

Comportamento dos solos, produção de café e qualidade da bebida em dois sistemas de adubação usando fontes regionais e convencionais de nutrientes

Soil behavior, coffee production and beverage quality in two fertilization systems using regional and conventional nutrient sources

Comportamiento del suelo, producción de café y calidad de bebidas en dos sistemas de fertilización utilizando fuentes de nutrientes regionales y convencionales

DOI: 10.54033/cadpedv21n6-112

Originals received: 05/10/2024

Acceptance for publication: 05/31/2024

Pedro Höfig

Doutor em Ciências Ambientais pela Universidade de Brasília (UNB)

Instituição: Agropecuária AH

Endereço: Unaí, Minas Gerais, Brasil

E-mail: pedro.hofig@ah.agr.br

Eder de Souza Martins

Doutor em Geologia pela Universidade de Brasília (UnB)

Instituição: Embrapa Cerrados

Endereço: Planaltina, Distrito Federal, Brasil

E-mail: eder.martins@embrapa.br

Elvio Giasson

Doutor em Ciência do Solo pela Cornell University

Instituição: Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS)

Endereço: Porto Alegre, Rio Grande do Sul, Brasil

E-mail: giasson@ufrgs.br

Giuliano Marchi

Doutor em Solos e Nutrição de Plantas pela Universidade Federal de Lavras

Instituição: Embrapa Cerrados

Endereço: Planaltina, Distrito Federal, Brasil

E-mail: giuliano.marchi@embrapa.br

Rodrigo Studart Corrêa

Doutor em Solos e Nutrição de Plantas pela Universidade de Brasília (UnB)

Instituição: Faculdade UnB Planaltina

Endereço: Planaltina, Distrito Federal, Brasil

E-mail: rscorrea@unb.br

RESUMO

A cafeicultura tem histórica relevância geopolítica e econômica no Brasil. O caminho técnico e químico da agricultura industrial passou por um desenvolvimento extraordinário, com a ajuda de enorme aparato, tanto da ciência quanto da indústria química e tecnológica. Entretanto, como consequência da agricultura industrial, ao longo do tempo, notou-se uma redução da renda por unidade de produto produzido, já que o produtor rural usualmente se depara com setores comerciais concentrados ou oligopolizados para a compra de seus insumos e precisa vender seus produtos com preços formados pela livre concorrência. Ademais, é evidente que, baseados em recursos finitos, nutrientes essenciais em algum momento não estarão mais disponíveis para a agricultura convencional. Este trabalho objetivou avaliar o comportamento dos solos, a produção de café e a qualidade de bebida após utilizar dois sistemas de adubação em lavoura cafeeira em Unaí, noroeste do estado de Minas Gerais, no Cerrado Brasileiro. No sistema convencional utilizou-se, como fonte convencionais de nutrientes (FCN), ureia, superfosfato simples e cloreto de potássio. O sistema de adubação utilizando fontes regionais de nutrientes (FRN) utilizou somente adubos produzidos na propriedade agrícola por meio da compostagem conjunta de resíduos orgânicos e rochas moídas. Esses dois sistemas de adubação foram praticados desde o plantio da lavoura até sua primeira colheita. A caracterização dos solos após a aplicação dos fertilizantes foi realizada através da Tecnologia Embrapa de Bioanálise de Solo. Após a colheita do experimento a bebida produzida foi avaliada segundo protocolo da Associação Americana de Cafés Especiais. O sistema de adubação com FRN, quando comparado com o FCN, alcançou melhor resultado na função de suprimento de nutrientes e obteve melhor qualidade de bebida.

Palavras-chave: Fertilizante Orgânico. Autossuficiência. Remineralizador de Solos. Cafeeiro.

ABSTRACT

Coffee farming has historical geopolitical and economic relevance in Brazil. The technical and chemical path of industrial agriculture has undergone extraordinary development, with the help of enormous apparatus, both from science and from the chemical and technological industry. However, as a consequence of industrial agriculture, over time, a reduction in income per unit of product produced was noted, as rural producers normally face concentrated or oligopolistic commercial sectors to purchase their inputs and need to sell their products with prices formed by free competition. Furthermore, it is clear that, based on finite resources, essential nutrients will at some point no longer be available for conventional agriculture. This work aimed to evaluate the behavior of soils, coffee production

and the quality of the drink after using two fertilizer systems in coffee work in Unaí, northwest of the state of Minas Gerais, in the Brazilian Cerrado. No conventional system was used, such as conventional nutrient source (FCN), urea, simple superphosphate and potassium chloride. The fertilizer system uses regional sources of nutrients (FRN) using only fertilizers produced on the agricultural property through composting together of organic waste and ground rocks. These two fertilizer systems were practiced from the planting of the crop until its first harvest. The characterization of the soils after the application of fertilizers was carried out using Embrapa Soil Bioanalysis Technology. After harvesting the experiment, the drink produced was evaluated according to the protocol of the American Specialty Coffee Association. The FRN fertilizer system, when compared to the FCN, achieved better results in the nutrient supply function and obtained better drink quality.

Keywords: Organic Fertilizer. Self-Sufficiency. Soil Remineralizer. Coffee Tree.

RESUMEN

El cultivo del café tiene relevancia geopolítica y económica histórica en Brasil. El camino técnico y químico de la agricultura industrial ha experimentado un desarrollo extraordinario, con la ayuda de enormes aparatos, tanto de la ciencia como de la industria química y tecnológica. Sin embargo, como consecuencia de la agricultura industrial, con el tiempo se observó una reducción del ingreso por unidad de producto producido, ya que los productores rurales suelen enfrentarse a sectores comerciales concentrados u oligopólicos para comprar sus insumos y necesitan vender sus productos con precios formados por la libre competencia. . Además, está claro que, dado que los recursos son finitos, los nutrientes esenciales en algún momento ya no estarán disponibles para la agricultura convencional. Este trabajo tuvo como objetivo evaluar el comportamiento del suelo, la producción de café y la calidad de las bebidas después de utilizar dos sistemas de fertilización en cultivos de café en Unaí, al noroeste del estado de Minas Gerais, en el Cerrado brasileño. En el sistema convencional se utilizaron como fuentes convencionales de nutrientes (FCN) urea, superfosfato simple y cloruro de potasio. El sistema de fertilización que utiliza fuentes regionales de nutrientes (FRN) utilizó únicamente fertilizantes producidos en la propiedad agrícola mediante el compostaje conjunto de desechos orgánicos y rocas molidas. Estos dos sistemas de fertilización se practicaron desde la siembra del cultivo hasta su primera cosecha. La caracterización de los suelos después de la aplicación de fertilizantes se realizó mediante la Tecnología de Bioanálisis de Suelos de Embrapa. Luego de la cosecha del experimento, la bebida producida fue evaluada según el protocolo de la Asociación Estadounidense de Cafés Especiales. El sistema de fertilización FRN, en comparación con FCN, logró mejores resultados en la función de suministro de nutrientes y obtuvo una mejor calidad de bebida.

Palabras clave: Fertilizante Orgánico. Autosuficiencia. Remineralizador del Suelo. Cafeto.

1 INTRODUÇÃO

A cafeicultura tem histórica relevância geopolítica e econômica no Brasil, já que moldou e ainda molda as diversas formas de apropriação e uso do patrimônio natural que forma este país (IBGE, 2016). O cafeeiro é cultivado em diferentes sistemas de manejo e representa importante fonte de renda e empregos no Brasil, que é o maior produtor e exportador mundial há mais de um século e meio (DAVIS *et al.*, 2006).

O caminho técnico da agricultura industrial passou por um desenvolvimento extraordinário, com a ajuda de enorme aparato tecnológico. Todavia, este desenvolvimento foi baseado no uso de recursos finitos, pois nutrientes essenciais em algum momento poderão não estar mais disponíveis para a agricultura (WISTINGHAUSEN *et al.*, 2000). Portanto, é necessário desenvolver tecnologias que possam aproveitar ao máximo as oportunidades regionais com o mínimo uso de insumos externos.

Nesta perspectiva, entende-se que a busca por uma cafeicultura rentável e permanente passa pela valorização das fontes de nutrientes disponíveis na região, o que fornece mais autonomia para o setor rural no tocante a sua adubação. Novas práticas e novos conhecimentos calcados na otimização dos recursos disponíveis na própria unidade de produção agrícola, na participação dos agricultores e na valorização de seus saberes empíricos são ferramentas essenciais para uma produção mais sustentável (CANELLAS *et al.*, 2005).

Neste sentido, este trabalho objetivou avaliar o comportamento dos solos, a produtividade dos cafeeiros e a qualidade da bebida de café oriundos de dois sistemas de adubação em uma lavoura cafeeira em Unaí, noroeste de Minas Gerais. Foram avaliados um sistema baseado em adubação convencional (FCN), com fertilizantes solúveis de síntese química, e outro sistema fundamentado em fontes regionais de nutrientes (FRN), utilizando fertilizantes produzidos através de compostagem conjunta de resíduos orgânicos e rochas moídas.

2 MATERIAL E MÉTODOS

2.1 CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA

A pesquisa foi realizada na Fazenda Ouro Verde, em Unaí, Minas Gerais, localizada na mesorregião do Noroeste de Minas Gerais, no bioma Cerrado (IBGE, 2012). O clima local é classificado por Köppen como Aw (AYOADE, 2003). A área experimental foi instalada em um setor irrigado por pivô central, com solo classificado como Latossolo Amarelo Distrófico petroplíntico com textura argilosa. As características iniciais do solo são apresentadas na Tabela 1.

Tabela 1 - Caracterização geral do solo da área em estudo antes da instalação do experimento.

Análise	Parâmetros	Unidade	Resultado
Química	pH em água		5,81
	Fósforo total	mg/kg	522
	Silício solúvel		<1,0
	Matéria orgânica	%	1,66
	Carbono orgânico total		1,0
	Fósforo (Mehlich)	mg/dm ³	<0,3
	Potássio		53,25
	Enxofre		5,02
	Cálcio	cmol _c /dm ³	3,43
	Magnésio		1,37
	Alumínio		<0,1
	CTC potencial		6,76
	Textural	V	%
m		0	
Silte		33,3	
Argila		47	
Areia		19,7	
Biológica	Ariisulfatase	µg PNG/g	78,6
	B-glicosidase	solo/h	80,2

Fonte: Os autores.

A área de estudo foi utilizada com pastagem entre 1997 e 2017. Após esse período, passou a ter um manejo convencional com rotação de culturas para lavouras anuais até a instalação do experimento em 2021. Este foi conduzido em lavoura cafeeira plantada com a variedade Catuaí IAC 144, com delineamento experimental em blocos ao acaso, composto de dois tratamentos

e dez repetições, com o total de vinte parcelas. Cada parcela possuía três linhas de 30 plantas, considerando as duas linhas de fora e as cinco primeiras e cinco últimas plantas da linha intermediária como bordadura. O espaçamento entre plantas foi de 0,5 m e entre linhas foi de 3,90 m, com uma densidade de 5.128 plantas/ha.

2.2 SISTEMAS DE ADUBAÇÃO

No sistema convencional (FCN) a adubação foi realizada aplicando-se ureia (45% N), superfosfato simples (16 a 18% de P_2O_5) e cloreto de potássio (50% de K_2O). Na adubação feita com fontes regionais de nutrientes (FRN) utilizaram-se adubos produzidos na fazenda através de compostagem conjunta de resíduos orgânicos e rochas moídas, sendo que em cada um dos três anos se utilizou compostos com composições diferentes (Tabela 2).

Tabela 2 - Composição dos compostos utilizados.

Adubações					
Plantio		Primeiro ano pós plantio		Primeira colheita	
Material	Proporção no composto (%)	Material	Proporção no composto (%)	Material	Proporção no composto (%)
Cama de bovino	36	Cama de bovino	35	Cama de bovino	35
Serragem	14	Cavaco de cafeeiro	25	Silagem de milho	5
Casca de café	20	Casca de café	10	Casca de café	30
Gesso	5	Gesso	5	Gesso	5
Calcixisto	9	Calcixisto	25	Calcixisto	25
Fosfato natural	16	-	-	-	-

Fonte: Os autores.

Esses dois sistemas foram praticados desde o plantio da lavoura até sua primeira colheita, 30 meses após o plantio (Tabela 3). Com exceção desses sistemas de adubação, o restante do manejo foi realizado de forma idêntica nas duas áreas, com três aplicações por ano de fungicidas, inseticidas, herbicidas e micronutrientes.

Para o plantio no setor de FCN, foram utilizados os parâmetros de adubação de plantio apontados por Mesquita *et al.* (2016b), que se baseou na

Comissão de Fertilidade do Solo do Estado de Minas Gerais (1999). Sendo assim, foi aplicado no sulco, por berço, 470 g de superfosfato simples, 350 g de composto e 700 g de calcixisto, para suprir as necessidades de matéria orgânica e cálcio, respectivamente. A adubação potássica consistiu de três aplicações em cobertura de 18,3 g de cloreto de potássio por planta. A adubação nitrogenada consistiu de 53 g de ureia/planta, divididos em quatro aplicações no verão (Tabela 3).

Tabela 3 - Sistemas de adubações utilizados ao longo do experimento.

Adubação de:	Sistema	
	Fonte Convencionais de Nutrientes	Fontes Regionais de Nutrientes
Plantio	470 g superfosfato simples/berço	2 kg de composto do plantio/berço
	55 g de cloreto de potássio/planta	175 g de fosfato natural/planta
	53 g de ureia/planta	350 g de composto/planta
	350 g de composto do plantio/planta	
	700 g de calcixisto/planta	700 g de calcixisto/planta
Pós plantio	23 g de ureia/planta	1 kg de composto do primeiro ano/planta
Colheita	90 g superfosfato simples/planta	4,8 kg de composto de primeira colheita/planta
	88 g de cloreto de potássio/planta	
	165 g de ureia/planta	

Fonte: Os autores.

Para a adubação de plantio no sistema FRN, foram aplicados no sulco 2 kg de composto/planta. As características do composto para plantio (HÖFIG *et al.*, 2022) são apresentadas na Tabela 4.

Foram realizados ajustes na adubação para equalizar as quantidades dos nutrientes NPK nos dois tratamentos. Com isso, no tratamento na adubação de plantio do sistema FRN foi adicionalmente realizada adubação em cobertura utilizando-se 175 g de fosfato natural, 700 g de calcixisto e 350 g de composto por planta, desta forma equilibrando as condições do manejo convencional no tocante ao teor de fósforo, matéria orgânica e cálcio sugerido por Mesquita *et al.* (2016b).

No primeiro ano pós plantio e na adubação de produção, no sistema FRN foi realizada a aplicação do composto utilizando-se 1 kg/planta. Independente da análise de solo, essa foi a adubação sugerida, tendo em vista que o composto é a única fonte de nitrogênio desse sistema. As características do composto

produzido para o primeiro ano pós plantio (HÖFIG *et al.*, 2023a) são apresentadas na Tabela 4.

Já no manejo FCN, no primeiro ano, foi considerada a adubação de primeiro ano pós-plantio apontada por Mesquita *et al.* (2016b), conforme recomendações da Comissão de Fertilidade do Solo do Estado de Minas Gerais (1999). Sendo assim, utilizou-se 23 g de ureia/planta, divididas em três aplicações no período chuvoso. Esse se valor assemelhou ao teor de N utilizado no sistema FRN no primeiro ano pós plantio. Neste momento, Mesquita *et al.* (2016b) não recomendam a adubação fosfatada no caso dela ter sido feita no plantio conforme a orientação.

No sistema FCN, devido aos altos teores de potássio existente no solo ($K_2O > 200 \text{ mg/dm}^3$), não foi realizada adubação potássica, conforme recomendação de Mesquita *et al.* (2016b).

Tabela 4 - Características dos compostos utilizados.

Determinação*	Unidade	Base	Parâmetro	Plantio	Pós plantio	Colheita		
				Valores				
pH CaCl ₂	-	Úmida	Químico	7,8	8,3	7,7		
Relação C:N	-			11	13	13		
Densidade	g.cm ⁻³			0,6	0,5	0,7		
Umidade	%			32,2	35,3	24,0		
Nitrogênio Total		1,2		1,0	0,9			
Fósforo (P ₂ O ₅)		2,1		0,8	0,7			
Potássio (K ₂ O)		1,6		1,2	1,5			
Cálcio (Ca)		5,4		7,9	5,2			
Magnésio (Mg)		0,9		1,8	1,8			
Enxofre (S)		0,2		0,8	0,7			
Silício (Si)		4,8		13,6	10,9			
CTC efetiva	mmol.c.kg ⁻¹	Seca		Orgânico	340,0	220,0	363,3	
Matéria orgânica total	%		26,7		23,3	23,4		
Carbono orgânico		12,9	12,9		13,0			
Ácido húmico (AH)		g.kg ⁻¹ C orgânico	12,5		21,6	9,9		
Ácido fúlvico (AF)			10,4		15,9	8,4		
Relação AH:AF			1,2		1,4	1,2		
Fosfatase ácida		µg PNF.g ⁻¹ .h ⁻¹	Úmida		Biológico	982,0	818,0	779,7
B-glicosidase	µg PNG.g ⁻¹ .h ⁻¹	517,0				189,0	169,0	
Microrganismos celulolíticos	NMP.g ⁻¹	4,3 x 10 ⁶				4,62E+07	2,99E+06	
Microrganismos diazotróficos		2,4 x 10 ⁴				9,17E+01	5,44E+01	
Taxa de germinação P.I. – areia	%	Úmida	Sanitário			80,0	50,0	80,0
Taxa de germinação P.I. – 1%						90,0	60,0	86,7
Coliformes totais	Presença/ausência	Úmida		Sanitário		Ausência	Ausência	Ausência
Germinação daninhas						Ausência	Ausência	Ausência

pH em CaCl₂ 0,01 M determinação potenciometria; Densidade (m/v); Umidade 60-65^o determinação por umidade; Carbono Orgânico (CO) oxidação dicromato seguido de titulação; Nitrogênio total digestão sulfúrica (Kjeldahl); Fósforo (P₂O₅) determinação por espectrofotômetro pelo método com a solução de vanadomolibdica; Potássio (K₂O) fotometria de chama; Enxofre (S) gravimétrico de sulfato de bário; Cálcio (Ca) e Magnésio (Mg) extração com HCl por espectrofotômetro de absorção atômica; Silício Korndörfer *et al.*, 2004; Relação C:N cálculo, Capacidade de troca de cátions (CTC) (BRASIL, 2017). Matéria Orgânica Total por combustão em Mufla (ALCARDE, 2009.). AH e AF: Benites *et al.*, 2003. Coliformes totais e fecais kit COLItest® realizado conforme as especificações do fabricante. Determinação de presença ou ausência de plantas daninhas por testes de germinação conduzidos em ambiente controlado. Fosfatase ácida e beta-glicosidase: Tabatabai, 1994. Microrganismos: Kasana *et al.*, 2008 e Döbereiner *et al.*, 1995. Taxa de germinação de plantas indicadoras (P.I.) conduzida com experimentos em microcosmos em ambiente controlado utilizando sementes de alface. PNF (Paranitrofenil fosfato). PNG (p-nitrofenil-β-D-glicosídeo). NMP (número mais provável).
Fonte: Os autores.

No ano agrícola referente à primeira colheita, no sistema FCN, foi feita a adubação de produção indicada por Mesquita *et al.* (2016c), adaptando recomendações da Comissão de Fertilidade do Solo do Estado de Minas Gerais (1999). Nesse caso, considerou-se o número de 5.128 plantas/ha, a produtividade esperada de 3 L de café cereja por planta, o percentual de matéria orgânica no solo e percentual de potássio em relação à CTC, além do fósforo

disponível no solo. Portanto, realizaram-se quatro aplicações no período chuvoso, com um total de 165 g de ureia/planta e 88 g de cloreto de potássio/planta, além de uma dose única de 90 g de superfosfato simples/planta. Para o sistema FRN, utilizou-se a quantidade de composto para se equilibrar a quantidade de NPK do sistema FCN, com a necessidade de igualar primeiramente o nitrogênio, pois o composto é a única fonte deste elemento para esse sistema de manejo. Portanto, foram aplicados 4,8 kg composto/planta. As informações do composto utilizados na adubação para primeira colheita (HÖFIG *et al.*, 2023b) estão na Tabela 4.

2.3 ANÁLISE DOS SOLOS DAS PARCELAS EXPERIMENTAIS

Para a análise dos solos das parcelas experimentais foram realizadas amostragens em fevereiro de 2023 após 28 meses de manejo desde o início do preparo de solo para o plantio e quatro meses antes da primeira colheita. As amostragens foram feitas a um palmo do tronco do pé de café, onde há maior exploração do sistema radicular. Para cada tratamento foram coletadas três amostras compostas formadas por 10 subamostras retiradas em diferentes pontos de cada repetição de cada tratamento e homogeneizadas em um balde de plástico, totalizando 250g de solo. Para a análise química, a profundidade amostrada foi de 0 a 20 cm (EMBRAPA, 2005) e, para a análise biológica, a uma profundidade de 0 a 10 cm (MENDES *et al.*, 2021). Foram calculadas a média e o desvio padrão de cada um dos parâmetros das três repetições referentes a cada tratamento. A verificação dos pressupostos da Análise de Variância (ANOVA) consistiu nos testes de normalidade, homogeneidade e análise de resíduos. Uma vez atendidos, foi conduzida a ANOVA e o teste de comparação de médias. Quando os pressupostos não eram satisfeitos, foi feita a transformação de dados, com reavaliação dos pressupostos, e ANOVA de dados transformados. Se mesmo com a transformação de dados os pressupostos ainda não eram satisfeitos, procedeu-se a análise não paramétrica. Todos os testes foram feitos para um nível de significância de 5%.

As características analisadas foram selecionadas de acordo com o proposto pela Tecnologia Embrapa de Bioanálise de Solo (BioAS). Ela consiste na análise e na interpretação das atividades das enzimas β -glicosidase e arilsulfatase, permitindo avaliar a atividade biológica do solo, complementarmente às análises tradicionais de fertilidade do solo. A BioAS também abrange o cálculo do desempenho de três funções essenciais do solo relativas a nutrientes, que consistem na função ciclar (F1), função armazenar (F2) e função suprir (F3). A função ciclar nutrientes reflete no IQS_{BIOLOGICO} (Índice de Qualidade Biológica do Solo), sendo a média das outras duas funções o IQS_{QUIMICO} (Índice de Qualidade Química do Solo). Por sua vez, a média das três funções é o IQS_{FERTBIO} (Índice de Qualidade do Solo FertBio), que expressa a qualidade química e biológica do solo em um único índice. Os IQSs e os escores das funções variam de 0 a 1, com as classes de interpretação tendo intervalos de 0,2, onde 0 é muito baixo e 1 é muito alto: quanto mais próximo de 1, melhor o desempenho da função e melhor o IQS. Os valores de atividade enzimática, os IQSs e os escores das três funções são calibrados em relação ao rendimento de grãos e à matéria orgânica do solo (MOS), levando-se em consideração os teores de argila do solo. A proposta foi baseada nas relações dos bioindicadores com o rendimento relativo acumulado (RRA) de grãos de soja e milho e com os teores de MOS. Todos os atributos microbiológicos foram correlacionados positivamente com o RRA e com a MOS, o que possibilitou, por meio de análises de regressão, a delimitação de classes de suficiência para cada enzima de acordo com os seguintes critérios: $\leq 40\%$ do RRA: baixo; de 41% a 80% do RRA: moderado; e $> 80\%$ do RRA: adequado (MENDES *et al.*, 2021).

Para avaliar e comparar com os índices calculados a partir dos dados experimentais, como ainda não existem índices de referência para a cultura do café, foram utilizados os índices de referência de qualidade utilizados para a cultura do milho.

2.4 PRODUTIVIDADE E QUALIDADE DA BEBIDA

Tendo a florada principal dos cafeeiros ocorrido no dia 25 de setembro de 2022 nos dois tratamentos, a colheita foi realizada no dia 13 de junho de 2023, na forma de derriça total no pano (MESQUITA *et al.*, 2016a), aproximadamente 30 meses após o plantio. Os frutos foram secos de forma suspensa até atingir entre 11% e 12% de umidade (SENAR, 2017), quando os frutos foram imediatamente descascados. Foram coletadas três amostras de 800 g de café descascado cru de cada tratamento para realização das análises sensoriais.

A produtividade de café cereja por planta foi medida em cada parcela e foi calculada a média. A verificação dos pressupostos da Análise de Variância (ANOVA) consistiu nos testes de normalidade, homogeneidade e análise de resíduos. Uma vez atendidos, foi conduzida a ANOVA e o teste de comparação de médias. Quando os pressupostos não eram satisfeitos, foi feita a transformação de dados, com reavaliação dos pressupostos, e ANOVA de dados transformados. Se mesmo com a transformação de dados, os pressupostos ainda não eram satisfeitos, procedeu-se a análise não paramétrica. Todos os testes foram feitos para um nível de significância de 5%. Já a produtividade medida em sacos de 60 kg de café limpo por hectare foi feita considerando a média de todo café colhido nas áreas totais de cada tratamento.

As análises sensoriais das bebidas foram realizadas por quatro provadores certificados *Q-Grader*, seguindo o protocolo da Associação Americana de Cafés Especiais (TSC-SCAA, 2008). Nessa análise consideram-se os atributos uniformidade, ausência de defeitos, doçura, sabor, acidez, corpo, finalização, equilíbrio, aroma e avaliação global. Os cafés que alcançam nota acima de 80 (de um máximo de 100) foram classificados como especiais, conforme TSC-SCAA (2008). Cada especialista provou três amostras de café de cada sistema de adubação. Foi calculada a média e o desvio padrão das notas atribuídas e aplicou-se o Teste t de Welch para análise estatística (WELCH, 1947).

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 SOLOS

Malavolta (1968) considerava que a fertilidade do solo como foi definida está associada às propriedades físicas e biológicas, afirmando que não se pode considerar o solo fértil se houverem dificuldades para o armazenamento e circulação do ar e da água; ou se apresentasse dificuldades para a manutenção da flora e fauna do solo. Assim, o solo deve ser quimicamente equilibrado, fisicamente estruturado e biologicamente ativo. Essas características estão interligadas e só ocorre estando o solo vivo, se considerando também as qualidades físicas e as qualidades biológicas do solo conjuntamente com a avaliação das características relacionadas ao fornecimento de nutrientes para as plantas (MENDES, 2021). Apenas o fator nutricional não explica o comportamento do solo, pois existem outros fatores envolvidos, como compostos húmicos, hormônios vegetais e microrganismos (LIM *et al.*, 2014).

Já no momento da tradagem para coleta de amostras foi muito clara a diferença entre os solos dos dois sistemas: o solo sob sistema de adubação FRN estava mais poroso e macio. Já os resultados analíticos são apresentados na Tabela 5. Os parâmetros biológicos dos dois sistemas pioraram em relação à análise de caracterização da área (Tabela 1). Possivelmente o manejo de plantas anuais com rotação de culturas é mais benéfico para a vitalidade do solo do que um cafeeiro novo, mesmo que com adubação orgânica, no qual se combate com grande intensidade as plantas de crescimento espontâneo e onde a cobertura do solo ainda é incipiente. Entretanto, destaca-se a melhora no teor de fósforo, potássio e de matéria orgânica nos dois sistemas em relação à análise de caracterização da área. O aumento dos teores destes elementos foi ainda mais acentuado no sistema FRN, tendo sido classificado como teores adequados, enquanto, no sistema FCN o teor foi considerado médio (LOPES *et al.*, 2018).

Tabela 5 - Características dos solos três meses antes da colheita nos sistemas com Fontes Regionais de Nutrientes (FRN) e Fontes Convencionais de Nutrientes (FCN).

Parâmetro	Unidade	FRN			FCN			Fonte
		Média	Desvio padrão	Interpretação	Média	Desvio padrão	Interpretação	
Teor de argila	%	54,0ns	1,6	Argilosa	52,7ns	2,6	Argilosa	-
Silício solúvel		6,7ns						
Fósforo total	mg/kg	472,5ns	95,6	-	383,4ns	14,2	-	-
pH em água	-	5,9a	0,2	Adequado	4,9b	0,4	Baixo	
Matéria orgânica	dag/kg	3,2a	0,1	Adequado	2,9b	0,1	Médio	Sousa; Lobato, 2004
Carbono orgânico total		1,9a	0,1	Adequado	1,7b	0,1	Médio	
Fósforo (Mehlich 1)	mg/dm ³	2,3ns	2,0	Muito baixo	0,6ns	0,2	Muito baixo	
Potássio		139,2ns	44,7	Alto	174,6ns	22,1	Alto	
Cálcio	cmol/dm ³	2,6ns	0,2	Adequado	1,5ns	0,7	Baixo	
Magnésio		0,7a	0,1	Adequado	0,4b	0,1	Baixo	
Alumínio		0,0ns	0,0	Adequado	0,1ns	0,1	Adequado	
CTC efetiva		3,7ns	0,2	Médio	2,5ns	0,8	Baixo	
CTC potencial		6,0ns	0,1	Médio	6,1ns	0,3	Médio	Sobral <i>et al.</i> , 2015
V _m	%	60,7a	2,5	Adequado	38,7b	12,1	Baixo	
		0,0ns	0,0	Adequado	4,2ns	3,0	Adequado	
Arisulfatase	µg PNG/g solo/h	61,6ns	7,6	Moderado	51,6ns	3,8	Moderado	Lopes <i>et al.</i> , 2018
Beta-glicosidade		72,7ns	8,7	Baixo	68,9ns	7,8	Baixo	
IQS biológico		0,6ns	0,01	Médio	0,55ns	0,04	Médio	Mendes <i>et al.</i> , 2018
IQS químico		0,5ns	0,03	Médio	0,41ns	0,03	Médio	
IQS FertBio		0,5ns	0,02	Médio	0,46ns	0,03	Médio	
Ciclagem de nutrientes (F1)		0,6ns	0,01	Média	0,55ns	0,04	Média	
Armazenamento de nutrientes (F2)		0,5ns	0,05	Média	0,43ns	0,05	Média	
Suprimento de nutrientes (F3)	-	0,5a	0,02	Média	0,39b	0,03	Baixa	

Legenda: IQS (índice de qualidade do solo); ns (não significativo para o teste a 5% de nível de significância; a (maior média); b (menor média). PNG (p-nitrofenil-β-D-glicosídeo).

Fonte: Os autores.

Mais importante do que a quantidade de microrganismos no solo é a sua atividade biológica, que se exprime pela quantidade de enzimas excretadas. Um

solo pode possuir grande número de organismos, porém inativos (PRIMAVESI, 2021). A aplicação de fertilizantes orgânicos favorece a produção de algumas enzimas, além de outras propriedades microbianas, quando comparada a adubos minerais (CHANG *et al.*, 2007). Contudo, os dois sistemas apresentaram teores moderados e baixos para arilsulfatase e β -glicosidade, respectivamente, e função de ciclagem de nutrientes (F1) média (Tabela 5).

A enzima β -glicosidase atua na etapa final do processo de decomposição da celulose e é responsável pela hidrólise dos resíduos de celobiose, um dissacarídeo de rápida decomposição no solo, liberando como produto a glicose, que atua como importante fonte de energia para os microrganismos (ZAGO *et al.*, 2018). Já a arilsulfatase é uma enzima que participa do ciclo do S no solo ao hidrolisar ligações do tipo éster de sulfato, o que libera íons sulfato (TABATABAI; BREMNER, 1970).

Mendes *et al.* (2015) avaliaram os seguintes tratamentos: a) soja/milho safrinha; b) soja/*Urochloa brizantha*; e c) soja/milho intercalado com *Urochloa ruziziensis*. Oito anos após o início do experimento, a análise de solo mostrou os maiores valores da enzima β -glicosidase e arilsulfatase para o tratamento “b” (179 e 140 $\mu\text{g PNG/g solo/h}$, respectivamente) e, os piores, para o “a” (108 e 89 $\mu\text{g PNG/g solo/h}$, respectivamente). Todos os valores foram maiores do que em nosso estudo. Na mesma área de estudo de Mendes *et al.* (2015), Benites *et al.* (2014) reportaram um aumento de produtividade da soja nos tratamentos com braquiária, embora as características químicas do solo da área dos três testes fossem semelhantes, o que demonstra a importância dos fatores biológicos.

Já Mendes *et al.* (2018) estudaram, em sistema de plantio direto, os sistemas soja/pousio e soja/brachiaria. O primeiro apresentou β -glicosidase de 64 e arilsulfatase 28 $\mu\text{g PNG/g solo/ha}$, resultados, portanto, inferiores aos nossos. No entanto, o segundo sistema mostrou β -glicosidase de 233 e arilsulfatase de 223 $\mu\text{g PNG/g solo/ha}$. Lisboa *et al.* (2012) encontraram forte correlação entre a atividade da arilsulfatase e o estoque de C no solo. Pandey *et al.* (2014) demonstraram que áreas de vegetação nativa apresentaram índices de atividade de arilsulfatase superiores a áreas com manejo do solo. Em contrapartida, Mendes *et al.* (2019) encontraram teores mais elevados de

atividade dessa enzima em solos cultivados. Já Rietz e Haynes (2003) ressaltam que a salinidade é um fator limitante para a β -glicosidase. Portanto, irrigações e adubações minerais podem promover danos à atividade dessa enzima.

No tocante a função de armazenar nutrientes (F2), que considera a CTC potencial e a matéria orgânica, os solos dos dois tratamentos apresentaram valores médios (Tabela 5). Ambos os sistemas apresentam valores médios de CTC potencial (SOBRAL *et al.* 2015). Contudo, enquanto o sistema FRN apresentou valor adequado de matéria orgânica, o FCN mostrou-se como médio (SOUSA; LOBATO, 2004). Como nas regiões tropicais a atuação de fatores e processos de formação condicionou, de forma geral, a presença de solos em avançado estágio de intemperismo, todo o sistema é dependente e influenciado pela matéria orgânica do solo. É consenso entre os pesquisadores que este componente pode ser usado como indicador de qualidade de solo (CANELLAS *et al.*, 2005). O teor de matéria orgânica consiste num parâmetro químico essencialmente importante para a comunidade microbiana, pois fornece nutrientes para o crescimento de populações de microrganismos e das plantas (CARNEIRO *et al.*, 2009).

Portanto, os solos dos dois tratamentos apresentaram valores médios das funções de ciclagem (F1) e armazenamento de nutrientes (F2) (Tabela 5). Sendo assim, a situação do solo é considerada estável, mas em uma condição de saúde ou qualidade intermediária, necessitando implementar melhorias no manejo, como, por exemplo, utilização de plantas de cobertura entre as ruas de café, aplicando este material roçado no pé do cafeeiro. Importante destacar que para essas classificações, os escores da função F3 (suprir nutrientes) não são considerados. Diferentemente de F1 e F2, as quais são interdependentes e influenciadas pelo uso e manejo do solo de forma mais ampla, a F3 está diretamente relacionada ao manejo da adubação e calagem do solo. Por exemplo, adubar e corrigir um solo com F1 e F2 baixas não o torna saudável; ou ainda, um solo ácido e pobre em nutrientes não é necessariamente um solo doente. Portanto, é possível que um solo apresente alta fertilidade química (F3 elevada) e mesmo assim apresente-se com baixa atividade biológica, em função de práticas de manejo inadequadas (MENDES *et al.*, 2021).

Neste sentido, no tocante à parte mineral, o sistema FRN foi classificado como médio em relação à função de suprimento de nutrientes (F3), enquanto o sistema FCN classificou-se como F3 baixo (MENDES et al, 2018). Ambos apresentam altos valores de potássio, adequados valores de alumínio e teores muito baixos de fósforo disponível, mesmo com os altos teores de fósforo total da análise de solo inicial. O sistema FRN demonstrou, porém, melhores teores de magnésio e mais altos valores de pH e saturação por bases (SOBRAL et al., 2015).

No sistema FRN, os teores adequados de magnésio e matéria orgânica do solo (SOUSA; LOBATO, 2004) refletem o uso do composto orgânico, que possui calcário em sua receita (HÖFIG et al. 2022; HÖFIG et al., 2023a; HÖFIG et al., 2023b). Os teores baixos de pH e saturação por bases do sistema FCN são consequência do uso do fertilizante nitrogenado ureia, pois ela libera, na sua reação com o solo, íons H^+ (LANGUE et al., 2006). A saturação por bases do solo do sistema FRN o caracteriza como eutrófico, o que pode ser interpretado como solo fértil e reflete na sua maior CTC efetiva. Por outro lado, no sistema FCN, o solo é classificado como distrófico, o que revela que apenas uma menor parte de sua CTC potencial é ocupada por bases (RONQUIM, 2010).

Os dois tratamentos apresentem altos teores de potássio. Isso indica que o aproveitamento de K_2O entre o cloreto de potássio e o composto orgânico pode ser semelhante, mesmo com a lixiviação existente no K_2O do cloreto de potássio (GOMES et al., 2022) e mesmo que parte do potássio existente no composto seja prontamente disponível (HÖFIG et al., 2023b).

No tocante ao fósforo disponível, mesmo que as substâncias húmicas aumentem a liberação de fósforo no solo (BEZERRA; SOUSA, 2023), não houve diferença significativa entre os tratamentos. Partelli et al. (2009) concluíram que a adição de resíduos vegetais e adubos fosfatados naturais no solo do cafeeiro orgânico proporcionam o aumento de fósforo disponível no solo, já que a presença de matéria orgânica gera maior disponibilidade de fósforo e menor fixação do fósforo aplicado. Rodrigues et al. (2021) apontam ainda o aumento de fósforo disponível em áreas com o uso de remineralizadores, causado pelo aumento do pH e pela entrada de óxido de silício no sistema, que compete com

os sítios de adsorção do fosfato (SANTOS *et al.*, 2021). No entanto, nem mesmo o teor de P total apresentou diferença significativa entre os tratamentos.

Neste contexto, os sistemas FRN e FCN apresentaram IQSs biológico e químico médios. No mesmo sentido, o IQS FertBio de ambos tratamentos foi classificado como médio, mas a função de suprimento de nutrientes foi considerada melhor no sistema FRN.

3.2 PRODUTIVIDADE E QUALIDADE DA BEBIDA

Não houve diferença significativa entre a produção de café cereja por planta. Contudo, para a média de total colhida em área total, o sistema FRN apresentou maior produtividade de café descascado, com 16 sacas/ha, necessitando de 570 litros de café cereja para produzir um saco de 60 kg de café limpo, enquanto o sistema FCN produziu 13,1 sacas/ha, precisando de 622 litros de café cereja para produzir um saco de 60 kg de café descascado. Em relação ao rendimento de café seco em coco para transformar em café limpo, o sistema FRN alcançou 49,3%, enquanto o FCN alcançou 48,3% (Tabela 6). Ressalta-se que a geada ocorrida no dia 18 de maio de 2022 afetou a florada da lavoura, interferindo diretamente na produtividade dos dois sistemas de adubação no ano de 2023.

Tabela 6 - Medidas relacionadas à eficiência de produção dos sistemas FRN (Fontes Regionais de Nutrientes) e FCN (Fontes Convencionais de Nutrientes).

Parâmetro de produtividade	Sistema	
	FRN	FCN
litros de café cereja/planta	1,8ns	1,5ns
sacas de 60 kg de café beneficiado/ha	16	13,1
rendimento de café seco em coco para formar café beneficiado (%)	49,2	48,4
litros de café cereja para produzir uma saca de 60 kg de café beneficiado	570	622

Legenda: ns (não significativo para o teste a 5% de nível de significância).

Fonte: Os autores.

Carmo e Magalhães (1999), compararam a produtividade de três propriedades produtoras de café orgânico na Zona da Mata de Minas Gerais, com a produtividade obtida em sistema convencional (baseado em dados médios regionais, fornecidos por instituições atuantes no meio rural),

demonstrando que, embora dois dos três sistemas orgânicos tivessem melhor desempenho econômico, todos tiveram menor produtividade de café beneficiado que o sistema convencional. Sarcinelli e Rodriguez (2006) analisaram três sistemas de produção cafeeira na região da Média Mogiana do estado de São Paulo, sendo dois sistemas convencionais e um orgânico, e este apresentou menor produtividade, contudo, menor custo de produção e melhor preço de venda. Já Caixeta e Teixeira (2009) estudaram onze propriedades produtoras de café, também na Zona da Mata de Minas Gerais, sendo cinco orgânicas e seis convencionais, e constataram que a cafeicultura orgânica apresentou menor índice de dependência de insumos externos, embora com menor produtividade, nitidamente correlacionada com a menor quantidade de fertilizantes NPK utilizada. Ressalta-se que, neste estudo, a propriedade com maior produtividade de café foi a única que proporcionou resultado econômico de lucro negativo.

Já Dias *et al.* (2018) constataram que a adubação com 336 kg ha⁻¹ de K₂O derivado de rocha moída rica em glauconita, em dose única, proporcionou produção de grãos semelhantes às da fertilização com 618 kg ha⁻¹ de K₂O de KCl, de forma parcelada, e melhor qualidade avaliada pela análise sensorial da bebida, explicada pelo fato que o excesso de cloro inibe a atividade da enzima polifenoloxidase (PALHARINI *et al.*, 2015), que está diretamente ligada a qualidade da bebida (MARTINS *et al.*, 2005). Amorim *et al.* (1973) mostraram que a adubação com KCl prejudicou a qualidade da bebida, mas o teor de K no grão não foi correlacionado, o que indica que o cloro contribuiu para esse efeito de redução da qualidade. Os mesmos autores mostram que o teor de N nos grãos foi negativamente correlacionado com a qualidade do café.

No presente estudo, em que a única diferença entre os sistemas foi a fertilização, os resultados apresentaram diferenças estatísticas: o café produzido a partir do sistema de adubação FRN alcançou nota média de 81,0 e desvio padrão de 0,5, obtendo, portanto, classificação *premium* ou bebida mole. Já no sistema FCN, a nota média do café produzido foi de 76,8 e o desvio padrão de 0,6, classificado como abaixo de *premium* ou bebida apenas mole. De acordo com Amorim (1968), a qualidade da bebida depende de vários fatores, entre eles a composição química do grão, que é determinada não só geneticamente, mas

também por sistema de cultivo, época de colheita, tipo de preparo, armazenamento e torração. Martinez *et al.* (2014) apontam que os nutrientes minerais interferem na qualidade final do café de duas formas: uma direta, por seu papel no metabolismo da planta e acúmulo de compostos químicos desejáveis do ponto de vista do aroma e sabor do café, e outra indireta, por sua função na produção de compostos que desfavorecem o desenvolvimento microbiano nos grãos. Os mesmos autores reportam a relação inversamente proporcional entre lixiviação de K de exsudatos de grão cru e qualidade de bebida, assim como Malta *et al.* (2005). Mendonça *et al.* (2005) constataram que a composição química dos grãos de café foi influenciada por fatores genéticos, ambientais, culturais e pelos métodos de colheita, processamento, armazenamento, torra e moagem, que afetam diretamente a qualidade da bebida do café. As adubações e o estado nutricional da planta podem influenciar tanto na produção quanto na composição do grão cru e, conseqüentemente, na qualidade da bebida (MARTINEZ *et al.*, 2014).

4 CONCLUSÕES

O uso das Fontes Regionais de Nutrientes (FRN) selecionadas para essa pesquisa, quando comparado ao uso de fertilizantes solúveis de síntese química, representa menores custos de transporte e menor dependência de insumos importados, gerando cadeias de produção mais transparentes e com maior autonomia. Regionalizar e reinserir a economia local na sociedade preserva o meio ambiente (que, em última instância, é a base de toda economia), fortalece a participação e, portanto, a integração regional. A essa lógica se contrapõe a verticalização da produção agrícola utilizando fontes convencionais de nutrientes, que vincula o agricultor exclusivamente à indústria à qual está integrado e, por conseguinte, a mercados distantes e fora de seu controle.

O sistema de adubação com Fontes Regionais de Nutrientes (FRN), quando comparado com o sistema com Fontes Convencionais de Nutrientes (FCN), aumentou a sua eficiência em relação à função de suprimento de nutrientes no solo. Em relação às funções de armazenamento e ciclagem de

nutrientes, bem como para o IQS_{BIOLOGICO} (Índice de Qualidade Biológica do Solo), IQS_{QUIMICO} (Índice de Qualidade Química do Solo) e IQS_{FERTBIO} (Índice de Qualidade do Solo FertBio), não houve diferenças significativas entre os dois sistemas avaliados. Embora não tenha sido observada diferença estatística entre a produtividade de café nos dois sistemas, o sistema FRN produziu uma bebida de melhor qualidade.

Portanto, se conclui que pode ser competitivo produzir café utilizando FRN. Todavia, é necessário a ampliação de pesquisas nesse tema, tendo em vista a dificuldade de se encontrar estudos recentes que possam ser usados como fonte de comparação. Ademais, é de extrema importância a comparação da viabilidade econômica entre os dois sistemas.

AGRADECIMENTOS

Ao Projeto Rede de PD&I sobre remineralizadores e agrominerais (REMAg), referência FINEP 1541-22, pelo apoio financeiro.

REFERÊNCIAS

- AMORIM, V. H.; SILVA, D. M. Relationships between the polyphenol oxidase activity of coffee beans and the quality of the beverage. **Nature**, 219:381-382, 1968.
- AMORIM, V. H.; TEIXEIRA, A. A.; MORAES, R. S.; REIS, A. J.; GOMES, F. P.; MALAVOLTA, E. Estudos sobre a alimentação mineral do cafeeiro XXVII. Efeito da adubação N, P e K no teor de macro e micro nutrientes do fruto e na qualidade da bebida do café. **Anais da E. S. A. Luíz de Queiroz**, v. 30, 1973.
- BENITES, V. M., CAETANO, J. O, FERREIRA FILHO, W. C.; MENEZES, C. C. E.; POLIDORO, J. C.; OLIVEIRA, R. P.; WIENDL, T. Influence of brachiaria (*Urochloa brizantha*) as a winter cover crop on potassium use efficiency and soybean yield under no-till in the Brazilian Cerrado. **The Electronic International Fertilizer Correspondent (e-ifc)**, n. 39, p. 24-35, Dec. 2014.
- BENITES, V. M.; MADARI, B.; MACHADO, P. L. O. de A. **Extração e fracionamento quantitativo de substâncias húmicas do solo: um procedimento simplificado de baixo custo**. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2003.
- BEZERRA, P. S. S.; SOUSA, B. A. Fontes fosfatadas e substâncias húmicas na disponibilidade de fósforo em neossolo e argissolo. **Revista Brasileira de Meio Ambiente**, v. 11, n. 1, 2023.
- CAIXETA, G. Z. T.; TEIXEIRA, S. M. Economicidade e certificação da cafeicultura familiar na Zona da Mata de Minas Gerais. **Pesq. Agropec. Trop.**, Goiânia, v. 39, n. 4, p. 317-329, out./dez. 2009
- CARMO M. S.; MAGALHÃES M. M. Agricultura sustentável: avaliação da eficiência técnica e econômica de atividades agropecuárias selecionadas no sistema não convencional de produção. **Informações Econômicas**: 29(7):7-98, 1999.
- CARNEIRO, M.A.C. et al. Atributos físicos, químicos e biológicos de solo de Cerrado sob diferentes sistemas de uso e manejo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.33, n. 1, p. 147-157, 2009.
- DAVIS, A. P.; GOVAERTS, R.; BRIDSON, D. M.; STOFFELEN, P. An annotated taxonomic conspectus of the genus *Coffea* (*Rubiaceae*). **Botanical Journal of the Linnean Society**, London, v. 152, n. 4, p. 465-512, Dec. 2006.
- DIAS, K. G. de L.; GUIMARÃES, P. T. G.; do CARMO, D. L.; Reis, T. H. P.; LACERDA, J. J. de J. Alternative sources of potassium in coffee plants for better soil fertility, productivity, and beverage quality. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, 53(12), p. 1355–1362, 2018.

EMBRAPA – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Amostragem de solo**. Manaus: Embrapa Amazônia Ocidental, 2005.

GOMES, M. de P.; REZENDE, C. H. S.; SOUZA, J. A.; ROCHA, G. C. . Lixiviação de potássio em um latossolo cultivado com café. **IRRIGA**, [S. l.], v. 27, n. 3, p. 597–606, 2022.

HÖFIG, P.; MARTINS, E. de S., BROETTO, T.; GIASSON, E.; ARANTES, B. S. Efeitos de diferentes proporções de rochas moídas no processo de compostagem. **Revista Brasileira de Agroecologia**, v. 18, n. 3, p. 133-153, 2023a.

HÖFIG, P.; MARTINS, E. de S.; BROETTO, T.; GIASSON, E.; SILVA, G. M. F. da. Avaliação da qualidade de um fertilizante produzido por compostagem conjunta de materiais orgânicos e rochas moídas, **Revista em Agronegócio e Meio Ambiente – RAMA** ISSN 2176-9168 (On-line), v. 15, n. 3, 2022.

HÖFIG, P.; MARTINS, Eder de S.; GIASSON, E.; ARANTES, B. S. Diferentes rochas moídas no processo de compostagem em Unaí/MG: fertilizante orgânico e autonomia agrícola. **Geographia Opportuno Tempore**, [S. l.], v. 9, n. 1, p. e47425, 2023b.

IBGE. - INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **A Geografia do Café**. Rio de Janeiro: IBGE, 2016. 136 p.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Manual Técnico da Vegetação Brasileira**. Rio de Janeiro: IBGE, 2012. 271p.

LATOUCHE, S.; **Pequeno tratado do decrescimento sereno**. São Paulo: Editora WMF Martins Fontes, 2018. 170 p.

LOPES, A. A. C.; SOUSA, D. M. G.; REIS JUNIOR, F. B.; FIGUEIREDO, C. C.; MALAQUIAS, J. V.; SOUZA, L. M.; MENDES, I. C. Temporal variation and critical limits of microbial indicators in oxisols in the Cerrado, Brazil. **Geoderma Regional**, v. 12, p. 72-82, 2018.

MALTA, M. R.; PEREIRA, R. G. F. A.; CHAGAS, S. J. de R. Condutividade elétrica e lixiviação de potássio do exsudato de grãos de café: alguns fatores que podem influenciar essas avaliações. **Ciênc. agrotec.** 29 (5) • Out 2005

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

MARTINS, D. R.; CAMARGO, O. A. de; BATACLIA, O. C. Qualidade do grão e da bebida em cafeeiros tratados com lodo de esgoto, **Bragantia**, 64 (1), 2005. MENDES, I. de C.; CHAER, G. M.; REIS-JUNIOR, F. B. dos; SOUSA, D. M. G. de; DANTAS, O. D.; OLIVEIRA, M. L. de; MALAQUIAS, J. V. **Tecnologia**

BioAS: uma maneira simples e eficiente de avaliar a saúde do solo. Planaltina, DF: Embrapa Cerrados, 2021.

MENDES, I. C.; CAETANO, J. O. ; HERNANI, L. C. ; REIS JUNIOR, F. B.; BENITES, V. M. Soil enzymes activities in Cerrado´s grain-crops farming systems with Brachiaria. In: WORLD CONGRESS ON INTEGRATED CROP-LIVESTOCK-FOREST SYSTEMS; INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON INTEGRATED CROP-LIVESTOCK SYSTEMS, 3., 2015, Brasília, DF. Towards sustainable intensification: proceedings. Brasília, DF: Embrapa, 2015.

MENDES, Ieda de Carvalho et al. Critical limits for microbial indicators in tropical Oxisols at post-harvest: the FERTBIO soil sample concept. **Applied Soil Ecology**, v. 139, p. 85-93, 2019.

MENDES, I.C; SOUSA, D. M. G. ; REIS JUNIOR, Fábio Bueno dos ; ALVES de C. L, ANDRÉ. Bioanálise de solo: como acessar e interpretar a saúde do solo. Planaltina: Embrapa Cerrados, 2018 (Circular Técnica, 38).

MENDES, I. C.; SOUSA, D. M. G.; REIS JUNIOR, F. B.; LOPES, A. A. C.; SOUZA, L. M. Bioanálise de solo: aspectos teóricos e práticos. **Tópicos em Ciência do Solo**, v. 10, p. 399- 462, 2019.

MENDONÇA, L. M. V. L.; PEREIRA, R. G. F. A.; MENDES, A. N. G. Parâmetros bromatológicos de grãos crus e torrados de cultivares de café (Coffea arabica L.). **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, 25:239-243, 2005.

MESQUITA, C. M. de; REZENDE, J. E. de; CARVALHO, J. S.; FABRI-JÚNIOR, M. A.; MORAES, N. C.; DIAS, P. T.; CARVALHO, R. M. de; ARAÚJO, W. G. de. **Manual do café**: colheita e preparo (Coffea arábica L.). Belo Horizonte: EMATER-MG, 2016a. 52 p. il.

MESQUITA, C. M. de; REZENDE, J. E. de; CARVALHO, J. S.; FABRI-JÚNIOR, M. A.; MORAES, N. C.; DIAS, P. T.; CARVALHO, R. M. de; ARAÚJO, W. G. de. **Manual do café**: implantação de cafezais Coffea arábica L. Belo Horizonte: EMATER-MG, 2016b. 50 p. il.

MESQUITA, C. M. de; REZENDE, J. E. de; CARVALHO, J. S.; FABRI-JÚNIOR, M. A.; MORAES, N. C.; DIAS, P. T.; CARVALHO, R. M. de; ARAÚJO, W. G. de. **Manual do café**: manejo de cafezais em produção. Belo Horizonte: EMATER-MG, 2016c. 72 p. il.

PALHARINI, M. C. de A.; SANTOS, C. A. de J. P.; SIMIONATO, E. M. R. S.; KODAWARA, R. K.; KLUGE, R. A. Efeito do dióxido de cloro sobre a microbiota e escurecimento enzimático de vagem minimamente processada. **Horticultura Brasileira**, v. 33, n. 2., 2015.

PANDEY, Divya; AGRAWAL, Madhoolika; BOHRA, Jitendra Singh. Effects of conventional tillage and no tillage permutations on extracellular soil enzyme

activities and microbial biomass under rice cultivation. **Soil and Tillage Research**, v. 136, p. 51-60, 2014.

PARTELLI, F. L.; BUSATO, J. G.; VIEIRA, H. D.; VIANA, A. P.; CANELLAS, L. P. Qualidade da matéria orgânica e distribuição do fósforo no solo de lavouras orgânicas de café Conilon. **Ciência Rural**, v.39, n.7, out, 2009.

PRIMAVESI, A. **Pergunte o porquê ao solo e às raízes** : casos que auxiliam na compreensão de ações eficazes na produtividade agrícola. São Paulo: Expressão Popular, 2021. 356 p.

RIETZ, D. N.; HAYNES, R. J. Effects of irrigation-induced salinity and sodicity on soil microbial activity. **Soil Biology and Biochemistry**, v. 35, n. 6, p. 845-854, 2003.

RODRIGUES, M.; VAHL, L. C.; SILVEIRA, C. A. P.; SALÉ, M. M.; NANNI, M. R.; BATISTA, M. A. Co-products from the limestone mining as sources of calcium, magnesium and sulphur. **Environmental Nanotechnology, Monitoring & Management**, 15, 100446, 2021.

RONQUIM, C. C. **Conceitos de fertilidade do solo e manejo adequado para as regiões tropicais**. Campinas: Embrapa Monitoramento por Satélite, 2010.

SARCINELLI, O.; RODRIGUEZ, E. O. Análise do desempenho econômico e ambiental de diferentes modelos de cafeicultura em São Paulo – Brasil: estudo de caso na região cafeeira da Média Mogiana do Estado de São Paulo. **Revista Iberoamericana de Economia Ecológica**, 5:13-26, 2006.

SENAR – Serviço Nacional de Aprendizagem Rural. **Café: colheita e pós-colheita**. Brasília: SENAR, 2017.

SOBRAL, L. F.; BARRETTO, M. C. de V.; SILVA, A. J. da.; ANJOS, J. L. dos. **Guia prático para interpretação de resultados de análises de solos**. Aracajú: Embrapa Tabuleiros Costeiros, 2015. 13 p.

SOUSA, D. M. G. de; LOBATO, E. (Ed.). **Cerrado: correção do solo e adubação**. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica, 2004.

TABATABAI, M.A. & BREMNER, J.M. Arylsulfatase activity of soils. **Soil Sci. Soc. Am. Proc.**, 34:225-229, 1970.

TABATABAI, M.A. Soil enzymes. In: WEAVER, R.W. (Ed.). **Methods of soil analysis: microbiological and biochemical properties**. 5th ed. Madison: SSSA, 1994. p. 775-833.

TSC-SCAA - **Technical Standards Committee - Specialty Coffee Association of America. Protocolo para análise sensorial de café: metodologia SCAA. SCAA, 2008.**

WISTINGHAUSEN, C. von; SCHEIBE, W. HEILMANN, H. WISTINGHAUSEN, E. von; KÖNIG, U. J. **Manual para o uso dos preparados biodinâmicos**. São Paulo: Antroposófica, 2000.

ZAGO, L.M.S.; MOREIRA, A.K.O.; SILVA-NETO, C.M.; NABOUT, J.C.; FERREIRA, M.E.; CARAMORI, S.S. Biochemical activity in Brazilian Cerrado soil differentially affected by perennial and annual crops. **Australian Journal of crop Science**, v. 12, n. 02, p. 235-242, 2018.