

DESEMPENHO AGRONÔMICO E AVALIAÇÃO ECONÔMICA DE COMPOSTO ORGÂNICO QUE CONTÉM BORRA DE CAFÉ NA ADUBAÇÃO DA CULTURA DO MILHO

Leonardo Moreira Borges de Souza¹; Guilherme Lopes²; João Batista Silva Araújo³;
Luiz Fernando Favarato⁴; Rogério Carvalho Guarçoni⁵

Resumo – A geração de subprodutos pelos processos industriais é uma realidade e tem sido um grande desafio no que tange ao tratamento e destinação final adequada desses materiais. A borra de café é o principal resíduo gerado na agroindústria do café solúvel, e a compostagem é uma das alternativas para o seu tratamento e destinação final, com o uso posterior do composto como fertilizante orgânico. A compostagem é considerada uma técnica que converte resíduos agroindustriais em um produto com valor nutricional para as plantas, estável e isento de contaminantes. Está em operação, na Fazenda Experimental de Viana (FEV), localizada no Município de Viana-ES, uma usina de compostagem destinada a solucionar o problema de destinação de resíduos gerados na fabricação do café solúvel por uma agroindústria de café. O objetivo deste trabalho foi avaliar o potencial do composto orgânico produzido a partir de resíduos da borra de café para ser utilizado como adubo no cultivo do milho. Comparou-se o uso de diferentes doses de aplicação do composto em complementação à adubação mineral. Foram avaliados parâmetros agronômicos, como a produtividade da planta, e feita uma avaliação econômica de cada tratamento. O experimento foi conduzido em delineamento de blocos casualizados, com quatro repetições e cinco tratamentos, com o cultivo do milho, da cultivar INCAPER ES 203, em sistema irrigado. Os tratamentos foram: 1) 100% de composto orgânico; 2) 75% de composto orgânico + 25% de adubação mineral; 3) 50% de composto orgânico + 50% de adubação mineral; 4) 25% de composto orgânico + 75% de adubação mineral; e 5) 100% de adubação mineral. Os tratamentos foram submetidos e comparados estatisticamente pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade. Como resultado, os tratamentos que receberam o composto orgânico apresentaram desempenho no desenvolvimento e na produtividade do milho inferior ao tratamento que recebeu apenas adubação mineral. Na avaliação da produtividade em grãos, os tratamentos 4 e 5 apresentaram maiores produtividades, diferindo estatisticamente dos demais. Os tratamentos não diferiram estatisticamente entre si na avaliação econômica, isso demonstrou a viabilidade de se aplicar o composto orgânico. Concluiu-se, com este estudo, que o composto orgânico contendo borra de café apresentou resultados satisfatórios para a adubação da cultura do milho, principalmente quando utilizado de forma complementar à adubação mineral. O uso do composto orgânico, puro ou em associação à adubação mineral, mesmo apresentando menores produtividades, demonstrou viabilidade econômica quando comparado ao tratamento com adubação mineral, devido ao seu menor custo de adubação.

Palavras-chaves: Adubação orgânica. Compostagem. Subprodutos agroindustriais.

AGRONOMIC PERFORMANCE AND ECONOMIC EVALUATION OF ORGANIC COMPOST CONTAINING COFFE GROUNDS IN CORN FERTILIZATION

Abstract – The generation of by-products from industrial processes is a reality and has been a major challenge concerning the treatment and proper final destination of these materials. Coffee grounds are the chief waste generated in the instant coffee agro-industry, and composting is one of the alternatives for their management and final destination, with the subsequent use of the compost as an organic fertilizer. Composting is a technique that converts agro-industrial waste into a product with nutritional value for plants, stable and free of contaminants. A composting plant operates at the Viana Experimental Farm (FEV), which belongs to the Capixaba Institute of Research, Technical Assistance, and Rural Extension (Incapar) in Viana-ES.

¹M.Sc. Tecnologias e Inovações Ambientais, Extensionista Incaper, leonardo.souza@incaper.es.gov.br

²D.Sc. Ciência do Solo, Professor Adjunto da Universidade Federal de Lavras (UFLA)

³D.Sc. Fitotecnia, Pesquisador Incaper

⁴D.Sc. Fitotecnia, Pesquisador Incaper

⁵D.Sc. Produção Vegetal, Pesquisador Incaper

The plant aims to solve the problem of disposing of the waste generated in the manufacture of soluble coffee by a coffee agro-industry. This study aimed to assess the potential of the organic compost produced from coffee grounds waste used as fertilizer for growing maize. We compared the use of different doses of compost in addition to mineral fertilization. Agronomic parameters were assessed, such as plant productivity, and an economic evaluation of each treatment was carried out. The experiment was conducted in a randomized block design, with four replications and five treatments, with maize of the INCAPER ES 203 cultivar grown in an irrigated system. The treatments were: 1) 100% organic compost; 2) 75% organic compost + 25% mineral fertilizer; 3) 50% organic compost + 50% mineral fertilizer; 4) 25% organic compost + 75% mineral fertilizer; and 5) 100% mineral fertilizer. The treatments were statistically compared using the Scott-Knott test at 5% probability. As a result, the treatments that received the organic compost presented inferior performance in the development and in the corn productivity to the treatment that received only mineral fertilization. In the evaluation of grain yield, treatments 4 and 5 showed the highest yields, differing statistically from the others. The treatments did not differ statistically in the economic evaluation. Thus, they demonstrated the viability of applying organic compost. This study concluded that organic compost containing coffee grounds showed satisfactory results for fertilizing maize crops, especially when it is used in addition to mineral fertilizer. The use of pure organic compost or in association with mineral fertilization, even though it showed lower yields, proved to be economically viable compared to the treatment with mineral fertilization, due to its lower fertilization cost.

Keywords: Composting. Organic fertilization. Agro-industrial by-product.

INTRODUÇÃO

A geração de resíduos pelos processos industriais é um grande desafio no que tange ao seu tratamento e destinação final adequados, devido aos efeitos nocivos que podem trazer ao meio ambiente, se tratados ou descartados de forma inadequada. A crescente preocupação com o meio ambiente faz com que, cada vez mais, órgãos governamentais e setor privado se unam para a promoção de políticas públicas e ações para diminuir os impactos negativos das atividades econômicas e industriais que tenham potencial poluidor. No Brasil, diversas formas de produção agroindustrial acontecem de maneira paralela à produção agrícola. Em grande parte, o beneficiamento desses produtos irá gerar, inevitavelmente, diversos tipos de resíduos.

O café é uma das *commodities* agrícolas mais valiosas do mercado internacional, com a sua exportação mundial atingindo a marca de 10,21 milhões de sacas em janeiro de 2021 (ICO, 2021). Ele é comumente comercializado na forma de grãos, em pó, ou em café solúvel, e é a segunda bebida mais consumida no Brasil (Abic, 2018). O Brasil exportou 4,09 milhões de sacas de 60 kg de café solúvel em 2021 (Abics, 2022), o que evidencia o grande volume desse produto na participação da comercialização brasileira.

A borra de café ou lodo de café é o principal resíduo gerado na indústria de café solúvel e é, normalmente,

destinada aos aterros sanitários e lixões (Kondamudi; Mohapatra; Misra, 2008). No entanto, essa destinação gera custos, tanto financeiros quanto ambientais. Considerando que, no caso de alguns subprodutos agroindustriais, ela pode ser evitada por meio do aproveitamento adequado desses resíduos, torna-se fundamental buscar novas soluções para essa destinação. Devido à borra de café ser oriunda dos grãos de café, infere-se que suas propriedades possam ser exploradas para diferentes destinos industriais (Ballesteros; Teixeira; Mussatto, 2014).

Um dos usos possíveis para esse resíduo ou subproduto seria na agricultura, para servir de adubo na forma de composto orgânico. A compostagem, por sua vez, pode ser considerada uma técnica que converte resíduos agroindustriais em um produto com valor nutricional para as plantas, estável, isento de contaminantes e que pode ser utilizado como condicionador de solos e fertilizante (Ros et al., 2006).

Recentemente, em parceria com a Prefeitura Municipal de Viana (PMV) e a Realcafé (indústria de café solúvel), foi implantada na Fazenda Experimental de Viana (FEV), que pertence ao Instituto Capixaba de Pesquisa, Assistência Técnica e Extensão Rural (Incaper) e está localizada no Município de Viana-ES, uma usina de compostagem para solucionar o problema de descarte de resíduos de agroindústria do café, principalmente a borra de café,

gerados pela empresa Realcafé na fabricação do café solúvel. Na usina, esses resíduos são misturados a resto de poda, serragem e casca de café para a obtenção do composto orgânico após o processo da compostagem. Esse composto é distribuído para os agricultores de base familiar do município e dos municípios vizinhos para a sua utilização como fertilizante orgânico nas lavouras. Entretanto, faz-se necessária a adequação dos processos da usina, bem como a avaliação do composto gerado e a obtenção de recomendações gerais para a aplicação desse composto nas lavouras agrícolas.

O objetivo deste trabalho foi avaliar o potencial, produtivo e econômico, de uso do composto orgânico oriundo do subproduto da borra de café para ser utilizado como fonte de nutrientes na adubação da cultura do milho ao ser aplicado isoladamente ou em diferentes proporções com adubos minerais.

MATERIAL E MÉTODOS

CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA EXPERIMENTAL

O experimento foi conduzido na Fazenda Experimental de Viana (FEV), do Incaper, nas coordenadas 20°22'23"S; 40°30'58"O, localizada no Município de Viana-ES, região Metropolitana da Grande Vitória. A usina para a produção de composto orgânico do experimento está localizada na mesma fazenda, nas coordenadas 20°22'18"S; 40°31'01"O.

O solo em que foi instalado o experimento foi classificado como Neossolo Flúvico (RY) distrófico, localizado em uma área de baixada, com topografia plana, de pouca declividade. O histórico de uso do solo é caracterizado pelo cultivo de feijão, milho e cana, sempre cultivados com o uso de adubação mineral.



Figura 1 – Visão geral da área do experimento.

Fonte: Adaptado de Google Earth (2019).

Os resultados da análise química do solo, antes do cultivo do milho (experimento), encontram-se na Tabela 1.

Tabela 1 – Atributos da análise de solo realizada na área experimental antes do cultivo do milho

Atributos	Unidade	Resultado
Fósforo Mehlich-1/	mg dm ⁻³	25
Potássio (k) 1/	mg dm ⁻³	150
Enxofre (S) 2/	mg dm ⁻³	16
Cálcio (Ca) 3/	cmol _c dm ⁻³	1,6
Magnésio (Mg) 3/	cmol _c dm ⁻³	0,3
Alumínio (Al) 3/	cmol _c dm ⁻³	0,2
H + Al 4/	cmol _c dm ⁻³	3,8
pH em H ₂ O 5/	--	5,5
Matéria orgânica 6/	dag kg ⁻¹	1,6
Ferro (Fe) 1/	mg dm ⁻³	167
Zinco (Zn) 1/	mg dm ⁻³	4,7
Cobre (Cu)	mg dm ⁻³	2,2
Manganês (Mn)	mg dm ⁻³	71
Boro (B) 7/	mg dm ⁻³	0,52
Sódio (Na) 1/	mg dm ⁻³	10
Relação Ca/Mg	--	5,3
Relação Ca/K	--	4,2
Relação Mg/K	--	0,8
Sat. Ca na CTC	%	26,3
Sat. Mg na CTC	%	4,9
Sat. K na CTC	%	6,3
Índice saturação Na	%	0,7
Soma de Bases (SB)	cmol _c dm ⁻³	2,3
CTC efetiva (t)	cmol _c dm ⁻³	2,5
CTC a pH 7,0 (T)	cmol _c dm ⁻³	6,1
Sat. alumínio (m)	%	8
Saturação de Bases (V)	%	38

Fonte: Elaborada pelos autores.

Nota: 1/ Extração: HCl 0,05 mol/L +H₂SO₄ 0,025 mol/L; 2/ Extração: Ca(H₂PO₄)₂ 0,01 mol/L; 3/ Extração: KCl 1mol/L; 4/ Solução Tampão SMP; 5/ pH em H₂O 1:2,5; 6/ Oxidação: Na₂Cr₂O₇ 2H₂O + 4 mol/L H₂SO₄ 10 mol/L; 7/ Extração: BaCl₂ 2H₂O 0,125%.

COMPOSTO UTILIZADO NO EXPERIMENTO

A usina de compostagem, que está em operação na FEV, foi criada para possibilitar o aproveitamento do resíduo de borra de café, proveniente do processo da industrialização do café para a obtenção do café solúvel, em um composto orgânico com potencial de uso na agricultura. A empresa Realcafé gera, semanalmente, cerca de 60 toneladas de borra com a industrialização

do café solúvel. Esse resíduo é levado para a usina, onde é disposto no pátio de compostagem, em camadas alternadas com serragem, restos de podas e casca de café, para que ocorra uma mistura desses materiais.

No pátio de compostagem (Figura 2), os resíduos, depois de dispostos em camadas, são revirados por uma máquina que desliza pelo pátio de compostagem com o intuito de realizar o reviramento e a mistura da

pilha, lentamente. Essa etapa dura duas semanas e o reviramento constante favorece para que a pilha de pré-composto saia do pátio de compostagem misturada e aerada. Depois, o material misturado e seco é retirado do pátio e é depositado em uma nova pilha, na qual

permanece por, aproximadamente, um mês, para então poder ser distribuído aos agricultores. Nessa etapa, ocorre decomposição em condições não controladas, sem reviramentos e irrigação da pilha.



Figura 2 – Pátio de compostagem.

Fonte: Acervo dos autores.

Como a usina está em processo de adequação das suas atividades, ainda não existe uma proporção exata dos materiais utilizados na mistura, porém, todo lote é feito com uma mistura que possibilite a obtenção de uma relação carbono/nitrogênio (relação C/N) na faixa de 25:1 a 35:1, tida como ótima para o início do processo da compostagem (Kiehl, 2004). No lote utilizado no experimento, a proporção dos materiais na mistura foi de 45% de borra de café, 35% de serragem, 15% de restos de poda de árvores e 5% de palha de café. A serragem, além de possuir elevada relação C/N, também facilita o

reviramento, diminui a formação de agregados grandes (placas) e facilita a aeração e secagem.

O composto usado no experimento foi coletado em 17 de dezembro de 2019. Foram coletadas oito amostras simples de forma aleatória sobre a pilha do lote do composto, de maneira a garantir amostras localizadas, tanto na parte mais externa como no interior da pilha, conforme as imagens da Figura 3. As amostras simples foram depositadas em um carrinho de mão e misturadas. Com isso, obteve-se uma amostra composta de, aproximadamente, 400 g, que foi enviada ao laboratório para análises.



Figura 3 – Coleta de amostra do lote de composto utilizado no experimento.

Fonte: Acervo dos autores.

Os parâmetros que foram avaliados, para alguns dos materiais utilizados na formulação do lote do composto, bem como a análise do composto que foi aplicado no experimento, estão apresentados na Tabela 2.

Tabela 2 – Caracterização dos materiais utilizados e do composto produzido na FEV

(continua)

Parâmetros	Unidade	Palha de café	Restos de poda	Borra de café	Composto orgânico
Umidade a 60 – 65 °C	%	3,05	6,95	29,52	44,40
pH em CaCl ₂	--	--	--	7,05	7,20
CTC	mmol _c kg ⁻¹	--	--	--	455,00
Matéria orgânica Total	%	87,96	94,93	81,76	52,05
Matéria orgânica compostável	%	86,40	94,50	78,30	35,10
Carbono orgânico 1/	%	48,00	52,50	43,50	19,50
Relação C/N	--	13/1	36/1	12/1	10/1
Nitrogênio (N)2/	%	3,58	1,56	3,56	1,98
Fósforo (P ₂ O ₅)3/	%	0,43	0,22	0,54	1,00
Potássio (K ₂ O)3/	%	3,09	1,13	0,75	1,36
Cálcio (Ca)3/	%	1,59	1,94	0,87	6,89
Magnésio (Mg)3/	%	0,66	0,20	0,11	0,94

(conclusão)

Parâmetros	Unidade	Palha de café	Restos de poda	Borra de café	Composto orgânico
Enxofre (S)3/	%	--	--	0,47	0,60
Ferro (Fe)3/	%	--	--	0,71	1,72
Zinco (Zn)3/	mg kg ⁻¹	--	--	38,2	111,8
Cobre (Cu)3/	mg kg ⁻¹	--	--	47,5	337,5
Manganês (Mn)3/	mg kg ⁻¹	--	--	94,7	1.368
Boro (B)4/	mg kg ⁻¹	--	--	4,1	26,0

Fonte: Elaborada pelos autores.

Nota: 1/ Oxidação com Bicromato de potássio; 2/ Digestão sulfúrica; 3/ Digestão nitro-perclórica; 4/ Digestão seca.

TRATAMENTOS

No experimento realizado, foi avaliado o composto orgânico produzido na usina de compostagem da Fazenda Experimental de Viana. Esse composto foi utilizado na adubação da cultivar de milho INCAPER ES 203, como fonte única e como fonte complementar de nutrientes. Essa aplicação do composto orgânico foi comparada com a aplicação da adubação mineral. De acordo com a caracterização agrônômica do composto, a análise de solo da área e as exigências de fertilidade para a cultura do milho, no Estado do Espírito Santo (Prezotti, 2010), foi calculada a dose total do composto necessária para fornecer todo o N requerido pela cultura. As exigências de NPK, consideradas para o cálculo das doses das adubações, foram de 110 kg ha⁻¹ de N, 100 kg ha⁻¹ de P₂O₅ e 70 kg ha⁻¹ de K₂O. Considerou-se o nitrogênio (N), nesse cálculo, por se tratar do macronutriente mais requerido pela cultura do milho e um dos que estão em maiores níveis no composto.

A calagem foi feita a lanço com a dose de 2,03 t ha⁻¹ de calcário dolomítico, com PRNT de 96%. Foi utilizado para calcular a dose de calcário o método de saturação de bases, em busca de elevar o valor V para 70%, de acordo com Prezotti (2010). Os tratamentos receberam adubações do composto orgânico em dose única, no sulco de plantio e na ocasião da semeadura. As doses de composto foram alteradas de maneira decrescente, uma vez que um tratamento recebeu a dose total, apenas com o composto orgânico e sem nenhum tipo de complementação, e, desse ponto, foi diminuído 25% da dose do composto em cada tratamento e acrescentadas fontes minerais

de adubos NPK (ureia, superfosfato simples e cloreto de potássio) de forma a completar os níveis de NPK exigidos pela cultura, até chegar na adubação puramente mineral. A adubação mineral foi feita em sulco, na ocasião do plantio, para o superfosfato simples e o cloreto de potássio. E a ureia foi parcelada em duas aplicações. A primeira, com 40% da dose total recomendada, aplicada aos 15 dias após a emergência das plantas e a segunda, com 60% da dose total recomendada, aplicada aos 40 dias após a emergência das plantas.

O tratamento que recebeu apenas o composto orgânico teve déficit no suprimento de fósforo (P) e suprimento excedente de potássio (K). O déficit de P se deve ao fato de que a dose de composto utilizada nesse tratamento não possui a quantidade de P necessária para suprir a exigência da cultura e não houve a complementação com fonte mineral, já que somente o composto orgânico foi utilizado. Como esse tratamento representa a forma de uso mais comum desse composto pelos agricultores da região, procurou-se não fazer ajustes na complementação dos outros macronutrientes, nesse caso, a fim de trazer maiores esclarecimentos sobre esse tipo de uso. O excedente de K se deu pelo fato de que, no cálculo das doses de composto utilizadas nos tratamentos, por se tratar do primeiro ano de cultivo, foi considerado um índice de conversão da forma orgânica para a mineral de 50% para o N e para o P, e de 100% para o K. Na Tabela 3, estão as quantidades de NPK em quilos por hectare requeridas pela cultura e consideradas para o cálculo das doses das adubações e as quantidades que foram fornecidas com as adubações dos diferentes tratamentos.

Tabela 3 – Quantidades de NPK requeridas pela cultura e fornecidas pelos diferentes tratamentos

	N (kg ha ⁻¹)	P2O5 (kg ha ⁻¹)	K2O (kg ha ⁻¹)
Quantidades requeridas pela cultura	110	100	70
Quantidades fornecidas T1	110	56*	151**
Quantidades fornecidas T2	110	100	113**
Quantidades fornecidas T3	110	100	75**
Quantidades fornecidas T4	110	100	70
Quantidades fornecidas T5	110	100	70

Fonte: Elaborada pelos autores.

Nota: * Quantidades em déficit.
** Quantidades em excesso.

O experimento foi conduzido com delineamento em blocos casualizados (DBC), com cinco tratamentos e quatro repetições, o que resultou em 20 parcelas experimentais cultivadas com o milho ‘INCAPER ES 203’ em sistema irrigado. Os tratamentos são descritos a seguir:

- T1) 100 % de composto orgânico;
- T2) 75% de composto orgânico + 25% adubação mineral;
- T3) 50% de composto orgânico + 50% adubação mineral;
- T4) 25% de composto orgânico + 75% adubação mineral;
- T5) 100% de adubação mineral.

As doses das adubações, para cada tratamento, podem ser conferidas na Tabela 4, descritos abaixo:

As parcelas foram formadas com cinco fileiras de 5 m de comprimento, com espaçamento de 0,8 m entre linhas e 0,2 m entre plantas, o que resultou em uma densidade de cultivo de 62.500 plantas por hectare. Para efeito de bordadura, foi desconsiderado 0,5 m da bordadura, com foco na avaliação das três fileiras centrais.

Tabela 4 – Doses das adubações em t ha⁻¹, kg ha⁻¹ e em g m⁻¹ para cada tratamento

Tratamentos	Doses em kg ha ⁻¹	Doses em gm ⁻¹
T1	20 t ha ⁻¹ do composto.	1.600 g m ⁻¹ de composto.
T2	15 t ha ⁻¹ do composto + 60 kg ha ⁻¹ de ureia + 322 kg ha ⁻¹ de superfosfato simples.	1.200 g m ⁻¹ de composto + 5 g m ⁻¹ de ureia (parcelado em 2 vezes) + 26 g m ⁻¹ de superfosfato simples.
T3	10 t ha ⁻¹ do composto + 120 kg ha ⁻¹ de ureia + 400 kg ha ⁻¹ de superfosfato simples.	800 g m ⁻¹ de composto + 9,6 g m ⁻¹ de ureia (parcelado em 2 vezes) + 32 g m ⁻¹ de superfosfato simples.
T4	5 t ha ⁻¹ do composto + 180 kg ha ⁻¹ de ureia + 477 kg ha ⁻¹ de superfosfato simples + 53 kg ha ⁻¹ de KCL.	400 g m ⁻¹ de composto + 14,5 g m ⁻¹ de ureia (parcelado em 2 vezes) + 38 g m ⁻¹ de superfosfato simples + 4,2 g m ⁻¹ de KCL.
T5	0 t ha ⁻¹ do composto + 240 kg ha ⁻¹ de ureia + 555 kg ha ⁻¹ de superfosfato simples + 117 kg ha ⁻¹ de KCL.	0 g m ⁻¹ do composto + 19,2 g m ⁻¹ de ureia (parcelado em 2 vezes) + 44 g m ⁻¹ de superfosfato simples + 9,5 g m ⁻¹ de KCL.

Fonte: Elaborada pelos autores.

VARIÁVEIS ANALISADAS

Para avaliar possíveis diferenciações entre os tratamentos, as seguintes variáveis foram avaliadas neste

trabalho: produtividade de espigas com palha (kg ha⁻¹) e produtividade de grãos (em kg ha⁻¹). Também foi feita uma avaliação econômica com os diferentes tratamentos.

As avaliações de produtividade de espigas de milho com palha e produtividade de grãos foram feitas depois da secagem natural do milho. A secagem do milho buscou a umidade aproximada de 13% através de secagem natural a campo. As espigas colhidas, de cada parcela, foram colocadas para secar ao sol durante sete dias. Após a secagem, as espigas colhidas foram pesadas e depois debulhadas em debulhador manual. Com o peso das espigas e dos grãos após a debulha, foram obtidas as estimativas de produtividade em kg ha⁻¹ para cada parcela.

Depois, foi feita uma análise econômica para saber qual dos tratamentos teve o maior retorno econômico. Para isso, a produtividade de cada tratamento foi convertida em sacas de 60 kg ha⁻¹ para ser feito o cálculo da receita líquida após a adubação obtida com a venda da produção

por hectare. O valor gasto com os adubos e com a sua aplicação representou os custos com as diferentes adubações para cada tratamento. Vale ressaltar que o custo do composto orgânico é subsidiado. Para compor a receita, foi considerada a cotação da saca de 60 kg de milho, em 12 de janeiro de 2021. Além disso, foram considerados os preços vigentes na região para sacos de 50 kg de ureia, superfosfato simples e cloreto de potássio, bem como para a diária de um homem, empregado para trabalhar na aplicação dos adubos. Esses valores estão apresentados na Tabela 5. Não foram considerados outros custos de produção na análise, pois, além de serem iguais em todos os tratamentos, o interesse era apenas em ver o impacto econômico da adubação, de acordo com as diferentes adubações utilizadas nos tratamentos.

Tabela 5 – Cotações da saca de milho e dos custos dos adubos utilizados nos diferentes tratamentos

Componentes	Cotações (R\$)
Saca de milho (60 kg)	71,00
Composto orgânico (T)	5,00
Ureia (saco de 50 kg)	122,00
Superfosfato simples (saco de 50 kg)	70,00
Cloreto de potássio (saco de 50 kg)	110,00
Diária (D/H)	80,00

Fonte: Elaborada pelos autores.

Como os tratamentos que receberam adubação mineral tiveram o seu parcelamento, considerou-se que seriam necessárias três diárias por hectare para realizar as três adubações (uma no plantio e mais dois parcelamentos em cobertura). O tratamento que recebeu apenas o composto orgânico necessitou de uma diária por hectare para que fosse feita a adubação (uma adubação na ocasião do

plantio). A maior parte dos agricultores familiares dessa região que cultivam o milho realizam os tratos culturais com operações manuais, por isso foi considerada a aplicação manual do adubo.

As quantidades de fertilizantes minerais, em sacos de 50 kg, necessárias para cada tratamento estão apresentadas na Tabela 6.

Tabela 6 – Quantidade de adubos por tratamento

Tratamentos	Ureia (sc 50 kg)	Superfosfato simples (sc 50 kg)	Cloreto de potássio (sc 50 kg)
100 % CO	00	00	00
75% CO + 25% AM	02	07	00
50% CO + 50% AM	03	08	00
25% CO + 75% AM	04	10	01
100% AM	05	12	03

Fonte: Elaborada pelos autores.

Nota: CO: Composto orgânico.
AM: Adubo mineral.

Para calcular a receita líquida com a aplicação dos tratamentos, foi utilizada a fórmula abaixo.

A = B – C

- Uma vez que:
A = Receita líquida com a aplicação dos adubos por hectare.
B = Receita bruta por hectare.
C = Custos da adubação.

Ressalta-se que esse cálculo não revela de fato o lucro obtido com a atividade, já que não se considerou todos os custos de produção envolvidos, mas apenas aqueles ligados ao manejo da adubação, que é o alvo dos tratamentos do presente trabalho.

Tabela 7 – Médias das características agronômicas

Tratamento	Produtividade de espigas com palha (kg ha ⁻¹)	Produtividade de grãos (kg ha ⁻¹)
T1 – 100% do composto orgânico	4292 a	3354 b
T2 – 75% composto e 25% adubação mineral	4750 a	3722 b
T3 – 50% composto orgânico e 50% adubação mineral	4250 a	3343 b
T4 – 25% composto orgânico e 75% adubação mineral	5249 a	4277 a
T5 – 100% adubação mineral	5750 a	4531 a
Média	4858	3846
CV (%)	15,12	13,9

Fonte: Elaborada pelos autores.

Nota: Médias seguidas de uma mesma letra na vertical não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade.

Esses resultados na produtividade podem estar relacionados à velocidade de liberação dos nutrientes para as plantas em relação às fontes utilizadas. Os nutrientes presentes no adubo orgânico precisam de tempo maior para que ocorra a sua mineralização e absorção, quando comparadas às fontes minerais (Kiehl, 2002). Esse tempo maior para disponibilidade dos nutrientes, consequentemente, afetará na produtividade do cultivo, sobretudo no primeiro ciclo de cultivo, pois, mesmo que tenha sido considerado o índice de conversão no cálculo da dose do composto orgânico, esse índice é considerado para o prazo de um ano, tempo maior do que o ciclo da cultura do milho. Como a matéria orgânica possui um efeito residual, é de se esperar que, ao passar do tempo e com a continuidade da aplicação do composto orgânico, a produtividade das áreas que receberam a adubação

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Não houve diferenças estatísticas entre os tratamentos para a produtividade de espigas com palha, conforme a Tabela 7. Já para a produtividade de grãos, os tratamentos que continham 100% de adubação mineral e 25% de adubação orgânica + 75% de adubação mineral foram semelhantes entre si e superiores aos demais, que também não diferenciaram entre si. Com relação à produtividade, constata-se que os nutrientes aportados via adubo orgânico não devem ultrapassar a proporção de 25% em relação à exigência da planta.

orgânica seja equivalente às que receberam somente adubação mineral.

Resultados semelhantes na interação entre as diferentes proporções de adubação orgânica e mineral também foram observados por outros autores. Segundo Mueller et al. (2013), a produtividade total em cultivo de tomate, que utilizou diferentes doses de cama de aviário, com e sem complementação com adubos minerais, foi maior sempre que a complementação mineral era realizada. Já Silva (2012), observou que, para a avaliação de uma colheita, a maior proporção de composto orgânico desfavoreceu a produtividade de café conilon, em estudo com dois tipos de compostos orgânicos utilizados em cinco proporções diferentes (0; 25, 50, 75 e 100).

Os resultados com a receita líquida após a adubação, receita bruta e custos com a adubação (por ha) de cada tratamento estão apresentados na Tabela 8:

Tabela 8 – Receita bruta, custos e receita líquida com a adubação

Tratamentos	Receita bruta/ha	Custos com adubação/ha	Receita líquida após adubação/ha
T1 – 100 % CO	R\$ 3.905,00	R\$ 180,00	R\$ 3.725,00
T2 – 75% CO + 25% AM	R\$ 4.402,00	R\$ 1.049,00	R\$ 3.353,00
T3 – 50% CO + 50% AM	R\$ 3.922,75	R\$ 1.216,00	R\$ 2.706,75
T4 – 25% CO + 75% AM	R\$ 5.017,33	R\$ 1.563,00	R\$ 3.454,33
T5 – 100% AM	R\$ 5.325,00	R\$ 2.020,00	R\$ 3.305,00

Fonte: Elaborada pelos autores.

Nota: CO: Composto orgânico; AM: Adubo mineral.

Quando comparadas as médias da receita líquida após a adubação pelo teste de Scott-Knott, não foram observadas diferenças estatísticas significativas entre os tratamentos, conforme apresentado na Tabela 9.

Tabela 9 – Médias da receita líquida após a adubação

Tratamentos	Receita líquida após a adubação (R\$ ha ⁻¹)
T1 – 100% CO	3725,00 a
T2 – 75% CO + 25% AM	3353,00 a
T3 – 50% CO + 50% AM	2706,75 a
T4 – 25% CO + 75% AM	3454,33 a
T5 – 100% AM	3305,00 a
Média	3308,82
CV (%)	19,06

Fonte: Elaborada pelos autores.

Nota: Médias seguidas de uma mesma letra na vertical não diferem entre si pelo teste de Scott-Kott a 5% de probabilidade; CO: Composto orgânico; AM: Adubo mineral.

Esses resultados mostram que, mesmo com as maiores produtividades obtidas no tratamento que recebeu 100% de adubo mineral, a diminuição crescente dos custos para efetuar as adubações nos tratamentos, à medida em que diminuíram as percentagens de adubos minerais nas doses das adubações, contribuíram para que esses tratamentos apresentassem receita líquida com a adubação parecida ao tratamento que recebeu apenas a adubação mineral. Esse fato indica a potencialidade de uso do composto contendo a borra de café como fertilizante na agricultura, considerando aspectos econômicos. Apesar de haver, em determinadas situações, redução de produtividade, a receita líquida após a adubação não foi reduzida comparativamente ao uso de adubos minerais. Assim, o uso do composto como fertilizante pode ser considerado como uma forma adequada de destinação final do

subproduto (borra de café), apresentando vantagens agrônômicas, econômicas e ambientais.

Foi observado que todos os tratamentos que receberam adubação mineral tiveram aumentos nos custos envolvidos na prática de adubação, quando comparados ao tratamento que recebeu apenas o composto orgânico. Isso se deve ao custo reduzido do composto orgânico, devido o mesmo ser subsidiado, ao maior custo dos adubos minerais e a necessidade de parcelamento das adubações, que resulta em mais gastos com mão de obra. Vale lembrar que foi considerado apenas o gasto com a adubação (custo dos adubos e a sua aplicação) para compor os custos. Por isso, os valores de receita líquida obtidos não representam valores de lucro, uma vez que se deve considerar outros custos de produção para a obtenção desses valores.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

O composto orgânico produzido na Fazenda Experimental de Viana, com o uso de resíduo de borra de café, apresentou resultados satisfatórios na produtividade da cultura do milho, principalmente quando utilizado de forma complementar à adubação mineral. Do ponto de vista de produtividade, a melhor proporção encontrada foi de 25% de composto orgânico para 75% de adubação mineral.

O composto orgânico, usado como substituto dos adubos minerais, reduziu o custo das adubações quando aplicado em maiores proporções, principalmente devido ao seu custo subsidiado. A adubação com composto orgânico proporcionou rentabilidade na cultura do milho equivalente à adubação mineral, devido ao menor custo de adubação por hectare.

CONTRIBUIÇÃO DOS AUTORES

SOUZA, L. M. B de. executou o trabalho, as avaliações e a interpretação dos resultados. LOPES, G. e ARAÚJO, J. B. S. auxiliaram na interpretação dos resultados. FAVARATO, L. F. auxiliou na condução do trabalho e interpretação dos resultados e GUARÇONI, R. C. auxiliou na análise estatística e interpretação dos resultados.

CONFLITO DE INTERESSES

Os autores declaram não haver conflito de interesses.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), à Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado do Espírito Santo (Fapes), à Realcafé, à Prefeitura Municipal de Viana e ao Programa de Mestrado Profissional em Tecnologias e Inovações Ambientais da Universidade Federal de Lavras (PPGTIA/UFLA).

REFERÊNCIAS

ABIC (Associação Brasileira da Indústria do Café). **Estatísticas**. Rio de Janeiro: ABIC, 2018. Disponível em: <http://abic.com.br/estatisticas/#4178>. Acesso em: 20 set. 2018.

ABICS (Associação Brasileira da Indústria do Café Solúvel). [S. l.]. São Paulo: ABICS, 2022. Disponível em: <https://agenciap1.files.wordpress.com/2020/01/relatc3b3rio-do-cafc3a9-solc3bavel-do-brasil-jan2022.pdf>. Acesso em: 12 fev. 2022.

BALLESTEROS, L. F.; TEIXEIRA, J. A.; MUSSATTO, S. I. Chemical, Functional, and Structural Properties of Spent Coffee Grounds and Coffee Silverskin. **Food and Bioprocess Technology**, v. 7, n. 12, p. 3493–3503, 2014. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/s11947-014-1349-z>. Acesso em: 6 mar. 2021.

ICO (International Coffee Organization) [S. l.], 2021. Disponível em: <http://www.ico.org>. Acesso em: 8 abr. 2021.

KONDAMUDI, N.; MOHAPATRA, S. K.; MISRA, M. Spent coffee grounds as a versatile source of green energy. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 56, n. 24, p. 11757–11760, 2008. Disponível em: <https://doi.org/10.1021/jf802487s>. Acesso em: 14 mar. 2022.

KIEHL, E. J. **Manual de Compostagem**: maturação e qualidade do composto. 3. ed. Piracicaba–SP: Edição do autor, 2002.

KIEHL, E. J. **Manual de Compostagem**: maturação e qualidade do composto. 4. ed. Piracicaba–SP: Edição do autor, 2004.

MUELLER, S.; WAMSER, A. F.; SUZUKI, A.; BECKER, W. F. Produtividade de tomate sob adubação orgânica e complementação com adubos minerais. **Horticultura Brasileira**, v. 31, n. 1, p. 86–92, 2013. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/hb/a/svSgSd5cg3Cs9P8PJrJfFN/?format=pdf&lang=pt>. Acesso em: 23 abr. 2022.

PREZOTTI, L. C. **Manual de recomendação de calagem e adubação para o Estado do Espírito Santo**. Vitória–ES: Incaper, 2010.

ROS, M. et al. Hydrolase activities, microbial biomass and bacterial community in a soil after long-term amendment with different composts. **Soil Biology and Biochemistry**, v. 38, n. 12, p. 3443–3452, 2006. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.soilbio.2006.05.017>. Acesso em: 7 mar. 2021.

SILVA, V. M. **Manejo da adubação orgânica visando agroecossistemas sustentáveis de café conilon no Estado do Espírito Santo**. 2012. 111 f. Dissertação (Mestrado em Produção Vegetal). Universidade Federal do Espírito Santo – Alegre, 2012. Disponível em: <http://repositorio.ufes.br/bitstream/10/6542/1/Victor%20Mauricio%20da%20Silva.pdf>. Acesso em: 2 junho 2022.