI - incorporada, MOC - em cobertura e MOA - ausente). Como não era possível incorporar dez litros de matéria orgânica

ao solo da cova 15 x 15 x 25 cm, esse tratamento foi eliminado, e os demais estabelecidos em blocos ao acaso e com quatro repetições (Quadro 4).

Quadro 1 - Temperaturas mínima, máxima e média, umidade relativa média (URM), precipitação pluvial (P) e insolação média (IM), de Viçosa, Minas Gerais, no período de abril de 1996 a abril de 1997

Meses	Temperatura			URM ----- % -----	P ---- mm ----	IM ----- h -----
	Mínima ----- °C -----	Máxima ----- °C -----	Média ----- °C -----			
Abril	15,20	27,02	21,11	80,31	94,80	6,89
Mai	12,23	24,50	18,36	82,43	51,00	6,66
Junho	10,21	24,56	17,38	78,60	0,80	7,20
Julho	9,62	23,76	16,69	76,60	0,00	6,90
Agosto	10,66	24,33	17,49	74,02	11,30	6,63
Setembro	14,44	24,74	19,59	78,94	68,10	4,51
Outubro	16,32	27,21	21,77	77,09	151,90	5,58
Novembro	17,20	25,57	21,39	82,15	224,60	4,11
Dezembro	18,89	28,21	23,55	83,75	271,90	4,11
Janeiro	18,66	28,01	23,34	82,98	333,20	5,36
Fevereiro	18,21	29,66	23,94	76,79	95,50	7,44
Março	17,38	26,86	22,12	80,41	11,39	5,12
Abril	15,91	26,87	21,39	82,37	30,20	5,93

Fonte: Departamento de Engenharia Agrícola (UFV).

Quadro 2 - Características químicas do solo da área experimental, nas profundidades de 0 - 20 e 20 - 40 cm, no início do experimento. Viçosa, Minas Gerais, 1997

Prof. cm	pH	P ---mg.dm ⁻³ ---	K	Al	Ca	Mg	H+Al	SB ^{1/}	CTC ^{2/}		V ^{3/} -----%-----	m ^{4/}
									Efet.	Total		
0-20	5,4	0,5	24	0,0	1,9	0,4	3,3	2,40	2,40	5,70	42,1	0,0
20-40	5,6	0,5	12	0,0	1,7	0,3	1,8	2,04	2,04	3,84	53,2	0,0

Análises realizadas no Laboratório de Análise de Rotina do Departamento de Solos da Universidade Federal de Viçosa.

P e K = Extrator Mehlich-1.

Al, Ca e Mg = Extrator KCl 1 mol.L⁻¹.

H+Al = Extrator Ca(OAc)₂ 0,5 mol.L⁻¹ a pH 7,0.

1/ - SB - Soma de Bases. 2/ - CTC - Capacidade de Troca Catiônica.

3/ - V - Saturação de bases. 4/ - m - Saturação de alumínio.

Quadro 3 - Características físicas do solo da área experimental, nas profundidades de 0 - 20 e 20 - 40 cm, no início do experimento. Viçosa, Minas Gerais, 1997

Profundidade cm	Areia grossa	Areia fina	Silte	Argila	Classif. textural
	----- dag.kg ⁻¹ -----				
0 - 20	29	14	07	50	Argila
20 - 40	32	13	07	48	Argila

Análise realizada no Laboratório de Física do Solo do Departamento de Solos da Universidade Federal de Viçosa.

Quadro 4 - Tratamentos utilizados correspondentes ao arranjo fatorial de tipos de cova com matéria orgânica. Viçosa, Minas Gerais, 1997

Tipos de cova	Matéria orgânica		
	----- Incorporada (MOI)	Cobertura (MOC)	Ausente (MOA)
40 x 40 x 40 cm (TC1)	1	2	3
Sulco (TC2)	4	5	6
15 x 15 x 25 cm (TC3)	- ^{1/}	7	8

^{1/} - Tratamento não-realizado, porque o volume de esterco foi superior ao volume da cova.

As parcelas foram constituídas de quatro linhas de plantio, em espaçamento de 2,0 x 0,75 m, com o total de 24 plantas, sendo as oito centrais correspondentes à área útil de 12 m².

3.3. Preparo do solo e instalação do ensaio

Antes do preparo das covas, realizou-se o rocio da área, seguido de capina manual na faixa de um metro de largura. O preparo das covas para os tratamentos que receberam a matéria orgânica incorporada foi realizado dez dias

antes do plantio. Para aqueles tratamentos com aplicação de matéria orgânica em cobertura, o preparo das covas coincidiu com o plantio. Foram usados dez litros de esterco curtido de gado por cova (Quadro 5). Com base na análise química do solo, foram feitas a calagem (método de saturação de bases) + gessagem (mais 25% da calagem) em cobertura, após o plantio.

Quadro 5 - Composição do esterco curtido de gado, utilizado no plantio. Viçosa, Minas Gerais, 1997

pH	N	P	K	Ca	Mg	Zn	Fe	Mn	Cu	Umid. ^{1/}	CO ^{2/}
	----- dag.kg ⁻¹ -----			----- mg.kg ⁻¹ -----			-----		--- dag.kg ⁻¹ ---		
7,2	2,71	1,70	0,95	2,21	1,19	205	3.668	383	86	29,5	26,2

Análise feita no Laboratório do Departamento de Solos da Universidade Federal de Viçosa.

^{1/} - Umid. - Umidade (base úmida).

^{2/} - CO - Carbono Orgânico.

O plantio foi feito em 26/04/96, utilizando-se uma planta por cova, do cultivar Catimor, progênie UFV-1603. As mudas foram plantadas quando apresentaram, em média, cinco pares de folhas. A adubação por cova consistiu de 200 g de fosfato de Araxá (aplicação localizada no fundo da coveta e coberto com terra) + 50 g de superfosfato simples (aplicação localizada). Trinta dias após o plantio, foi feita a adubação em cobertura com 30 g da formulação 20-5-20, acrescida de 3 g de bórax, complementada com pulverização foliar contendo 0,5% de sulfato de zinco + 0,3% de oxicloreto de cobre + 0,3% de cloreto de potássio.

Na adubação de primeiro ano foram utilizados 150 g.cova⁻¹ do formulado 20-5-20, parcelado em quantidades iguais, nos meses de outubro, dezembro e fevereiro. Efetuaram-se pulverizações foliares, contendo 0,3% de oxicloreto de cobre, 0,5% de sulfato de zinco, 0,3% de ácido bórico e 0,3% de cloreto de potássio, utilizando-se pulverizador costal manual, nas mesmas épocas acima citadas.

O controle das plantas daninhas foi realizado durante o período experimental, por meio de quatro capinas manuais e duas pulverizações com o herbicida glifosate a 1,5% do produto comercial, com auxílio de pulverizador costal manual.

O controle fitossanitário foi feito com duas aplicações (15.05.96 e 21.06.96) de benomyl a 0,2% do produto comercial, para controle da cercosporiose (*Cercospora coffeicola*, Berk e Cooke) e de cyfluthrin a 0,2% do produto comercial, para controle do bicho mineiro (*Perileuoptera coffeella*, Guérin e Mèneville, 1842). Utilizou-se pulverizador costal manual.

Em função das baixas precipitações ocorridas após o plantio (Quadro 1), foram realizadas seis irrigações suplementares, em intervalos de dez dias, com cinco litros de água por cova.

3.4. Amostragens

A coleta dos dados para a avaliação do experimento foi feita após um ano de plantio e realizada no período de 25.04.1997 a 10.05.1997.

3.4.1. Amostragem do solo

Para análise química do solo e obtenção do equivalente de umidade, foram retiradas 18 amostras simples para formar uma amostra composta em cada parcela, na profundidade de 0 - 20 cm. Foram retiradas duas amostras simples na cova de plantio e uma entre as plantas na linha de plantio, nos seis intervalos das oito plantas úteis de cada parcela.

A resistência do solo à penetração foi obtida com penetrógrafo de cone, com ângulo de penetração de 30° e 12,83 mm de diâmetro de haste, seguindo as normas de ASAE S313.2. Esta foi obtida à distância de 10 cm do tronco da planta, na direção da linha de plantio, nas profundidades de 0 - 10; 0 - 20; 0 - 30; e 0 - 40 cm. Foi feita uma amostragem por parcela.

No mesmo ponto onde foi inserido o penetrômetro, retirou-se, com trado, amostra para determinar a umidade atual na profundidade de 0 - 40 cm (EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA, 1979).

Foram realizadas amostragens em dois pontos próximos à planta para determinar a densidade do solo, a densidade real e a porosidade total. No primeiro ponto, localizado a 6,0 cm da planta, na direção da linha de plantio, foram retiradas amostras nas profundidades de 0 - 4 cm (Ds1, Dr1 e Pt1) e 16 - 20 cm (Ds2, Dr2 e Pt2). No segundo ponto, localizado a 30 cm da planta, na direção perpendicular à linha de plantio, foram retiradas amostras nas profundidades de 0 - 4 cm (Ds3, Dr3 e Pt3) e 16 - 20 cm (Ds4, Dr4 e Pt4). Foi feita uma amostragem por parcela, utilizando-se anel volumétrico.

3.4.2. Amostragem das plantas

3.4.2.1. Parte aérea

Para obtenção dos dados referentes às variáveis altura da planta, diâmetro do caule e número de ramos plagiotrópicos, foram consideradas as oito plantas úteis de cada parcela.

Para determinação da área foliar, foram escolhidas duas plantas por parcela. As duas plantas escolhidas foram as que se encontravam mais próximas das médias dos valores obtidos nas variáveis altura de planta, diâmetro de caule e número de ramos plagiotrópicos.

3.4.2.2. Raízes

Avaliou-se uma planta por parcela, obtida ao acaso, entre as duas plantas utilizadas na determinação da área foliar. Na cova desta planta foi obtida a resistência do solo à penetração, anteriormente comentada.

Para a amostragem de raízes, utilizou-se trado constituído de cilindro com 7,4 cm de diâmetro e 15 cm de altura, perfazendo o volume de 645 cm³

(BÖHM, 1979). Foram retiradas duas amostras na direção da linha de plantio e duas amostras na linha perpendicular a esta, à distância de 16 cm da planta, na profundidade de 0 - 15 cm.

As amostras foram imersas em água e detergente para facilitar a extração das raízes. Após o período de 14 a 16 h, as raízes foram separadas do solo e da matéria orgânica com o uso de peneira (1,0 mm de malha) em água corrente e pinça, respectivamente (KUCKE et al., 1995).

3.4.2.3. Amostragem para análise química das folhas

A amostragem de folhas para análise química foi feita conforme indicações de MALAVOLTA et al. (1989), coletando-se o 3º ou o 4º par, a partir do ápice do ramo, no terço médio da planta, nos quatro pontos cardeais. Foram coletadas folhas das oito plantas úteis de cada parcela. Após serem lavadas com água destilada, foram acondicionadas em sacos de papel e secadas em estufa com circulação forçada de ar, a 70 °C, até atingirem peso constante.

3.5. Características determinadas

3.5.1. Características do solo

3.5.1.1. Químicas

3.5.1.1.1. Carbono orgânico

Determinado por oxidação da matéria orgânica, pelo método Walkley-Black, descrito por DEFELIPO e RIBEIRO (1981).

3.5.1.1.2. pH em água

Determinado potenciométricamente, em relação solo-água de 1:2,5, conforme descrito por DEFELIPO e RIBEIRO (1981).

3.5.1.1.3. Acidez trocável e potencial

A acidez trocável (Al^{3+}) foi extraída em solução de KCl 1 mol.L⁻¹, na proporção de solo-solução de 1:10, sendo posteriormente determinada pela titulação com NaOH 0,025 mol.L⁻¹, tendo como indicador o azul de bromotimol. A acidez potencial (H + Al) foi determinada com extração por Ca (OAc)₂ 0,5 mol.L⁻¹ a pH 7,0 (EMBRAPA, 1979).

3.5.1.1.4. Fósforo e potássio disponíveis

Extraídos por Mehlich-1. O fósforo foi determinado colorimetricamente após redução do complexo fosfomolibdico usando-se ácido ascórbico. O potássio foi determinado por fotometria de chama, segundo DEFELIPO e RIBEIRO (1981).

3.5.1.1.5. Cálcio e magnésio trocáveis

Extraídos em solução de KCl 1 mol.L⁻¹, na proporção de solo-solução de 1:10 (EMBRAPA, 1979). Foram determinados por espectrofotometria de absorção atômica.

3.5.1.1.6. Soma de bases, capacidade de troca catiônica total e índice de saturação de bases

A soma de bases (SB) representa a soma de Ca + Mg + K; e a capacidade de troca catiônica total (CTCt). A CTC, a pH 7,0, foi obtida por SB + (H + Al) e o índice de saturação de bases (V) calculado pela expressão $V = (SB/CTCt) \times 100$.

3.5.1.2. Físicas

3.5.1.2.1. Resistência do solo à penetração

Com o uso de penetrômetro, obtiveram-se os resultados que foram expressos pelo índice de cone (IC1, IC2, IC3 e IC4, nas profundidades de 0 - 10; 0 - 20; 0 - 30; e 0 - 40 cm, respectivamente) em kgf.cm^{-2} . Entende-se por índice de cone (IC) a resistência à penetração, expressa pela relação entre a força exercida para fazer penetrar um cone metálico no solo e na sua área basal (TORMENA, 1991).

3.5.1.2.2. Densidade do solo

Para se determinar a densidade do solo, foi usado o método do anel volumétrico de volume $49,07 \text{ cm}^3$, com massa de solo secada em estufa a 110°C , durante 48 h, tendo sido aplicada a fórmula (BLAKE, 1965):

$$D_s = \frac{m_s}{v_c},$$

em que

D_s = Densidade do solo (g.cm^{-3});

m_s = massa do solo, em gramas (g); e

v_c = volume do cilindro (cm^3).

3.5.1.2.3. Densidade real

Foi determinada medindo-se o volume ocupado por 20 g de terra fina secada em estufa (TFSE), com o emprego do álcool etílico absoluto como líquido penetrante e balão volumétrico aferido de 50 mL, de acordo com EMBRAPA (1979), usando-se a fórmula:

$$Dr = \frac{m_s}{v_p},$$

em que

Dr = Densidade real, em g.cm⁻³;

m_s = 20 g de TFSE; e

v_p = volume ocupado pelas partículas do solo, em cm³.

3.5.1.2.4. Porosidade total

A porosidade total foi estimada a partir da densidade do solo (Ds) e da densidade real (Dr), conforme a fórmula:

$$Pt = \left(\frac{Dr - Ds}{Dr} \right) \times 100,$$

em que

Pt = Porosidade total, em %;

Dr = Densidade real, em g.cm⁻³; e

Ds = Densidade do solo, em g.cm⁻³.

3.5.1.2.5. Equivalente de umidade

Foi determinado pelo método da centrifugação, a 1.000 vezes a aceleração da gravidade, durante 30 min, em amostra de 25 g de terra fina secada em estufa (TFSE), previamente saturada com água, durante 12 h, segundo MOURA FILHO (1964).

3.5.2. Características da planta

3.5.2.1. Parte aérea

3.5.2.1.1. Altura da planta

Medida correspondente à distância entre o nível do solo e o ponto de inserção dos brotos terminais, feita com o auxílio de régua graduada.

3.5.2.1.2. Diâmetro do caule

O diâmetro do caule foi medido à distância de 1,0 cm da superfície do solo, com o auxílio de paquímetro.

3.5.2.1.3. Número de ramos plagiotrópicos

Na determinação do número de ramos plagiotrópicos, foram considerados todos os ramos que apresentavam comprimento igual ou superior a 2,53 cm (1 polegada).

3.5.2.1.4. Área foliar

A área foliar foi determinada pelo produto do maior comprimento da folha pela sua maior largura. Este resultado foi multiplicado pela constante 0,667 e por dois para obter a área do par de folhas (BARROS et al., 1973). Posteriormente,

multiplicado por dois, para obter a área do par de ramos plagiotrópicos. As medidas foram obtidas com o auxílio de régua graduada.

3.5.2.2. Raízes

3.5.2.2.1. Volume de raízes

O volume de raízes foi determinado com o auxílio de proveta graduada. Colocou-se água até dado volume, a seguir as raízes foram imersas, obtendo-se o volume final. Por diferença determinou-se o volume de raízes com precisão de 1,0 mL.

3.5.2.2.2. Peso de matéria seca de raízes

As raízes foram acondicionadas em sacos de papel e secas em estufa a 70°C, até peso constante, a seguir, determinou-se o peso de matéria seca de raízes, com precisão de 1,0 g.

3.5.2.3. Análise química das folhas

Foram determinados os teores de N, P, S, K, Ca, Mg, Mn, Zn, Fe e Cu. Para as suas determinações, as amostras secas das folhas foram moídas, até passarem em peneira de 20 malhas.pol.⁻², em seguida, submetidas à digestão nitroperclórica (JOHNSON e ULRICH, 1959) para as análises de P, S, K, Ca, Mg, Mn, Zn, Fe e Cu; à digestão sulfúrica (JACKSON, 1958), para a análise de N-orgânico; e à extração com água em banho-maria a 45°C, durante uma hora, para análise de N-NO_3^- . O N-orgânico foi determinado pelo método de Nessler (JACKSON, 1958); o N-NO_3^- foi determinado por colorimetria (CATALDO et al., 1975); o teor de P pelo método da vitamina C, modificado por BRAGA e

DEFELIPO (1974); o teor de K, por fotometria de chama; o S por turbidimetria do sulfato (JACKSON, 1958); e os teores de Ca, Mg, Mn, Zn, Fe e Cu foram determinados por espectrofotometria de absorção atômica, segundo ASSOCIATION..., A.O.A.C. (1975).

3.6. Análise estatística

Os dados obtidos foram analisados estatisticamente de duas maneiras, ambas em esquema fatorial completo (3 x 2) mais dois tratamentos adicionais: (1) consideraram-se três formas de aplicação de matéria orgânica (MOI, MOC e MOA) e dois tipos de cova (TC1 e TC2), sendo os tratamentos adicionais constituídos por cova de 15 x 15 x 25 cm com matéria orgânica em cobertura, ou com ausência de matéria orgânica; (2) consideraram-se três tipos de covas (TC1, TC2 e TC3) e duas formas de aplicação de matéria orgânica (MOC e MOA), sendo os tratamentos adicionais constituídos por cova 40 x 40 x 40 cm e sulco com matéria orgânica incorporada (Figura 1):

Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância, segundo modelo simplificado apresentado no Quadro 6. As médias foram comparadas por meio do teste de Tukey. O nível de significância adotado foi de até 5% de probabilidade.

Tipos de cova	Matéria orgânica			
	MOI	MOC	MOA	
TC1	1	2	3	
				FC
TC2	4	5	6	M1

TC3	-	7	8	TA
	TA		FC	
M2				

Figura 1 - Esquema da análise estatística do experimento, conforme especificado anteriormente, para os oito tratamentos.

Quadro 6 - Resumo da análise de variância utilizada para todas as variáveis avaliadas

FV	GL	SQ	QM	F
Blocos	3			
Tratamentos	7			
TC12/FC ^{2/}	1			
MO/TC1 ^{3/}	2			
M1 ^{1/} MO/TC2	2			
MO/TC3	1			
MO/TC3 vs TC12/FC ^{4/}	1			
MOCA/FC ^{5/}	1			
TC/MOI ^{6/}	1			
M2 TC/MOC	2			
TC/MOA	2			
TC/MOI vs MOCA/FC ^{7/}	1			
Erro	21			
Total	31			

1/ - Maneiras 1 e 2 da análise estatística.

2/ - Tipos de Cova (TC1 - 40 x 40 x 40 cm e TC2 - sulco) dado Fatorial Completo (FC).

3/ - Matéria Orgânica (MO) dado Tipos de Cova (TC1 - 40 x 40 x 40 cm, TC2 - sulco e TC3 - 15 x 15 x 25 cm).

4/ - Matéria Orgânica (MO) dado Tipos de Cova (TC3 - 15 x 15 x 25 cm) *versos* Tipos de Cova (TC1 - 40 x 40 x 40 cm e TC2 - sulco) dado Fatorial Completo (FC).

5/ - Matéria Orgânica (MOC - em cobertura e MOA - ausente) dado fatorial completo (FC).

6/ - Tipos de cova (TC) dado matéria orgânica (MOI - incorporada, MOC - em cobertura e MOA - ausente).

7/ - Tipos de cova (TC) dado matéria orgânica (MOI - incorporada) *versos* Matéria Orgânica (MOC - em cobertura e MOA - ausente) dado fatorial completo (FC).

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1. Características do solo

4.1.1 Químicas

4.1.1.1. Carbono orgânico, pH em água, acidez potencial e fósforo disponível

O carbono orgânico foi encontrado em níveis altos (CFSEMG, 1989). Os maiores valores dos teores de carbono orgânico foram observados nas covas com aplicação de matéria orgânica, em relação aos das covas sem aplicação (Quadro 7). KUPPER (1981) relata que na adição de matéria orgânica bruta, com relação C/N alta ao solo, apenas 50% decompõe no primeiro ano, mantendo resíduo que eleva o valor do teor de carbono orgânico. Por outro lado, ARANA (1966) observou, para a polpa de café decomposta, com relação C/N de 10/1, utilizando-se 64 t por ha, que a mineralização pode fixar-se em seis meses, com os valores dos teores de carbono orgânico do solo voltando aos níveis iniciais. Nas condições do presente ensaio, utilizando-se esterco curtido de gado com relação C/N próximo de 10/1, observou-se a manutenção de resíduo orgânico da aplicação que elevou os valores dos teores de carbono orgânico.

Quadro 7 - Características químicas do solo referentes a carbono orgânico do solo (CO), potencial hidrogeniônico (pH), acidez potencial (H + Al) e fósforo disponível (P)

Variáveis	Tipos de Cova	Matéria Orgânica		
		Incorporada	Cobertura	Ausente
CO dag.kg ⁻¹	40 x 40 x 40 cm	2,42 A	2,36 A	1,55 B b
	Sulco	2,50 A	2,59 A	1,62 B b
	15 x 15 x 25 cm	-	2,48 A	2,01 B a
pH	40 x 40 x 40 cm	5,7 AB	5,9 A	5,5 B b
	Sulco	5,9	5,9	5,8 a
	15 x 15 x 25 cm	-	5,8	5,6 ab
H + Al cmol _c .dm ⁻³	40 x 40 x 40 cm	2,48	2,40	2,70
	Sulco	2,18	1,95	2,40
	15 x 15 x 25 cm	-	2,55	2,70
P mg.dm ⁻³	40 x 40 x 40 cm	1.123 A	887 AB	432 B
	Sulco	1.465	1.257	935
	15 x 15 x 25 cm	-	848	698

Para cada variável, médias seguidas por uma mesma letra maiúscula, na linha, e minúscula, na coluna, não diferem estatisticamente entre si, pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade.

Verificou-se que não houve diferença significativa entre os tipos de cova nos valores dos teores do carbono orgânico com matéria orgânica incorporada e aplicada em cobertura (Quadro 7). Apenas na ausência de matéria orgânica, os valores dos teores de carbono orgânico da cova 15 x 15 x 25 cm superaram os das demais. Isto ocorreu porque no preparo da cova 40 x 40 x 40 cm e do sulco misturaram-se camadas do solo da subsuperfície com camadas da superfície, diluindo os valores dos teores de carbono (CARVALHO, 1984; SOUZA, 1988).

Os valores de pH em água (Quadro 7) mostraram que o solo apresentou acidez média (CFSEMG, 1989). O cafeeiro desenvolve-se bem em solo com pH entre 5,6 e 6,5 (MATIELLO, 1991). No sulco e na cova 15 x 15 x 25 cm, não houve diferença significativa de valores de pH entre as formas de aplicação de matéria orgânica. Na cova 40 x 40 x 40 cm, observou-se maior valor de pH com matéria orgânica em cobertura, em relação à sua ausência, e semelhança de valores à incorporada. Resultados semelhantes foram obtidos por VIANA et al.

(1987) para solo LEd fase cerrado. A alcalinidade fraca do esterco curtido de gado (Quadro 5), utilizado no ensaio (CFSEMG, 1989), possivelmente contribuiu para o aumento do valor de pH. As condições que levam ao aumento da participação de “bases trocáveis” no complexo de troca, como na adição de matéria orgânica, também determinam, via de regra, aumento no valor de pH (ALVAREZ V. et al., 1995).

Verificou-se que não houve diferença significativa entre os tipos de cova nos valores de pH com aplicação de matéria orgânica incorporada e em cobertura (Quadro 7). Na ausência de matéria orgânica, observou-se maior valor de pH no sulco, em relação à cova 40 x 40 x 40 cm e semelhança de valores à cova 15 x 15 x 25 cm. O maior valor de pH no sulco pode ser decorrente da quantidade de corretivo carregado para o local de amostragem, ocasionado pela água das chuvas.

A acidez potencial expressou basicamente os teores de H^+ pois, no solo do ensaio, não se detectou Al^{3+} (Quadro 7). Com valores de pH entre 5,5 e 8,0, a solubilidade do Al^{3+} é mínima (ALVAREZ V. et al., 1995). Os níveis de H^+ + Al foram baixo e médio (CFSEMG, 1989), não registrando diferenças significativas entre os tipos de cova, nas formas de aplicação de matéria orgânica e vice-versa. Entretanto, KIEHL (1979) citou que há correlação positiva entre C% e H^+ + Al , ou seja, quanto maior o valor do teor de carbono orgânico no solo, maior a quantidade de hidrogênio ligado por covalência. As moléculas orgânicas apresentam radicais ácidos de superfície, como são os casos dos grupos carboxílicos e fenólicos. Tais grupos dissociam-se liberando prótons (H^+) na solução do solo (ALVAREZ V. et al., 1995), causando maior acidez potencial.

Os altos valores dos teores de fósforo disponível (Quadro 7) podem ser atribuídos ao fato de dois terços das amostragens terem sido feitas na cova de plantio atingindo a adubação fosfatada. Parte desse P pode não estar disponível às plantas. Para o extrator ácido Mehlich-1, valores superestimados do P “disponível” foram verificados em solos com predomínio de P-Ca, dada a sua gênese, ou pela utilização de fosfatos naturais de baixa solubilidade (NOVAIS et al., 1995).

No sulco e na cova 15 x 15 x 25 cm, não se verificaram efeitos significativos das formas de aplicação de matéria orgânica para os valores dos teores de P (Quadro 7). Na cova 40 x 40 x 40 cm, observaram-se maiores valores de teores de P com matéria orgânica incorporada, em relação à sua ausência, e semelhança de valores à aplicação em cobertura. A matéria orgânica atua como fonte de nutrientes para as plantas, em particular P (MALAVOLTA, 1993). Também não se verificaram diferenças significativas entre tipos de cova, em cada forma de aplicação de matéria orgânica, para os valores dos teores de P.

4.1.1.2. Potássio disponível, cálcio e magnésio trocáveis, soma de bases, capacidade de troca catiônica total e índice de saturação de bases

Ocorreu maior valor do teor de K nos três tipos de cova com aplicação de matéria orgânica, em relação à sua ausência (Quadro 8). A matéria orgânica aumenta a capacidade de troca catiônica, diminuindo perdas de bases (K, Ca e Mg) por lixiviação (MALAVOLTA, 1993). Resultados semelhantes foram obtidos por VIANA et al. (1987) em solo LEd fase cerrado. Entre os tipos de cova estudados, não se verificaram diferenças significativas para os valores dos teores de K. O mesmo foi encontrado em níveis altos para todos os tratamentos do ensaio (CFSEMG, 1989).

Na cova 40 x 40 x 40 cm, observaram-se maiores valores de teores de Ca com matéria orgânica incorporada, em relação à sua ausência, e semelhança de valores à aplicação em cobertura (Quadro 8). Esses resultados foram relacionados à capacidade de a matéria orgânica adsorver Ca, diminuindo a lixiviação desse nutriente no solo (KIEHL, 1979). Os valores dos teores de Ca, no presente ensaio, foram altos (CFSEMG, 1989) e foram relacionados à aplicação de calcário e gesso.

Os teores de Mg foram encontrados em níveis médios (CFSEMG, 1989) e em maiores quantidades na presença de matéria orgânica, em relação à sua ausência, para os três tipos de cova (Quadro 8). Na presença de matéria orgânica incorporada, verificaram-se maiores valores dos teores de Mg no sulco, que na cova 40 x 40 x 40 cm. Esses resultados foram relacionados à

amostragem de solo. Para o sulco, todas as amostras foram retiradas em local com matéria orgânica incorporada, enquanto na cova 40 x 40 x 40 cm um terço das amostras simples foram coletadas em local sem aplicação de matéria orgânica.

Resultados semelhantes para Ca e Mg foram obtidos por VIANA et al. (1987), em ensaio de doses crescentes de esterco de curral, complementando a adubação química, em solo LEd no cerrado. ARANA (1966) estabeleceu que o tempo de residência de Ca e Mg ultrapassa um ano em solo adubado com polpa de café.

A soma de bases e a saturação de bases apresentaram níveis altos, enquanto a capacidade de troca catiônica total apresentou nível médio (CFSEMG, 1989). Esses resultados indicaram solo de boa fertilidade para o desenvolvimento do cafeeiro (Quadro 8). De modo geral, ocorreram maiores valores das três variáveis nos três tipos de cova com aplicação de matéria orgânica, em relação à sua ausência (Quadro 8). Resultados semelhantes foram obtidos por VIANA et al. (1987) em solo LEd fase cerrado. Os maiores valores de soma de bases, saturação de bases e capacidade de troca catiônica total relacionaram-se com a aplicação de matéria orgânica (ARAÚJO, 1996).

De modo geral, relativamente ao uso ou não da matéria orgânica, pode-se afirmar que, nas propriedades químicas e físico-químicas do solo, tem ela sua importância ressaltada na reação do solo, no conteúdo de bases trocáveis e na capacidade de troca catiônica (KIEHL, 1979). Além disso, a capacidade de troca catiônica dependente de pH foi consequência do conteúdo da matéria orgânica do solo (KIEHL, 1979) e não da sua aplicação. A carga negativa da fração orgânica do solo foi relacionada à dissociação de H⁺ de grupos funcionais, particularmente os carboxílicos e fenólicos. A formação dessa carga foi dependente de pH do meio, responsável pela associação do H⁺ (CAMARGO, 1985). No presente estudo, verificou-se que, com a adição da matéria orgânica, houve aumento do pH e, conseqüentemente, da capacidade de troca catiônica total.

Não se verificaram diferenças significativas para a mesma forma de aplicação de matéria orgânica entre os três tipos de cova, em relação à soma de bases, saturação de bases e capacidade de troca catiônica total.

Quadro 8 - Características químicas do solo, referentes a potássio disponível (K), cálcio (Ca) e magnésio (Mg) trocáveis, soma de bases (SB), capacidade de troca catiônica total (CTCt) e saturação de bases (V)

Variáveis	Tipos de Cova	Matéria Orgânica		
		Incorporada	Cobertura	Ausente
K mg.dm ⁻³	40 x 40 x 40 cm	147 A	158 A	119 B
	Sulco	155 A	158 A	111 B
	15 x 15 x 25 cm	-	157 A	124 B
Ca cmol _c .dm ⁻³	40 x 40 x 40 cm	6,2 A	5,2 AB	4,3 B
	Sulco	6,1	6,0	5,1
	15 x 15 x 25 cm	-	6,0	5,0
Mg cmol _c .dm ⁻³	40 x 40 x 40 cm	1,0 B b	1,2 A	0,7 C
	Sulco	1,2 A a	1,2 A	0,7 B
	15 x 15 x 25 cm	-	1,1 A	0,7 B
SB cmol _c .dm ⁻³	40 x 40 x 40 cm	7,57 A	6,74 A	5,24 B
	Sulco	7,64 A	7,59 A	6,00 B
	15 x 15 x 25 cm	-	7,51 A	6,02 B
CTCt cmol _c .dm ⁻³	40 x 40 x 40 cm	10,0 A	9,1 AB	7,9 B
	Sulco	9,8 A	9,5 AB	8,4 B
	15 x 15 x 25 cm	-	10,1 A	8,7 B
V %	40 x 40 x 40 cm	75,3 A	73,7 A	66,1 B
	Sulco	77,8 A	79,5 A	71,2 B
	15 x 15 x 25 cm	-	74,5 A	69,1 B

Para cada variável, médias seguidas por uma mesma letra maiúscula, na linha, e minúscula, na coluna, não diferem estatisticamente entre si, pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade.

De maneira geral, o fator tipo de cova pouco afetou as variáveis químicas do solo. Só ocorreu algum efeito quando resultante da mistura da camada superficial do solo com as subsuperficiais, ou relacionado à amostragem.

4.1.2. Físicas

4.1.2.1. Resistência do solo à penetração

Para os valores dos índices de cone (IC), não se detectaram diferenças significativas na presença de matéria orgânica, em relação à sua ausência, na cova 40 x 40 x 40 cm e no sulco (Quadro 9). Na cova 15 x 15 x 25 cm, os valores dos índices de cone com matéria orgânica em cobertura, foram superiores à sua ausência. MEJÍA (1993) citou que a matéria orgânica pode reter água até 20 vezes o seu peso. Portanto, com o emprego de matéria orgânica, poder-se-ia esperar maior umidade do solo, conseqüentemente, menor IC (ARAGON e GARCIA, 1995). Entretanto, Oliveira et al., citados por DIAS et al. (1995), trabalharam com a hipótese de que, com a mineralização da matéria orgânica, pode ocorrer formação de colóides orgânicos que descem no perfil, provocando obstrução dos macroporos, diminuindo a permeabilidade e a aeração do solo. Outra hipótese seria a formação de complexo argilo-húmico, que em solo pouco úmido aumentaria a resistência do solo à penetração. Essas hipóteses podem justificar a dificuldade de penetração do cone, ocorrida nesse ensaio.

Quadro 9 - Características físicas do solo, referentes a índice de cone (IC1, IC2, IC3 e IC4), nas profundidades de 0 - 10, 0 - 20, 0 - 30 e 0 - 40 cm, respectivamente e umidade atual (U)

Variáveis	Tipos de Cova	Matéria Orgânica		
		Incorporada	Cobertura	Ausente
IC1 kgf.cm ⁻²	40 x 40 x 40 cm	3,1	12,5 b	5,2
	Sulco	7,5	11,9 b	13,0
	15 x 15 x 25 cm	-	29,4 A a	10,5 B
IC2 kgf.cm ⁻²	40 x 40 x 40 cm	4,2 b	13,2 b	6,2 b
	Sulco	17,8 a	19,3 b	22,4 a
	15 x 15 x 25 cm	-	32,5 A a	17,3 B a
IC3 kgf.cm ⁻²	40 x 40 x 40 cm	7,1 b	10,7 c	6,5 b
	Sulco	20,9 a	23,0 b	26,0 a
	15 x 15 x 25 cm	-	33,3 A a	21,1 B a
IC4 kgf.cm ⁻²	40 x 40 x 40 cm	10,3 b	14,2 b	9,8 b
	Sulco	21,9 a	24,3 a	26,6 a
	15 x 15 x 25 cm	-	33,1 A a	22,8 B a
U dag.kg ⁻¹	40 x 40 x 40 cm	25,4	25,7	23,4
	Sulco	27,0	26,3	24,1
	15 x 15 x 25 cm	-	23,7	24,3

Para cada variável, médias seguidas por uma mesma letra maiúscula, na linha, e minúscula, na coluna, não diferem estatisticamente entre si, pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade.

À exceção do valor do IC4, os demais valores dos índices de cone foram superiores na cova 15 x 15 x 25 cm, comparativamente aos demais tipos de cova, quando na presença de matéria orgânica em cobertura. Na ausência de matéria orgânica, os valores dos IC2, IC3 e IC4 não diferiram entre a cova 15 x 15 x 25 cm e o sulco, e ambos foram superiores aos da cova 40 x 40 x 40 cm. Também os valores dos IC2, IC3 e IC4, na presença de matéria orgânica incorporada, foram superiores no sulco em relação à cova 40 x 40 x 40 cm. Esses resultados ocorreram porque, no sulco, às profundidades de 0 - 20; 0 - 30; e 0 - 40 cm, há presença de solo com estrutura natural, sem ter sido alterada pelo preparo. O mesmo ocorreu na cova 15 x 15 x 25 cm, na profundidade de 0 a 10 cm, com aplicação da matéria orgânica em cobertura e nas demais profundidades, com todas as formas de aplicação de matéria

orgânica. Isto se tornou mais evidente para a cova 40 x 40 x 40 cm, que teve toda sua estrutura natural desarranjada pelo seu preparo, até os 40 cm de profundidade, onde a resistência do solo à penetração foi menor, comparativamente aos outros tipos de cova.

O aumento na resistência do solo traz, como consequência, efeitos prejudiciais ao crescimento radicular, principalmente sob condições de baixa umidade do solo. Solo compactado e ausência de seu preparo podem reduzir a proliferação de raízes (NESMITH, 1987). TORMENA (1991) relata que os valores de IC limitantes ao crescimento radicular variam com o tipo de penetrômetro utilizado, com o grau de desenvolvimento hierárquico da estrutura do solo e com a espécie de planta. Resistência do solo à penetração entre 23 e 40 kgf.cm⁻² (DANIEL et al., 1995), ou maior que 25 kgf.cm⁻² (Threadgill, citado por BALBUENA et al., 1995) constitui barreira prejudicial ao desenvolvimento radicular das plantas.

Dessa forma, os valores dos IC da cova 15 x 15 x 25 cm, principalmente com matéria orgânica em cobertura (Quadro 9), sugeriram restrição ao desenvolvimento das raízes do cafeeiro. Entretanto, ARAGON e GARCIA (1995) concluíram que há relação linear e inversa entre os valores dos IC e o conteúdo de umidade do solo. Porém, no presente estudo não ocorreu efeito da umidade atual do solo, que foi estatisticamente igual para os diversos tratamentos (Quadro 9), sobre a penetração do cone.

4.1.2.2. Densidade do solo

As amplitudes de variação dos valores das densidades do solo (Ds) ficaram dentro do limite médio que é de 1,00 a 1,23 g.cm⁻³ (KIEHL, 1979) para os solos argilosos (Quadro 10).

Observou-se, para os valores das densidades do solo (Ds1, Ds2, Ds3 e Ds4), que não houve efeito das formas de aplicação de matéria orgânica nos três tipos de cova (Quadro 10). Entretanto, KIEHL (1979) recomenda a aplicação de matéria orgânica para baixar o valor da densidade do solo. Igualmente,

MACHADO e BRUM (1978) observaram aumento do valor da densidade do solo, por causa da diminuição da matéria orgânica.

Quadro 10 - Características físicas do solo referentes às densidades do solo amostradas a 6 e a 30 cm da planta, na linha de plantio e perpendicular a esta, respectivamente, nas profundidades de 0 - 4 cm (Ds1 e Ds3) e 16 - 20 cm (Ds2 e Ds4)

Variáveis	Tipos de Cova	Matéria Orgânica		
		Incorporada	Cobertura	Ausente
Ds1 g.cm ⁻³	40 x 40 x 40 cm	1,05	1,19	1,04
	Sulco	1,14	1,12	1,05
	15 x 15 x 25 cm	-	1,12	1,10
Ds2 g.cm ⁻³	40 x 40 x 40 cm	0,97 b	1,05 b	1,07 b
	Sulco	1,23 a	1,25 a	1,21 a
	15 x 15 x 25 cm	-	1,11 b	1,12 ab
Ds3 g.cm ⁻³	40 x 40 x 40 cm	1,26 a	1,31	1,22
	Sulco	1,15 b	1,24	1,25
	15 x 15 x 25 cm	-	1,30	1,23
Ds4 g.cm ⁻³	40 x 40 x 40 cm	1,24	1,25	1,26
	Sulco	1,24	1,19	1,23
	15 x 15 x 25 cm	-	1,20	1,20

Para cada variável, médias seguidas por uma mesma letra minúscula, na coluna, não diferem estatisticamente entre si, pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade.

Verificaram-se maiores valores da Ds2 no sulco, em relação às demais covas, quando da aplicação de matéria orgânica (Quadro 10). Na ausência de matéria orgânica, o sulco apresentou valor da Ds2 superior ao da cova 40 x 40 x 40 cm, e ambos semelhantes aos da cova 15 x 15 x 25 cm. Estes resultados foram relacionados, provavelmente, ao fato de a amostragem ter sido feita fora da área da cova, na camada que não sofreu alteração em sua estrutura.

O maior valor da Ds3 na cova 40 x 40 x 40 cm, em relação ao sulco, pode ser explicado pela amostragem (Quadro 10). A amostragem no sulco foi feita na região de influência do camalhão, enquanto na cova foi feita em local sem influência de preparo, ou seja, com a estrutura natural.

Não houve efeito do tipo de cova para os valores da Ds4 (Quadro 10). Novamente este resultado está relacionado às amostragens, que foram feitas fora da influência da região preparada.

Os valores das Ds1 e Ds2 com amostragens realizadas dentro das covas foram menores que os valores das Ds3 e Ds4 realizadas fora das covas (Quadro 10). Em solos muito adensados, as raízes não aprofundam, explorando menor volume de solo, com menor disponibilidade de água e nutrientes (MATIELLO, 1991). Nutrientes que se encontram em camadas mais adensadas/compactadas são mais dificilmente aproveitados pelas plantas (FRANCO e INFORZATO, 1946).

4.1.2.3. Densidade real

Os valores médios dos tratamentos do ensaio (Quadro 11), para as densidades reais (Dr), estavam dentro da faixa de variação normal que é de 2,3 a 2,9 g.cm⁻³ (BUCKMAN e BRADY, 1974).

Pelo Quadro 11, observou-se que os tipos de cova 40 x 40 x 40 cm e 15 x 15 x 25 cm apresentaram menores valores de Dr1 com presença de matéria orgânica, em relação à sua ausência. A Dr tende a reduzir-se com maiores teores de matéria orgânica (MOURA FILHO, 1965). Para os valores das densidades reais (Dr2, Dr3 e Dr4), não ocorreu significância entre as formas de aplicação de matéria orgânica nos diferentes tipos de cova.

O valor da Dr2 no sulco foi superior ao da cova 40 x 40 x 40 cm apenas com matéria orgânica incorporada (Quadro 11). Fato este explicado pela amostragem que, no sulco, foi feita em camada de solo não revolvida, impossibilitando a incorporação da matéria orgânica. Na cova 40 x 40 x 40 cm, o valor da Dr3 foi superior em relação ao do sulco, apenas com matéria orgânica incorporada. Este fato pode ser explicado pela amostragem que, no sulco, foi realizada no camalhão, onde o uso da matéria orgânica fez diminuir o valor da densidade real, enquanto na cova 40 x 40 x 40 cm não houve mistura de matéria orgânica na região de amostragem. Maiores teores de matéria orgânica tendem a diminuir a densidade real (MOURA FILHO, 1965).

Para os valores das Dr4 não houve efeito dos fatores em estudo (Quadro 11). Neste caso, as amostragens foram realizadas fora da área de influência desses fatores.

Quadro 11 - Características físicas do solo, referentes às densidades real amostradas a 6 e a 30 cm da planta, na linha de plantio e perpendicular a esta, respectivamente, nas profundidades de 0 - 4 cm (Dr1 e Dr3) e 16 - 20 cm (Dr2 e Dr4)

Variáveis	Tipos de Cova	Matéria Orgânica		
		Incorporada	Cobertura	Ausente
Dr1 g.cm ⁻³	40 x 40 x 40 cm	2,58 B	2,57 B	2,66 A
	Sulco	2,60	2,59	2,62
	15 x 15 x 25 cm	-	2,59 B	2,64 A
Dr2 g.cm ⁻³	40 x 40 x 40 cm	2,56 b	2,61	2,60
	Sulco	2,63 a	2,61	2,67
	15 x 15 x 25 cm	-	2,61	2,66
Dr3 g.cm ⁻³	40 x 40 x 40 cm	2,61 a	2,61	2,65 a
	Sulco	2,53 b	2,56	2,56 b
	15 x 15 x 25 cm	-	2,61	2,62 ab
Dr4 g.cm ⁻³	40 x 40 x 40 cm	2,62	2,61	2,62
	Sulco	2,59	2,59	2,62
	15 x 15 x 25 cm	-	2,59	2,61

Para cada variável, médias seguidas por uma mesma letra maiúscula, na linha, e minúscula, na coluna, não diferem estatisticamente entre si, pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade.

4.1.2.4. Porosidade total

De modo geral, os resultados médios apresentados no Quadro 12, relativos aos valores das porosidades totais Pt1 e Pt2, obtidas dentro da cova de plantio, foram maiores que os valores das porosidades totais Pt3 e Pt4, obtidas fora da cova. Esses resultados foram relacionados ao afrouxamento da estrutura natural do solo, ocasionada pela abertura da cova em Pt1 e Pt2.

De modo geral, as formas de aplicação de matéria orgânica não tiveram efeito sobre os valores das porosidades totais. Oliveira et al., citados por DIAS et al. (1995), trabalharam com a hipótese de que com a mineralização da matéria orgânica pode ocorrer formação de colóides orgânicos que descem no perfil,

provocando obstrução dos macroporos, diminuindo a permeabilidade e aeração do solo.

Quadro 12 - Características físicas do solo referentes às porosidades total amostradas a 6 e a 30 cm da planta, na linha de plantio e perpendicular a esta, respectivamente, nas profundidades de 0 - 4 cm (Pt1 e Pt3) e 16 - 20 cm (Pt2 e Pt4) e equivalente de umidade (EU)

Variáveis	Tipos de Cova	Matéria Orgânica		
		Incorporada	Cobertura	Ausente
Pt1	40 x 40 x 40 cm	59,2 AB	53,6 B	60,9 A
	Sulco	56,1	56,8	59,9
	% 15 x 15 x 25 cm	-	56,8	58,3
Pt2	40 x 40 x 40 cm	62,1 a	59,7 a	58,8
	Sulco	53,3 b	52,3 b	54,6
	% 15 x 15 x 25 cm	-	57,6 ab	57,8
Pt3	40 x 40 x 40 cm	52,0 AB	49,8 B	54,1 A
	Sulco	54,4	51,7	51,2
	% 15 x 15 x 25 cm	-	50,4	52,9
Pt4	40 x 40 x 40 cm	52,8	52,0	51,8
	Sulco	52,2	53,9	53,2
	% 15 x 15 x 25 cm	-	53,5	54,2
EU	40 x 40 x 40 cm	30,7	30,0	28,7
	Sulco	31,0	31,2	29,1
	% 15 x 15 x 25 cm	-	28,7	28,4

Para cada variável, médias seguidas por uma mesma letra maiúscula, na linha, e minúscula, na coluna, não diferem estatisticamente entre si, pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade.

Na cova 40 x 40 x 40 cm, os valores de Pt1 e Pt3 com matéria orgânica em cobertura foram menores em relação à sua ausência, e ambas foram semelhantes à matéria orgânica incorporada (Quadro 12). Pode-se melhorar a porosidade do solo pela adição de matéria orgânica, que promove a redução da densidade do solo e, conseqüentemente, aumenta os espaços vazios (KIEHL, 1979).

O maior valor de Pt2 na cova 40 x 40 x 40 cm, em relação ao do sulco com incorporação de matéria orgânica (Quadro 12), pode estar relacionado à amostragem. No sulco, a amostragem pode ter sido retirada na região com estrutura natural do solo, portanto, sem incorporação da matéria orgânica. Nessa região, o valor da densidade do solo foi maior que na região com incorporação de matéria orgânica (Quadro 10). Elevados valores de densidades do solo implicam em redução da porosidade, infiltração de água e arejamento (Gavande, citado por WRUCK et al., 1995). KIEHL (1979) recomendou, para baixar o valor da Ds, aumentando o valor de Pt, a aplicação de matéria orgânica no solo.

Com aplicação de matéria orgânica em cobertura, o valor de Pt2 na cova 40 x 40 x 40 cm foi superior ao valor no sulco, e ambos foram semelhantes à cova 15 x 15 x 25 cm (Quadro 12). Resultado este decorrente de a amostragem ser, para o sulco, retirada na região com estrutura natural.

4.1.2.5. Equivalente de umidade

Para os valores de equivalente de umidade, não foram verificados efeitos dos fatores estudados (Quadro 12). Para o horizonte B-latossólico, a matéria orgânica não influenciou nos resultados dos valores de equivalente de umidade, provavelmente por causa do maior teor de argila que estaria mascarando os efeitos do húmus (SOUZA, 1988). Entretanto, KIEHL (1979) relata que maiores valores de teores de carbono orgânico no solo, como foi observado no presente ensaio, aumentam a porcentagem de água retida no solo.

4.2. Características da planta

4.2.1. Parte aérea

4.2.1.1. Altura da planta, diâmetro do caule, número de ramos plagiotrópicos e área foliar

Na cova 40 x 40 x 40 cm e no sulco, os resultados dos valores das variáveis altura da planta (AP), diâmetro do caule(DC), número de ramos plagiotrópicos (NRP) e área foliar (AF), mostraram que o efeito da aplicação de matéria orgânica em cobertura foi sempre superior à sua ausência. Ambas as formas de aplicação apresentaram efeitos semelhantes à incorporação da matéria orgânica para as variáveis acima citadas (Quadro 13). Portanto, sendo estas variáveis correlacionadas à produtividade (CORTÉS e SIMÓN, 1991), pode-se inferir que a prática de incorporação de matéria orgânica não se justificou no presente trabalho. Possivelmente, estes resultados podem estar relacionados ao efeito protetor promovido pela matéria orgânica no que se refere à perda de umidade do solo por evaporação e diminuição do impacto direto das gotas de chuva no terreno (FERNANDES, 1986). O elevado teor de carbono orgânico encontrado no solo do ensaio, na ausência de aplicação de matéria orgânica, pode explicar a falta de diferença entre a não-aplicação de matéria orgânica e sua incorporação.

De modo geral, os três tipos de cova não diferiram entre si no que se refere aos valores das variáveis AP, DC, NRP e AF (Quadro 13). Para NRP e AF, ocorreu efeito significativo do tipo de cova somente quando houve aplicação de matéria orgânica em cobertura. Dessa forma, pode-se inferir que, em condições semelhantes às do presente trabalho, poderiam ser utilizados quaisquer dos tipos de covas testados. Resultados semelhantes foram obtidos por SANTINATO et al. (1979) e SILVA et al. (1983). Entretanto, estes últimos pesquisadores, ao realizarem avaliações da primeira produção, concluíram que a cova 40 x 40 x 40 cm seria a mais indicada. Também, NOGUEIRA et al. (1981), após avaliarem o crescimento e produção de primeiro ano do cafeeiro, concluíram ser inviável o uso de cova pequena.

Quadro 13 - Altura de planta (AP), diâmetro do caule (DC), número de ramos plagiotrópicos (NRP) e área foliar (AF) de cafeeiro plantado em diferentes tipos de cova, em presença e ausência de matéria orgânica

Variáveis	Tipos de Cova	Matéria Orgânica		
		Incorporada	Cobertura	Ausente
AP cm	40 x 40 x 40 cm	55,9	56,8	52,4
	Sulco	54,8 AB	58,5 A	53,1 B
	15 x 15 x 25 cm	-	54,0	51,1
DC cm	40 x 40 x 40 cm	1,92 AB	1,98 A	1,76 B
	Sulco	1,95 AB	2,03 A	1,79 B
	15 x 15 x 25 cm	-	1,86	1,72
NRP	40 x 40 x 40 cm	18,7 A	19,1 A a	15,8 B
	Sulco	18,2 AB	19,6 A a	17,0 B
	15 x 15 x 25 cm	-	17,0 b	15,7
AF dm ²	40 x 40 x 40 cm	105,4 AB	132,2 A a	87,6 B
	Sulco	94,6	117,8 ab	88,1
	15 x 15 x 25 cm	-	86,4 b	78,2

Para cada variável, médias seguidas por uma mesma letra maiúscula, na linha, e minúscula, na coluna, não diferem estatisticamente entre si, pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade.

4.2.2. Raízes

4.2.2.1. Volume e peso de matéria seca de raízes

Os valores do volume de raízes (VR) foram maiores com presença de matéria orgânica em relação à sua ausência, para a cova 40 x 40 x 40 cm (Quadro 14). Para o sulco, os valores de VR foram maiores com matéria orgânica incorporada em relação à sua ausência, e ambos semelhantes aos da aplicação de matéria orgânica em cobertura. Fatos relacionados à presença de matéria orgânica, que aumenta a capacidade de troca catiônica, implicando menor perda de bases por lixiviação, regula a disponibilidade de micronutrientes catiônicos, além de ser fonte de nutrientes para as plantas, em particular N, P, S e B (MALAVOLTA, 1993). Segundo GUISCAFRÉ e GÓMES (1940), 94% do peso total das raízes encontram-se nos primeiros 30 cm, sendo isto atribuído à maior riqueza do solo em matéria orgânica na superfície e à melhor aeração.

No sulco, o valor de VR foi superior ao da cova 40 x 40 x 40 cm, quando da incorporação de matéria orgânica (Quadro 14). Este resultado ocorreu porque houve maior crescimento das raízes ao longo do sulco, enquanto na cova ocorreu melhor distribuição do sistema radicular. O critério de amostragem na direção da linha de plantio e perpendicular a esta, beneficiou a cova do tipo sulco pois, nesta, ocorreu concentração de raízes na direção da linha de plantio. Estas explicações foram embasadas em observações visuais colhidas na área experimental e foram corroboradas pelo valor do peso de matéria seca das raízes (PMSR), quando na ausência de aplicação de matéria orgânica. O afrouxamento do solo na direção do sulco promoveu boa aeração, favorecendo o desenvolvimento do sistema radicular (GUISCAFRÉ e GÓMES, 1940).

Quadro 14 - Volume de raízes (VR) e peso de matéria seca de raízes (PMSR) de cafeeiro plantado em diferentes tipos de cova, em presença e ausência de matéria orgânica

Variáveis	Tipos de Cova	Matéria Orgânica		
		Incorporada	Cobertura	Ausente
VR mL	40 x 40 x 40 cm	3,7 A b	4,0 A	2,0 B
	Sulco	5,4 A a	4,3 AB	3,5 B
	15 x 15 x 25 cm	-	3,1	2,7
PMSR g	40 x 40 x 40 cm	1,36 A	1,34 A	0,70 B b
	Sulco	1,77	1,51	1,34 a
	15 x 15 x 25 cm	-	1,00	0,94 ab

Para cada variável, médias seguidas por uma mesma letra maiúscula, na linha, e minúscula, na coluna, não diferem estatisticamente entre si, pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade.

Verificou-se que, para a cova 40 x 40 x 40 cm, houve maior valor do PMSR na presença de matéria orgânica, em relação à sua ausência (Quadro 14). Da mesma forma, como acima comentado para os valores de VR, novamente verificaram-se os efeitos benéficos da matéria orgânica.

As variáveis avaliadas do sistema radicular tiveram maior crescimento na presença de matéria orgânica, comparativamente à sua ausência. Assim, estas

plantas podem “buscar” água mais profunda além de “absorver” mais água à mesma profundidade. Bull, citado por RENA e MAESTRI (1986), demonstrou que aplicação de “cobertura morta” aumentou o tamanho do sistema radicular como um todo e a profundidade da raiz pivotante do cafeeiro.

4.2.3. Análise química das folhas

4.2.3.1. Nitrogênio, fósforo, enxofre, potássio, cálcio e magnésio

Não foram observadas diferenças significativas nos valores dos teores de N, nas plantas cultivadas no presente ensaio, tanto entre os tipos de cova, como entre as formas de aplicação de matéria orgânica (Quadro 15). Esperava-se maior valor no teor de N, nas plantas cultivadas na presença de matéria orgânica, em relação à sua ausência, pois a mesma foi fonte de N para as plantas (KIEHL, 1985). HIROCE (1972) concluiu que a aplicação do adubo orgânico provocou aumento nos valores dos teores de N, nas folhas do cafeeiro, no outono, comparativamente à sua não aplicação. Plantas com maior diâmetro de caule, maior número de ramos plagiotrópicos e maior área foliar, como observado nos tratamentos com aplicação de matéria orgânica em cobertura, tiveram provavelmente maior conteúdo de N, verificando-se assim o “efeito de diluição”. As adubações com N, em cobertura, poderiam também ter sido as responsáveis pela falta de diferença entre tratamentos. CARVALHO (1983) encontrou valores de teores foliares de N em progênie de Catimor UFV-1359 e Catuaí, semelhantes aos do presente ensaio, para mesma localidade e época de amostragem foliar.

Para P, observaram-se maiores valores de teores foliares nas plantas cultivadas com matéria orgânica em cobertura, em relação à sua ausência, na cova 15 x 15 x 25 cm (Quadro 15). A matéria orgânica atua como fonte de nutrientes para as plantas, em particular P (MALAVOLTA, 1993). Já no sulco, o valor do teor foliar de P nas plantas cultivadas com matéria orgânica incorporada foi superior à sua ausência, sendo em ambas semelhantes ao valor do teor de P de plantas cultivadas com matéria orgânica aplicada em cobertura. HIROCE

(1972) encontrou resultados semelhantes para o valor do teor foliar de P, com o esterco de curral, em cafeeiro Mundo Novo, em Viçosa, amostrando folhas na mesma época do presente ensaio.

Verificaram-se maiores valores dos teores foliares de P e S nas folhas das plantas cultivadas no sulco, em relação à cova 40 x 40 x 40 cm, com matéria orgânica incorporada (Quadro 15). Este resultado pode ser explicado pelo fato de que, para o sulco, o total de matéria orgânica aplicado ficou confinado, em sua grande maioria, na área de exploração radicular da planta. Porém, para a cova 40 x 40 x 40 cm, a matéria orgânica aplicada ficou diluída no seu volume total, onde as raízes não puderam explorar totalmente seus efeitos.

CARVALHO (1983), trabalhando com as progênies de Catimor UFV-1359 e Catuaí, em Viçosa, durante o outono, encontrou resultado semelhante ao do presente ensaio, para os valores dos teores foliares de P. Entretanto, esses teores estão abaixo do adequado para o cafeeiro (MALAVOLTA, 1993). Dentre os fatores que afetam a concentração de nutriente na planta, estão o valor do teor de umidade e a mobilidade do nutriente no solo (NOVAIS et al., 1995), a mobilidade do nutriente no floema (MARSCHNER, 1995) e a época de amostragem foliar (BATAGLIA, 1985).

O valor do teor foliar de S, nas plantas cultivadas no sulco com presença de matéria orgânica incorporada, foi maior do que nas plantas cultivadas na ausência de matéria orgânica. Entretanto, ambos não diferiram daquelas cultivadas com matéria orgânica em cobertura (Quadro 15). A matéria orgânica atua como fonte de nutrientes para as plantas, em particular de S (KUPPER, 1981).

Com a mineralização da matéria orgânica (KIEHL, 1985), associado à adubação com superfosfato simples e gessagem, esperavam-se elevados valores dos teores de S no tecido foliar. Entretanto, os valores dos teores encontrados estavam abaixo do adequado para o cafeeiro (MALAVOLTA, 1993). Com a diminuição das precipitações, durante o período de amostragem foliar (Quadro 3), reduziu-se o teor de umidade do solo podendo ter dificultado a absorção de S.

Quadro 15 - Teores de nitrogênio (N), fósforo (P), enxofre (S), potássio (K), cálcio (Ca) e magnésio (Mg), na matéria seca das folhas de cafeeiro plantado em diferentes tipos de cova, em presença e ausência de matéria orgânica

Variáveis	Tipos de Cova	Matéria Orgânica		
		Incorporada	Cobertura	Ausência
N dag.kg ⁻¹	40 x 40 x 40 cm	2,76	2,91	3,06
	Sulco	2,88	2,96	2,91
	15 x 15 x 25 cm	-	3,05	2,91
P dag.kg ⁻¹	40 x 40 x 40 cm	0,11 b	0,11	0,10
	Sulco	0,13 A a	0,12 AB	0,10 B
	15 x 15 x 25 cm	-	0,12 A	0,10 B
S dag.kg ⁻¹	40 x 40 x 40 cm	0,12 b	0,11	0,12
	Sulco	0,14 A a	0,123 AB	0,121 B
	15 x 15 x 25 cm	-	0,13	0,12
K dag.kg ⁻¹	40 x 40 x 40 cm	1,88	1,91	1,88
	Sulco	2,06	2,00	2,01
	15 x 15 x 25 cm	-	1,95	2,02
Ca dag.kg ⁻¹	40 x 40 x 40 cm	0,76 A	0,66 B b	0,78 A
	Sulco	0,77	0,75 a	0,72
	15 x 15 x 25 cm	-	0,73 ab	0,74
Mg dag.kg ⁻¹	40 x 40 x 40 cm	0,27	0,26	0,24
	Sulco	0,30 A	0,28 A	0,23 B
	15 x 15 x 25 cm	-	0,26	0,26

Para cada variável, médias seguidas por uma mesma letra maiúscula, na linha, e minúscula, na coluna, não diferem estatisticamente entre si, pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade.

Em relação ao valor do teor foliar de K nas plantas cultivadas no presente ensaio, não houve significância dos tipos de cova nas formas de aplicação da matéria orgânica e vice e versa (Quadro 15). As adubações com K poderiam ter sido as responsáveis pela falta de diferença entre tratamentos. HIROCE (1972), amostrando folhas do cafeeiro Mundo Novo, no outono, cultivado com e sem aplicação de esterco de curral, obteve resultados semelhantes de valores dos teores foliares de K aos do presente ensaio. Também, CARVALHO (1983) encontrou resultados semelhantes aos desse ensaio, para os valores dos teores foliares de K em progênie de Catimor UFV-1359 e Catuaí, em Viçosa, para a mesma época de amostragem. De forma geral, os teores foliares de K, encontrados no ensaio, foram adequados (MALAVOLTA, 1993).

O valor do teor foliar de Ca do cafeeiro cultivado na cova 40 x 40 x 40 cm, com matéria orgânica em cobertura, foi inferior aos dos teores foliares daquelas cultivadas com incorporação e sem aplicação de matéria orgânica (Quadro 15). Também, verificou-se menor valor do teor foliar de Ca nas plantas cultivadas na cova 40 x 40 x 40 cm em relação ao valor do teor foliar das plantas cultivadas no sulco. Porém, ambos não diferiram do valor do teor foliar das plantas cultivadas na cova 15 x 15 x 25 cm. CARVALHO (1983) encontrou resultados semelhantes aos desse ensaio para os valores dos teores foliares de Ca em progênie de Catimor UFV-1359 e Catuaí, em Viçosa, para a mesma época de amostragem. De forma geral, os valores dos teores foliares de Ca, encontrados no ensaio, estavam abaixo do adequado (MALAVOLTA, 1993). Esses valores de teores de Ca, abaixo do adequado, podem estar relacionados à menor absorção do Ca, ocasionada pela baixa umidade do solo no período de amostragem foliar. Também, por ser o Ca de baixa mobilidade no floema, pode não ter ocorrido redistribuição às folhas amostradas (MARSCHNER, 1995).

Verificaram-se maiores valores dos teores foliares de Mg nas plantas cultivadas na presença de matéria orgânica, em relação à sua ausência (Quadro 15). Resultado semelhante foi obtido por HIROCE (1972), em cafeeiro Mundo Novo cultivado na presença e ausência de esterco de curral, em folhas amostradas no mesmo período do presente ensaio. Essa diferença pode ser atribuída ao fato de a matéria orgânica aumentar a capacidade de troca catiônica

do solo, diminuindo a perda de bases por lixiviação e aumentando a disponibilidade de Mg às plantas (KIEHL, 1979).

De modo geral, os valores dos teores foliares de Mg do cafeeiro, no presente ensaio, estavam abaixo do adequado na presença de matéria orgânica e deficientes na sua ausência (MALAVOLTA, 1993). Isto pode ser explicado pelo antagonismo existente entre o K e o Mg (HIROCE, 1972).

4.2.3.2. Manganês, zinco, ferro e cobre

Para os três tipos de cova, o valor do teor foliar de Mn foi menor nas plantas cultivadas na presença de matéria orgânica, em relação à sua ausência (Quadro 16). A aplicação de matéria orgânica, no presente ensaio, aumentou o pH, proporcionando menor disponibilidade de Mn (ALVAREZ V. et al., 1995). Altos teores de matéria orgânica no solo podem resultar também em menor disponibilidade de Mn, por causa da formação de complexos neutros estáveis entre o húmus e o Mn (FERNADES, 1986; MALAVOLTA, 1980).

Para os valores dos teores foliares de Cu, Zn e Fe, nas plantas cultivadas no presente ensaio, não houve efeitos dos fatores em estudo (Quadro 16), confirmando os resultados encontrados por HIROCE (1972) de que o esterco de curral não é fonte de Zn e Fe. Entretanto, HIROCE (1981) relata que o excesso de Mn no solo contribui com o aparecimento de deficiência foliar de Fe, e MATIELLO (1991) cita que altos teores de matéria orgânica no solo, podem baixar a disponibilidade de Cu, fatos estes que não foram observados nas condições do presente ensaio.

Os tipos de cova não influenciaram nos valores dos teores foliares dos nutrientes no cafeeiro, no presente estudo. Isto foi possível porque as plantas cultivadas nos diferentes tipos de cova exploraram volumes semelhantes de solo, já que o solo da área experimental não era adensado (Latossolo) e nem compactado. No entanto, foram observadas resistências do solo à penetração, avaliadas pelo índice de cone, indesejáveis ao crescimento radicular na cova 15 x 15 x 25 cm, o que não afetou os valores dos teores foliares dos nutrientes no cafeeiro.

Quadro 16 - Teores de manganês (Mn), zinco (Zn), ferro (Fe) e cobre (Cu), na matéria seca das folhas de cafeeiro plantado em diferentes tipos de covas, em presença e ausência de matéria orgânica

Variáveis	Tipos de Cova	Matéria Orgânica		
		Incorporada	Cobertura	Ausência
Mn mg.kg ⁻¹	40 x 40 x 40 cm	175 B	182 B a	302 A a
	Sulco	156 B	183 AB a	241 A a
	15 x 15 x 25 cm	-	239 B a	301 A a
Zn mg.kg ⁻¹	40 x 40 x 40 cm	5,2	5,6	4,5
	Sulco	5,3	5,5	4,9
	15 x 15 x 25 cm	-	6,3	5,3
Fe mg.kg ⁻¹	40 x 40 x 40 cm	97	82	104
	Sulco	87	85	97
	15 x 15 x 25 cm	-	87	82
Cu mg.kg ⁻¹	40 x 40 x 40 cm	6,0	7,0	8,3
	Sulco	8,2	6,8	7,9
	15 x 15 x 25 cm	-	9,3	9,2

Para cada variável, médias seguidas por uma mesma letra maiúscula, na linha. e minúscula, na coluna, não diferem estatisticamente entre si, pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade.

Verificou-se, também, que a matéria orgânica pouco afetou os valores dos teores foliares dos nutrientes no cafeeiro, mesmo sendo observados maiores crescimentos da parte aérea e das raízes na sua presença. No entanto, para valores semelhantes, no teor foliar de nutriente, a planta que cresceu mais absorveu mais nutrientes. Portanto, mesmo que os teores foliares não tenham variado com os tratamentos, houve plantas que absorveram mais nutrientes.

5. RESUMO E CONCLUSÕES

Com o objetivo de estudar tipos de cova, sem uso de matéria orgânica ou com seu emprego em cobertura ou incorporada ao solo, em termos dos efeitos sobre o desenvolvimento inicial do cafeeiro, foi conduzido o presente trabalho, durante o período de abril de 1996 a maio de 1997. A área experimental utilizada localiza-se no Campus da Universidade Federal de Viçosa, com solo Latossolo Vermelho-Amarelo distrófico, textura argilosa, com 15% de declive. Os fatores em estudo foram tipo de cova (40 x 40 x 40 cm, sulco e 15 x 15 x 25 cm) e matéria orgânica (incorporada, em cobertura e ausente), eliminando-se o tratamento cova de 15 x 15 x 25 cm com matéria orgânica incorporada por causa do reduzido volume da cova. Resultaram então oito tratamentos instalados e analisados segundo o modelo fatorial completo (3 x 2) mais dois tratamentos adicionais, em blocos casualizados e com quatro repetições. Foram utilizados 10 L de esterco curtido de gado por cova e o plantio foi feito com o cultivar Catimor.

Foram avaliadas as seguintes características químicas do solo: carbono orgânico, pH em água, Al^{3+} , H + Al, P e K disponíveis, Ca^{2+} e Mg^{2+} trocáveis, SB, CTCt e V, bem como algumas características físicas: resistência do solo à penetração, densidade do solo, densidade real, porosidade total e equivalente de umidade.

Em relação às plantas, avaliaram-se da parte aérea: altura da planta, diâmetro do caule, número de ramos plagiotrópicos, área foliar e análise química das folhas para N, P, K, Ca, Mg, S, Mn, Fe, Zn e Cu, bem como para as raízes: volume de raízes e peso da matéria seca de raízes.

Com base nos resultados obtidos, após um ano do plantio, considerando as variáveis AP, DC, NRP, AF, VL e PMSR, chegou-se às seguintes conclusões:

- Não houve diferença entre os tipos de cova testados em solo LVd da região de Viçosa.

- O uso da matéria orgânica em cobertura, beneficiou a formação da lavoura, favorecendo o crescimento inicial do cafeeiro.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALVAREZ V., V.H., MELLO, J.W.V., DIAS, L.E. Acidez do solo. **Curso de fertilidade e manejo do solo**. Brasília: Associação Brasileira de Educação Agrícola Superior - ABEAS, 1995. 61p.
- ARAGON, A., GARCIA, M. **A resistência de solos à penetração em função da umidade**. Jaboticabal: Sociedade Brasileira de Engenharia Agrícola. [1995], n. p. (Mimeogr.).
- ARANA, M.L. Cambios químicos en el suelo ocasionados por adición de matéria orgânica, su valor residual y su efecto sobre plantulas de café hasta un año de edad. **Cenicafé**, Chinchiná, v.17, n.4, p.120-131, 1966.
- ARAÚJO, Q.R. **Coberturas vegetais e propriedades de um Podzólico Vermelho-Amarelo na região cacauzeira da Bahia**. Viçosa: UFV, 1996. 70p. Tese (Doutorado em Fitotecnia) - Universidade Federal de Viçosa, 1996.
- ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS - A.O.A.C. **Official methods of analysis**, 12. ed. Washington D. C.: 1975, 1094 p.
- BALBUENA, R.H., ARAGON, A., MAC DONAGH, P.M. et al. **Efeito de três sistemas de preparo do solo na resistência à penetração e a densidade de um solo**. Jaboticabal: Sociedade Brasileira de Engenharia Agrícola. [1995], n. p. (Mimeogr.).
- BARROS, R.S., MAESTRI, M., VIEIRA, M. et al. Determinação da área de folhas do café (*coffea arabica* L. cv 'Bourbon Amarelo'). **Revista Ceres**, Viçosa, v.20, n.107, p.44-52, 1973.

- BATAGLIA, O.C. Análise foliar do cafeeiro. In: FUNDAÇÃO CARGILL. **Aspectos da nutrição do cafeeiro**. Campinas, 1985. p.93-100.
- BLAKE, G.R. Bulk density. In: **Methods of soil analysis**: physical and mineralogical properties, including statistics of measurement and sampling. pt.1. Madison, American Society of Agronomy, 1965. p.474-490.
- BÖHM, W. **Methods of studying root systems**. New York: Springer-Verlag, 1979. v.33.
- BRAGA, J.M., DEFELIPO, B.V. Determinação espectrofotométrica de P em extratos de solo e material vegetal. **Revista Ceres**, Viçosa, v.21, n.113, p.73-85, 1974.
- BRAGANÇA, J.B. Utilização do esterco de galinha e da palha de café na substituição parcial da adubação química do cafeeiro. **Revista Brasileira de Tecnologia Cafeeira**, Vitória, n.4, p.12-13, 1988.
- BUCKMAN, H.O., BRADY, N.C. **Natureza e propriedades dos solos**. Rio de Janeiro: Freitas Bastos, 1974. 594p.
- CAMARGO, O.A. Matéria orgânica do solo. In: FUNDAÇÃO CARGILL. **Aspectos da nutrição do cafeeiro**. Campinas, 1985. p.45-74.
- CARVAJAL, J.F. **Cafeto** - Cultivo y fertilización. Berna: Instituto Internacional de la Potasa, 1984. 254p.
- CARVALHO, C.H., SILVA, O.A., SANTINATO, R. Estudo de fontes de matéria orgânica, industrial e condicionadores de solo na formação do cafeeiro. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE PESQUISAS CAFEIEIRAS, 8, 1980, Campos do Jordão. **Resumos...** Rio de Janeiro: IBC/GERCA, 1980. p.245-248.
- CARVALHO, C.H.S. **Relação entre a seca de ramos e a produção, teor de minerais, teor de amido e morte de raízes da progênie de Catimor UFV-1359 (*Coffea arabica*, L)**. Viçosa: UFV, 1983. 43p. Dissertação (Mestrado em Fisiologia Vegetal) - Universidade Federal de Viçosa, 1983.
- CARVALHO, E.J.M. **Efeito de sistemas de manejo sobre algumas propriedades físicas e químicas de um Podzólico Vermelho-Amarelo Câmbico Distrófico, fase terraço e sobre a produção de soja**. Viçosa: UFV, 1984. 73p. Dissertação (Mestrado em Solos e Nutrição de Plantas) - Universidade Federal de Viçosa, 1984.
- CATALDO, D.A., HAROON, M., SCHAERDER, L.E. et al. Rapid colorimetric determination of nitrate in plant tissue by nitration of salicylic acid. **Commum. Soil Science Plant Analysis**, New York, v.6, p.71-80, 1975.

- CERVELLINI, G.S., IGUE, T. Adubação mineral e orgânica do cafeeiro. **Bragantia**, Campinas, v.53, n.1, p.83-93, 1994.
- _____, _____, TOLEDO, S.V. Calagem e adubação mineral e orgânica do cafeeiro na região de Campinas. **Bragantia**, Campinas, v.53, n.2, p.273-280, 1994.
- _____, CAMPANA, M.P., IGUE, T. et al. Modo de aplicação de esterco e de fertilizantes minerais no cafeeiro. **Bragantia**, Campinas, v.54, n.1, p.169-176, 1995.
- COMISSÃO DE FERTILIDADE DO SOLO DO ESTADO DE MINAS GERAIS - CFSEMG. **Recomendações para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais**; 4^a aproximação. Lavras, 1989. 176p.
- CORTÉS, S.A., SIMÓN, E. Diferentes tecnologías de cultivo en el cafeto *coffea arabica* L. **Cultivos Tropicales**, La Habana, v.12, n.3, p75-79, 1991.
- DANIEL, L.A., LUCARELLI, J.R., CARVALHO, J.F. de. **Efeito do método de preparo do solo na formação de camadas compactadas**. Jaboticabal: Sociedade Brasileira de Engenharia Agrícola. [1995], n. p. (Mimeogr.).
- DEFELIPO, B.V., RIBEIRO, A.C. **Análise química do solo: Metodologia**. Viçosa: UFV, 1981. 17p. (Boletim de extensão, 29).
- DIAS, R.A. de P., VIEIRA, L.B., FONTES, L.E.F. et al. **Diferentes sistemas de preparo e seus efeitos sobre a resistência à penetração no solo**. Jaboticabal: Sociedade Brasileira de Engenharia Agrícola. [1995], n. p. (Mimeogr.).
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. - EMBRAPA Serviço Nacional de Levantamento e Conservação do Solo. **Manual de métodos de análise de solo**. Rio de Janeiro, 1979. n.p.
- FERNANDES, D.R. Manejo do cafezal. In: SIMPÓSIO SOBRE FATORES QUE AFETAM A PRODUTIVIDADE DO CAFEIEIRO, 1984, Poços de Caldas. **Cultura do cafeeiro: fatores que afetam a produtividade**. Piracicaba: Associação Brasileira para Pesquisa da Potassa e do Fosfato, 1986. p.275-301.
- FRANCO, C.M., INFORZATO, R. O sistema radicular do cafeeiro nos principais tipos de solo do estado de São Paulo. **Bragantia**, Campinas, v.6, n.9, p.443-478, 1946.
- _____, LAZZARINI, W., CONAGIN, A. et al. Manutenção de cafezal com adubação exclusivamente mineral. **Bragantia**, Campinas, v.19, n.33, p.523-546, 1960.

- GUIMARÃES, P.T.G. **Respostas do cafeeiro** (*Coffea arabica* L. c.v., Catuaí) à **adubação mineral e orgânica em solos de baixa fertilidade do sul de Minas Gerais**. Piracicaba: ESALQ, 1986, 140p. Tese (Doutorado em Solos e Nutrição de Plantas) - Escola Superior de Agricultura Luís de Queiroz, 1986.
- _____, LOPES, A.S. Solos para o cafeeiro: características, propriedades e manejo. In: SIMPÓSIO SOBRE FATORES QUE AFETAM A PRODUTIVIDADE DO CAFEEIRO, 1984, Poços de Caldas. **Cultura do cafeeiro: fatores que afetam a produtividade**. Piracicaba: Associação Brasileira para Pesquisa da Potassa e do Fosfato, 1986. p.115-156.
- _____, FREIRE, F.M., CARVALHO, J.G. et al. Ensaio de adubação mineral e orgânica para formação de cafezais em solos sob vegetação de cerrado - resultados 2º ano. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE PESQUISAS CAFEEIRAS, 3, 1975, Curitiba, **Resumos...** Rio de Janeiro: IBC/GERCA, 1975. p.219-220.
- GUISCAFRÉ, J., GÓMES, L.A. Studies of the root system of *coffea arabica* L. Part. II. Growth and distribution in Catalina Clay Soil. **The Journal of Agriculture of the University of Puerto Rico**, Rio de las Piedras, v.24, n.3, p.109-117, 1940.
- HAAG, H.P. **Evolução do uso de fertilizantes nas culturas do cafeeiro, cana-de-açúcar e soja**. Campinas: Fundação Cargill, 1986. 184p.
- HARA, T., GUIMARÃES, P.T.G., FREIRE, F.M. et al. Ensaio de adubação mineral e orgânica para formação de cafezais em solos sob vegetação de cerrado. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE PESQUISAS CAFEEIRAS, 2, 1974. Poços de Caldas, **Resumos...** Rio de Janeiro: IBC/GERCA, 1974. p.277-278.
- HIROCE, R. **Composição mineral das folhas de cafeeiro (*Coffea arabica*, Mundo Novo) com referência à época e à adubação**. Piracicaba: ESALQ, 1972. 76p. Tese (Doutorado em Agronomia) - Escola Superior de Agricultura Luís de Queiroz, Universidade de São Paulo, 1972.
- _____. Diagnose foliar em cafeeiro. In: MALAVOLTA, E., YAMADA, T., GUIDOLIN, J.A., (Coord.). **Nutrição e adubação do cafeeiro**. Piracicaba: Associação Brasileira para Pesquisa da Potassa e do Fosfato e Instituto Internacional da Potassa, 1981. p.117-137.
- INSTITUTO AGRONÔMICO. Ensaio de adubação. In: LAZZARINI, W.; MORAES, F.R.P., TOLEDO, S.V. et al. (Coord.). **Experimentação cafeeira 1929-1963**. Campinas, 1967. p.133-215.
- JACKSON, M.L. **Soil chemical analysis**. Englewood Cliffs: Prentice Hall, 1958. 458p.
- JOHNSON, C.M., ULRICH, A. **Analytical methods for use in plants analyses**. Los Angeles: University of California, 1959. v.766, p.32-33.

- KIEHL, E.J. **Manual de edafologia**. São Paulo: Ceres. 1979. 264p.
- _____, **Fertilizantes orgânicos**. São Paulo: Ceres, 1985. 492p.
- KUCKE, M., SCHIMID, H., SPIESS, A. A comparison of four methods for measuring roots of field crops in three contrasting soils. **Plant and soil**, Dordrecht, v.172, n.1, p.63-71, 1995.
- KUPPER, A. Fatores climáticos e edáficos na cultura cafeeira. In: MALAVOLTA, E., YAMADA, T., GUIDOLIN, J.A., (Coord.). **Nutrição e adubação do cafeeiro**. Piracicaba: Associação Brasileira para Pesquisa da Potassa e do Fosfato e Instituto Internacional da Potassa, 1981. p.27-54.
- LACERDA, M.P., FREIRE, A.C.F., VIANA, A.W. et al. Efeito da adubação química isolada bem como a sua associação com adubos orgânicos na produção de cafeeiros mundo novo, em solo LEd. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE PESQUISAS CAFEIRAS, 12, 1985, Caxambu, **Resumos...** Rio de Janeiro: IBC/GERCA, 1985. p.50-53.
- LAZZARINI, W., MORAES, F.R.P., CERVLLINI, G.S. et al. Cultivo de café em latossolo vermelho-amarelo da região de Batatais. **Bragantia**, Campinas, v.34, n.14, p.229-39, 1975.
- MACHADO, J. A., BRUM, A.C.R. Efeito de sistemas de cultivo em algumas propriedades físicas do solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v.2, n.2, p.81-84, 1978.
- MALAVOLTA, E. **Elementos de nutrição mineral de plantas**. São Paulo: Ceres, 1980. 251p.
- _____. **Manual de calagem e adubação das principais culturas**. São Paulo: Ceres, 1987. 496p.
- _____. **ABC da adubação**. 5 ed. São Paulo: Ceres, 1989. 292p.
- _____. **Nutrição mineral e adubação do cafeeiro**. São Paulo: Ceres, 1993. 210p.
- _____, COURY, T. Adubação do cafeeiro. In: GRANER, E.A., GODOY JÚNIOR, C. (Coord.). **Manual do cafeicultor**. Piracicaba: Melhoramentos, 1967. p.153-198.
- _____, VITTI, G.C., OLIVEIRA, S.A. **Avaliação do estado nutricional das plantas: princípios e aplicações**. Piracicaba: Associação Brasileira para Pesquisa da Potassa e do Fosfato, 1989. 201p.
- MARSCHNER, H. **Mineral nutrition of higher plants**. New York: Academic Press, 1995. 874p.

- MATIELLO, J.B. **O café**: do cultivo ao consumo. São Paulo: Globo, 1991. 320p. (Coleção do Agricultor).
- _____, SANTINATO, R., MIGUEL, A.E. et al. **A moderna cafeicultura de montanha**: como plantar e tratar os cafeeiros em regiões acidentadas. Rio de Janeiro: MAARA / PROCAFÉ / Fertilizantes Heringer, 1994. 22p.
- MEJÍA, P.U. **La matéria orgânica y su importância en el cultivo del café**. Chinchiná: Cenicafé, 1993. 24p (Boletín Técnico, 16).
- MORAES, F.R.P. Adubação do cafeeiro. Macronutrientes e adubação orgânica. In: MALAVOLTA, E., YAMADA, T., GUIDOLIN, J.A., (Coord.). **Nutrição e adubação do cafeeiro**. Piracicaba: Instituto da Potassa e Fosfato e Instituto Internacional da Potassa, 1981. p.77-88.
- MOURA FILHO, W. **Métodos de campo e laboratório**. Viçosa, MG: UREMG/ESA, 1964. 24p.
- _____. **Cursos de solos e adubos, física, gênese e morfologia**. Viçosa, MG: UREMG/ESA, 1965. 106p.
- NESMITH, D. Soil compaction im double cropped wheat and soybean on a Ultissol. **Soil Science Society of America Journal**, Madison, v.51, p.183-186, 1987.
- NOGUEIRA, V.S., MATIELLO, J.B., ALMEIDA, S.R. Comparação de sistemas de preparo do solo e das covas no plantio do cafeeiro. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE PESQUISAS CAFEIRAS, 9, 1981, São Lourenço. **Resumos...** Rio de Janeiro: IBC/GERCA, 1981. p.350-352.
- NOVAIS, R.F., NEVES, J.C.L., BARROS, N.F. **Fósforo**. Curso de fertilidade e manejo do solo. Brasília: Associação Brasileira de Educação Agrícola Superior - ABEAS, 1995. 133p.
- OLIVEIRA, J.A., PEREIRA, J.E. Efeitos da adubação NPK, calcário, esterco e micronutrientes na formação do cafeeiro em LVHd. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE PESQUISAS CAFEIRAS, 13, 1986, São Lourenço. **Resumos...** Rio de Janeiro: IBC/GERCA, 1986. p.80-83.
- PAVAN, M.A., CHAVES, J.C.D., MESQUITA FILHO, L. Manejo da adubação para formação de lavouras cafeeiras. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.21, n.1, p.33-42, 1986.
- RENA, A.B., MAESTRI, M. Fisiologia do cafeeiro. In: SIMPÓSIO SOBRE FATORES QUE AFETAM A PRODUTIVIDADE DO CAFEIEIRO, 1984, Poços de Caldas. **Cultura do cafeeiro**: fatores que afetam a produtividade. Piracicaba: Associação Brasileira para Pesquisa da Potassa e do Fosfato, 1986. p.13-85.

- SAMPAIO, J.B.R. **Efeito da torta de filtro como adubo orgânico visando uma complementação ou substituição parcial da adubação mineral (NPK) no desenvolvimento do cafeeiro (C. Arabica L.)**. Lavras: ESAL, 1987, 75p. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Escola Superior de Agricultura de Lavras, 1987.
- SANTINATO, R., OLIVEIRA, J.A., PINHEIRO, M.R. Estudos preliminares para o aproveitamento de novas fontes de matéria orgânica na produção de mudas e formação do cafeeiro. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE PESQUISAS CAFEEIRAS, 6, 1978, Ribeirão Preto. **Resumos...** Rio de Janeiro: IBC/GERCA, 1978. p.373-376.
- _____, _____, MATIELLO, J.B. Sistema manual e mecânico de preparo de covas para plantio de café em solo LVH - resultados preliminares. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE PESQUISAS CAFEEIRAS, 7, 1979, Araxá. **Resumos...** Rio de Janeiro: IBC/GERCA, 1979. p.327-329.
- _____, SILVA, O.A., SANTO, J.E. Fontes de matéria orgânica natural, industrial e condicionadores de solo na formação do cafeeiro. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE PESQUISAS CAFEEIRAS, 10, 1983, Poços de Caldas. **Anais...** Rio de Janeiro: IBC/GERCA, 1983. p.206-209.
- _____, MATIELLO, J.B., SANTO, J.E. Fontes de matéria orgânica natural, industrial e condicionadores do solo na formação do cafeeiro. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE PESQUISAS CAFEEIRAS, 11, 1984, Londrina. **Resumos...** Rio de Janeiro: IBC/GERCA, 1985. p.271-273.
- SCARINARI, H.J. Instalação do cafezal. In: GRANER, E. A., GODOY JÚNIOR, C. (Coord.). **Manual do cafeicultor**. Piracicaba: Melhoramentos, 1967. p.105-126.
- SILVA, O.A., SANTINATO, R., COSTA, P.C. Estudo comparativo de sistemas de preparo de solo e covas no plantio do cafeeiro. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE PESQUISAS CAFEEIRAS, 10, 1983, Poços de Caldas. **Anais...** Rio de Janeiro: IBC/GERCA, 1983. p.29-33.
- SIQUEIRA, N.S. **Influência de sistemas de preparo sobre algumas propriedades químicas e físicas do solo e sobre a cultura do milho (*Zea mays L.*)**. Viçosa: UFV, 1995. 78 p. Tese (Doutorado em Fitotecnia) - Universidade Federal de Viçosa, 1995.
- SOUZA, A.P., FREIRE, W.J., CURTI, P.R. Preparo do solo com arado de discos e seu efeito sobre a estabilidade mecânica dos agregados de um latossolo roxo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v.6, n.1, p.53-57, 1982.

- SOUZA, C.M. **Efeito de uso contínuo de grade pesada sobre algumas características físicas e químicas de um latossolo vermelho-amarelo distrófico, fase cerrado, e sobre o desenvolvimento das plantas e absorção de nutrientes pela cultura de soja.** Viçosa: UFV, 1988. 105p. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia) - Universidade Federal de Viçosa, 1988.
- TORMENA, C.A. **Resistência à penetração e porosidade em plantio direto influenciados por preparos pré-implantação, calagem e tráfego.** Curitiba: UFP, 1991. 159 p. Dissertação (Mestrado em Solos)-Universidade Federal do Paraná, 1991.
- VIANA, A.S., GARCIA A.W.R., LACERDA, M.P., et al. Estudo de doses crescentes de esterco de curral, complementando a adubação química, em cafeeiros instalados em solo LEd fase cerrado, II. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE PESQUISAS CAFEEIRAS, 14, CONGRESSO LATINO-AMERICANO DE TECNOLOGIA CAFEEIRA, 1, 1987, Campinas. **Trabalhos apresentados...** Rio de Janeiro: IBC/GERCA, 1987. p.244-248.
- WRUCK, F.J., SOUZA, C.M., COSTA, L.M. et al. **Influência dos sistemas de preparo sobre algumas propriedades físicas do solo e sobre algumas características da cultura do milho.** Jaboticabal: Sociedade Brasileira de Engenharia Agrícola. [1995], n. p. (Mimeogr.).

APÊNDICE

APÊNDICE

Quadro 1A - Resumo da análise de variância das características químicas do solo referentes a carbono orgânico do solo (CO -%), potencial hidrogeniônico (pH), fósforo (P - mg.dm⁻³), potássio (K - mg.dm⁻³), cálcio (Ca - cmol_c.dm⁻³), magnésio (Mg - cmol_c.dm⁻³), acidez potencial (H + Al - cmol_c.dm⁻³), soma de bases (SB - cmol_c.dm⁻³), capacidade de troca catiônica total (CTCt - cmol_c.dm⁻³) e saturação de bases (V -%). Viçosa, Minas Gerais, 1997

FV	GL	Quadrados médios									
		CO	pH ^{1/}	P ^{2/}	K ^{3/}	Ca	Mg	H + Al	SB	CTCt	V
Blocos	3	0,076	5,583	14,786	0,529**	0,994	0,028	0,259	1,255	1,755	23,022
Tratamentos	7	0,680**	10,500**	42,012*	15,668**	1,876**	0,248**	0,262	3,477**	2,507**	78,633**
TC12/FC	1	0,095	13,500*	98,314*	0,007	1,450	0,042	0,735*	1,859	0,256	118,815**
MO/TC1	2	0,938**	20,333**	49,305*	16,173**	3,618**	0,253**	0,098	5,555**	4,439**	96,126**
M1 MO/TC2	2	1,160**	1,583	28,578	27,423**	1,266	0,370**	0,203	3,475**	2,249*	77,726**
MO/TC3	1	0,437**	8,000	4,502	22,445**	1,901	0,405**	0,045	4,410**	3,564*	56,711*
MO/TC3 vs TC12/FC	1	0,029	8,167	35,502	0,034	0,010	0,042	0,454	0,006	0,353	27,200
MOCS/FC	1	3,390**	40,042**	57,292	95,202**	4,950**	1,500**	0,540*	13,923**	8,979**	302,460**
TC/MOI	1	0,013	6,125	23,424	1,280	0,011	0,080*	0,180	0,011	0,106	12,751
M2 TC/MOC	2	0,054	3,583	20,344	0,010	0,856	0,010	0,390	0,870	0,842	39,586
TC/SMO	2	0,245**	9,750*	25,270	1,583	0,753	0,296 ^{4/}	0,120	0,783	0,610	25,836
TC/MOI vs MOCS/FC	1	0,756**	0,667	122,140**	10,010**	4,950**	0,135**	0,094	7,096**	5,558**	104,375**
Erro	21	0,038	2,440	14,034	0,855	0,471	0,010	0,115	0,524	0,605	12,715
CV (%)		8,9	2,7	39,2	6,6	12,5	10,8	14,0	10,7	8,4	4,9

* e ** Significativo a 5 e a 1% de probabilidade, respectivamente, pelo teste F.

1/, 2/, 3/ e 4/ Valores de quadrados médios multiplicados por 10⁻², 10⁴, 10² e 10⁻¹⁵, respectivamente.

Quadro 2A - Resumo da análise de variância das características químicas do solo referentes a índice de cone^{1/} (IC - kgf.cm⁻²), umidade atual (U -%), densidade aparente^{2/} (Ds - g.cm⁻³), densidade real^{2/} (Dr - g.cm⁻³), porosidade total^{2/} (Pt -%) e equivalente de umidade (EU -%). Viçosa, Minas Gerais, 1997

FV	GL	Quadrados médios								
		IC1	IC2	IC3	IC4	U	Ds1 ^{3/}	Ds2 ^{3/}	Ds3 ^{3/}	Ds4 ^{4/}
Blocos	3	65,45	101,56	62,70	39,84	2,41	8,07	16,31	2,70	53,20
Tratamentos	7	257,38**	325,43**	366,85**	271,41**	6,13	10,92	38,61**	9,44*	27,06
TC12/FC	1	89,32	860,40**	1378,65**	984,32**	9,38	0,37	241,39**	13,92	58,64
MO/TC1	2	97,72	88,47	20,90	23,33	5,89	27,62	12,20	9,64	6,26
M1 MO/TC2	2	34,88	22,22	25,80	22,56	3,76	9,79	1,28	10,24	21,24
MO/TC3	1	710,64**	463,60**	298,90**	212,18*	0,81	0,49	0,49	8,27	0,93
MO/TC3 vs TC12/FC	1	736,49**	732,62**	796,95**	611,56**	13,41	0,73	1,44	4,14	74,89
MOCS/FC	1	420,01**	241,94*	120,60	101,68	5,15	38,19*	24,91 ^{3/}	15,93	10,45
TC/MOI	1	37,41	369,92**	380,88**	267,96**	4,74	15,23	139,49**	20,39*	0,01
M2 TC/MOC	2	392,52**	390,99**	511,90**	356,77**	7,43	6,82	41,07**	6,05	37,83
TC/SMO	2	64,33	273,33**	409,99**	310,15**	2,57	4,58	20,40	0,95	44,66
TC/MOI vs MOCS/FC	1	430,53**	337,50**	222,65*	196,37*	12,99	0,19	7,84	15,76	14,00
Erro	21	34,12	37,24	29,46	27,78	5,60	7,56	6,08	3,71	20,00
CV (%)		50,2	36,8	29,2	25,8	9,4	7,9	6,9	4,9	3,6

Continua...

Quadro 2A, Cont.

FV	GL	Quadrados médios								
		Dr1 ^{4/}	Dr2 ^{3/}	Dr3 ^{4/}	Dr4 ^{4/}	Pt1	Pt2	Pt3	Pt4	EU
Blocos	3	134,00**	1,25	13,36	70,89*	22,43	24,18	4,62	17,10*	1,95
Tratamentos	7	40,13*	4,96*	62,73*	10,33	22,13	45,49**	10,98	3,26	5,08*
TC12/FC	1	0,08	15,75**	342,12**	17,38	0,54	279,09**	1,33	4,85	2,20
MO/TC1	2	99,36**	2,78	16,75	3,81	58,10*	11,75	18,92	1,11	3,98
M1 MO/TC2	2	7,19	2,86	11,39	15,71	16,97	5,43	11,89	2,85	5,40
MO/TC3	1	55,39*	5,40	0,20	12,48	4,03	0,16	12,22	1,05	0,19
MO/TC3 vs TC12/FC	1	12,33	2,32	40,69	3,44	0,20	4,85	1,67	9,03	14,43**
MOCS/FC	1	198,04**	6,13	5,18	39,04	94,34**	2,04	27,28*	0,01	8,92*
TC/MOI	1	5,00	11,31*	136,03*	22,81	19,06	157,41**	11,91	0,68	0,17
M2 TC/MOC	2	7,70	0,10	33,30	4,05	13,63	57,74**	3,62	4,26	6,05
TC/SMO	2	19,01	5,74	90,05*	1,16	7,10	19,39	8,48	5,78	0,45
TC/MOI vs MOCS/FC	1	24,44	5,63	51,23	0,08	0,05	4,73	13,46	2,09	13,48*
Erro	21	11,63	1,71	22,71	16,67	11,18	8,72	5,27	3,76	1,77
CV (%)		1,3	1,6	1,8	1,6	5,8	5,2	4,4	3,7	4,1

* e ** Significativo a 5 e a 1% de probabilidade, respectivamente, pelo teste F.

1/ IC1, 2, 3 e 4, nas profundidades de 0 a 10, 0 a 20, 0 a 30 e 0 a 40 cm, respectivamente.

2/ Ds, Dr e Pt (1, 2, 3 e 4, nas profundidades de 0 - 4 cm e 16 - 20 cm, a uma distância do tronco da planta de 6 cm centro-a-centro do cilindro, na direção da linha de plantio, e também, distante do tronco da planta a 30 cm centro-a-centro do cilindro, perpendicular a linha de plantio, respectivamente).

3/, 4/ e 5/ Valores de quadrados médios multiplicados por 10^{-3} , 10^{-4} e 10^{-8} , respectivamente.

Quadro 3A - Resumo da análise de variância referente à altura de planta (AP - cm), diâmetro do caule (DC - cm), número de ramos plagiotrópicos (NRP), área foliar (AF - dm²), volume de raízes (VR - mL) e peso de matéria seca de raízes (PMSR - g) de cafeeiro submetido a diferentes tipos de covas em presença e ausência de matéria orgânica. Viçosa, Minas Gerais, 1997

FV	GL	Quadrados médios					
		AP	DC	NRP	AF	VR	PMSR
Blocos	3	4,890	0,019	2,060	709,5	1,554	0,024
Tratamentos	7	23,837*	0,051**	8,674**	1347,5*	4,359**	0,468**
TC12/FC	1	1,307	0,009	0,770	405,1	8,402**	0,984**
MO/TC1	2	21,090	0,054*	12,891**	2020,9*	4,731*	0,564**
M1 MO/TC2	2	31,035*	0,060**	6,656*	979,1	3,678*	0,183
MO/TC3	1	17,701	0,039	3,001	134,5	0,211	0,008
MO/TC3 vs TC12/FC	1	43,605*	0,078*	17,854**	2893,0*	5,088*	0,792**
MOCS/FC	1	108,800**	0,244**	33,607**	4548,5**	6,304*	0,508*
TC/MOI	1	2,205	0,002	0,605	233,3	6,125*	0,324
M2 TC/MOC	2	20,551	0,031	7,882**	2194,5**	1,603	0,264
TC/SMO	2	4,252	0,005	2,011	123,5	2,403	0,418*
TC/MOI vs MOCS/FC	1	6,253	0,038	6,720*	14,9	10,075**	1,084**
Erro	21	7,423	0,010	1,318	375,7	0,840	0,085
CV (%)		5,0	5,5	6,5	19,6	25,6	23,5

* e ** Significativo a 5 e a 1% de probabilidade, respectivamente, pelo teste F.

Quadro 4A - Resumo da análise de variância referentes aos teores de nitrogênio (N - dag/kg), potássio (K - dag.kg⁻¹), cálcio (Ca - dag.kg⁻¹), magnésio (Mg - dag.kg⁻¹), enxofre (S - dag.kg⁻¹), manganês (Mn - mg.kg⁻¹), zinco (Zn - mg.kg⁻¹), ferro (Fe - mg.kg⁻¹) e cobre (Cu - mg.kg⁻¹), na matéria seca das folhas, de cafeeiro submetido a diferentes tipos de covas em presença e ausência de matéria orgânica. Viçosa, Minas Gerais, 1997

FV	GL	Quadrados médios									
		N ^{1/}	P ^{2/}	K ^{1/}	Ca ^{2/}	Mg ^{1/}	S ^{2/}	Mn ^{3/}	Zn	Fe	Cu
Blocos	3	79,32	0,43	79,28*	795,64*	0,96	5,22	4,26*	0,909	630,05*	38,25**
Tratamentos	7	77,99	30,59**	18,98	547,00	1,76*	27,61*	13,15**	1,075	261,01	5,31
TC12/FC	1	0,43	33,05*	109,11*	123,80	1,28	81,72*	4,25	0,034	146,03	1,40
MO/TC1	2	90,99	17,74	1,29	1559,25**	0,90	6,16	20,42**	1,210	503,08	5,33
M1 MO/TC2	2	6,84	46,65**	3,47	282,07	4,59**	45,16*	7,55**	0,331	157,96	2,36
MO/TC3	1	39,74	48,34*	9,81	0,75	0,02	6,87	7,50*	1,950	44,89	0,02
MO/TC3 vs TC12/FC	1	30,08	3,67	4,45	21,86	0,04	2,07	24,35**	2,454	314,11	20,40
MOCS/FC	1	1,40	93,75**	1,45	541,13	2,50*	2,70	38,20**	4,638	568,91	3,72
TC/MOI	1	30,40	32,83*	64,04	67,99	1,35	75,76*	0,73	0,005	192,08	9,46
M2 TC/MOC	2	21,02	4,96	8,80	865,39*	0,83	20,16	4,35*	0,806	25,26	7,60
TC/SMO	2	28,65	1,57	24,78	433,26	0,93	4,56	4,90*	0,602	481,86	1,71
TC/MOI vs MOCS/FC	1	134,78*	74,19**	0,25	622,63	4,94**	65,42*	34,62**	0,063	51,85	5,39
Erro	21	28,49	7,08	24,63	231,98	0,54	10,63	1,25	1,144	201,94	4,07
CV (%)		5,8	7,6	8,0	6,5	8,8	8,4	15,9	20,1	15,8	25,7

* e ** Significativo a 5 e a 1% de probabilidade, respectivamente, pelo teste F.

1/, 2/ e 3/ Valores de quadrados médios multiplicados por 10⁻³, 10⁻⁵ e 10³, respectivamente.

DECLARAÇÃO

Declaro, junto ao Conselho de pós-graduação da UFV que a tese de WELINGTON LAZARO TREVISAN, intitulada PREPARO DE COVAS E FORMAS DE APLICAÇÃO DA MATÉRIA ORGÂNICA NO PLANTIO DO CAFEEIRO e apresentada à Universidade Federal de Viçosa, como parte das exigências do Curso de Fitotecnia, para obtenção do título de “*Magister Scientiae*”, passou por revisão de português.