



**LAÍS SOUSA RESENDE**

**OTIMIZAÇÃO DO USO DA ÁGUA E DE NUTRIENTES NA  
PRODUÇÃO E NO MANEJO DA CERCOSPORIOSE DO  
CAFEEIRO**

**LAVRAS - MG  
2019**

**LAÍS SOUSA RESENDE**

**OTIMIZAÇÃO DO USO DA ÁGUA E DE NUTRIENTES NA PRODUÇÃO E NO  
MANEJO DA CERCOSPORIOSE DO CAFEIEIRO**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Agronomia/Fitotecnia, área de concentração em Produção Vegetal, para a obtenção do título de Mestre.

Prof. Dr. Élberis Pereira Botrel  
Orientador

Prof. Dr. Edson Ampélio Pozza  
Coorientador

**LAVRAS - MG  
2019**

Ficha catalográfica elaborada pelo Sistema de Geração de Ficha Catalográfica da Biblioteca  
Universitária da UFLA, com dados informados pelo(a) próprio(a) autor(a).

Resende, Laís Sousa.

Otimização do uso da água e de nutrientes na produção e no  
manejo da cercosporiose do cafeeiro. / Laís Sousa Resende. - 2019.  
92 p. : il.

Orientador(a): Élberis Pereira Botrel.

Coorientador(a): Edson Ampélio Pozza.

Dissertação (mestrado acadêmico) - Universidade Federal de  
Lavras, 2019.

Bibliografia.

1. *Coffea arabica* L. 2. Mancha de olho pardo. 3. Cobertura de  
solo. I. Botrel, Élberis Pereira. II. Pozza, Edson Ampélio. III.  
Título.

**LAÍS SOUSA RESENDE**

**OTIMIZAÇÃO DO USO DA ÁGUA E DE NUTRIENTES NA PRODUÇÃO E NO  
MANEJO DA CERCOSPORIOSE DO CAFEIEIRO**

**OPTIMIZATION OF WATER USE AND NUTRIENTS IN THE PRODUCTION AND  
MANAGEMENT OF THE BROWN EYE SPOT IN COFFEE CROP**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Agronomia/Fitotecnia, área de concentração em Produção Vegetal, para a obtenção do título de Mestre.

APROVADA em 14 de agosto de 2019.

Dra. Danielle Pereira Baliza      IFSULDEMINAS

Dr. Rubens José Guimarães      UFLA

Prof. Dr. Élberis Pereira Botrel  
Orientador

Prof. Dr. Edson Ampélio Pozza  
Coorientador

**LAVRAS - MG  
2019**

*A todos os cafeicultores, por acreditarem e  
viverem com amor, o dia a dia do cultivo do café.*

*Dedico*

## AGRADECIMENTOS

A Deus, por me capacitar concedendo-me força e coragem para transpor todos os obstáculos.

A Nossa Senhora da Aparecida, por me proteger e abençoar.

Aos meus pais, Darly e Eustáquio, e à minha irmã, Lara, por sempre acreditarem na minha capacidade, e por todo o incentivo durante essa caminhada.

Às minhas avós, Maria e Carmem (*in memoriam*), por todas as orações e ensinamentos.

À Universidade Federal de Lavras e ao Programa de Pós Graduação em Agronomia/Fitotecnia por todas as oportunidades de desenvolvimento pessoal e profissional.

Ao Professor Élberis, por me orientar e transmitir com ‘sapiência’ muitos ensinamentos durante o Mestrado.

Ao Professor Edson Pozza, por confiar no meu trabalho, apoiar, e por todas as valiosas contribuições.

Ao Professor Rubens por todo apoio, disponibilidade e incentivo durante a execução desse trabalho.

A todos do Setor de Cafeicultura, NECAF e GHPD, por toda ajuda, solidariedade e amizades construídas. Em especial, ao Otávio e à Karolaine, peças essenciais na condução desse trabalho.

Ao Departamento de Fitopatologia (DPF), por todo o acolhimento, alegria e conhecimentos compartilhados. Em especial à Renata, por toda a paciência e amizade.

Às minhas amigas e amigos, por todo o apoio, em especial à Amanda, por todo o incentivo e companheirismo, durante todos esses anos de graduação e pós-graduação.

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico – CNPq por me conceder a bolsa de Mestrado.

Às empresas Compass Minerals, Hydroplan, Eletroplastic e Grupo Mantiqueira, por parceria na realização do experimento.

A todos por contribuírem para a realização desse trabalho.

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

**MUITO OBRIGADA!**

## RESUMO

A mancha de olho pardo, cujo agente etiológico é o fungo *Cercospora coffeicola*, é uma das principais doenças do cafeeiro. Fatores como déficit hídrico e desequilíbrio nutricional podem favorecer o progresso dessa doença, acarretando prejuízos para o cafeicultor. Nesse sentido, nos últimos anos, a demanda por técnicas agrônômicas capazes de minimizar os danos dessa doença e, conseqüentemente, aumentar a produtividade das lavouras de forma sustentável, cresceu. Para tal, realizou-se o presente trabalho com o objetivo de estudar o efeito de diferentes coberturas de solo, de fertilizantes e de condicionadores de solo no manejo da cercosporiose do cafeeiro (*Coffea arabica*), cultivar Mundo Novo 379-19, suscetível à doença. Os fatores em estudo foram dispostos em esquema fatorial 3x2x5, totalizando 30 tratamentos alocados na área experimental em parcelas sub-subdivididas. Utilizou-se o delineamento experimental em blocos ao acaso com três repetições. Nas parcelas foram utilizadas três coberturas de solo, filme de polietileno, braquiária e sem cobertura de solo. Nas subparcelas, alocou-se os dois tipos de fertilizantes, o convencional e o de liberação controlada. Já nas sub-subparcelas, utilizou-se os quatro condicionadores de solo, composto orgânico, casca de café, gesso agrícola, polímero hidrorretentor, e a testemunha. Posteriormente, foram avaliados a cercosporiose na folha e no fruto, o enfolhamento, a umidade do solo, o crescimento de plantas, o índice de área foliar, a fertilidade do solo, e a produtividade. Os dados foram submetidos à análise de variância e a significância verificada por teste F ( $p < 0,05$ ). O estudo das médias foi realizado por teste Scott-Knott ( $p < 0,05$ ). O resultado referente ao índice médio de incidência da cercosporiose, do enfolhamento e da umidade, foi plotado em gráfico da curva de progresso, junto às médias das variáveis climáticas. O uso da braquiária e dos condicionadores de solo, composto orgânico e casca de café, promoveram maior umidade e melhoria dos atributos químicos do solo, reduzindo a cercosporiose na folha e no fruto, e a desfolha. Apesar da alta retenção de umidade no filme de polietileno e do incremento no crescimento vegetativo, essa cobertura proporcionou maior incidência e severidade da cercosporiose no fruto, na folha, e o menor enfolhamento das plantas. O fertilizante de liberação controlada, mesmo sem proporcionar redução significativa da cercosporiose, possibilitou melhorias no crescimento vegetativo e no enfolhamento do cafeeiro. Apesar da alta produtividade com o gesso agrícola, o uso desse condicionador ocasionou desbalanços nutricionais e possível lixiviação de nutrientes, contribuindo para o aumento da cercosporiose, e causando redução de 72 a 81% no índice de área foliar do cafeeiro.

**Palavras-chave:** *Coffea arabica* L. Mancha de olho pardo. Cobertura de solo.

## ABSTRACT

Brown eye spot (BES) is a major coffee disease caused by the fungi *Cercospora coffeicola*. Factors like water stress and nutritional imbalance may contribute to the disease progress. Recently, the demand for agronomical technics which can minimize the damage caused by BES is growing. Consequently, the improvement of crop yields in a sustainable system. Thus, the aim of this study was to evaluate the effect of different soil coverings, fertilizers and soil conditioners to manage BES in Mundo Novo 379-19 coffee cultivar, susceptible to this disease. The factors studied were arranged in a 3x2x5 factorial scheme, totalizing 30 treatments, allocated in split-split plot arrangements. The experiment was arranged in a randomized block design with three replicates. The plots were composed by the soil coverings, polyethylene film, *Urochloa decumbens* and no-covering. The subplots were composed by conventional and controlled-release fertilizer. The sub-subplots were composed by conditioners, organic compound, coffee husk, agricultural gypsum, hydroretentor polymer and witness. In the next step, leaf and berry BES, total leaf area, soil moisture, plant growth, leaf area index, soil fertility and yields were evaluated. The data obtained were submitted to variance analysis and Scott-Knott test 5% probability. The results from BES medium incidence, total leaf area and soil humidity were plotted in progress curves, together with medium weather variables. Signal grass and soil conditioners, organic compost and coffee husk, promoted higher soil moisture and improved soil chemical attributes, reducing leaf and fruit BES and defoliation. Despite the high soil moisture in the polyethylene film and increase in vegetative growth, this soil covering provided a higher incidence and severity of BES in fruit, leaf and lower foliage. Controlled-release fertilizer, even without significant reduction of BES, allowed improvements in vegetative growth and foliage. The agricultural gypsum, even with high productivity, caused nutritional imbalances and possible nutrient leaching, contributing to the increase of BES and causing reduction of 72 to 81% in the leaf area index of coffee crop.

**Keywords:** *Coffea arabica* L. Brown eye spot. Soil covering.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 -	Coberturas do solo na linha de plantio: filme de polietileno (A), biomassa da braquiária (B) e sem cobertura do solo (C).....	35
Figura 2 -	Curva de progresso da incidência da cercosporiose do cafeeiro (A), enfolhamento (B) e comportamento das variáveis climatológicas (C) obtidas a partir da estação meteorológica principal de Lavras entre o período de outubro de 2017 a novembro de 2018. ....	43
Figura 3 -	Incidência (%) da cercosporiose nos frutos de cafeeiros cultivados sob coberturas de solo (A) e condicionadores do solo (B). ....	46
Figura 4 -	Severidade (%) da cercosporiose nos frutos de cafeeiros cultivados sob coberturas de solo e condicionadores do solo.....	46
Figura 5 -	Altura de plantas (m) (A) e diâmetro de caule (mm) (B) no mês de março, altura de plantas (m) (C) e diâmetro de caule (mm) (D,E,F) no mês de julho, de cafeeiros cultivados sob coberturas de solo, tipos de fertilizantes e condicionadores de solo.....	48
Figura 6 -	Índice de área foliar (IAF) no mês de dezembro (A-B), no mês de abril (B), e no mês de agosto (C) de cafeeiros cultivados sob coberturas de solo e condicionadores de solo.....	49
Figura 7 -	Curva da umidade do solo de cafeeiros cultivados sob coberturas de solo, condicionadores de solo no período de dezembro/2017 a outubro/2018.....	50
Figura 8 -	Área abaixo da curva de progresso da umidade do solo (AACPU) de cafeeiros cultivados sob coberturas de solo (A) e condicionadores de solo (B). ....	50
Figura 9 -	Teor de matéria orgânica de cafeeiros cultivados sob condicionadores de solo..	53
Figura 10 -	Teor de potássio (A), cálcio (B), magnésio (C), fósforo (D), relação Ca/Mg (E), saturação por bases (F), potencial hidrogeniônico (G e H), acidez potencial (I), alumínio (J) e saturação por alumínio (K) de cafeeiros cultivados sob coberturas de solo, tipos de fertilizantes e condicionadores de solo. ....	55

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 -	Análise química (profundidades de 0-20 cm e 20-40cm) e granulometria do solo da área experimental, antes da instalação do experimento*.....	32
Tabela 2 -	Descrição dos tratamentos experimentais, Lavras, MG.....	34
Tabela 3 -	Composição química dos resíduos orgânicos.....	37
Tabela 4 -	Área abaixo da curva de progresso da incidência de cercosporiose (AACPIC) nas folhas e área abaixo da curva de progresso do enfolhamento (AACPENF) em cafeeiros cultivados sob coberturas de solo, tipos de fertilizantes e condicionadores de solo.....	45
Tabela 5 -	Médias da Área abaixo da curva de progresso do enfolhamento (AACPENF).... .....	45
Tabela 6 -	Produtividade (scs/ha) de cafeeiros cultivados sob coberturas de solo, tipos de fertilizantes e condicionadores de solo.....	52
Tabela 7 -	Médias de Produtividade (scs/ha) de cafeeiros cultivados sob coberturas de solo, tipos de fertilizantes e condicionadores de solo.....	52

### APÊNDICE A

Tabela 1 -	Resumo análise de variância (quadrados médios) para as variáveis área abaixo da curva de progresso da incidência média de cercosporiose (AACPIC), área abaixo da curva de progresso de enfolhamento (AACPENF), área abaixo da curva de progresso da umidade (AACPU) e produtividade em cafeeiro ( <i>Coffea arabica</i> ) em função de cobertura de solo(CS), tipos de fertilizantes(F) e condicionadores de solo(C) no ano de 2017/2018.....	81
Tabela 2 -	Resumo análise de variância (quadrados médios) para as variáveis incidência da cercosporiose no fruto e % de severidade no fruto em função de cobertura de solo (CS), tipos de fertilizantes(F) e condicionadores de solo(C) em cafeeiro ( <i>Coffea arabica</i> ) no ano de 2017/2018 .....	81
Tabela 3 -	Resumo análise de variância (quadrados médios) para as variáveis altura de plantas (m) e diâmetro de caule (mm) em função de cobertura de solo(CS), tipos de fertilizantes(F) e condicionadores de solo(C) durante 2 épocas de avaliações (março e julho) em cafeeiro ( <i>Coffea arabica</i> ) no ano de 2018.....	82

Tabela 4 -	Resumo análise de variância (quadrados médios) para a variável índice de área foliar (IAF) em função de cobertura de solo (CS), tipos de fertilizantes(F) e condicionadores de solo(C) durante 3 épocas de avaliações (dezembro, abril e agosto) em cafeeiro ( <i>Coffea arabica</i> ) no ano de 2017/2018.....	82
Tabela 5 -	Resumo análise de variância (quadrados médios) para potássio (mg/dm <sup>3</sup> ), cálcio (Ca - cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> ), magnésio (Mg - cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> ), fósforo (P - mg dm <sup>-3</sup> ), alumínio (Al - mg dm <sup>-3</sup> ), saturação por alumínio (m%), pH, acidez potencial (H+Al - cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> ), saturação por bases (V%), matéria orgânica (MO – dag.kg <sup>-1</sup> ) e relação Ca/Mg em função de cobertura de solo (CS), tipos de fertilizantes(F) e condicionadores de solo(C) em cafeeiro ( <i>Coffea arabica</i> ) no ano de 2017/2018.....	.83

## LISTA DE ABREVIATURAS

AACPIC	Área abaixo da curva de progresso da incidência da cercosporiose
AACPENF	Área abaixo da curva de progresso do enfolhamento
AACPU	Área abaixo da curva de progresso da umidade
ADP	Adenosina difosfato
Al	Alumínio
ATP	Adenosina trifosfato
B	Braquiária
C	Fertilizante convencional
Ca	Cálcio
CA	Casca de café
CO	Composto orgânico
CTC	Capacidade de troca catiônica
FC	Fertilizante convencional
Fe	Ferro
FLC	Fertilizante de liberação controlada
FP	Filme de polietileno
G	Gesso agrícola
H	Polímero hidrorretentor
H+Al	Acidez potencial do solo
IAF	Índice de área foliar do solo
K	Potássio
kc	Coefficiente da cultura
KCl	Cloreto de potássio
LC	Fertilizante de liberação controlada
m(%)	Saturação por alumínio
m	Metro
mm	Milímetro
Mn	Manganês
Mg	Magnésio
MO	Matéria orgânica
N	Nitrogênio

N <sub>2</sub>	Dinitrogênio
N <sub>2</sub> O	Óxido nitroso
NH <sub>3</sub>	Amônia
NO	Óxido nítrico
NO <sup>-3</sup>	Nitrato
P	Fósforo
P	Polímero hidrorretentor
pH	Potencial hidrogeniônico
S	Sem cobertura de solo
S <sup>0</sup>	Enxofre elementar
SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	Sulfato
T	Testemunha
U	Umidade do solo
V	Saturação por bases
Zn	Zinco

## **LISTA DE SIGLAS**

ANA	Agência Nacional das águas
CECAFE	Conselho dos Exportadores de café do Brasil
CONAB	Companhia Nacional de Abastecimento
EMBRAPA	Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
IPCC	Intergovernmental Panel on Climate Change
UFLA	Universidade Federal de Lavras

## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO.....</b>	<b>16</b>
<b>2</b>	<b>REFERENCIAL TEÓRICO .....</b>	<b>18</b>
<b>2.1</b>	<b>Importância da cultura do café .....</b>	<b>18</b>
<b>2.2</b>	<b>Cercosporiose do cafeeiro .....</b>	<b>18</b>
<b>2.3</b>	<b>Disponibilidade hídrica .....</b>	<b>19</b>
<b>2.3.1</b>	<b>Cobertura do solo.....</b>	<b>20</b>
<b>2.3.2</b>	<b>Fertilidade do solo e nutrição mineral da planta .....</b>	<b>22</b>
<b>2.3.3</b>	<b>Tipos de fertilizantes.....</b>	<b>25</b>
<b>2.4</b>	<b>Condicionadores de solo .....</b>	<b>27</b>
<b>2.4.1</b>	<b>Resíduos orgânicos: composto orgânico e casca de café.....</b>	<b>27</b>
<b>2.4.2</b>	<b>Gesso agrícola.....</b>	<b>28</b>
<b>2.4.3</b>	<b>Polímero hidrorretentor .....</b>	<b>29</b>
<b>3</b>	<b>MATERIAL E MÉTODOS .....</b>	<b>32</b>
<b>3.1</b>	<b>Caracterização e condução da área experimental .....</b>	<b>32</b>
<b>3.2</b>	<b>Delineamento experimental .....</b>	<b>33</b>
<b>3.3</b>	<b>Descrição dos tratamentos .....</b>	<b>34</b>
<b>3.3.1</b>	<b>Coberturas de solo .....</b>	<b>34</b>
<b>3.3.2</b>	<b>Tipos de fertilizantes.....</b>	<b>36</b>
<b>3.3.3</b>	<b>Condicionadores de solo.....</b>	<b>36</b>
<b>3.4</b>	<b>Avaliação da cercosporiose, enfolhamento e variáveis climáticas.....</b>	<b>37</b>
<b>3.5</b>	<b>Crescimento de plantas, índice de área foliar e umidade do solo.....</b>	<b>38</b>
<b>3.6</b>	<b>Área abaixo da curva de progresso da doença, do enfolhamento e da umidade ..</b>	<b>39</b>
<b>3.7</b>	<b>Produtividade .....</b>	<b>40</b>
<b>3.8</b>	<b>Fertilidade do solo.....</b>	<b>40</b>
<b>3.9</b>	<b>Análise estatística.....</b>	<b>40</b>
<b>4</b>	<b>RESULTADOS .....</b>	<b>41</b>
<b>4.1</b>	<b>Cercosporiose na folha, enfolhamento e variáveis climáticas.....</b>	<b>41</b>
<b>4.2</b>	<b>Área abaixo da curva de progresso da incidência da cercosporiose (AACPIC) e do enfolhamento (AACPENF) .....</b>	<b>44</b>
<b>4.3</b>	<b>Cercosporiose no fruto .....</b>	<b>45</b>
<b>4.4</b>	<b>Crescimento de plantas, índice de área foliar e umidade do solo.....</b>	<b>47</b>
<b>4.5</b>	<b>Produtividade .....</b>	<b>51</b>

<b>4.6</b>	<b>Fertilidade do solo .....</b>	<b>52</b>
<b>5</b>	<b>DISCUSSÃO.....</b>	<b>57</b>
<b>6</b>	<b>CONSIDERAÇÕES GERAIS .....</b>	<b>68</b>
<b>7</b>	<b>CONCLUSÕES.....</b>	<b>69</b>
	<b>REFERÊNCIAS.....</b>	<b>70</b>
	<b>APÊNDICE A.....</b>	<b>85</b>
	<b>APÊNDICE B.....</b>	<b>88</b>

## 1 INTRODUÇÃO

A cafeicultura possui relevante importância socioeconômica no Brasil, pois é responsável por fixar grande parte da população na zona rural, gerar empregos e renda no país. Anualmente, a receita das exportações brasileiras de café atinge US\$ 5,14 bilhões (CECAFE, 2018). No quadro atual, o país ocupa a posição de maior produtor e exportador mundial de café, com safra recorde de 61,65 milhões de sacas de 60 kg do produto beneficiado no ano de 2018, sendo o estado de Minas Gerais a principal região produtora, com aproximadamente 50% da produção nacional (CONAB, 2018).

No entanto, segundo algumas projeções, essa produção pode ser reduzida em decorrência de condições climáticas adversas, como distribuição irregular de chuvas e aumento da temperatura média (IPCC, 2014). Tais fatos foram constatados em algumas lavouras do sul de Minas Gerais e culminaram na redução da safra de 2014 (CONAB, 2014). Em condições de baixa disponibilidade hídrica, a absorção de nutrientes torna-se limitada, favorecendo a suscetibilidade das plantas às doenças. Dentre elas, destaca-se a cercosporiose, cujo agente etiológico é o fungo *Cercospora coffeicola* Berk. & Cooke. Essa doença tem alta relação com deficiências e desequilíbrios nutricionais, principalmente na relação K e Ca (POZZA et al., 2001; GARCIA JÚNIOR et al., 2003). A cercosporiose causa inúmeros danos, tais como a redução na produtividade e a depreciação do tipo e da qualidade da bebida (POZZA et al., 2001; LIMA et al., 2012).

Para evitar esses prejuízos, o cafeicultor tem usado intensivamente os agroquímicos. Entretanto, seu uso excessivo pode causar seleção de patógenos resistentes (KEMA et al., 2018), além de aumentar os custos de produção e reduzir a sustentabilidade ambiental. Logo, torna-se necessário buscar soluções alternativas e sustentáveis visando redução da intensidade dessa doença e do número de pulverizações com fungicidas.

Dessa forma, a maioria dos trabalhos científicos tem priorizado o uso da irrigação como alternativa no manejo da cercosporiose (TALAMINI et al., 2003; BARBOSA JUNIOR et al., 2019; SILVA et al., 2019), e também como forma de viabilizar a cafeicultura, principalmente em áreas marginais onde as chuvas são insuficientes ou mal distribuídas. Entretanto, o uso da irrigação demanda investimentos elevados, além de gastos com energia elétrica e mão de obra para a operação do sistema. Além disso, é importante ressaltar a água como recurso hídrico finito e com uso restrito na agricultura. A crise hídrica, questão muito debatida atualmente, afeta o abastecimento de reservatórios, a indústria, a geração de energia hidroelétrica e as atividades agrícolas (ANA, 2017). Nesse contexto, ocorre em algumas regiões, a limitação do

uso da água para a irrigação, pois a prioridade nesses casos é o abastecimento para a população (ROSA; NOGUEIRA; MONTEIRO, 2019).

À vista disso, o presente trabalho se insere na busca de soluções para reverter esse cenário, pois se trata do estudo de práticas e sistemas de manejo visando favorecer a capacidade do solo em armazenar água e mantê-la retida por período maior, possibilitando ao cafeeiro dispor desse recurso. Nesse contexto, o uso de coberturas de solo pode ser considerado como estratégia a ser incluída em programas de manejo dessa doença. A cobertura é capaz de contribuir com a melhoria das condições do solo, suprimir plantas daninhas e conservar a umidade (SANTOS; REIS, 2001). Há também o aumento da infiltração e da capacidade de retenção de água, da porosidade e da aeração do solo, intensificando a atividade biológica (RICCI et al., 2005; CARNEIRO et al., 2004). A maior disponibilidade de água facilita a absorção de nutrientes responsáveis por constituir as barreiras químicas e físicas das plantas, e assim, diminuir a incidência de patógenos (MARSCHNER, 2012).

Do mesmo modo, o uso de condicionadores de solo é considerado uma opção de manejo. Como exemplo de condicionadores destacam-se o gesso agrícola, a casca de café, o polímero hidrorretentor, os compostos orgânicos, dentre outros. Esses materiais possuem a capacidade de reter água, incrementando a atividade biológica, aumentando assim, a disponibilidade de água e nutrientes, de forma constante, em períodos de seca, contribuindo no crescimento e no desenvolvimento da cultura (SANTOS et al., 2014; NOGUEIRA et al., 2016). Tais fatos favorecem a redução e/ou manejo de doenças no campo.

Além disso, a fertilidade do solo, e a nutrição mineral, também podem ser utilizadas como complemento ou método alternativo no auxílio da sanidade das plantas, pois contribuem para a formação de barreiras de resistência às doenças, principalmente as horizontais (MARSCHNER, 2012). Essas barreiras estão relacionadas ao espessamento da parede celular e da cutícula, e a síntese de compostos envolvidos na defesa da planta (POZZA et al., 2004; TAIZ et al., 2017). Entretanto, são escassos os trabalhos na literatura, sobre a interação da cercosporiose no campo como o uso de fertilizantes.

Justifica-se, assim, obter informações sobre como o uso de tais técnicas agrônômicas e suas respectivas interações afetam o progresso da cercosporiose, bem como desenvolver estratégias de manejo dessa doença, com foco na otimização do uso da água e da fertilidade do solo. Tal fato refletirá na redução de custos e no uso de defensivos agrícolas, aumentando a segurança ambiental e humana. Diante disso, objetivou-se com o presente trabalho, avaliar a cercosporiose em cafeeiros cultivados com diferentes coberturas de solo, tipos de fertilizantes e condicionadores de solo.

## 2 REFERENCIAL TEÓRICO

### 2.1 Importância da cultura do café

O cafeeiro (*Coffea arabica*) é originário das regiões altas da Etiópia (Cafa e Enária), no continente africano, podendo ser a região de Cafa a responsável pela origem do nome café. A cultura foi introduzida no Brasil em 1727, no estado do Pará, e expandiu, logo em seguida, para o Maranhão, Bahia, Rio de Janeiro, São Paulo e Minas Gerais (MATIELLO et al., 2010). Devido às condições de solo e clima favoráveis, a cafeicultura ganhou relevante importância econômica e social no país.

No Brasil, as duas espécies cultivadas são *Coffea arabica* e *Coffea canephora*, popularmente conhecidos como café arábica e café robusta, respectivamente. A área total plantada no país com as duas espécies totaliza 2,16 milhões de hectares. Desse total, 319,71 mil hectares estão em formação e 1,84 milhão de hectares em produção (CONAB, 2019). A adequação do manejo e do pacote tecnológico nas lavouras, ao longo dos anos, tem levado à redução da diferença entre as produtividades de anos subsequentes, conhecida como bienalidade. Porém, a produtividade média brasileira, de 27,63 sacas. ha<sup>-1</sup>, ainda está muito aquém de seu potencial produtivo (CONAB, 2019).

Nesse sentido, diversos fatores podem afetar a produtividade do cafeeiro, causando perdas significativas, como condições climáticas adversas, deficiências nutricionais, bienalidade de produção, pragas e doenças (CAIXETA et al., 2008). Dentre as principais doenças do cafeeiro destaca-se a cercosporiose causada por *Cercospora Coffeicola* Berk & Cooke.

### 2.2 Cercosporiose do cafeeiro

A cercosporiose do cafeeiro é conhecida como mancha-de-olho-pardo ou mancha-olho-de-, e é causada por fungo necrotrófico chamado *Cercospora coffeicola*. Os primeiros relatos dessa doença são de 1881 (BERKELEY; COOKE, 1881), em cafeeiros oriundos da Jamaica. No Brasil, constatou-se a primeira ocorrência em 1887 (GODOY; BERGAMIM FILHO; SALGADO, 1997).

Os sintomas da cercosporiose podem ser observados nas folhas e nos frutos (LÓPEZ DUQUE; FERNÁNDEZ-BORRERO, 1969). Nas folhas, há a formação de lesões circulares de coloração marrom-escura, apresentadas no centro, lesão branca-acinzentada, quase sempre

envolvida por halo amarelo. Os sintomas nas folhas causam a desfolha e, conseqüentemente, redução na fotossíntese e na produtividade. Nos frutos, observa-se inicialmente, pequenas lesões necróticas e deprimidas de coloração marrom-escuro, estendendo-se no sentido dos polos. Quando o patógeno infecta os frutos no estágio verde e verde-cana, ocorre amadurecimento precoce, favorecendo a perda de peso e a queda prematura. Em frutos mais desenvolvidos, a casca adere ao pergaminho dificultando o despoldamento (CARVALHO, CHALFOUN, 2000). Em consequência, tais fatores podem ocasionar perda de produtividade e depreciação da qualidade da bebida (JULIATTI; SILVA, 2001, POZZA et al., 2001, LIMA et al., 2012).

A cercosporiose possui fatores de predisposição relacionados ao ambiente: a deficiência hídrica do solo (BOLDINI, 2001), a intensidade luminosa (BALIZA et al., 2012; SILVA et al., 2016), o desequilíbrio nutricional (POZZA et al., 2000; BARBOSA JUNIOR et al., 2019; SILVA et al., 2019) e o sistema de cultivo (SALGADO et al., 2007; SANTOS et al., 2008a).

### **2.3 Disponibilidade hídrica**

De todos os recursos necessários para a planta crescer e se desenvolver, a água é o mais importante e, ao mesmo tempo, o mais limitante para a produtividade agrícola (TAIZ et al., 2017). Conforme Gopal (1974), a deficiência hídrica no solo tem reflexos negativos no sistema radicular, particularmente sobre as raízes absorventes. Tal fato limita a absorção de água e de nutrientes, o crescimento da parte aérea e a produtividade. Nessas condições, observa-se acentuada predisposição para a ocorrência da cercosporiose (SALGADO et al., 2007; TALAMINI et al., 2003; CARVALHO; CHALFOUN, 1998; BARBOSA JUNIOR et al., 2019; CHAVES et al., 2018; SILVA et al., 2018; GARCIA et al., 2018).

Desse modo, a maioria dos trabalhos científicos tem priorizado a otimização do uso da água por meio de diferentes técnicas de irrigação, a fim de se obter incrementos na produtividade (TALAMINI et al., 2003; BARBOSA JUNIOR et al., 2019; SILVA et al., 2019). Não obstante, outra solução para regiões com chuvas insuficientes ou mal distribuídas, seria favorecer a capacidade do solo em armazenar água, a partir do uso de diferentes sistemas de manejo (ROCHA et al., 2014).

### 2.3.1 Cobertura do solo

A adoção de práticas ambientais conservacionistas, como a utilização de coberturas de solo, desempenha papel importante no estabelecimento da agricultura sustentável (BRONICK; LAL, 2004; PARTELLI et al., 2011). O uso dessa técnica em cultivos perenes vem ganhando espaço devido aos benefícios encontrados, ao baixo custo e à fácil execução.

Diversas espécies de plantas de cobertura, principalmente Fabaceae (leguminosas) e Poaceae (gramíneas) podem ser utilizadas em sistemas de consórcio com espécies perenes (TIECHER, 2016). Os resíduos culturais deixados no solo por essas plantas promovem a recuperação, manutenção e/ou melhoria das propriedades químicas, físicas, e, principalmente, biológicas, do solo (TIECHER, 2016; CASALI et al., 2016; MORAES et al., 2016). Alguns dos benefícios proporcionados são a ciclagem de nutrientes como carbono (C), nitrogênio (N) e fósforo (P) (CARNEIRO et al., 2004; RICCI et al., 2005), a preservação da estrutura do solo (CORRÊA et al., 2002), o aumento da infiltração e da capacidade de retenção de água (RESENDE et al., 2005), o incremento da matéria orgânica do solo (PAVINATO; ROSOLEM, 2008), além da supressão de plantas daninhas (PARTELLI et al., 2010; ERASMO et al., 2004). Além disso, as raízes propiciam a formação e a manutenção de agregados (RESCK et al., 2008), propriedades indispensáveis para manutenção e melhoria da qualidade físico-hídrica do solo.

Dentre as plantas de cobertura mais empregadas no cultivo com o cafeeiro destacam-se os capins do gênero *Brachiaria* (syn. *Urochloa*), com cerca de aproximadamente 90 espécies (KELLER-GREIN et al., 1996). A *Urochloa decumbens*, popularmente conhecida como capim-braquiária, é comumente utilizada, devido ao fácil estabelecimento e considerável produção de biomassa durante o ano (MONTEIRO et al., 2016; IKEDA et al., 2013).

No cultivo da braquiária com o cafeeiro, a ceifa e o aporte de resíduos na projeção da copa da planta contribuem para manter a umidade do solo por mais tempo, pois reduzem a evaporação da água do solo. Após a ceifa, ocorre a morte e a degradação de grande quantidade de raízes, logo, há a formação de novos poros no solo, os quais facilitam a oxigenação e a infiltração de água no sistema (FAVARIN et al., 2010; ROCHA et al., 2014).

Outro benefício está associado à mineralização de nutrientes absorvidos na região da entrelinha, local pouco acessado por raízes do cafeeiro, pois a maior concentração dessas ocorre sob o dossel da planta. Além do aproveitamento de nutrientes na ciclagem, destacam-se as associações da gramínea com microrganismos do solo, tais como os fungos micorrízicos responsáveis por aumentar a absorção do fósforo (P) (TURNER et al., 2008).

Dessa forma, para garantir o sucesso no consórcio do café com o capim-braquiária, ressalta-se a importância de se manter a faixa de controle de no mínimo 100 cm de cada lado da linha de plantio do café, com o intuito de evitar a competição por água, radiação solar e nutrientes (SOUZA et al., 2006).

Outro tipo de cobertura utilizada na agricultura refere-se aos filmes plásticos. O mais comum é o de polietileno, obtido da polimerização do etileno e largamente utilizado devido suas propriedades e características estruturais. A obtenção do filme é feita a partir de matérias-primas derivadas do petróleo em processos relativamente econômicos (MARTINS, 1999). No Brasil, os primeiros registros da utilização de filmes de polietileno na agricultura são de 1967, no cultivo do morango (GOTO, 1997). Atualmente, o uso do filme de polietileno é realidade no cultivo de hortaliças como tomate, pimentão, melão, pepino (SANTOS et al., 2008b), e, recentemente, na cultura do café (BARBOSA, 2015).

Vários benefícios são atribuídos ao uso dos filmes de polietileno na agricultura, tais como redução da oscilação da temperatura e da evaporação da água na superfície do solo (CÂMARA et al., 2007). Outra vantagem observada é a redução dos custos com o controle de plantas daninhas, devido à eliminação da capina manual na linha de cultivo, ou por meio da redução de herbicidas aplicados próximo as plantas. A redução de capinas na área, evita danos às mesmas e reflete na redução drástica da taxa de replantio, no caso de cafeeiros em implantação (DAMAGLIO, 2016).

Ademais, o teor de água constante no solo, e a temperatura elevada, favorecem o aumento de disponibilidade de nutrientes do solo às plantas. Nessas condições, há a maior atividade microbiana e mineralização do nitrogênio orgânico, assim como menores perdas por volatilização de nitrogênio (YURI et al., 2014; CÂMARA et al., 2007; ARAÚJO et al., 2003). Também nos cultivos irrigados, o filme plástico diminui a taxa de evapotranspiração e a frequência de irrigação (STONE et al., 2006).

Entretanto, devido ao aumento no uso do polietileno na agricultura, ressaltam-se os cuidados no destino desse produto, pois na maioria das propriedades rurais o plástico é queimado com restos culturais ou fragmentado e misturado com o solo (STEINMETZ et al., 2016; OJEDA et al., 2009). Logo, é fundamental a adoção de técnicas como a reciclagem ou a utilização de materiais biodegradáveis para reduzir o impacto ambiental do plástico na agricultura (TOUCHALEAUME et al., 2016; SARAIVA; DUARTE 2016).

Além dos benefícios citados, o uso de coberturas de solo também pode auxiliar no manejo de doenças (TIECHER, 2016). Segundo Zamberlam e Froncheti (2012), desenvolver condições para o equilíbrio nutricional das plantas, ao invés de combater mais tarde os sintomas,

como é realizado na maioria dos casos na agricultura, é a forma mais sustentável de manejar as doenças no campo.

Apesar do grande número de trabalhos mostrando os efeitos positivos da utilização de coberturas de solo, nota-se ainda a escassez de trabalhos com a cultura do café. Logo, são necessários estudos avançados, de modo a obter informações para a aplicação do uso dessas práticas como parte do manejo integrado da cercosporiose.

### **2.3.2 Fertilidade do solo e nutrição mineral da planta**

Além da disponibilidade hídrica, o cafeeiro depende do suprimento adequado de nutrientes minerais para crescer e se desenvolver (COELHO et al., 2009). A nutrição mineral influencia também a resistência das plantas a patógenos (DATNOFF; ELMER; HUBER, 2007; POZZA et al., 2001; SANTOS et al., 2008a; SILVA et al., 2018; BARBOSA JUNIOR et al., 2019). Essa resistência está ligada ao efeito dos nutrientes em alterações na morfologia (forma de crescimento), anatomia (células da epiderme mais espessas e maior grau de lignificação e/ou silicificação) e composição química (síntese de compostos tóxicos) (MARSCHNER, 2012).

Existem 13 nutrientes minerais divididos em dois grupos de acordo com a exigência das plantas: macronutrientes (N, P, K, Ca, Mg e S) e micronutrientes (B, Cl, Cu, Fe, Mn, Mo, Zn, Ni) (DATNOFF; ELMER; HUBER, 2007). É importante enfatizar o aumento na eficiência de absorção dos nutrientes quando ocorre há maior disponibilidade hídrica no solo. Segundo Quaggio (2006), nessas condições, há a maior absorção dos nutrientes suprindo a demanda da planta nos diferentes estádios fenológicos.

A interação entre a nutrição mineral e as doenças foi estudada em algumas pesquisas com a cultura do café. Alguns resultados dessa relação foram encontrados na aplicação de nutrientes como cálcio (GARCIA JÚNIOR et al., 2003), nitrogênio (POZZA et al., 2001), fósforo (POZZA et al., 2002; CHAVES et al., 2018) e potássio (SANTOS et al., 2008).

A relação entre o nitrogênio (N) e as doenças de plantas é amplamente estudada. É o nutriente aplicado em maior quantidade e frequentemente deficiente em solos cultivados (MALAVOLTA, 1980). A influência do nitrogênio em doenças de plantas se deve a alterações fisiológicas causadas por esse nutriente, como a alteração do crescimento do patógeno e a modificação do ambiente biótico e abiótico (MARSCHNER, 2012).

Pozza et al. (2000), avaliaram o efeito com potássio (K) e do nitrogênio (N) em mudas de cafeeiro cultivadas em solução nutritiva. Os autores observaram relação direta do aumento do potássio com o incremento na intensidade da doença. Segundo os autores, o excesso de K

induz a deficiência de cálcio e, com isso, favorece o rompimento da parede celular por *C. coffeicola*. Portanto, a adubação equilibrada de potássio (K) e nitrogênio (N) foi medida eficaz no manejo da doença (POZZA et al., 2000).

O fósforo (P) é o nutriente responsável por transformações energéticas dos processos vitais da planta, tais como fotossíntese, respiração, síntese de aminoácidos, lipídeos, dentre outros. Logo, influencia na síntese e armazenamento de energia, compondo a ATP (Adenosina trifosfato) e a ADP (Adenosina difosfato) (TAIZ et al., 2017). Entretanto, o papel do fósforo no controle de doenças ainda é variável e pouco consistente (DORDAS, 2008). Porém, Graham (1983), relata a maior intensidade de doenças em plantas deficientes em fósforo, pois ocorre nas membranas extravasamento de metabólitos para fungos invasores. Segundo Zambolim e Ventura (1993), o fósforo acelera a maturação dos tecidos auxiliando no escape da infecção por patógenos com preferência por tecidos jovens. Segundo Chaves et al. (2018), em trabalho com a cultura do café, com diferentes doses de fósforo (fósforo somente no plantio, 50, 80, 240, 720 g P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>/planta) e níveis de irrigação correspondentes ao coeficiente da cultura (kc) (0,4; 0,7; 1,0; 1,3; 1,6), relataram aumento da incidência da cercosporiose com as maiores doses de fósforo e com os níveis mais altos de irrigação. Segundo os autores, os altos níveis de fósforo podem competir com a absorção de outros ânions como nitrato e sulfato, essenciais para a formação de barreiras de resistência. Além disso, o aumento da irrigação pode ter contribuído para a lixiviação de nutrientes causando desbalanço nutricional.

O fósforo também pode reduzir a disponibilidade de ferro (Fe), manganês (Mn), zinco (Zn) e cálcio (Ca), os quais estão envolvidos no mecanismo de resistência das plantas às doenças (YAMADA, 1995). Além disso, em sistemas de manejo onde há aumento de matéria orgânica no solo, há o incremento das formas lábeis de fósforo, pois os ácidos orgânicos oriundos da decomposição da matéria orgânica bloqueiam sítios de adsorção por recobrimento dos óxidos de ferro (Fe) e alumínio (Al) (LEITE et al., 2016). Tal fato disponibiliza fósforo para as plantas e pode auxiliar no manejo de doenças.

Segundo Fernandes (1988), a combinação de fósforo e potássio em doses crescentes, para uma mesma dose de nitrogênio, foi importante para a redução da cercosporiose em cafeeiro. Entretanto, em trabalho realizado por Pozza (2002), em mudas de tubete, não houve diferença para a intensidade da cercosporiose, provavelmente porque o substrato utilizado foi capaz de suprir a necessidade de fósforo das mudas.

O potássio (K) é o segundo nutriente mais exigido por cafeeiros, possuindo resultados positivos na redução da incidência de doenças na maioria das espécies cultivadas. Esse nutriente é responsável por ativar enzimas na fotossíntese e na respiração, regular o potencial osmótico

das células, auxiliar na formação de aminoácidos e açúcares e atuar na absorção celular. Além disso, é importante no transporte de carboidratos para os frutos e outros órgãos do cafeeiro, e contribui para aumentar a resistência das plantas a doenças, pragas e veranicos (ANDRADE, 2001; RICE, 2007). A realização de adubações equilibradas com esse nutriente resulta em menor incidência de doenças, pois há o desenvolvimento de paredes espessas nas células epidérmicas e mudança nos padrões de abertura dos estômatos (DORDAS, 2008; YAMADA, 2004).

Garcia Júnior et al. (2003) também estudaram o efeito da nutrição mineral na intensidade da cercosporiose em mudas de cafeeiro em solução nutritiva, com diferentes doses de cálcio e de potássio. Os autores verificaram redução linear na área abaixo da curva de progresso da incidência (AACPI), com o aumento das doses de cálcio, relatando a menor AACPI com a dose máxima de cálcio ( $8 \text{ mmol.l}^{-1}$ ). Em relação ao efeito do potássio, a menor AACPI foi obtida com a dose de  $4 \text{ mmol.l}^{-1}$ . Tais resultados demonstram a importância do fornecimento adequado de cálcio e potássio no sistema para o controle da cercosporiose.

Outro nutriente estudado no controle de doenças é o cálcio (Ca), utilizado na síntese de novas paredes celulares, na formação da lamela média, assim como no fuso mitótico, durante a divisão celular (TAIZ et al., 2017). Além disso, o cálcio é requerido em diversos processos bioquímicos e fisiológicos para o funcionamento normal das membranas vegetais.

O principal papel do cálcio consiste no fortalecimento da parede celular impedindo a penetração de patógenos (DATNOFF; ELMER; HUBER, 2007). Isso ocorre, pois a maior parte dos parasitas fúngicos invade o apoplasto, liberando enzimas pectolíticas e dissolvendo a lamela média (MARSCHNER, 2012). Logo, o cálcio assume grande importância no controle da cercosporiose, pois a penetração da *Cercospora coffeicola* ocorre via estômatos e diretamente através da cutícula (CASTAÑO, 1956; PAULA et al., 2015; PAULA et al., 2019). Belan et al. (2015) relataram o fluxo de K e Ca em folhas de café por meio da técnica de microanálise de raios-x. Segundo os autores, nas lesões causadas por patógenos necrotróficos, há migração do K presente nos tecidos infectados das folhas de cafeeiro para áreas saudáveis ao redor das lesões, enquanto o Ca é deslocado para as áreas de tecido necrosado. Essa inversão entre os locais de concentração desses nutrientes minerais está relacionada a reações de defesa da planta, principalmente quando ocorre rompimento de membranas, pois o Ca é essencial na formação de barreiras estruturais e químicas (TAIZ et al., 2017).

De acordo com Santos (2008a), o elevado progresso da cercosporiose no sistema convencional coincidiu com menores teores de cálcio e magnésio foliares nas fases de granação e maturação dos frutos quando comparados ao sistema orgânico. Resultados semelhantes foram

encontrados por Pozza et al. (2000), no qual houve aumento da área abaixo da curva de progresso da incidência (AACPI), com maiores doses de potássio, utilizando-se uma dose única de cálcio. Garcia Júnior et al. (2003), em experimento com mudas de cafeeiro em solução nutritiva, também observaram o decréscimo linear da AACPI com o aumento das doses de cálcio. Esses resultados confirmam a hipótese da competição desse nutriente com o potássio (MARSCHNER, 2012).

O magnésio (Mg) é o quarto nutriente exigido em maior quantidade na cultura do cafeeiro e é constituinte da clorofilam possuindo importante função na fotossíntese, partição da matéria seca na planta e na distribuição de carboidratos. Os teores desse nutriente no solo são determinados por meio da origem geológica, precipitação e presença de outros cátions trocáveis. Altos níveis de potássio ou cálcio podem inibir a absorção de magnésio (TAIZ et al., 2017).

Em suma, a nutrição equilibrada é componente essencial do manejo integrado de doenças, pois, na maioria dos casos, é mais rentável e ambientalmente correto o uso dessa ferramenta, em comparação ao uso de agroquímicos. Dessa forma, a nutrição pode fazer parte do programa de manejo da cercosporiose, porém, torna-se necessário entender a relação entre os nutrientes e as diferentes tecnologias utilizadas no campo, como exemplo, os fertilizantes de eficiência aumentada.

### **2.3.3 Tipos de fertilizantes**

Atualmente, o grande desafio da cafeicultura brasileira consiste no emprego de insumos sustentáveis e eficientes, em especial os fertilizantes, para alcançar altas produtividades e rentabilidade ao produtor (CORRÊA et al., 2001).

Dentre todos os nutrientes, o nitrogênio destaca-se, pois possui muitas interações com o ambiente e reações no solo, nas quais está sujeito a diversos processos de perdas, por lixiviação ( $\text{NO}_3^-$ ), desnitrificação ( $\text{NO}$ ,  $\text{N}_2\text{O}$  e  $\text{N}_2$ ) e volatilização ( $\text{NH}_3$ ) (FREITAS, 2017). Nesse sentido, a principal fonte de nitrogênio utilizada no Brasil é a ureia, devido a alta concentração de nitrogênio e fácil aquisição (CHAGAS et al., 2019). Entretanto, a aplicação da ureia pode resultar em perdas significativas as quais podem chegar até 31,2% em lavoura cafeeira (DOMINGHETTI et al., 2016).

Outro nutriente passível de perdas no sistema é o potássio, o qual se movimenta verticalmente na solução do solo, principalmente por meio da água de drenagem (DUARTE; PEREIRA; KORNDORFER, 2013). Essa movimentação do potássio no perfil do solo depende,

principalmente, do tipo de solo, textura (NEVES; ERNANI; SIMONETE, 2009), capacidade de troca catiônica (CTC), regime hídrico e solubilidade do fertilizante (ROSOLEM et al., 2006). Nesse sentido, o uso de sais de potássio muito solúveis, como o cloreto de potássio (KCl) confere à solução, altos teores desse cátion, sendo propenso a ser lixiviado (RESENDE et al., 2006).

Nessa perspectiva, o mercado busca desenvolver tecnologias a fim de minimizar as perdas de nutrientes e os impactos ambientais. Destacam-se nesse cenário, os fertilizantes de eficiência aumentada, divididos em três categorias: estabilizados, de liberação lenta e de liberação controlada (TIMILSENA et al., 2014). Os fertilizantes de liberação controlada são fertilizantes convencionais com alta solubilidade em água, cujo grânulo é recoberto, servindo de barreira física e controlando a passagem do nutriente por difusão (GUELF, 2017). Assim, há a maior sincronização da liberação do nutriente com a demanda da cultura, maior aproveitamento da adubação, e, conseqüente, redução de perdas (CANCELLIER et al., 2016). Alguns compostos são utilizados no recobrimento dos grânulos, tais como: enxofre elementar ( $S^0$ ), polímeros, resinas plásticas, termoplásticos, poliuretano, polietileno, dentre outros (TIMILSENA et al., 2014).

A maior parte do mercado de fertilizantes de liberação controlada possui a ureia recoberta com enxofre e polímeros. É importante enfatizar o período da liberação do nutriente, pois este é dependente da espessura do revestimento e da qualidade do processo de revestimento por parte da indústria de fertilizantes (TRENKEL, 2010). Devido ao processo de fabricação, esses fertilizantes são mais caros quando comparados aos convencionais (NAZ; SULAIMAN, 2016), porém, destaca-se como vantagem, a aplicação sem parcelamento, reduzindo os custos de aplicação.

Nesse sentido, algumas pesquisas foram desenvolvidas com a cultura do café. Em mudas de café, o uso de fertilizantes de liberação controlada promoveu maiores valores de altura, área foliar e peso seco em comparação as fontes convencionais de nitrogênio (CHAGAS et al., 2019). Segundo Dominghetti et al. (2016), em cafeeiro, o uso de fertilizantes de liberação controlada reduziu 35,8% das perdas de amônia por volatilização em comparação à ureia comum. Resultados semelhantes foram encontrados por Cancellier et al. (2016), na cultura do milho, com redução de 37% da perda por volatilização da amônia, utilizando a ureia revestida de enxofre e polímero.

Em suma, as pesquisas têm avançado no desenvolvimento de tecnologias de liberação gradual de nutrientes, principalmente com o nitrogênio, trazendo vantagens ao cultivo do

cafeeiro. Porém, ainda são escassas as pesquisas relacionando o uso de fertilizantes de liberação controlada e o manejo de doenças.

## **2.4 Condicionadores de solo**

### **2.4.1 Resíduos orgânicos: composto orgânico e casca de café**

Os condicionadores de solo são produtos usados na agricultura, responsáveis por melhorar as propriedades físicas, químicas e biológicas do solo, e favorecer o desenvolvimento das plantas cultivadas no agroecossistema (CURI et al., 1993). Esses produtos são oriundos de resíduos orgânicos animais, vegetais ou agroindustriais. Portanto, nessa sessão, serão discutidos os principais condicionadores de solo avaliados na presente pesquisa: composto orgânico, casca de café, gesso agrícola, e polímero hidrorretentor.

O composto orgânico é o material obtido da compostagem cujo processo se baseia na decomposição e estabilização biológica dos substratos orgânicos por meio da ação de diferentes microrganismos (CERRI, 2008). O uso desse condicionador de solo é oriundo da utilização de resíduos gerados na própria propriedade rural, ou nas proximidades, e seu uso é prática muito comum na condução de lavouras de café.

A casca ou palha de café é gerada no beneficiamento, por meio do processamento chamado de via seca, no qual os frutos são secados com todas as partes constituintes. Esse subproduto é composto de epicarpo (casca), mesocarpo (polpa ou mucilagem) e endocarpo (pergaminho), e é popularmente conhecido como casca. A casca de café constitui, aproximadamente, 50% do fruto seco, ou seja, a proporção de palha de café e grão beneficiado, em peso, é de 1:1 (ZOCA, 2012).

Estudos vêm sendo realizados com a palha de café, com diversas finalidades. Dentre elas destaca-se o uso como condicionador de solo a fim de promover a conservação da umidade deste, e fornecer nutrientes, principalmente o potássio (K) (BRUM, 2007; MUSSATTO et al., 2011). Segundo Zoca et al. (2014), a casca de café pode substituir os fertilizantes potássicos minerais na adubação do cafeeiro, porém, deve-se atentar para o equilíbrio nutricional de todos os nutrientes. Apesar da grande quantidade de casca gerada nas propriedades, a utilização desse resíduo/subproduto ainda é pequena, provavelmente devido à falta de informação dos cafeicultores sobre como utilizá-la, e do conhecimento das vantagens potenciais desse condicionador.

O uso desses resíduos orgânicos traz inúmeros benefícios. Quando utilizados em áreas agrícolas promovem incremento na matéria orgânica, a qual é responsável por modular as condições químicas, físicas e biológicas do solo (COSTA; SILVA; RIBEIRO, 2013). A adição de resíduos orgânicos, além de ser fonte de nutrientes, propicia também o melhor aproveitamento dos fertilizantes fornecidos quimicamente, amenizando os efeitos da lixiviação para as camadas mais profundas do solo (CONCEIÇÃO et al., 2005; PAVINATO; ROSOLEM, 2008).

Ainda se observa efeitos positivos sobre outros atributos, tais como: estimulação da atividade microbiana, estabilização da temperatura do solo, maior estabilidade de agregados, aumento da capacidade de absorção e armazenamento de água (COSTA; SILVA; RIBEIRO, 2013; PAUL et al., 2013).

Além das vantagens citadas, a decomposição desses resíduos orgânicos também exerce influência sobre a disponibilidade de nutrientes no solo. Em relação ao potencial hidrogeniônico (pH) do solo, observa-se elevações com a adição de resíduos vegetais (FRANCHINI et al., 2001). Esse resultado é decorrente da complexação dos íons hidrogênio ( $H^+$ ) e alumínio ( $Al^{3+}$ ) livres com compostos orgânicos aniônicos dos resíduos, além do aumento da saturação da capacidade de troca catiônica (CTC) do solo com as bases cálcio, magnésio e potássio adicionados via resíduo vegetal (PAVINATO; ROSOLEM, 2008).

O uso de resíduos orgânicos também diminui a disponibilidade de alumínio ( $Al^{3+}$ ) em solução. Em solos com altos teores de  $Al^{3+}$  pode haver complexação desse cátion com ânions orgânicos, tornando-o indisponível e não tóxico para as plantas (PAVINATO; ROSOLEM, 2008). Para o fósforo, a matéria orgânica interage com os óxidos de ferro e alumínio, resultando na redução dos sítios de adsorção e ocasionando maior aproveitamento desse nutriente oriundo da adubação fosfatada (PARTELLI et al., 2009; RAMOS et al., 2010).

Em suma, o uso de resíduos orgânicos em sistemas de cultivo promove o condicionamento físico, químico e biológico do solo, proporcionando melhores condições para o crescimento e desenvolvimento das plantas. A tendência ao equilíbrio nutricional auxilia na sanidade das plantas (DATNOFF; ELMER; HUBER, 2007), pois afeta as estruturas histológicas, morfológicas e a composição química do tecido vegetal (MARSCHNER, 2012).

#### **2.4.2 Gesso agrícola**

Nesse cenário, outro condicionador de solo importante, é o gesso agrícola, cujo uso é amplamente difundido por aliar melhorias físicas, hídricas e químicas do solo, à elevação da

produtividade e à busca da sustentabilidade ambiental (SERAFIM et al., 2013; RAMOS et al., 2013). Portanto, o melhor desenvolvimento das raízes em profundidade em função do uso de gesso, possibilita à cultura, resistir bem aos períodos de seca, assunto de destaque nas pesquisas atuais (RAIJ, 2008).

Esse insumo é subproduto da indústria do ácido fosfórico, constituído de sulfato de cálcio di-hidratado ( $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ ), e classificado como sal neutro, por isso, não corrige o pH do solo (VITTI et al., 2008). Na agricultura, esse condicionador é utilizado para a correção da fertilidade das camadas subsuperficiais, com alto teor de alumínio ( $\text{Al}^{3+}$ ) e/ou baixo teor de cálcio ( $\text{Ca}^{2+}$ ), fatores responsáveis por limitar o crescimento radicular das plantas em camadas mais profundas do solo (FERRAZ, 2017).

Além de aumentar os teores de cálcio ( $\text{Ca}^{2+}$ ) e sulfato ( $\text{SO}_4^{2-}$ ) no subsolo (NEIS et al., 2010), o gesso reage com o alumínio ( $\text{Al}^{3+}$ ) formando o sulfato de alumínio ( $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$ ), menos solúvel e menos tóxico (CREMON et al., 2009; ZAMBROSI et al., 2007). Logo, há aprofundamento do sistema radicular, possibilitando a maior absorção de água e nutrientes, e conseqüentemente, diminuindo o efeito de secas prolongadas (CARDUCCI et al., 2015).

Observa-se ainda, vantagens na associação do uso de gesso com o capim-braquiária. O gesso potencializa o aprofundamento do sistema radicular e a braquiária nas entrelinhas da lavoura propicia o aumento da cobertura do solo e da matéria orgânica, possibilitando maior infiltração de água e diminuindo o efeito de períodos de déficit hídrico (SERAFIM et al., 2011).

Ressalta-se a relação entre os benefícios da aplicação do gesso e da dose aplicada, pois, doses elevadas, podem ocasionar em problemas de desequilíbrio no solo e, conseqüentemente, na nutrição das plantas. Em doses elevadas, há o carregamento das bases cálcio ( $\text{Ca}^{2+}$ ), magnésio ( $\text{Mg}^{2+}$ ) e potássio ( $\text{K}^+$ ), para as camadas além do alcance das raízes (PEREIRA, 2007). Ademais, o fornecimento de altos teores de cálcio ( $\text{Ca}^{2+}$ ), pode acarretar inibição competitiva com os cátions  $\text{Mg}^{2+}$  e  $\text{K}^+$ , causando um desequilíbrio nutricional (MARQUES et al., 1999).

### 2.4.3 Polímero hidrorretentor

Com o crescente uso agrícola devido a sua capacidade de retenção de água, destacam-se os polímeros hidrorretentores também identificados como: hidrogel, gel ou polímero superabsorvente. Aouada et al. (2009) definem os polímeros como sistemas hidrofílicos formados por dois ou mais monômeros unidos por ligações covalentes e/ou eletrostáticas, dispostas em uma ou mais redes tridimensionalmente estruturadas. Logo, esse produto é capaz

de reter a água, por ser constituído de redes poliméricas hidrofílicas quimicamente reticuladas (BRITO et al., 2013). Devido a isso, os polímeros hidrorretentores são utilizados como condicionadores de solo, disponibilizando água para as plantas em períodos mais longos, reduzindo o número de irrigações e a lixiviação de nutrientes (SAAD et al., 2009; KLEIN; KLEIN, 2015).

Os polímeros mais utilizados na agricultura brasileira são os sintéticos, como a poliacrilamida (LIMA; SOUZA, 2011). Porém, esses são obtidos de fontes não renováveis, principalmente o petróleo, adquirindo uma característica desfavorável para o desenvolvimento sustentável. Logo, hidrogéis à base de argilominerais, tais como montmorilonita, vermiculita e caulim, além de advindos de fontes naturais, vêm também despertando interesse na pesquisa, principalmente por apresentarem vantagens quanto ao baixo custo e diminuição de riscos de contaminação ambiental (BRITO et al., 2013; SABADINI, 2015).

Esse produto possui a capacidade de expansão de até 400 vezes em volume (BALENA, 1998; PREVEDELLO; LOYOLA, 2007), e pode permanecer no solo até cinco anos (AZEVEDO et al., 2002a). Entretanto, a degradação do polímero é potencializada na presença de sais na solução do solo, limitando a capacidade de retenção de água (LOPES et al., 2010). Isso ocorre devido aos sais, que têm efeito no balanço entre a pressão osmótica do sistema e a resposta expansiva do hidrogel (BRITO et al., 2013). A deterioração do polímero também é acelerada em soluções com sais de cálcio, magnésio e ferro, e em solos com aplicação de fertilizantes (JAMES; RICHARDS, 1986). De acordo com Freitas (2016), em presença de radiação ultravioleta, os íons ferro e nitrogênio possuem maior influência no processo de degradação do polímero poliacrilamida, diminuindo sua hidrorretenção.

Alguns resultados positivos no uso de hidrogéis na implantação de cafeeiros foram encontrados, porém, ainda há carência de estudos em lavouras em produção. Marques, Cripa e Martinez (2013), avaliaram o uso do polímero Hidroplan - EB® em substituição à irrigação em mudas de cafeeiro em viveiro. Como conclusão, a dose de 2 gramas do produto por muda proporcionou a mesma qualidade daquelas conduzidas com irrigação. Azevedo et al. (2002b), também encontraram resultados favoráveis com o polímero hidrorretentor nas características altura e peso seco de plantas, além de possibilitar o aumento no intervalo entre as irrigações.

Em relação à quantidade aplicada do polímero hidrorretentor na cultura do café, resultados satisfatórios foram encontrados no preparo da solução na razão de 1,5 kg de polímero em 400 litros de água, e posterior aplicação de 1,5 litros dessa solução em cada cova de plantio (PIEVE et al., 2013).

No entanto, mesmo sendo utilizado em diversos ramos da agricultura, ainda não foram relatados o uso do polímero em plantios de espécies perenes na fase adulta, justificando a necessidade de pesquisas sobre a forma mais adequada da utilização dessa tecnologia no campo (NETO et al., 2017).

### 3 MATERIAL E MÉTODOS

#### 3.1 Caracterização e condução da área experimental

O estudo foi realizado entre outubro de 2017 e novembro de 2018, em área experimental localizada no Departamento de Agricultura da Universidade Federal de Lavras (UFLA), no Setor de Cafeicultura (latitude 21°23' sul; longitude de 44°96' oeste e altitude média de 975m). O clima da região é classificado como Cwa, segundo a classificação de Köppen, verão chuvoso e inverno seco (SÁ JÚNIOR et al., 2012). A cultivar de café utilizada em área de sequeiro, foi a Mundo Novo 379-19 (*Coffea arabica* L.), com 1,9 anos de idade, suscetível à cercosporiose. O espaçamento utilizado foi de 3,6 metros nas entrelinhas de plantio e 0,75 metros entre plantas, ocupando área útil de 2,7 m<sup>2</sup>. planta<sup>-1</sup> e densidade populacional de 3704 plantas. ha<sup>-1</sup>.

O solo da área experimental foi classificado como Latossolo Vermelho Amarelo distrófico (EMBRAPA, 2013). As características químicas e a granulometria do solo, antes da instalação do experimento, estão apresentadas na Tabela 1.

Tabela 1 - Condicionadores de solo Análise química (profundidades de 0-20 cm e 20-40cm) e granulometria do solo da área experimental, antes da instalação do experimento\*.

Prof. (cm)	pH (H <sub>2</sub> O)	P  ----(mg.dm <sup>-3</sup> ) ----	K  -----	Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	Al <sup>3+</sup>	(H+Al)	SB	t	T	
				----- (cmol <sub>c</sub> .dm <sup>-3</sup> ) -----							
0-20	5,0	4,5	104	1,5	0,5	0,2	3,5	2,3	2,5	5,7	
20-40	4,6	1,4	48	0,5	0,2	0,5	4,4	0,8	1,3	5,1	
		V	m	M.O.	P-rem	Zn	Fe	Mn	Cu	B	S
		(%)	(%)	(dag.kg <sup>-1</sup> )	(mg.L <sup>-1</sup> )	----- (mg.dm <sup>-3</sup> ) -----					
0-20	39,6	8,1	2,1	27,1	2,9	102,7	22,9	4,1	0,3	35	
20-40	15,9	37,8	1,3	16,5	0,7	93,5	10,6	3,2	0,5	60,7	
Classificação do solo				Argila	Silte	Areia					
Textura argilosa				44	9	47					

Nota: SB = soma de bases trocáveis; t = capacidade de troca catiônica efetiva; T = capacidade de troca catiônica a pH 7,0; V = índice de saturação de bases; m = índice de saturação por alumínio.

Fonte: Da autora (2019).

A aplicação foliar de micronutrientes seguiu as recomendações de Guimarães et al. (1999). Realizou-se o controle de plantas daninhas nas entrelinhas do cafeeiro, com utilização de roçadora mecânica em todas as parcelas experimentais. Na linha de plantio, o controle foi realizado, especificamente para cada tratamento da parcela.

### **3.2 Delineamento experimental**

Utilizou-se o delineamento experimental em blocos ao acaso com três repetições. Os fatores em estudo foram dispostos em esquema fatorial  $3 \times 2 \times 5$ , totalizando 30 tratamentos alocados na área experimental em parcelas sub-subdivididas. Nas parcelas, foram atribuídas as três coberturas de solo, filme de polietileno, braquiária e sem cobertura de solo. Nas subparcelas, alocou-se os dois tipos de fertilizantes, o convencional e o de liberação controlada. Nas sub-subparcelas, utilizou-se os quatro condicionadores de solo, composto orgânico, casca de café, gesso agrícola, polímero hidrorretentor e a testemunha (TABELA 2).

Cada unidade experimental foi constituída de uma linha de seis plantas, sendo as quatro centrais consideradas úteis e as duas das extremidades como bordadura. Entre as parcelas utilizou-se linhas com bordadura.

Tabela 2 - Descrição dos tratamentos experimentais, Lavras, MG.

Tratamentos	DESCRIÇÃO DOS TRATAMENTOS		
	Cobertura de solo	Tipos de Fertilizantes	Condicionadores de solo
1	Filme de polietileno	Fertilizante Convencional	Composto orgânico
2			Casca de café
3			Gesso agrícola
4			Polímero hidrorretentor
5			Testemunha
6		Fertilizante de Liberação Controlada	Composto orgânico
7			Casca de café
8			Gesso agrícola
9			Polímero hidrorretentor
10			Testemunha
11	Braquiária	Fertilizante Convencional	Composto orgânico
12			Casca de café
13			Gesso agrícola
14			Polímero hidrorretentor
15			Testemunha
16		Fertilizante de Liberação Controlada	Composto orgânico
17			Casca de café
18			Gesso agrícola
19			Polímero hidrorretentor
20			Testemunha
21	Sem cobertura de solo	Fertilizante Convencional	Composto orgânico
22			Casca de café
23			Gesso agrícola
24			Polímero hidrorretentor
25			Testemunha
26		Fertilizante de Liberação Controlada	Composto orgânico
27			Casca de café
28			Gesso agrícola
29			Polímero hidrorretentor
30			Testemunha

Fonte: Da autora (2019).

### 3.3 Descrição dos tratamentos

#### 3.3.1 Coberturas de solo

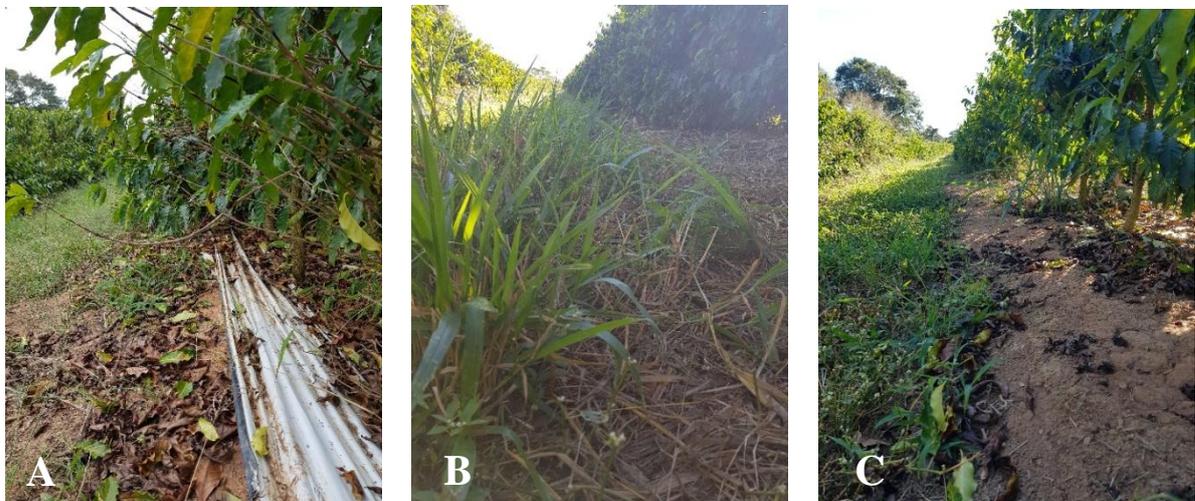
Foram utilizadas três diferentes coberturas de solo, o filme de polietileno, a braquiária e sem cobertura de solo. Logo após o plantio das mudas de café foi instalado, na linha de plantio, o filme plástico agrícola, à base de polietileno dupla face, sendo a parte superior branca, e a inferior, preta, conforme recomendações do fabricante. Foi utilizado filme de 1,60 m de largura

x 500 m de comprimento. Para a aplicação de fertilizantes e condicionadores de solo, as laterais do filme foram levantadas e, em seguida, fixadas novamente. O filme de polietileno pode permanecer no campo durante o período de 2 a 3 anos segundo as recomendações do fabricante (FIGURA 1A).

Para estabelecer o outro tipo de cobertura de solo, foi realizado o plantio da braquiária (*Urochloa decumbens*), em dezembro de 2015, com a semeadura na faixa de 1,60 metros na entrelinha do cafeeiro, a lanço. A quantidade de sementes foi a mesma recomendada para a formação de pastagens: 10 kg ha<sup>-1</sup> de sementes (SOUZA et al., 2006). O manejo da braquiária foi feito com roçadora mecânica, sendo as roçagens feitas antes do florescimento. No período chuvoso, a gramínea foi roçada com altura de 5 a 10 cm, em intervalos de 35 a 45 dias e, no início do período de seca, em intervalos maiores, para reduzir a competição com o cafeeiro, principalmente por água e nutrientes. Posteriormente, a biomassa da braquiária foi colocada na linha de plantio sob a copa do cafeeiro utilizando-se rastelo. Na linha de plantio, o controle de plantas daninhas foi feito com capina e herbicidas pré-emergentes, com intervalos de controle de acordo com o crescimento das plantas invasoras (FIGURA 1B).

Para o tratamento sem cobertura de solo, foi mantida limpa a faixa de 1,00 m de cada lado da linha de plantio, por meio de capinas e aplicações de herbicidas pós e pré-emergentes. Na entrelinha, foi realizado o controle de plantas daninhas com roçadora mecânica (FIGURA 1C).

Figura 1 - Coberturas do solo na linha de plantio: filme de polietileno (A), biomassa da braquiária (B) e sem cobertura do solo (C).



Fonte: Da autora (2019).

### 3.3.2 Tipos de fertilizantes

Foram coletadas amostras de solo em cada parcela experimental nas camadas de 0-20 cm e 20-40 cm de profundidade, com auxílio de trado holandês. As amostras simples foram homogeneizadas em balde, constituindo uma amostra composta, posteriormente acondicionada em saco plástico e enviada ao Laboratório de Análises de Solo da Universidade Federal de Lavras, para caracterização físico-química. As adubações foram realizadas em função dos resultados das análises de solo e das necessidades nutricionais do cafeeiro, conforme Guimarães et al. (1999). Também foi realizada estimativa de safra de acordo com Fahl et al. (2005), para auxílio na recomendação da adubação.

A adubação de cobertura foi feita com dois tipos de fertilizantes caracterizando o fator de estudo. O fertilizante de liberação controlada foi composto por produto comercial (37%N), com ureia revestida com partículas de enxofre elementar e polímeros orgânicos, e o outro produto comercial (52% K<sub>2</sub>O), com cloreto de potássio com a mesma tecnologia. O uso desse tipo de fertilizante foi feito em somente uma aplicação em novembro, conforme recomendações do produto. Para caracterizar o fator fertilizante convencional usou-se a ureia (43% N) e o cloreto de potássio (55% K<sub>2</sub>O). A aplicação desse tipo de fertilizante foi feita de forma parcelada, nos meses de novembro, janeiro e março.

As doses aplicadas de cada tipo de fertilizante foram determinadas de acordo com a necessidade nutricional das plantas localizadas em cada parcela, logo, a quantidade de nutrientes fornecida às plantas foi a mesma, diferenciando apenas na forma de aplicação.

### 3.3.3 Condicionadores de solo

A testemunha e os quatro condicionadores (composto orgânico, casca de café, gesso agrícola e polímero hidrorretentor) foram casualizados na sub-subparcela. O composto orgânico e a casca de café foram aplicados em cobertura, na projeção da copa do cafeeiro na dose de 10 L por planta, distribuídos na faixa de 0,50 metro de cada lado da planta, segundo recomendações de Guimarães et al. (1999). A casca de café aplicada foi proveniente do processo de beneficiamento do fruto em coco, constituindo o pericarpo (epicarpo, mesocarpo, endocarpo). Já o composto orgânico utilizado continha resíduos de aviários e maravalha de eucalipto (TABELA 3).

A aplicação do gesso agrícola foi feita em cobertura, com a aplicação de 300 g.m<sup>-2</sup>, conforme recomendações de Guimarães et al. (1999). O produto utilizado continha 18% de

cálcio e 15% de enxofre. A dose inicial foi calculada com base na textura do solo e nos resultados da análise de solo de 20 a 40 cm (TABELA 1). Nos anos posteriores de condução do experimento utilizou-se essa mesma dose, totalizando 6 ton.ha<sup>-1</sup>.

O polímero hidrorretentor, na formação da lavoura, foi aplicado nas covas de plantio. Para a aplicação na lavoura em formação foram feitas duas covetas laterais ao lado de cada planta para a aplicação desse condicionador. Para obter a solução do polímero, procedeu-se a mistura do produto em água na proporção de 1,5 kg de polímero para 400 L de água, permanecendo em repouso por 30 minutos para a completa hidratação. Seguiu-se a recomendação de 1,5 L da solução por cova. Posteriormente, foi realizada a mistura da solução com o solo, conforme proposto por Pieve et al. (2013).

O tratamento testemunha não recebeu a aplicação de nenhum dos condicionadores de solo, sendo influenciado apenas por fatores como cobertura de solo e tipos de fertilizantes. Os condicionadores de solo foram reaplicados anualmente no mês de outubro.

Tabela 3 - Composição química dos resíduos orgânicos.

Fontes	N	P	K	Ca	Mg
	.....(g.kg <sup>-1</sup> ).....				
Casca de café	18,5	1,2	29,7	3,9	1,2
Composto orgânico	18,0	30,0	28,7	93,1	5,0

Fonte: Da autora (2019).

### 3.4 Avaliação da cercosporiose, enfolhamento e variáveis climáticas

A cercosporiose foi avaliada nas folhas do cafeeiro, observando-se os sintomas da doença, mensalmente, por meio de método não destrutivo. Foram amostradas doze folhas por planta, tomadas aleatoriamente no terço mediano do cafeeiro, entre o 3º ao 4º par de folhas dos ramos plagiotrópicos. A incidência em porcentagem da doença foi determinada com base no número de folhas com sintomas da doença em relação ao total amostrado, conforme Equação 1 (CAMPBELL; MADDEN, 1990).

Os sintomas nos frutos foram evidentes a partir de 30 dias antes da colheita, tendo se intensificado no estágio final de maturação. Assim como em outros trabalhos com esse patossistema, adotou-se a avaliação na data da colheita como metodologia de incidência da doença (BOLDINI, 2001; VASCO et al., 2015).

Avaliou-se a incidência (EQUAÇÃO 1) e a severidade da cercosporiose no estágio de maturação fisiológica 'cereja'. Realizou-se a análise não destrutiva, no terço médio, em ambos

os lados da planta, totalizando 120 frutos por parcela. Para a avaliação da severidade, adotou-se a escala proposta por Paula et al. (2016) de porcentagem de área lesionada do fruto. A escala diagramática é composta por notas de 1 a 7, de acordo com a porcentagem lesionada do fruto, sendo 1 ( 0,1 a 2,5 %), 2 (2,6 a 5%), 3 (5,1 a 10%), 4 (10,1 a 20%), 5 (20,1 a 30%), 6 (30,1 a 50%) e 7 (superior a 50% da área do fruto lesionada).

$$I (\%) = \left( \frac{NFD}{NFT} \right) * 100 \quad (1)$$

sendo:

I (%) = incidência em porcentagem;

NFD = número de folhas ou frutos doentes;

NFT = número total de folhas ou frutos amostrados

Concomitante à avaliação das doenças, também foi avaliado o enfolhamento das plantas, atribuindo-se notas nas parcelas experimentais, com auxílio da escala desenvolvida por Boldini (2001). A escala diagramática é composta por notas de 1 a 5, de acordo com a porcentagem de enfolhamento das plantas, sendo 1 (0% a 20 %); 2 (21% a 40%); 3 (41% a 60%); 4 (61% a 80%) e 5 (81% a 100%).

As variáveis climáticas foram obtidas por meio da Estação Climatológica Principal de Lavras (*Campbell Scientific*), localizada no setor de cafeicultura da UFLA, próxima à área experimental. Os dados analisados foram: precipitação total (mm), umidade relativa do ar média (%), temperaturas (°C) máxima, média e mínima e insolação total (hrs).

### **3.5 Crescimento de plantas, índice de área foliar e umidade do solo**

Nos meses de março e julho, foram avaliados os seguintes parâmetros de crescimento vegetativo: diâmetro de caule (mm) medido na região do colo da planta com auxílio do paquímetro, e altura de plantas (m), medida na região do colo da planta até a gema apical do ramo ortotrópico, com auxílio da régua graduada.

O índice de área foliar (IAF) foi obtido utilizando aparelho analisador de dossel de plantas (LAI, 2000), coletando-se os dados com intervalo de quatro em quatro meses. A amostragem foi realizada nas plantas úteis da parcela experimental utilizadas na avaliação da

intensidade da cercosporiose, e em quatro diferentes pontos, tendo-se obtido valor médio de IAF de cada unidade experimental.

Para a umidade do solo, realizou-se a coleta de amostras de solo de dois em dois meses, em todos os tratamentos. Para isso, utilizou-se o método padrão, com a coleta de uma amostra deformada na profundidade de 0-20 cm, em cada unidade experimental. As amostras foram acondicionadas em latas de alumínio sendo imediatamente levadas ao laboratório e pesadas em balança de precisão obtendo o peso úmido. Após 24 horas em estufa a 105 °- 110 °C determinou-se o peso seco. Posteriormente, calculou-se a umidade gravimétrica do solo, em porcentagem (EQUAÇÃO 2) (EMBRAPA, 1997).

$$U = \frac{PSU - PSS}{PSS} * 100 \quad (2)$$

sendo:

U: umidade em porcentagem

PSU: peso do solo úmido

PSS: peso do solo seco

### 3.6 Área abaixo da curva de progresso da doença, do enfolhamento e da umidade

Os valores obtidos da avaliação da cercosporiose nas folhas do cafeeiro, do enfolhamento, e da umidade do solo das parcelas, ao longo do tempo, foram integralizados em área abaixo da curva de progresso da doença (AACPD), do enfolhamento (AACPENF), e da umidade (AACPU), segundo Shaner e Finney (1977) (EQUAÇÃO 3).

$$AACP = \sum_{i=1}^{n-1} (Y_i + Y_{i+1})/2 * (T_{i+1} - T_i) \quad (3)$$

sendo:

AACP= área abaixo da curva de progresso da doença (D) ou enfolhamento (ENF) ou umidade (U);

$Y_i$  = proporção da doença na i-ésima observação;

$T_i$  = tempo em dias da i-ésima observação;

n = número total de observações.

### 3.7 Produtividade

A colheita foi feita no mês de maio, de forma manual, quando houve de 10 a 15% de frutos verdes nas parcelas úteis de cada tratamento. Após a derrixa, foi quantificado o volume em litros do café colhido de cada parcela experimental. Realizou-se a secagem dos frutos, em terreiro cimentado, até atingir a umidade 11,5% e, a seguir, o café foi beneficiado. Com base no peso obtido estimou-se a produtividade (sacas de 60 kg. ha<sup>-1</sup>), considerando o número de plantas presentes em um hectare e o espaçamento da lavoura.

### 3.8 Fertilidade do solo

A análise química do solo foi realizada em outubro de 2018. Retirou-se uma amostra de solo de cada unidade experimental, na camada de 0 a 20 cm, com trado de rosca, na projeção da copa do cafeeiro. As amostras de solo foram enviadas para análises dos teores de: pH em água (pH), teor de fósforo (P - mg dm<sup>-3</sup> - extrator Mehlich-1), teor de potássio (K - mg dm<sup>-3</sup> - extrator Mehlich-1), teor de cálcio (Ca - cmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup> - extrator KCl 1 mol L<sup>-1</sup>), teor de magnésio (Mg - cmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup> - extrator KCl 1 mol L<sup>-1</sup>), teor de alumínio (Al - cmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup> - extrator KCl 1 mol L<sup>-1</sup>), acidez potencial (H+Al - cmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup> - extrator SMP), saturação por bases (V - %) e saturação por alumínio (m - %) e matéria orgânica (dag.kg<sup>-1</sup>).

### 3.9 Análise estatística

Os pressupostos da análise de variância foram verificados com os testes de normalidade (Shapiro-Wilk) e homogeneidade (Barlett). Posteriormente, os dados foram submetidos à análise de variância e a significância foi verificada por teste F ( $p < 0,05$ ). Para o estudo das médias realizou-se o teste de Scott-Knott. Esses procedimentos estatísticos foram realizados por meio do software R (R DEVELOPMENT CORE TEAM, 2016).

Com os dados médios de incidência da cercosporiose na folha, enfolhamento, e umidade do solo de todos os tratamentos, foram plotadas as curvas de progresso, ao longo do tempo, separadamente.

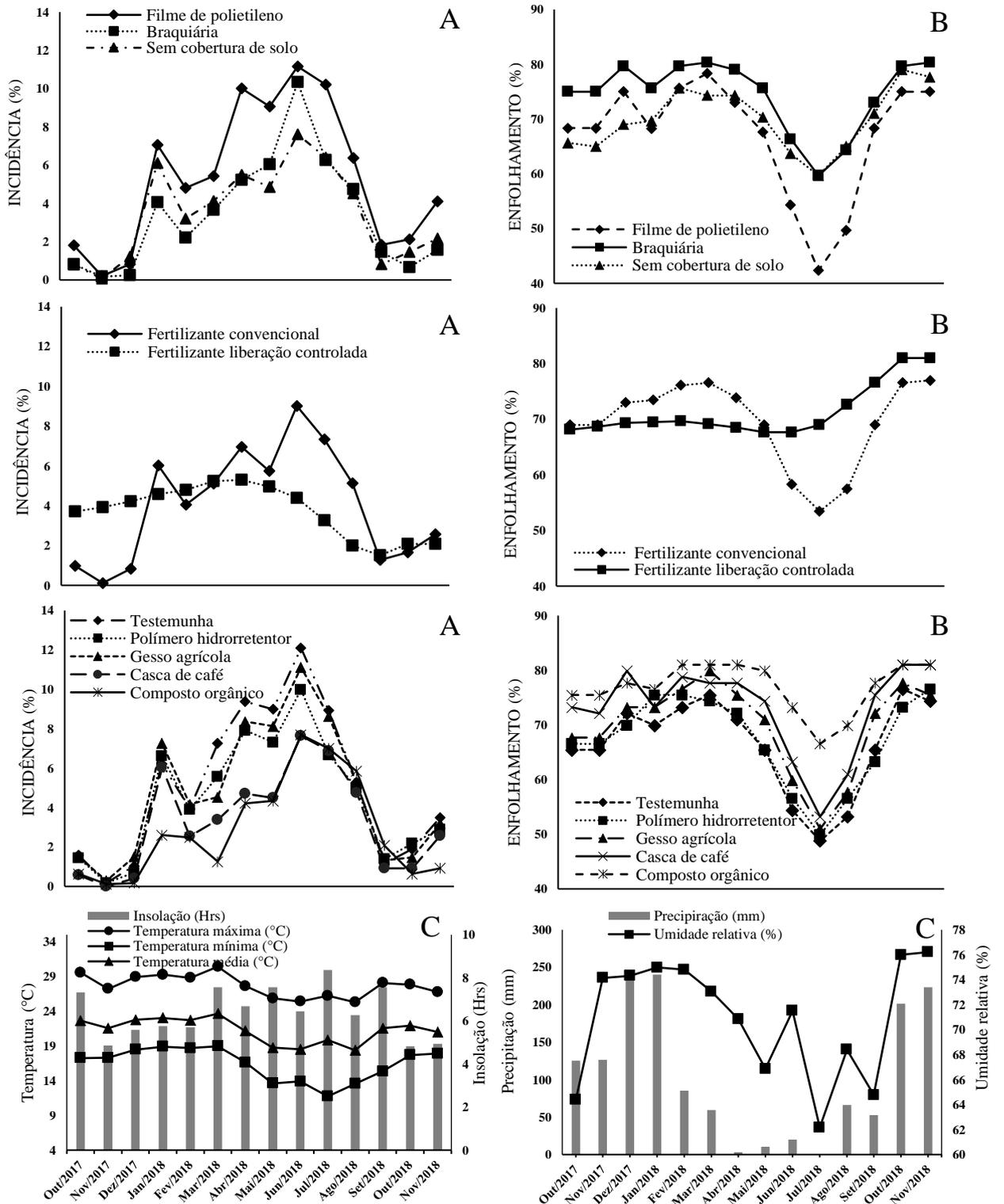
## **4 RESULTADOS**

### **4.1 Cercosporiose na folha, enfolhamento e variáveis climáticas**

A cercosporiose ocorreu durante todo o período de avaliação. O progresso da doença teve início no mês de dezembro de 2017, com pico nos meses de janeiro, abril e junho de 2018. Houve maior incidência no mês de junho (4,39 % a 12,09%) quando ocorreram baixas temperaturas máxima (25,39 °C), média (18,50 °C) e mínima (13,88 °C), precipitação acumulada de 19 mm, umidade relativa (71,62%) e insolação total de 6,44 horas de insolação. Após isso, houve redução da doença em todos os tratamentos (FIGURAS 2A e 2C).

Houve comportamento diferente do progresso do enfolhamento em relação às épocas do ano. De modo geral, em todos os tratamentos houve alto índice de enfolhamento (65 a 80%), nos meses de outubro de 2017 a março de 2018. Após esse período, houve queda acentuada do enfolhamento no mês julho de 2018 (33% a 66%), correspondente ao mês seguinte do maior pico da doença (FIGURA 2B).

Figura 2 - Curva de progresso da incidência da cercosporiose do cafeeiro (A), enfolhamento (B) e comportamento das variáveis climatológicas (C) obtidas a partir da estação meteorológica principal de Lavras entre o período de outubro de 2017 a novembro de 2018.



Fonte: Da autora (2019).

#### 4.2 Área abaixo da curva de progresso da incidência da cercosporiose (AACPIC) e do enfolhamento (AACPENF)

Para a AACPIC, não foram constatadas interações significativas. Os fatores cobertura de solo e condicionador de solo foram significativos ( $p < 0,05$ ) e estudados de forma isolada. O fator fertilizante não teve efeito significativo nessa variável (TABELA 1, APÊNDICE A).

O filme de polietileno teve a maior AACPIC em relação à braquiária e a ausência de cobertura de solo, com média de 17448,35. Para os condicionadores de solo, a testemunha, o polímero hidrorretentor e o gesso agrícola tiveram a maior AACPIC, respectivamente. Houve menores médias na casca de café e no composto orgânico, 10633,28 e 9419,68, ou seja, 55% e 75% inferiores em relação à testemunha, 16537,08 (TABELA 4).

Para a AACPENF, houve efeito significativo da interação tripla ( $p < 0,05$ ), e os fatores foram estudados isoladamente ( $p < 0,05$ ). Para a cobertura de solo houve maior enfolhamento com a braquiária, seguida do filme de polietileno e da ausência da cobertura de solo. O fertilizante de liberação controlada teve maior enfolhamento em comparação ao convencional. Para os condicionadores, o composto orgânico e a casca de café tiveram maior enfolhamento em comparação aos demais (TABELA 4).

Houve maiores valores médios no composto orgânico, na casca de café e no gesso agrícola com a associação do filme de polietileno e do fertilizante convencional. Na ausência da cobertura de solo, o uso de composto orgânico e casca de café, em associação com o fertilizante convencional, tiveram maior enfolhamento (TABELA 5).

Tabela 4 - Área abaixo da curva de progresso da incidência de cercosporiose (AACPIC) nas folhas e área abaixo da curva de progresso do enfolhamento (AACPENF) em cafeeiros cultivados sob coberturas de solo, tipos de fertilizantes e condicionadores de solo.

<b>TRATAMENTOS</b>	<b>AACPIC</b>	<b>AACPENF</b>
<b>COBERTURA DE SOLO</b>		
Braquiária	11113,8 b	28970 a
Filme de polietileno	17448,3 a	26027 c
Sem cobertura de solo	11377,6 b	27250 b
<b>TIPO DE FERTILIZANTE</b>		
Fertilizante de liberação controlada	13206,1 a	27868 a
Fertilizante convencional	13420,4 a	26903 b
<b>CONDICIONADOR DE SOLO</b>		
Composto orgânico	9419,7 b	29602 a
Casca de café	10633,3 b	28340 a
Gesso agrícola	15677,6 a	27207 b
Polímero hidrorretentor	14298,8 a	26107 b
Testemunha	16537,1 a	25823 b

Médias seguidas da mesma letra nas colunas, não diferem entre si por Scott-Knott ( $p < 0,05$ ).

Fonte: Da autora (2019).

Tabela 5 - Médias da Área abaixo da curva de progresso do enfolhamento (AACPENF).

<b>COBERTURA DE SOLO: TIPO DE FERTILIZANTE</b>						
<b>CONDICIONADOR DE SOLO</b>	<b>B:C</b>	<b>B:LC</b>	<b>FP:C</b>	<b>FP:LC</b>	<b>S:C</b>	<b>S:LC*</b>
Composto orgânico	30990 a	30690 a	29090 a	26260 a	30290 a	30290 a
Casca de café	27090 a	29890 a	27890 a	26790 a	29690 a	28690 a
Gesso agrícola	28590 a	29690 a	26190 a	25390 a	25190 b	28190 a
Polímero hidrorretentor	29090 a	28490 a	23190 b	25690 a	22490 b	27690 a
Testemunha	28190 a	26990 a	22990 b	26790 a	23490 b	26490 a

Médias seguidas da mesma letra na coluna, não diferem entre si por Scott-Knott ( $p < 0,05$ ). \*Filme de polietileno (FP), braquiária (B), sem cobertura de solo (S), fertilizante convencional (C), fertilizante de liberação controlada (LC).

Fonte: Da autora (2019).

### 4.3 Cercosporiose no fruto

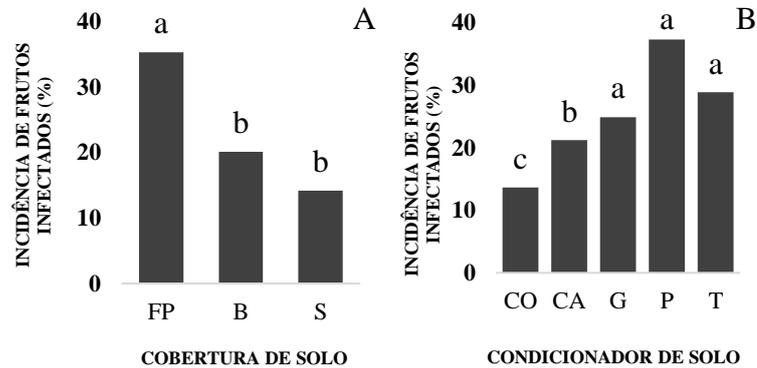
Para a incidência da cercosporiose nos frutos, não foram constatadas interações significativas. Os fatores cobertura e condicionador de solo foram significativos ( $p < 0,05$ ) e estudados de forma isolada. Houve interação significativa para a severidade entre cobertura e condicionador de solo ( $p < 0,05$ ) (TABELA 2, APÊNDICE A).

Houve maior incidência da doença nos frutos no filme de polietileno, 35,31%. A cobertura braquiária e a ausência da cobertura de solo tiveram as menores incidências, 20,11%

e 14,20%, respectivamente (FIGURA 3A). Em relação aos condicionadores de solo, a testemunha e o polímero hidrorretentor e o gesso agrícola, tiveram as maiores médias de incidência nos frutos. Verificou-se maior média na casca de café quando comparada ao composto orgânico, o qual apresentou menor incidência nos frutos, 13,68% (FIGURA 3B).

Para a severidade da doença, houve maior porcentagem do fruto lesionado na cobertura de filme de polietileno associada ao polímero hidrorretentor e a testemunha. O composto orgânico e a casca de café tiveram menores valores médios no filme de polietileno. Na braquiária e sem cobertura de solo, não houve diferença entre os condicionadores. (FIGURA 4).

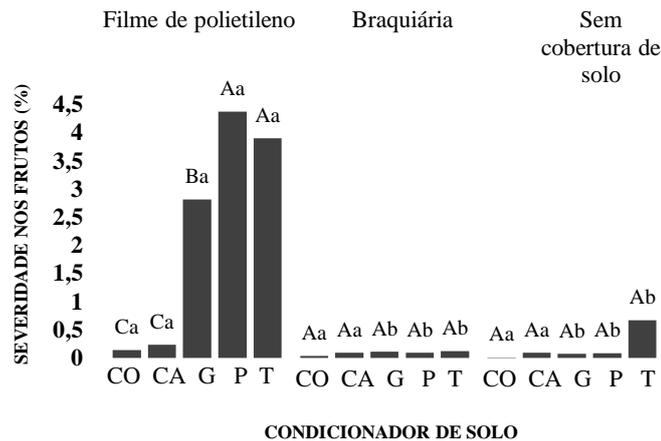
Figura 3 - Incidência (%) da cercosporiose nos frutos de cafeeiros cultivados sob coberturas de solo (A) e condicionadores do solo (B).



Barras com a mesma letra, não diferem entre si por Scott-Knott ( $p < 0,05$ ). Filme de polietileno (FP), braquiária (B), sem cobertura de solo (S), fertilizante convencional (C), fertilizante de liberação controlada (LC).

Fonte: Da autora (2019).

Figura 4 - Severidade (%) da cercosporiose nos frutos de cafeeiros cultivados sob coberturas de solo e condicionadores do solo.



Barras com a mesma letra maiúscula dentro de cada cobertura de solo e minúscula dentro de cada condicionador de solo não diferem entre si por Scott-Knott ( $p < 0,05$ ). Composto orgânico (CO), casca de café (CA), gesso agrícola (G), polímero hidrorretentor (P), testemunha (T).

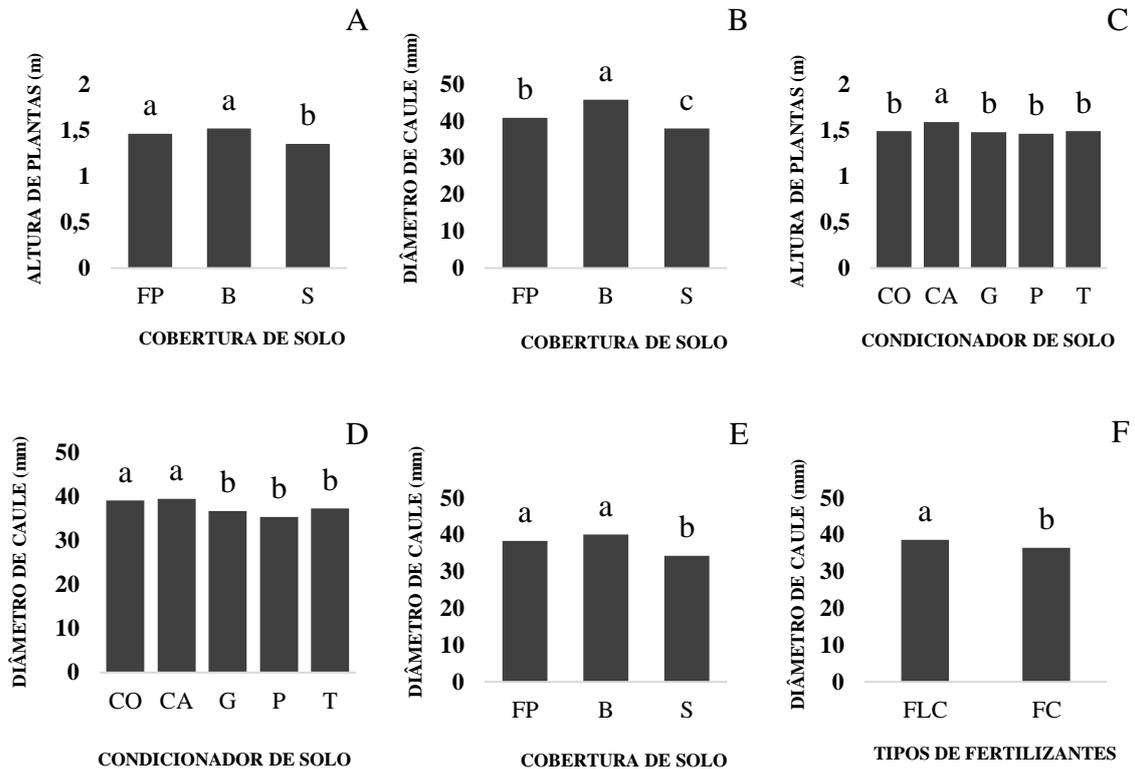
Fonte: Da autora (2019).

#### 4.4 Crescimento de plantas, índice de área foliar e umidade do solo

Para crescimento de plantas e índice de área foliar, não foram constatadas interações significativas, os fatores cobertura do solo, condicionador do solo e tipo de fertilizante, foram significativos ( $p < 0,05$ ) e estudados de forma isolada. Para a área abaixo da curva de progresso umidade do solo (AACPU), houve significância para cobertura do solo e condicionador de solo (TABELAS 1-4, APÊNDICE A).

A altura de plantas foi superior na cobertura de solo com braquiária e filme de polietileno no mês de março (FIGURA 5A). No mesmo período, verificou-se maior diâmetro de caule com o uso da braquiária. (FIGURA 5B). No mês de julho, houve maior altura de plantas na casca de café em relação aos demais condicionadores (FIGURA 5C). Para o diâmetro de caule, no mesmo período, o uso do composto orgânico e da casca de café foram superiores aos demais condicionadores de solo (FIGURA 5D). O uso da braquiária e do filme de polietileno foi superior à ausência da cobertura de solo para diâmetro de caule (FIGURA 5E). Analisando os tipos de fertilizantes, o fertilizante de liberação controlada teve maior diâmetro de caule comparado ao convencional (FIGURA 5F).

Figura 5 - Altura de plantas (m) (A) e diâmetro de caule (mm) (B) no mês de março, altura de plantas (m) (C), diâmetro de caule (mm) (D,E,F) no mês de julho, de cafeeiros cultivados sob coberturas de solo, tipos de fertilizantes e condicionadores de solo.



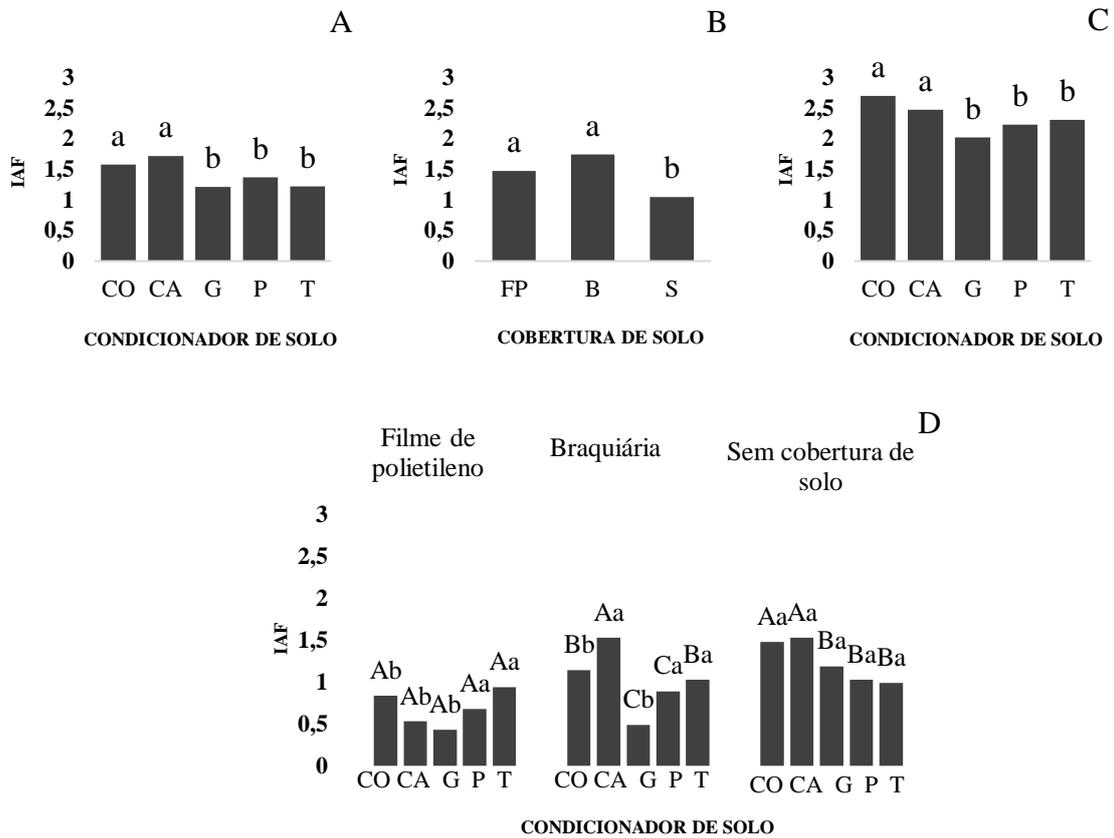
Barras com a mesma letra, não diferem entre si por Scott-Knott ( $p < 0,05$ ). Composto orgânico (CO), casca de café (CA), gesso agrícola (G), polímero hidrorretentor (P), testemunha (T), filme de polietileno (FP), braquiária (B), sem cobertura de solo (S), fertilizante de liberação controlada (FLC), fertilizante convencional (FC).

Fonte: Da autora (2019).

Nos meses antes da colheita (dezembro e abril), para o índice de área foliar (IAF), os condicionadores gesso agrícola, polímero hidrorretentor, e testemunha, foram inferiores aos valores médios com o composto orgânico e a casca de café (FIGURA 5A e 5C). Houve no mês de dezembro, com o filme de polietileno e a braquiária maiores médias (FIGURA 5B). No mês de agosto (período pós-colheita e a maior incidência da cercosporiose), a casca de café e o composto orgânico em associação à ausência da cobertura de solo, tiveram as maiores médias. Na braquiária, a casca de café teve o maior IAF, seguida do composto orgânico e da testemunha. No filme de polietileno não houve diferença entre os condicionadores de solo (FIGURA 5D).

Comparando o mês de abril com o mês de dezembro, houve redução de 81% no índice de área foliar, com o uso do condicionador de solo gesso agrícola associado a cobertura braquiária, e redução de 72% comparando o mês de agosto em relação ao mês de dezembro.

Figura 6 - Índice de área foliar (IAF) no mês de dezembro (A-B), no mês de abril (C), e no mês de agosto (D) de cafeeiros cultivados sob coberturas de solo e condicionadores de solo.



(A,B,C) Barras com a mesma letra, não diferem entre si por Scott-Knott ( $p < 0,05$ ). (D) As barras seguidas da mesma letra maiúscula dentro de cada cobertura de solo e minúscula dentro de cada condicionador de solo não diferem entre si por Scott-Knott ( $p < 0,05$ ). Filme de polietileno (FP), braquiária (B), sem cobertura de solo (S), composto orgânico (CO), casca de café (CA), gesso agrícola (G), polímero hidrorretentor (P), testemunha (T).

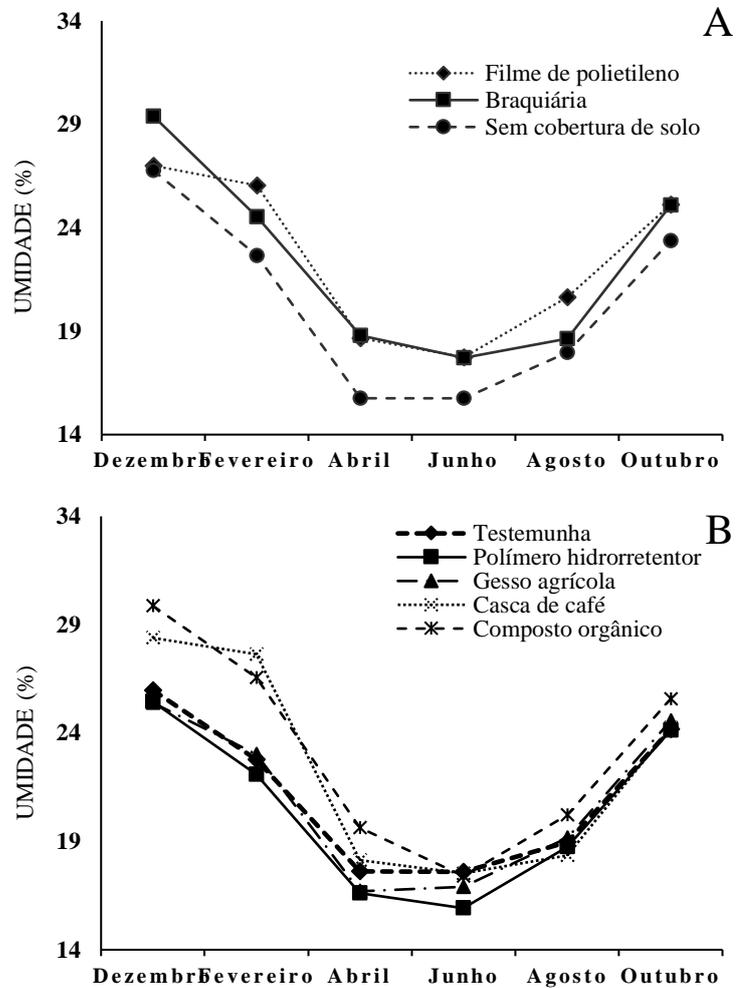
Fonte: Da autora (2019).

Para a curva de progresso da umidade média do solo, independente da precipitação acumulada (mm) de cada mês, a umidade com a ausência da cobertura de solo foi sempre inferior em comparação com a braquiária e o filme de polietileno (FIGURA 7). Nos condicionadores de solo, houve maior umidade do solo com o uso da casca de café e do composto orgânico em relação aos demais. Houve menor umidade do solo na testemunha em comparação aos demais condicionadores do solo em todos os meses (FIGURA 7).

Para a Área abaixo da curva de progresso da umidade (AACPU), não houve interações significativas. Os fatores cobertura de solo e condicionador de solo foram significativos ( $p < 0,05$ ) e estudados de forma isolada. As coberturas braquiária e filme de polietileno tiveram maior AACPU com aumento na umidade de 9,14% e 11,32%, respectivamente, em comparação

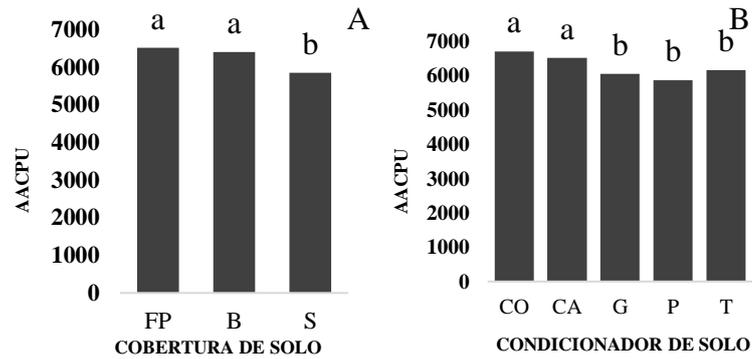
ao solo sem cobertura (FIGURA 8A). Os resíduos orgânicos, composto e casca de café, tiveram maior AACPU, com aumento de 8,76% e 5,65% em relação à testemunha (FIGURA 8B).

Figura 7 - Curva da umidade do solo de cafeeiros cultivados sob coberturas de solo e condicionadores de solo no período de dezembro/2017 a outubro/2018.



Fonte: Da autora (2019).

Figura 8 - Área abaixo da curva de progresso da umidade do solo (AACPU) de cafeeiros cultivados sob coberturas de solo (A) e condicionadores de solo (B).



Barras com a mesma letra, não diferem entre si por Scott-Knott ( $p < 0,05$ ). Filme de polietileno (FP), braquiária (B), sem cobertura de solo (S), composto orgânico (CO), casca de café (CA), gesso agrícola (G), polímero hidrorretentor (P), testemunha (T).

Fonte: Da autora (2019).

#### 4.5 Produtividade

Para a produtividade, houve efeito significativo da interação tripla ( $p < 0,05$ ) e os fatores foram estudados isolados (TABELA 1, APÊNDICE A). Para as coberturas de solo, houve maior produtividade com a braquiária, 65 sacas/ha, com diferença média de 24 sacas.  $ha^{-1}$  de incremento em comparação a ausência da cobertura de solo, com 42 sacas.  $ha^{-1}$ . O filme de polietileno foi inferior a braquiária e superior a ausência da cobertura de solo, com 52 sacas.  $ha^{-1}$ . Nas plantas com o uso de fertilizante de liberação controlada houve aumento de 5 sacas.  $ha^{-1}$  em relação ao convencional cuja produtividade foi de 50 sacas.  $ha^{-1}$  (TABELA 6).

Houve produtividade de 93 sacas.  $ha^{-1}$  com a associação de braquiária, gesso agrícola e fertilizante convencional. No uso de braquiária com fertilizante de liberação controlada, o composto orgânico e a casca de café tiveram maiores produtividades em relação aos demais condicionadores de solo, 87 sacas.  $ha^{-1}$  e 88 sacas.  $ha^{-1}$ , respectivamente. Independentemente do tipo de fertilizante usado em associação com o filme de polietileno ou com a ausência da cobertura de solo, não houve diferenças significativas (TABELA 7).

Tabela 6 - Produtividade (scs/ha) de cafeeiros cultivados sob coberturas de solo, tipos de fertilizantes e condicionadores de solo.

<b>TRATAMENTOS</b>	<b>PRODUTIVIDADE</b>
<b>COBERTURA DE SOLO</b>	
Braquiária	65,3 a
Filme de polietileno	51,6 b
Sem cobertura de solo	41,9 c
<b>TIPO DE FERTILIZANTE</b>	
Fertilizante de liberação controlada	55,7 a
Fertilizante convencional	50,2 a
<b>CONDICIONADOR DE SOLO</b>	
Composto orgânico	59,5 a
Casca de café	58,3 a
Gesso agrícola	54,2 a
Polímero hidrorretentor	45,2 b
Testemunha	47,4 b

\*Médias seguidas por letras iguais, não diferem entre si por teste de Scott-Knott ( $p < 0,05$ ).

Fonte: Da autora (2019).

Tabela 7 - Médias de Produtividade (scs/ha) de cafeeiros cultivados sob coberturas de solo, tipos de fertilizantes e condicionadores de solo.

<b>COBERTURA DE SOLO: TIPO DE FERTILIZANTE</b>						
<b>CONDICIONADOR DE SOLO</b>	<b>B:C</b>	<b>B:LC</b>	<b>FP:C</b>	<b>FP:LC</b>	<b>S:C</b>	<b>S:LC</b>
Composto orgânico	51,6 b	87,4 a	66,9 a	57,1 a	46,2 a	48,3 a
Casca de café	42,5 b	88,1 a	40,2 a	74,5 a	58,8 a	45,6 a
Gesso agrícola	93,0 a	62,3 b	45,6 a	59,6 a	23,5 a	41,6 a
Polímero hidrorretentor	50,8 b	52,9 b	42,5 a	41,2 a	49,3 a	38,8 a
Testemunha	66,6 b	57,9 b	37,7 a	45,5 a	38,5 a	28,7 a

Médias seguidas por letras iguais na coluna, não diferem entre si por teste de Scott-Knott ( $p < 0,05$ ).

\*Filme de polietileno (FP), braquiária (B), sem cobertura de solo (S), fertilizante convencional (C), fertilizante de liberação controlada (LC).

Fonte: Da autora (2019).

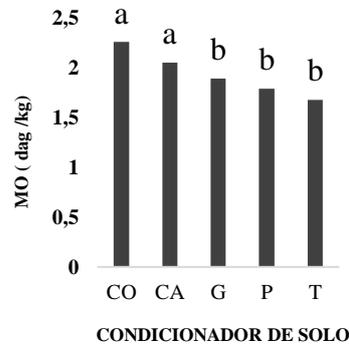
#### 4.6 Fertilidade do solo

Analisando os atributos químicos do solo, houve efeito significativo dos fatores fertilizante e condicionador. Houve interação significativa ( $p < 0,05$ ) entre esses fatores para cálcio e magnésio trocável, pH do solo, acidez potencial, saturação de bases. Para as variáveis pH e acidez potencial também houve interação entre cobertura de solo e tipo de fertilizante (TABELA 5, APÊNDICE A).

A matéria orgânica do solo foi maior com a aplicação dos condicionadores de solo composto orgânico e casca de café. O gesso agrícola, o polímero hidrorretentor, e a testemunha,

tiveram menor teor de matéria orgânica no solo, abaixo de  $2 \text{ dag.kg}^{-1}$  (FIGURA 9A). Não houve significância para cobertura de solo, porém, em valores absolutos com o uso do filme de polietileno, houve redução do teor de matéria orgânica,  $1,77 \text{ dag.kg}^{-1}$ , em comparação a braquiária  $2,04 \text{ dag.kg}^{-1}$  e a ausência da cobertura de solo,  $1,99 \text{ dag.kg}^{-1}$ .

Figura 9 - Teor de matéria orgânica do solo em cafeeiros cultivados sob condicionadores de solo.



As barras seguidas da mesma letra não diferem entre si por Scott-Knott ( $p < 0,05$ ).

Fonte: Da autora (2019).

Houve aumento no teor de potássio no solo com uso da casca de café, em relação aos demais condicionadores, independente da cobertura de solo utilizada. Para os condicionadores gesso agrícola, polímero hidrorretentor e testemunha, houve maior teor de potássio com a cobertura braquiária (FIGURA 10A).

Para o teor de cálcio trocável, houve maior valor médio com a aplicação do composto orgânico, porém, quando utilizado fertilizante de liberação controlada, o gesso agrícola apresentou teor semelhante. No gesso agrícola houve maior teor de cálcio trocável no fertilizante de liberação controlada ( $4,49 \text{ cmol}_c.\text{dm}^{-3}$ ); porém, quando usado o fertilizante convencional o valor médio de cálcio ( $2,27 \text{ cmol}_c.\text{dm}^{-3}$ ) foi inferior à testemunha (FIGURA 10B).

O teor de magnésio trocável foi maior com a aplicação do composto orgânico independentemente do tipo de fertilizante utilizado (FIGURA 10C). Para o gesso agrícola, quando utilizado o fertilizante convencional, houve redução do valor médio ( $0,35 \text{ cmol}_c.\text{dm}^{-3}$ ), sendo inferior à testemunha, fato não verificado quando se utilizou o fertilizante de liberação controlada ( $0,68 \text{ cmol}_c.\text{dm}^{-3}$ ).

A relação Ca/Mg foi maior no condicionador de solo gesso agrícola (7,16). O composto orgânico, a casca de café, o polímero hidrorretentor, e a testemunha, tiveram menores médias dessa relação (FIGURA 10E).

Para o fósforo, houve maiores teores para o composto orgânico com a utilização da cobertura braquiária ou com a ausência da cobertura de solo (FIGURA 10D). O gesso agrícola, o polímero hidrorretentor, e a testemunha, tiveram menores médias quando comparados aos demais condicionadores.

Na saturação de bases, houve maior valor médio no composto orgânico associado ao fertilizante convencional. No fertilizante convencional, as menores médias foram observadas no gesso agrícola, polímero hidrorretentor e na testemunha. Houve no fertilizante de liberação controlada, em associação com o polímero e a testemunha menor, saturação de bases. Para o gesso agrícola, a saturação de bases foi maior no fertilizante de liberação controlada (61,84%) em comparação ao convencional (40,10%) (FIGURA 10F).

O pH do solo foi maior com a aplicação de composto orgânico e da casca de café em associação com fertilizante de liberação convencional. No cafeeiro com fertilizante de liberação controlada, o composto orgânico teve maior pH em relação a casca de café e ao gesso agrícola. O polímero hidrorretentor e a testemunha tiveram menor pH independente do tipo de fertilizante (FIGURA 10G). O pH do solo com o filme de polietileno foi inferior no fertilizante convencional em relação as demais coberturas de solo (FIGURA 10H).

Para a acidez potencial do solo, no fertilizante convencional, houve maiores médias com o gesso agrícola, polímero hidrorretentor e testemunha. No fertilizante de liberação controlada, o polímero hidrorretentor e a testemunha tiveram as maiores médias. Em ambos os tipos de fertilizantes, houve menores valores médios para a casca de café e composto orgânico (FIGURA 10J). Na cobertura de solo com filme de polietileno, em associação ao fertilizante convencional, houve maior média em relação às demais coberturas e ao fertilizante de liberação controlada (FIGURA 10I).

Houve maiores médias referentes à saturação de alumínio e ao teor de alumínio no solo nos condicionadores polímero hidrorretentor e testemunha. A aplicação de composto orgânico, casca de café e gesso agrícola reduziram a saturação por alumínio e o teor de alumínio no solo (FIGURA 10K e 10L).

Figura 10 - Teor de potássio (A), cálcio (B), magnésio (C), fósforo (D), relação Ca/Mg (E), saturação por bases (F), potencial hidrogeniônico (G e H), acidez potencial (I), alumínio (J) e saturação por alumínio (K) do solo em cafeeiros cultivados sob coberturas de solo, tipos de fertilizantes e condicionadores de solo. (continua)

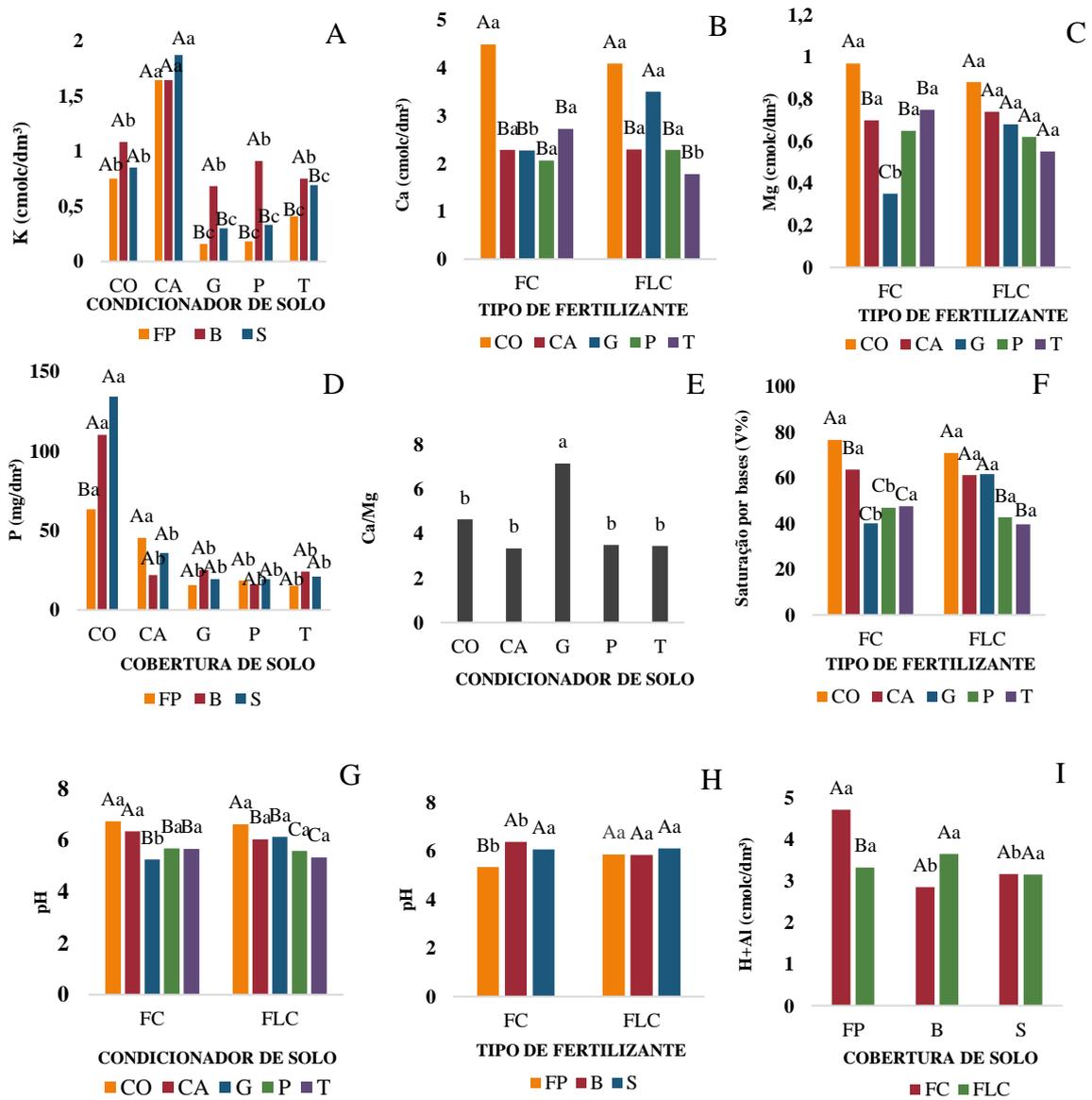
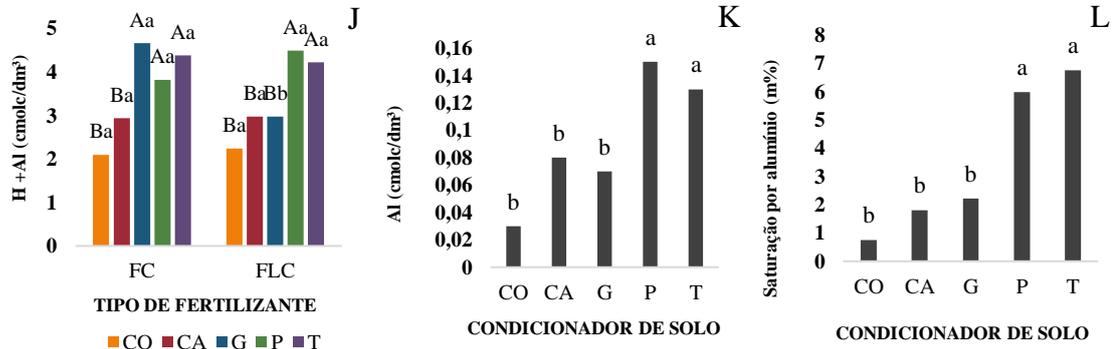


Figura 10 - Teor de potássio (A), cálcio (B), magnésio (C), fósforo (D), relação Ca/Mg (E), saturação por bases (F), potencial hidrogeniônico (G e H), acidez potencial (I), alumínio (J) e saturação por alumínio (K) do solo em cafeeiros cultivados sob coberturas de solo, tipos de fertilizantes e condicionadores de solo. (conclusão)



(A, D, K): As barras seguidas da mesma letra maiúscula dentro de cada condicionador de solo e minúscula dentro de cada cobertura de solo não diferem entre si por Scott-Knott ( $p < 0,05$ ). (B,C,F,G,H,J): As barras seguidas da mesma letra maiúscula dentro de cada tipo de fertilizante e minúscula dentro de cada condicionador de solo não diferem entre si por Scott-Knott ( $p < 0,05$ ). (I): As barras seguidas da mesma letra maiúscula dentro de cada cobertura de solo e minúscula dentro de cada tipo de fertilizante não diferem entre si por Scott-Knott. (E,K,L): As barras seguidas da mesma letra não diferem entre si por Scott-Knott ( $p < 0,05$ ). Filme de polietileno (FP), braquiária (B), sem cobertura de solo (S), fertilizante convencional (FC), fertilizante de liberação controlada (FLC), composto orgânico (CO), casca de café (CA), gesso agrícola (G), polímero hidrorretentor (P), testemunha (T).

Fonte: Da autora (2019).

## 5 DISCUSSÃO

O ambiente é um dos fatores determinantes para ocorrer doenças, por causar interferência nas fases do ciclo de vida do patógeno e do hospedeiro (WAGGONER, 1960). Na presente pesquisa, houve relação das variáveis climáticas com a curva de progresso da cercosporiose. Os picos da doença ocorreram nos meses de janeiro (2,60% a 7,06%), abril (4,22% a 10,01%) e junho (4,40% a 12,09%), possivelmente decorrentes do avanço na dispersão do inóculo, a partir de dezembro/2017, favorecido por precipitação acumulada de 235 mm, temperatura média de 22,74 °C e umidade relativa de 74,97%.

Esses resultados corroboram com Chalfoun (1997), o qual relatam o desenvolvimento da cercosporiose a partir da umidade relativa alta e temperatura amena. Pozza e Alves (2008) também apontaram temperaturas médias entre 18° e 24°C associadas à precipitação média acima de 3 mm.dia<sup>-1</sup> como favoráveis à ocorrência da cercosporiose. Talamini et al. (2003), constataram maior incidência da cercosporiose nos meses de maio a setembro, em experimento para avaliar diferentes parcelamentos da adubação com nitrogênio, potássio e fósforo por fertirrigação.

As maiores incidências em abril e junho podem ter ocorrido por desordens nutricionais em função da baixa precipitação nesses meses, 3,2 mm e 19,9 mm respectivamente. A água é necessária para transportar os nutrientes minerais do solo para as folhas e produzir as barreiras de resistência (SILVA et al., 2019). Santos et al. (2007) também encontraram elevação de cercosporiose em julho, período de ausência pluviométrica e temperaturas inferiores a 20 °C.

A insolação também é importante para aumentar a intensidade da doença, pois a toxina cercosporina é ativada por luz. Nos meses de maior incidência obteve-se insolação média entre 5,7 e 6,7 horas. Essa toxina provoca na planta, a produção de etileno acima do normal, o qual é precursor de outro hormônio, o ácido abscísico, responsável por queda precoce das folhas (VALENCIA, 1970). A maior entrada de luz solar no dossel proveniente do depauperamento das plantas, devido ao processo de colheita (maio), pode ter favorecido o progresso da cercosporiose no mês de junho. Devido a esse fato, houve queda acentuada do enfolhamento no mês seguinte (33,44% a 69%).

Além das variáveis climáticas, os picos da cercosporiose nos meses de janeiro e abril podem estar relacionados ao estágio fenológico do cafeeiro nessa época, correspondente ao período de frutificação. Nessa fase, as plantas ficam mais propensas ao desequilíbrio nutricional devido ao maior dreno de nutrientes das folhas para o enchimento de grãos, tornando as plantas

mais suscetíveis à cercosporiose, como observado por Fernández-Borrero (1969). A partir do mês de abril, houve queda acentuada do enfolhamento. Tal fato também foi relatado por Santos et al. (2008b) ao estudarem o efeito de diferentes fontes orgânicas em cafeeiro. Esses autores constataram o menor enfolhamento das plantas entre maio e julho devido ao período de frutificação e à máxima intensidade da cercosporiose.

O uso das coberturas de solo, filme de polietileno e braquiária, foram eficientes na retenção de umidade no solo mesmo em meses com baixa precipitação (abril/2018 e julho/2018), contribuindo para a otimização do uso da água no cafeeiro, e resultando na maior área abaixo da curva de progresso da umidade (AACPU). Isso pode ter ocorrido, pois o solo cultivado, exposto às chuvas, recebe a maior parte da energia cinética da precipitação, quebrando os agregados. As partículas formadas nesse processo entram em suspensão e obstruem os poros, diminuindo a permeabilidade e formando o selamento superficial, influenciando assim, a infiltração de água no solo (SCHAEFER et al., 2002).

Com o uso dos condicionadores de solo, composto orgânico e casca de café, ocorreram as maiores umidade no solo, independente do mês avaliado, proporcionando a maior AACPU. Provavelmente, a manutenção de resíduos orgânicos na superfície do solo reduziu a evaporação de água e a temperatura do solo, propiciando o aumento da infiltração de água das chuvas e o menor escoamento superficial (ERENSTEIN, 2002).

Segundo Damatta e Rena (2002), a redução na disponibilidade de água pode diminuir substancialmente o crescimento das plantas, mesmo sem sinais visíveis de déficit hídrico, como murcha nas folhas. O uso das coberturas de solo, braquiária e filme de polietileno, ocasionaram a maior altura das plantas no mês de março e o maior diâmetro de caule no mês de julho. Concordando com o exposto, Barbosa (2015) também relatou maior espessura do caule e do número de folhas do cafeeiro com a utilização do filme de polietileno, atribuindo esse resultado ao melhor aproveitamento da água nas plantas.

Mesmo com alta retenção de umidade no composto orgânico e na casca de café, apenas essa última promoveu incremento na altura. Isso pode ter ocorrido, pois nos primeiros anos de condução dessa pesquisa, o composto utilizado, em virtude de sua origem, pode ter sido tóxico às plantas (CASTANHEIRA, 2018). Resultados similares de incremento no crescimento do cafeeiro com a casca de café foram constatados por Castanheira et al. (2019) em pesquisa com restrição hídrica e diferentes condicionadores de solo, na qual houve maior altura e número de folhas com o uso da casca de café, mesmo em condição de restrição hídrica (40% da capacidade de campo).

Ressalta-se ainda, o maior diâmetro de caule com o uso do fertilizante de liberação controlada, provavelmente devido à redução das perdas de nutrientes (DOMINGHETTI et al., 2016), e ao fornecimento gradual para as plantas, contribuindo para o maior aproveitamento da adubação.

O enfolhamento do cafeeiro foi confirmado com a avaliação do índice de área foliar (IAF). Entre dezembro e abril, período de frutificação, os condicionadores, composto orgânico e casca de café, e as coberturas filme de polietileno e braquiária, tiveram os maiores índices (1,05 a 2,70). Entretanto, no mês de agosto, de modo geral, os menores índices de área foliar (IAF) ocorreram provavelmente devido à colheita e a máxima incidência da cercosporiose no mês de julho. O alto IAF foi mantido no composto orgânico e na casca de café em associação a braquiária e ao solo sem cobertura (1,14 a 1,53). No gesso agrícola em associação com a cobertura braquiária, e com o filme de polietileno, ocorreu o menor IAF, 0,49 e 0,43, respectivamente, provavelmente devido à alta incidência da cercosporiose nesse tratamento. A queda no enfolhamento com o gesso agrícola de 72% no mês de agosto e 81% no mês de abril pode reduzir a capacidade produtiva do cafeeiro para a safra seguinte. De acordo com Santos et al. (2008), essa desfolha prematura diminui o número de nós dos ramos e danifica a formação dos botões florais, reduzindo a capacidade produtiva do cafeeiro para a safra seguinte.

A maior disponibilidade hídrica no solo também facilita a absorção de nutrientes responsáveis por constituir barreiras de resistência das plantas aos patógenos (MARSCHNER, 2012). Entretanto, com o filme de polietileno ocorreu a maior área abaixo da curva da incidência da cercosporiose (AACPIC), mesmo com alta retenção de água nessa cobertura de solo. Esse fato pode ter ocorrido, pois o filme foi instalado na implantação da lavoura e durante os primeiros anos de condução, as plantas submetidas a esse tratamento tiveram maior crescimento vegetativo, quando comparadas com a ausência da cobertura do solo (CASTANHEIRA, 2018). Porém, as quantidades de fertilizantes aplicadas nas plantas em todos os tratamentos foi a mesma, ou seja, houve maior crescimento das plantas e, conseqüentemente, maior extração de nutrientes do solo, ocasionando na maior demanda nutricional a ser atendida. Como o café é uma cultura perene, a nutrição interfere nos anos seguintes (CUNHA; CASARIN; PROCHNOW, 2010). Tais fatos, possivelmente ocasionaram o aumento da cercosporiose nesse tratamento, por desequilíbrios nutricionais, faltando nutrientes para abastecer as barreiras de resistência da planta.

A maior AACPIC no filme de polietileno pode ter resultado na menor área abaixo da curva de progresso do enfolhamento (AACPENF), em comparação as demais coberturas de

solo. Tal fato também foi constatado por Faustino (2017), trabalhando em experimento similar, no qual a cobertura de solo com filme plástico promoveu incremento na altura e número de folhas. Segundo o autor, o maior crescimento foi acompanhado da maior incidência e da severidade da cercosporiose.

Diferentemente do filme de polietileno, o uso da biomassa da braquiária na linha de plantio, resultou em menor AACPIC. Nesse caso, provavelmente, na braquiária, ocorreu a ciclagem de nutrientes, melhorando a fertilidade do solo e a nutrição das plantas por meio da decomposição dos resíduos vegetais (ROCHA et al., 2014; PEDROSA et al., 2014). O menor crescimento das plantas com a ausência da cobertura de solo pode ter ocasionado menor demanda nutricional, suprimindo as necessidades das plantas e resultando na redução da cercosporiose.

Os tipos de fertilizantes não diferiram para a AACPIC. Porém, houve a maior AACPENF com o uso do fertilizante de liberação controlada. Isso pode ser explicado, pois o fertilizante de liberação controlada libera os nutrientes gradualmente, de acordo com a demanda da cultura e propicia maior aproveitamento da adubação (CANCELLIER et al., 2016), contribuindo assim, para o maior equilíbrio nutricional e para o crescimento das plantas. Resultado similar foi encontrado por Chagas et al. (2019) em mudas de café, com o uso de fertilizantes de liberação controlada, no qual houve maiores valores de altura, área foliar e peso seco em comparação às fontes convencionais de nitrogênio.

Em relação aos condicionadores de solo, a testemunha, o polímero hidrorretentor, e o gesso agrícola, tiveram a maior AACPIC e a menor AACPENF. A baixa disponibilidade de água no solo, nesses tratamentos, condiciona a planta à menor absorção de nutrientes, tornando-a suscetível a infecção de *C. coffeicola*. Na presença da cercosporiose, mesmo com uma pequena lesão, há a queda prematura da folha (POZZA et al., 2001), e conseqüentemente, menor área foliar, menor produção de fotoassimilados e menor acúmulo de nutrientes para a produção do ano seguinte.

Conforme a doença progride nas folhas, assim também ocorre nos frutos. A maior incidência da doença (35,31%) ocorreu com o uso do filme de polietileno. Provavelmente, o menor enfolhamento nesse tratamento, possibilitou maior exposição dos frutos ao sol, condição necessária para ativar a toxina cercosporina. Esse resultado está de acordo com Baliza et al. (2012) os quais relataram maior incidência da cercosporiose em cafeeiros na fase de formação submetidos a menores níveis de sombreamento, em que a cada 10% de aumento do nível de sombreamento há redução de 10% na incidência dessa doença. Além disso, os prováveis

desequilíbrios nutricionais nas plantas de cafeeiro cultivadas com o filme de polietileno podem ter favorecido a cercosporiose.

A maior incidência da doença no fruto com o uso dos condicionadores, gesso agrícola e polímero hidrorretentor, e na testemunha, ocorreram, provavelmente, devido a menor retenção de água e ao menor enfolhamento nesses tratamentos. Esse resultado corrobora com Santos, Souza e Pozza, (2004), segundo os quais, em lavouras irrigadas por gotejamento com as menores lâminas, ou em tratamento não irrigado, ocorreu maior incidência da cercosporiose no cafeeiro. Fazendo analogia com o presente trabalho, a baixa umidade do solo encontrada nesses tratamentos pode ter dificultado a absorção de nutrientes facilitando a infecção por meio do patógeno.

A maior severidade da cercosporiose nos frutos ocorreu na cobertura com o filme de polietileno em associação ao polímero hidrorretentor, testemunha, e gesso agrícola, ou seja, nos condicionadores com baixa retenção de água no solo. De acordo com Boldini (2001), o estresse hídrico e o desequilíbrio nutricional propiciam a maior severidade dessa doença em folhas e frutos.

De modo geral, a menor incidência e severidade da doença com a cobertura braquiária e com os condicionadores, composto e casca de café, decorreu, provavelmente, ao maior enfolhamento nesses tratamentos, ocasionando menor exposição dos frutos ao sol, estando de acordo com Paiva et al. (2013) e Vasco et al. (2015).

Além das condições climáticas e da disponibilidade hídrica no solo, destaca-se a fertilidade do solo e a nutrição das plantas como determinantes na incidência da cercosporiose. Segundo Marschner (2012), os nutrientes estão envolvidos em mecanismos capazes de aumentar ou reduzir a suscetibilidade das plantas aos agentes patogênicos.

Como na maioria dos solos brasileiros há a predominância de minerais de argila de baixa atividade, as estratégias para aumentar a capacidade de retenção de nutrientes nos solos, baseiam-se no aumento do teor de matéria orgânica (MO) (CONCEIÇÃO et al., 2005). Apesar da dificuldade de incrementar os teores de matéria orgânica em regiões tropicais, a possibilidade de qualquer acréscimo ou manutenção dos teores originais da MO, representa substancial ampliação da capacidade de reserva e suprimento de nutrientes do solo (CORBEELS et al., 2016).

O uso do composto orgânico e da casca de café aumentou a matéria orgânica em relação aos demais condicionadores do solo. Segundo Stevenson (1994), a MO retém até 20 vezes seu peso em água. Provavelmente, o aumento da matéria orgânica nesses tratamentos proporcionou

maior disponibilidade de água para as plantas, facilitando a absorção de nutrientes necessários para a constituição das barreiras de resistência horizontais contra a infecção de *C. coffeicola* (BOTELHO et al., 2005).

Embora sem diferenças significativas, a matéria orgânica se enquadrou em nível baixo, de acordo com Guimarães (1999), com o uso do filme de polietileno quando comparado às demais coberturas de solo. A maior retenção de água nesse tratamento e, provavelmente maior temperatura do solo nas camadas superficiais, gerou condições para acelerar as reações de degradação da matéria orgânica. Resultados similares foram encontrados por Li et al. (2007) e Moreno e Moreno (2008), estudando filmes plásticos na cultura do arroz e do tomate, respectivamente. Os referidos autores aferiram a temperatura do solo na profundidade de 10 cm, encontrando valores superiores (0,3 a 5,9 °C) com o filme de polietileno, em comparação ao solo sem cobertura. Li et al. (2007) ainda relataram perda de 24% da matéria orgânica com o uso do filme de polietileno, em comparação ao solo sem cobertura, após três anos de cultivo.

A degradação da matéria orgânica pode gerar acidez do solo. Dessa forma, como no filme de polietileno houve menor teor de matéria orgânica, pressupõe-se a maior mineralização nesse tratamento, contribuindo para a acidificação do solo. Além disso, o baixo pH do solo reflete indiretamente o baixo teor de bases existentes no solo (QUAGGIO, 2000). Essa remoção dos cátions básicos ( $K^+$ ,  $Ca^{2+}$ ,  $Mg^{2+}$  e  $Na^+$ ) do complexo de troca, sem a adequada reposição, também pode ter originado a maior acidez do solo nesse tratamento. Essa acidez foi mais evidenciada na associação do fertilizante convencional e com o uso do filme de polietileno. Tal fato pode ter ocorrido, pois a maior alteração do pH do solo é promovida por fertilizantes nitrogenados amoniacais, no caso, a ureia, com formação de  $H^+$  no processo de nitrificação (DOMINGHETTI et al., 2016).

Ainda nessa perspectiva, com o uso de composto orgânico e da casca de café verificou-se maior pH. Os mecanismos envolvidos nesse processo estão relacionados à complexação de  $H^+$  e  $Al^{3+}$  livres com compostos orgânicos aniônicos dos resíduos, aumentando a CTC do solo com os cátions adicionados via resíduo vegetal ( $Ca^{2+}$ ,  $K^+$ ,  $Mg^{2+}$ ) e elevando o pH do solo (FRANCHINI et al., 2001; LOURENZZI et al., 2011).

O alumínio também é componente de destaque na acidez dos solos. Esse elemento atua no meristema apical da raiz, cessando a divisão celular e prejudicando o desenvolvimento radicular. Os condicionadores, composto orgânico, e casca de café, relacionaram-se com os menores teores de alumínio ( $Al^{3+}$ ) e saturação por alumínio (m%) no solo, provavelmente por efeitos de complexação com os ácidos orgânicos, amenizando a toxidez para as plantas (RAIJ,

2008). Do mesmo modo, com o uso do gesso agrícola, o menor teor de alumínio ( $\text{Al}^{3+}$ ) e da saturação por alumínio (m%) pode ter ocorrido devido a reação dos íons sulfato com esse elemento, formando espécies químicas ( $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$ ) com menor atividade e toxicidade (CREMON et al., 2009; ZAMBROSI et al., 2007). Portanto, o menor teor de alumínio nas camadas mais profundas do solo propicia condições mais favoráveis para o aprofundamento do sistema radicular, possibilitando a maior absorção de água e nutrientes (CARDUCCI et al., 2015).

O menor teor de alumínio e o maior pH com o uso do composto orgânico e da casca de café, contribuíram para a menor acidez trocável no solo ( $\text{H} + \text{Al}$ ). Para o gesso agrícola, a redução da acidez trocável ficou mais evidente com o uso do fertilizante de liberação controlada, devido à acidificação mais intensa do solo, com o uso de fertilizantes amoniacais (convencionais). A maior acidez potencial com o uso filme de polietileno em associação ao fertilizante convencional, em relação as demais coberturas de solo, podem ser atribuídas ao menor pH relatado nesse tratamento.

A redução da matéria orgânica e do pH, e a maior acidez potencial com o uso do filme de polietileno, sugerem a baixa eficiência no aproveitamento de fertilizantes, pois a máxima aquisição de nutrientes é alcançada na faixa de pH 6 a 6,5 (MALAVOLTA, 1980). Esse comportamento pode ter contribuído sobremaneira para o aumento da cercosporiose no cafeeiro, pois pode ter prejudicado a disponibilidade dos nutrientes para as plantas.

De forma geral, o incremento da matéria orgânica com o uso do composto orgânico e da casca de café, elevou o pH do solo e diminuiu a solubilidade do alumínio e a saturação de alumínio, acarretando menor acidez potencial. Tais fatos contribuíram para o aumento da disponibilidade de nutrientes no solo e para o maior aproveitamento desses por parte da planta, resultando na redução da cercosporiose no cafeeiro.

A matéria orgânica também interage com óxidos de alumínio (Al) e ferro (Fe) resultando em redução dos sítios de adsorção, e no maior aproveitamento de fósforo oriundo da adubação fosfatada (RAMOS et al., 2010). Esse fato foi confirmado com os maiores teores de fósforo quando foi usado o composto orgânico em associação com a braquiária. Ressalta-se ainda, o alto teor de fósforo (3%) no composto orgânico, contribuindo para seu aumento no solo. A redução de fósforo com o uso do filme de polietileno pode estar relacionada ao menor teor de matéria orgânica e à barreira física promovida por esse tratamento, prejudicando a absorção de nutrientes oriundos de folhas e galhos localizados no solo. Apesar de poucos relatos na literatura sobre a influência do fósforo no manejo da cercosporiose, Graham (1983), relata a maior

intensidade de doenças em plantas deficientes em fósforo, pois ocorre nas membranas extravasamento de metabólitos para fungos invasores.

Ainda nos atributos químicos, ressalta-se a importância do equilíbrio das bases do solo nas lavouras cafeeiras para garantir a disponibilidade de nutrientes. O maior teor de potássio com o uso do composto orgânico e da casca de café, provavelmente ocorreram devido ao conteúdo desse nutriente na composição química dos referidos materiais, com 2,87% e 2,97%, respectivamente. Santos et al. (2008b) relataram maior AACPI da cercosporiose com o uso da palha de café, como única fonte de adubação. Tal fato não foi constatado no presente estudo, provavelmente devido à alta demanda desse nutriente, confirmada com o maior crescimento das plantas. Ademais, o incremento no teor de potássio não leva ao aumento da cercosporiose desde que o cálcio permaneça alto (MARSCHNER, 2012).

Apesar de não terem sido observados teores baixos do potássio no solo, segundo Guimarães (1999), nos tratamentos com menor teor desse nutriente, gesso agrícola, polímero hidrorretentor e testemunha, houve maior incidência da cercosporiose. Na planta, o potássio é responsável por regulação osmótica, abertura de estômatos e transporte de carboidratos solúveis (TAIZ et al., 2017). A deficiência desse elemento pode tornar a parede celular frágil e impedir a formação de novas membranas, tornando a planta mais suscetível a patógenos. Ressalta-se ainda, os maiores teores de potássio com a cobertura braquiária, sugerindo a ciclagem desse nutriente por meio da gramínea.

O cálcio possui relevante importância na resistência a doenças fúngicas (MARSCHNER, 2012). A presença de cátions  $\text{Ca}^{2+}$  no tecido foliar, respeitando a quantidade ideal de  $\text{K}^+$  no conteúdo celular inibe drasticamente a ação de enzimas pectolíticas produzidas por muitos parasitas de etiologia fúngica, cuja função é dissolver a lamela média da parede celular (GARCIA JUNIOR et al., 2003). Os maiores teores de cálcio no composto orgânico se devem à composição desse condicionador, 9,01 %, classificando o teor de Ca nesse tratamento, em nível muito bom, conforme Guimarães (1999), e contribuindo para a redução da cercosporiose nesse tratamento.

Com o uso do gesso agrícola em associação ao fertilizante convencional constatou-se teor baixo de magnésio no solo ( $0,35 \text{ cmolc.dm}^3$ ) (GUIMARÃES, 1999). Esse comportamento sugere possível lixiviação, em consequência da aplicação excessiva desse condicionador de solo. O fornecimento de adubos de cobertura em aplicações localizadas e em grandes quantidades, especialmente o potássio, pode resultar no desequilíbrio temporário de bases no solo. Assim, como no fertilizante de liberação controlada, o nitrogênio e o potássio são

gradualmente disponibilizados, há menor desequilíbrio das bases no solo. A redução do magnésio trocável tem sido uma resposta frequente à aplicação das altas doses de gesso (MARTINS et al., 2002; CAIRES et al., 2003; RAMOS et al., 2013; FERRAZ, 2017 ).

O equilíbrio das bases do solo, cálcio (Ca), magnésio (Mg) e potássio (K), deve seguir padrões capazes de permitir maior disponibilidade de nutrientes e atender a demanda nutricional da cultura, de forma equilibrada. A alta relação Ca/Mg do solo com a aplicação do gesso agrícola (7,16), ocorreu devido às altas doses aplicadas nesse tratamento. Tendo em vista a relação ideal de Ca/Mg para o cultivo de plantas ser próxima a 3:1 (RIBEIRO et al., 1999), o uso de gesso agrícola provocou o desbalanço de bases no solo. Apesar da importância do íon  $\text{Ca}^{2+}$  no manejo da cercosporiose (POZZA et al., 2000; GARCIA JÚNIOR et al., 2003; SANTOS et al., 2008; BELAN et al., 2015), o excesso desse nutriente pode ocasionar a competição com outros dois cátions no solo  $\text{Mg}^{2+}$  e  $\text{K}^+$ , gerando desequilíbrios nutricionais e tornando as plantas predispostas à infecção de doenças. Segundo Waller, Bigger e Hillocks (2007), o excesso de determinado nutriente pode ser tão prejudicial quanto sua falta.

A saturação por bases (V%) com o uso do composto orgânico e da casca de café (61,84 a 76,74%) ficou na faixa considerada adequada para o cafeeiro (GUIMARÃES, 1999). Entretanto, o uso do gesso agrícola em associação ao fertilizante convencional resultou em baixa saturação (40,1%) em comparação ao fertilizante de liberação controlada (61,84%). Esses resultados sugerem a possível lixiviação de nutrientes na camada de 0-20 cm, a qual foi mais evidenciada com a utilização do fertilizante convencional. Outro fator a ser considerado é a alta extração de nutrientes. Como a análise de solo foi feita no mês de outubro (período depois da colheita e antes da próxima adubação) e as plantas com o gesso agrícola excederam as expectativas de produtividade, possivelmente ocorreu o maior dreno de fotoassimilados das folhas para os frutos, resultando no menor teor de bases nas camadas iniciais do solo. Esse desequilíbrio nutricional na camada de 0-20 cm do solo, na qual há maior concentração de raízes do cafeeiro (CARVALHO, 2008), pode ter ocasionado o aumento da cercosporiose.

O incremento de produtividade do cafeeiro com a cobertura de solo braquiária, de 23,4 sacas.ha<sup>-1</sup>, em comparação à ausência da cobertura de solo, possivelmente foi consequência do maior fornecimento de água e nutrientes em fases importantes nos estádios fenológicos da planta. A menor incidência da cercosporiose nesse tratamento, e o maior enfolhamento, também podem ter contribuído para a maior produtividade nessa cobertura de solo.

Para o filme de polietileno, houve a produtividade média de 51,6 sacas.ha<sup>-1</sup>, com incremento de 9,7 sacas.ha<sup>-1</sup> em relação à ausência da cobertura de solo. Entretanto, ocorreu

nessa cobertura de solo, a maior incidência da cercosporiose nas folhas e nos frutos, e o menor enfolhamento, reduzindo a produtividade significativamente em comparação à cobertura de solo com a braquiária.

A ausência da cobertura de solo proporcionou a menor produtividade em comparação às demais coberturas de solo, 41,9 sacas.ha<sup>-1</sup>. A menor umidade do solo nesse tratamento pode ter limitado a absorção de nutrientes e o crescimento de plantas. Logo, com menor enfolhamento, menos reservas ficaram disponíveis para a produção das plantas.

Para os tipos de fertilizantes, apesar de não terem sido observadas diferenças significativas, houve no de liberação controlada, incremento de 5 sacas.ha<sup>-1</sup> em relação ao convencional. A liberação gradual dos nutrientes nesse tipo de fertilizante, juntamente com o maior enfolhamento, pode ter promovido a absorção de nutrientes por meio do cafeeiro, em fases importantes, contribuindo para esse aumento na produtividade.

A alta produtividade, 93 sacas.ha<sup>-1</sup>, na associação da braquiária com o fertilizante convencional e o gesso agrícola, se deve, provavelmente, ao maior desenvolvimento do sistema radicular das plantas juntamente com a ciclagem de nutrientes promovida com a braquiária, inclusive aqueles possivelmente lixiviados. Tal fato pode ter ocasionado na maior exploração de água e nutrientes das camadas subsuperficiais do solo. Entretanto, no gesso agrícola ocorreu a maior incidência da cercosporiose. Segundo Silva et al. (2018), em áreas com altos rendimentos, os desbalanços nutricionais podem ser responsáveis por altas incidências dessa doença. Além disso, os frutos são os drenos preferenciais de fotoassimilados durante o período reprodutivo. Rena et al. (1996) relataram elevado grau de dependência do estado nutricional da planta e da relação funcional entre folha e fruto. A dependência do cafeeiro dessa relação se deve à característica da espécie de não regular a carga de frutos. Essa sobrecarga de frutos pode causar o depauperamento nas plantas, caso não haja a nutrição equilibrada no solo, exigindo anos consecutivos de recuperação (RENA; CARVALHO, 2003).

Ressalta-se a queda na produtividade, 23 sacas.ha<sup>-1</sup>, na associação da ausência da cobertura de solo com o fertilizante convencional e o gesso agrícola. Essa redução confirma a hipótese da lixiviação dos nutrientes com as altas doses de gesso, pois com a ausência da cobertura de solo, não há a ciclagem de nutrientes, comprometendo a produtividade das plantas.

Na associação da braquiária com o fertilizante de liberação controlada e os condicionadores, composto orgânico e casca de café, obteve-se as produtividades, 87,4 e 88,1 sacas.ha<sup>-1</sup>, respectivamente. Possivelmente, a associação da gramínea com o uso de resíduos

orgânicos, e a liberação gradual dos nutrientes, promoveu uma nutrição equilibrada para o cafeeiro, potencializando os efeitos de umidade do solo e da nutrição das plantas.

Nessa pesquisa, não houve resultados positivos com o uso do polímero hidrorretentor para as variáveis de umidade do solo, crescimento vegetativo das plantas, produtividade e, conseqüentemente na redução da cercosporiose. Isso pode estar relacionado ao método de aplicação do produto. Pieve et al. (2013), estudando o polímero hidrorretentor em diferentes doses e modos de aplicação na implantação do cafeeiro, relatam pouca ou nenhuma alteração no crescimento vegetativo das plantas, quando utilizado o hidrogel em cova lateral, pois possivelmente, apenas parte das raízes entraram em contato com o produto.

Outro fato para a baixa eficiência do polímero hidrorretentor pode estar relacionada à dose do produto. Pieve et al. (2013) recomendaram a dose de 1,5L para cafeeiros em implantação. Como a pesquisa foi conduzida em cafeeiros em produção, sugere-se alteração na dose do produto, pois nos diferentes estádios fenológicos, há diferentes necessidades hídricas.

Por fim, ressalta-se que o sucesso no controle da cercosporiose não se resume apenas ao ato de usar fungicidas. O uso de estratégias e práticas de manejo para garantir a nutrição do hospedeiro (café) juntamente ao suprimento adequado de água são soluções sustentáveis e de baixo custo para o cafeicultor.

O uso da cobertura de solo braquiária em associação aos condicionadores, composto orgânico e casca de café, e ao fertilizante de liberação controlada, promovem maior umidade e melhoria dos atributos químicos do solo, reduzindo a cercosporiose na folha e no fruto, além de aumentar o enfolhamento das plantas garantindo a próxima safra da cultura.

## 6 CONSIDERAÇÕES GERAIS

De acordo com os resultados obtidos em relação ao manejo da cercosporiose no campo, ressalta-se a importância do estudo de práticas alternativas visando a sustentabilidade na cafeicultura e a redução do número de pulverizações com fungicidas.

O uso de técnicas para favorecer a capacidade do solo em armazenar água e mantê-la retida por período maior, como as coberturas de solo e os condicionadores de solo, são estratégias interessantes a serem incluídas no programa de manejo da cercosporiose. A cobertura de solo com o filme de polietileno requer período maior de avaliações para verificar o tempo ideal de permanência no campo, o comportamento das plantas pós-retirada do filme, e a distribuição das raízes ao longo do perfil do solo. Essas informações podem contribuir para a recomendação dessa tecnologia na cultura do café.

Os condicionadores de solo, além de aumentarem a disponibilidade de água e de nutrientes para as plantas, proporcionaram melhores condições para o crescimento e desenvolvimento das plantas. Em relação ao gesso agrícola, ressalta-se a relação dos benefícios da aplicação e da dose utilizada, pois doses elevadas podem ocasionar problemas de desequilíbrio no solo e, conseqüentemente, na nutrição da planta e na incidência da cercosporiose. Dessa forma, as variações nutricionais ocorridas nos cafeeiros com o uso do gesso agrícola, poderão ser esclarecidas em período mais longo de estudos, e com a medição dos nutrientes nas camadas mais profundas do solo, a fim de confirmar a ocorrência da lixiviação.

Salienta-se também, a baixa eficiência do condicionador de solo polímero hidrorretentor em lavouras de café em produção. Isso pode estar relacionado ao método de aplicação em covetas laterais e à dose utilizada do produto. Logo, recomenda-se o uso dessa tecnologia apenas nas lavouras em implantação. Apesar de não ter sido o foco desse trabalho, sugere-se em trabalhos futuros, o estudo de polímeros biodegradáveis, a fim de garantir a maior sustentabilidade na cadeia produtiva do café.

Outro ponto a ser salientado é a avaliação da temperatura do solo, podendo haver interação entre esse fator com a fertilidade e a produtividade das plantas. Esse estudo terá continuidade e essa pesquisa visa contribuir com informações para a construção de uma base de dados em longo prazo, a fim de produzir a melhor recomendação para o cafeicultor aliando a sustentabilidade e a produtividade das lavouras.

## 7 CONCLUSÕES

O uso da braquiária e dos condicionadores de solo, composto orgânico, e casca de café, promovem maior umidade e melhoria dos atributos químicos do solo, reduzindo a cercosporiose na folha e no fruto, e a desfolha.

Apesar da alta retenção de umidade no filme de polietileno, e do incremento no crescimento vegetativo, essa cobertura proporciona maior incidência e severidade da cercosporiose no fruto, na folha, e o menor enfolhamento das plantas.

O fertilizante de liberação controlada, mesmo sem proporcionar redução significativa da cercosporiose, possibilita melhorias no crescimento vegetativo e no enfolhamento do cafeeiro.

O gesso agrícola, mesmo proporcionando alta produtividade, ocasiona desbalanços nutricionais e possível lixiviação de nutrientes, contribuindo para o aumento da cercosporiose, reduzindo o índice de área foliar de 72 a 81%.

A braquiária associada ao fertilizante de liberação controlada, e ao composto orgânico ou casca de café, tiveram as maiores produtividades em comparação aos demais condicionadores de solo.

## REFERÊNCIAS

- ALVAREZ, V.H.V. et al. Uso de gesso agrícola. In: RIBEIRO, A.C.; GUIMARÃES, P.T.G.; ALVAREZ, V. (Ed.). **Recomendações para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais - 5ª aproximação**. Viçosa: Comissão de Fertilidade do Solo do Estado de Minas Gerais, 1999. p. 67-78.
- ANA. Agência Nacional das Águas. **Conjuntura dos recursos hídricos no Brasil**: relatório pleno. Brasília: ANA, 2017. 177 p.
- ANDRADE, C.E. **Calagem e adubação do café**. Viçosa: Aprenda Fácil, 2001. 130 p.
- AOUADA, F.A. et al. Correlação entre parâmetros da cinética de intumescimento com características estruturais e hidrofílicas de hidrogéis de poliacrilamida e metilcelulose. **Química Nova**, v. 32, n. 6, p. 1482-1490, 2009.
- ARAÚJO, A.P. et al. Rendimento de melão amarelo cultivado em diferentes tipos de cobertura do solo e métodos de plantio. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 21, n. 1, p. 123-126, março 2003.
- AZEVEDO, T.L.F. et al. Níveis de polímero superabsorvente, frequências de irrigação e crescimento de mudas de café. **Acta Scientiarum Agronomy**, Maringá, v. 24, p. 1239-1243, 2002a.
- AZEVEDO, T.L.F.; BERTONHA, A.; GONÇALVES, A.C.A. Uso de hidrogel na agricultura. **Revista do Programa de Ciências Agro-Ambientais**, v. 1, n. 1, p. 23-31, 2002b.
- AZZAM, R.A. Polymeric conditioner gels for desert soils. **Communications in Soil Science and Plant Analysis**, New York, v. 14, n. 8, p. 739-760, ago. 1983.
- BADOCHA, T.E.; COSTA, R.S.C.; LEÔNIDAS, F.C. Casca de Café: um importante insumo para a agricultura orgânica. In: SIMPÓSIO DE PESQUISA DOS CAFÉS DO BRASIL, 3., 2002, Porto Seguro. **Anais...** Porto Seguro, BA, 2003.
- BALENA, S.P. **Efeito de polímeros hidroretentores nas propriedades físicas e hidráulicas de dois meios porosos**. 1998. 57 p. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 1998.
- BALIZA, D.P. et al. Physiological characteristics and development of coffee plants under different shading levels. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, v. 7, n. 1, p. 37-43, 2012.
- BARBOSA JUNIOR, M.P. et al. Brown eye spot in coffee subjected to different drip irrigation and fertilization management. **Australasian Plant Pathology**, v. 48, n. 3, p. 245-252, 2019.
- BARBOSA, S.M. **Condicionamento físico hídrico do solo como potencializador do crescimento inicial do cafeeiro**. 2015. 67 p. Dissertação (Mestrado em Ciências do Solo) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2015.

BELAN, L.L. et al. Nutrients distribution in diseased coffee leaf tissue. **Australasian Plant Pathology**, v. 44, n.1, p. 105-111, 2015.

BERKELEY, J.M.; COOKE, M.C. *Cercospora coffeicola*. **Grevillea**, v. 9, n. 49-52, p. 99, 1881.

BERNOUX, M. et al. Cropping systems, carbono sequestration and erosion in Brazil: a review. **Agronomy for Sustainable Development**, v. 26, n. 1, p. 1-8, 2006.

BOLDINI, J.M. **Epidemiologia da ferrugem e da cercosporiose do cafeeiro café (*Coffea arabica*, L.) irrigado e fertirrigado por gotejamento**. 2001. 68 p. Dissertação (Mestrado em Fitopatologia) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2001.

BOTELHO, D.M.S. et al. Effect of silicon doses and sources on the intensity of the brown eye spot of coffee seedlings. **Fitopatologia Brasileira**, v. 30, n. 6, p. 582-588, 2005.

BRITO, C.D. Q. et al. Síntese e caracterização de hidrogéis compósitos a partir de copolímeros acrilaminaacrilato e caulim: efeito da constituição de diferentes caulins do nordeste brasileiro. **Química Nova**, v. 36, n. 1, p. 40-45, 2013.

BRONICK, C.J.; LAL, R. Soil structure and management: a review. **Geoderma**, v.124, p 3-22, 2004.

BRUM, S. S. **Caracterização e modificação química de resíduos sólidos do beneficiamento do café para produção de novos materiais**. 2007. 138 p. Dissertação (Mestrado em Agroquímica) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2007.

BURG, I.C.; MYER, P.H. **Manual de alternativas ecológicas para prevenção e controle de pragas e doenças**. 7. ed. Francisco Beltrão: Grafite Gráfica, 1998. 153 p.

CAIRES, E F. et al. Alterações químicas do solo e resposta da soja ao calcário e gesso aplicados na implantação do sistema plantio direto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 27, n. 2, p. 275-286, 2003.

CAIXETA, G. Z. T. et al. Gerenciamento como forma de garantir a competitividade da cafeicultura. **Informe Agropecuário**, v. 29, n. 247, p. 14-23, 2008.

CÂMARA, M.J.T. et al. Produção e qualidade de melão amarelo influenciado por coberturas do solo e lâminas de irrigação no período chuvoso. **Ciência Rural**, v. 37, p. 58-63, 2007.

CAMARGO, A.P de. Balanço hídrico, florescimento e necessidade de água para o cafeeiro. In: SIMPÓSIO SOBRE MANEJO DE ÁGUA NA AGRICULTURA, 1987, Campinas. **Anais...** Campinas: Fundação Cargill, 1987. p. 53-90.

CAMPBELL, C.L.; MADDEN, L.V. **Introduction to Plant Disease Epidemiology**. New York, NY: John Wiley, 1990, p. 560.

- CANCELLIER, E.L. et al. Ammonia volatilization from enhanced-efficiency urea on no-till maize in Brazilian cerrado with improved soil fertility. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 40, n. 2, p 133-144, 2006.
- CARDUCCI, C. E. et al. Gypsum effects on the spatial distribution of coffee roots and the pores system in oxidic Brazilian Latosol. **Soil and Tillage Research**, v.145, p 171-180, 2015.
- CARNEIRO, R.G. et al. Indicadores biológicos associados ao ciclo de fósforo em solos de Cerrado sob plantio direto e plantio convencional. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 39, n. 7, p. 661-669, 2004.
- CARVALHO, C.H. **Cultivares de café: origem, características e recomendações**. Brasília: Embrapa Café, 2008.
- CARVALHO, L.; OLIVEIRA, M.; DUARTE, E.A cultura outonal do morangueiro com plástico biodegradável-resultados do primeiro ano de monitorização no âmbito do projeto “AGROBIOFILM”. **IV Colóquio Nacional da Produção de Pequenos Frutos**, Actas Portuguesas de Horticultura, n 20, 85-93, 2012.
- CARVALHO, V.L. de; CHALFOUN, S.M. Manejo integrado das principais doenças do cafeeiro. **Informe Agropecuário**, v. 19, n. 193, p. 27-35, 1998.
- CARVALHO, V.L. de; CUNHA, R.L. da; CHALFOUN, S.M. Manejo das doenças do cafeeiro para a cafeicultura familiar. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v. 26, p. 86-101, 2005.
- CASALI, C.A. et al. Benefícios do uso de plantas de cobertura de solo na ciclagem de fósforo. In: TIECHER, T. (Ed.) **Manejo e conservação do solo e da água em pequenas propriedades rurais no sul do Brasil**: práticas alternativas de manejo visando a conservação do solo e da água. Porto Alegre, RS: UFRGS, 2016. p. 23–33.
- CASTANHEIRA, D.T. **Técnicas agronômicas para mitigação dos efeitos da restrição hídrica no cafeeiro**. 2018. 126 p. Tese (Doutorado em Agronomia/Fitotecnia) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2018.
- CASTANHEIRA, D.T. et al. Agronomic techniques for mitigating the effects of water restriction on coffee crops. **Coffee Science**, v. 14, n. 1, p. 104-115, 2019.
- CASTAÑO, J.J. Mancha de hierro del cafeto. Cenicafé, **Chinchina**, v. 7, n. 4, p. 313-327, 1956.
- CECAFE. Conselho dos Exportadores de Café do Brasil. Brasil: **Exportação Anual 2018**. 2018. Disponível em: < <https://www.cecafe.com.br/dados-estatisticos/exportacoes-brasileiras/>>. Acesso em: 03 jun. 2019.
- CERRI, C.E.P. **Compostagem**. 2008. 19 p. (Programa de Pós-Graduação em Solos e Nutrição de Plantas) - Escola Superior de Agricultura Luiz Queiroz, São Paulo, 2008.

CHAGAS, W.F.T. et al. Nitrogen fertilizers technologies for coffee plants. **Coffee Science**, v. 14, n. 1, p. 55-66, 2019.

CHALFOUN, S. M. **Doenças do cafeeiro**: importância, identificação e métodos de controle. Lavras: UFLA/FAEPE, 1997. 93 p.

CHAVES, E. et al. Temporal analysis of brown eye spot of coffee and its response to the interaction of irrigation with phosphorous levels. **Journal of Phytopathology**, v.166, n. 9, p. 613-622, 2018.

COELHO, G. et al. Efeito de épocas de irrigação e de parcelamento de adubação sobre a produtividade do cafeeiro Catuaí. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 33, n. 1, p. 67-73, jan./fev. 2009.

CONAB. Companhia Nacional do Abastecimento. **Acompanhamento da safra brasileira de café**: safra 2018: primeiro levantamento. Brasília: Conab, 2018. 62 p.

\_\_\_\_\_. **Acompanhamento da safra brasileira de café**: safra 2014: quarto levantamento. Brasília: Conab, 2014. 51 p.

\_\_\_\_\_. **Acompanhamento da safra brasileira de café**: safra 2019: segundo levantamento. Brasília: Conab, 2019. 65 p.

CONCEIÇÃO, P.C. et al. Qualidade do solo em sistemas de manejo avaliada pela dinâmica da matéria orgânica e atributos relacionados. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 29, p. 777-788, 2005.

CORBEELS et al. Evidence of limited carbon sequestration in soils under no-tillage systems in the Cerrado of Brazil. **Scientific Reports**, v.6, n. 21450, p. 8, 2016.

CORRÊA, J.B. et al. Avaliação da fertilidade do solo e do estado nutricional de cafeeiros do Sul de Minas Gerais. **Ciência e Agrotecnologia**, 25(6), 1279-1286, 2001.

CORRÊA, J.C. Efeito de sistemas de cultivo na estabilidade de agregados de um Latossolo Vermelho-Amarelo em Querência, MT. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 37, n. 2, p. 203-209, 2002.

COSTA, E.M.; SILVA, H.F.; RIBEIRO, P.R.A. Matéria orgânica do solo e o seu papel na manutenção e produtividade dos sistemas agrícolas. **Enciclopédia Biosfera**, v. 9, p. 1842, 2013.

COSTA, W.A.J.M.D.; SANGAKKARA, U.R. Agronomic regeneration of soil fertility in tropical Asian smallholder uplands for sustainable food production. **Journal of Agricultural Science**, v.144, p.111-133, 2006.

CREMON, C. et al. Análise micromorfológica de agregados de um Latossolo Vermelho Distroférrico em diferentes sistemas de manejo. **Acta Scientiarum Agronomy**, v. 31, n. 1, p. 139-146, mar. 2009.

CUNHA, J.F.; CASARIN, V.; PROCHNOW, L.I. Balanço de nutrientes na agricultura brasileira. IPNI. International Plant Nutrition Institute. **Informações Agronômicas nº 130**, junho, 2010.

CURI, N. et al. **Vocabulário de ciência do solo**. Campinas, SBCS, 1993. 90 p.

DAMAGLIO, E.L. Plantio do cafeeiro com uso de eco mulching MPB. In: CONGRESSO DE PESQUISAS CAFEIRAS. **Anais...** v. 42, p. 245-246, 2016.

DAMATTA, F.M.; RENA, A.B. **Relações hídricas no cafeeiro**. [S.l.: s.n.], 2002. Disponível em: <<http://www.sbicafe.ufv.br/handle/123456789/526>>. Acesso em: 10 jun. 2019.

DANTAS, A.A.A.; CARVALHO, L.G.; FERREIRA, E. Climatic classification and tendencies in Lavras region, MG. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 31, p. 1862-1866, 2007.

DATNOFF, L.E.; ELMER, W.H.; HUBER, D.M. **Mineral nutrition and plant disease**. American Phytopathological Society (APS Press), 2007.

DECHEN, S.C.F. et al. Losses and costs associated with water erosion according to soil cover rate. **Bragantia**, Campinas, v. 74, n. 2, p. 224-33, abr./jun. 2015.

DOMINGHETTI, A.W. et al. Nitrogen loss by volatilization of nitrogen fertilizers applied to coffee orchard. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 40, n. 2, p. 173-183, mar./abr. 2016.

DORDAS, C. Role of nutrients in controlling plant diseases in sustainable agriculture: a review. **Agronomy for Sustainable Development**, Paris, v. 28, n. 1, p. 33-46, 2008.

DUARTE, I.N.; PEREIRA, H.S.; KORNDORFER, G.H. Lixiviação de potássio proveniente do termopotássio. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v. 43, n. 2, p. 195-200, 2013.

EMBRAPA. Embrapa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Manual de métodos de análise de solos**. 2.ed. rev. e atual. Rio de Janeiro: Embrapa, 1997. 212 p. (Documentos, 1).

\_\_\_\_\_. Embrapa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. 3. ed. Brasília: Embrapa, 2013. 353 p.

ERASMO, E.A.L. et al. Potencial de espécies utilizadas como adubo verde no manejo integrado de plantas daninhas. **Planta Daninha**, v. 22, n. 3, p.337-342, 2004.

ERENSTEIN, O. Crop residue mulching in tropical and semi-tropical countries: An evaluation of residue availability and other technological implications. **Soil and tillage research**, v. 67, n. 2, p. 115-133, 2002.

FAHL, J.I.; CARELLI, M.L.C.; ALFONSI, E.L.; CAMARGO, M.B.P.D. Desenvolvimento e aplicação de metodologia para estimativa da produtividade do cafeeiro, utilizando as características fenológicas determinantes do crescimento e produção. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE PESQUISAS CAFEIRAS, 31, 2005 Guarapari. **Anais...** Guarapari. MAPA/PROCAFÉ, p. 339-341, 2005.

- FAUSTINO, A.L.L. **Fertilizantes, coberturas e condicionadores de solo no controle da cercosporiose do cafeeiro**. 2017. 55 p. Dissertação (Mestrado em Fitopatologia) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2017.
- FAVARIN, J.L. et al. Gestão para qualidade da adubação do cafeeiro. In: PROCHNOW, L.I.; CASARIN, V.; STIPP, S.R. (Eds). **Boas Práticas para uso eficiente de fertilizantes. Anais...** Piracicaba: International Plant Nutrition Institute, v. 3, p. 411-467, 2010.
- FERNANDES, A.L.T. et al. Redução da adubação mineral do cafeeiro com a utilização de palha de café. **Coffee Science**, v. 8, n. 3, p. 324-336, jul./set. 2013.
- FERNANDES, C.D. **Efeito de fatores do ambiente e da concentração de inóculo sobre a cercosporiose do cafeeiro**. 1988. 73 p. Dissertação (Mestrado em Fitopatologia) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 1988.
- FERNÁNDEZ-BORRERO et al. La mancha de hierro del cafeto (*Cercospora coffeicola* Berk. & Cooke), biología, epidemiología y control. In: COLLOQUE SCIENTIFIQUE INTERNATIONAL SUR LE CAFÉ, 10., Salvador. **Anais...** Salvador, p. 11–14, 1982.
- FERNANDEZ-BORRERO, O.; MESTRE, A.M.; DUQUE, S.L. Efecto de la fertilizacion en la incidencia de la mancha de hierro (*Cercospora coffeicola*) en frutos de café. **Cenicafé**, v. 17, p. 5-16, 1966.
- FERRAZ, R.M. **Efeitos a longo prazo da aplicação de altas doses de gesso nas características químicas em perfil de latossolo cultivado com café**. 2017. 50 p. Dissertação (Mestrado em Ciência do Solo) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2017.
- FRANCHINI, J.C. et al. Rapid transformations of plant water-soluble organic compounds in relation to cation mobilization in an acid Oxisol. **Plant Soil**, v. 231, p. 55- 63, 2001.
- FREITAS, J.S. **Fotodegradação de hidrogel de poli(acrilamida) na presença de íons para o uso na agricultura**. 2016. 79 p. Dissertação (Mestrado em Recursos Hídricos) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2016.
- FREITAS, T. **Fertilizantes nitrogenados convencionais, estabilizados, de liberação lenta ou controlada na cultura do cafeeiro: eficiência e custos**. 2017. 97 p. Dissertação (Mestrado em Agronomia/Fitotecnia) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2017.
- GARCIA JÚNIOR, D. et al. Incidência e severidade da cercosporiose-do-cafeeiro em função do suprimento de potássio e cálcio em solução nutritiva. **Fitopatologia Brasileira**, v. 28, n. 3, p. 286-291, 2003.
- GARCIA, F.H.S. Análise fisiológica em mudas de cafeeiro com cercosporiose submetida a diferentes lâminas de irrigação. **Summa Phytopathologica**, v. 45, n. 1, p. 83-88, 2018.
- GERVÁSIO, E.S.; FRIZZONE, J.A. Caracterização físico-hídrica de um condicionador de solo e seus efeitos quando misturado a um substrato orgânico. **Irriga**, v. 9, n. 2, p. 94-105, 2004.

GERVÁSIO, E.S.; LIMA, L.A. Desenvolvimento do cafeeiro (*Coffea arabica* L.) em função de diferentes lâminas de água aplicadas durante a fase inicial de formação da lavoura. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 2, n. 1, p. 68-74, 1998.

GODOY, C.V.; BERGAMIN FILHO, A.; SALGADO, C.L. Doenças do cafeeiro. In: KIMATI, H. et al. (Ed.). **Manual de fitopatologia: doenças das plantas cultivadas**. 3. ed. São Paulo: Agronômica Ceres, 1997. V. 2. p. 184–200.

GOPAL, N.H. Some physiological factors to be considered for stabilization of arabica coffee production in South India. **Indian Coffee**, v. 38, n. 8, p. 217-221, aug. 1974.

GOTO, R. Plasticultura nos trópicos: uma avaliação técnico econômica. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE HORTICULTURA BRASILEIRA, 37., 1997, Brasília. **Resumos... Brasília**, v. 15, p.163, 1997.

GRAHAM, R.D. Effects of nutrient stress on susceptibility of plants to disease with particular reference to the trace elements. **Advances in Botanical Research**, v. 10, p. 221-276, 1983.

GREE, G. Epidemiology of coffee leaf rust in the Eastern Highlands. **Coffee Research Institute Newsletter**, v. 2, p. 16-20, 1993.

GUELFÍ, D.R.S. Fertilizantes nitrogenados estabilizados, de liberação lenta ou controlada. **Informações Agronômicas**, Piracicaba, n. 157, p. 1-14, mar. 2017.

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

GUIMARÃES, P.T.G. et al. Cafeeiro. In: RIBEIRO, A.C.; GUIMARÃES, P.T.G.; ALVAREZ, V.H. (Eds.). **Recomendações para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais: 5ª aproximação**. Viçosa: CFSEMG, 1999. p. 289-302.

HUBER, D.M.; WATSON, R.D. Nitrogen form and plant disease. **Annual Review of Phytopathology**, Palo Alto, v. 12, n. 3, p. 139-165, July/Aug. 1974.

IKEDA, F.S. et al. Emergência e crescimento inicial de cultivares de *Urochloa* em diferentes profundidades de semeadura. **Planta Daninha**, Viçosa, v. 31, n. 1, p. 71-78, 2013.

IPCC. Intergovernmental Panel on Climate Change. **Climate Change 2014: impacts, adaptation and vulnerability**. Genebra: IPCC, 2014. 44 p.

JAMES, E.A.; RICHARD, D. The influence of iron source on the water-holding properties of potting media amended with water-absorbing polymers. **Scientia Horticulturae**, v. 28, n. 3, p. 201-208, Apr. 1986.

JULIATTI, F.C; SILVA, S.A. **Manejo integrado de doenças na cafeicultura do cerrado**. Uberlândia: Composer, 2001. 132p.

KAISER, H.F. The application of electronic computers to factor analysis. **Educational and Psychological Measurement**, v. 20, p. 141–151, 1960.

KELLER-GREIN, G. et al. Natural variation in *Brachiaria* and existing germplasm collection. In: MILES, J.W.; MAASS, B.L.; VALLE, C.B. (Ed.). ***Brachiaria*: biology, agronomy and improvement**. Cali: CIAT, 1996. p. 16-35.

KEMA, G.H.J. et al. Stress and sexual reproduction affect the dynamics of the wheat pathogen effector AvrStb6 and strobilurin resistance. **Nature genetics**, v. 50, n. 3, p. 375, 2018.

KLEIN, C.; KLEIN, V.A. Estratégias para potencializar a retenção e disponibilidade de água no solo. **Revista Eletrônica em Gestão, Educação e Tecnologia Ambiental**, v. 19, n. 1, p. 21-29, 2015.

LEITE, J. N. F. et al. Frações orgânicas e inorgânicas do fósforo no solo influenciadas por plantas de cobertura e adubação nitrogenada. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 51, p. 1880-1889, 2016.

LI, Y.S. et al. Influence of continuous plastic film mulching on yield, water use efficiency and soil properties of rice fields under non-flooding condition. **Soil Tillage Res.**, v. 93, p. 370–378, 2007.

LIMA, L.M. Relationship between incidence of brown eye spot of coffee cherries and the chemical composition of coffee beans. **Journal of Phytopathology**, v. 160, n. 4, p. 209-211, 2012.

LIMA, R.M.F.; SOUZA, V.V. Polímeros Biodegradáveis: aplicação na agricultura e sua utilização como alternativa para a proteção ambiental. **Revista Agrogeoambiental**. v. 3, n. 1, p. 75-82, 2011.

LOPES, J.L.W. et al. Uso de hidrogel na sobrevivência de mudas de *Eucalyptus urograndis* produzidas com diferentes substratos e manejos hídricos. **Ciência Florestal**, v. 20, p. 217-224, 2010.

LÓPEZ DUQUE, S.; FERNÁNDEZ BORRERO, O. Epidemiología de la mancha de hierro del café (*Cercospora coffeicola* Berk y Cook). Cenicafé, **Chinchina**, v. 20, n. 1, p. 3-19, mar. 1969.

LOURENZI, C.R. et al. Soil chemical properties related to acidity under successive pig slurry applications. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 35, p. 1827-1836, 2011.

MALAVOLTA, E. **Elementos de nutrição mineral de plantas**. São Paulo: Ceres, 1980. 251 p.

MARQUES, E.S.; FAQUIN, V.; GUIMARÃES, P.T.G. Teores foliares de nutrientes no cafeeiro (*Coffea arabica* L.) em resposta a calcário e gesso. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 23, n. 1, p. 140-151, jan./mar. 1999.

MARQUES, P.A.A.; CRIPA, M.A.M.; MARTINEZ, E.H. Hidrogel como substituto da irrigação complementar em viveiro telado de mudas de cafeeiro. **Ciência Rural**, v. 43, n. 1, p. 1-7, jan. 2013.

MARSCHNER, H. **Mineral nutrition of higher plants**. 3. ed. New York: Academic press, 2012. 651 p.

MARTINS, G.A.S. Informações sobre manuseio e estocagem de polietilenos e polipropilenos. **Boletim Técnico - OPP Petroquímica SA**, n.14, ago. 1999.

MARTINS, O.C. et al. Resposta a aplicação de diferentes misturas de calcário e gesso em solos. I. Alterações químicas no perfil do solo. **Revista Ceres**, v. 49, p. 123-135, 2002.

MATIELLO, J. B. et al. **Cultura do café no Brasil**: manual de recomendações. Rio de Janeiro: Mapa, 2010, 542 p.

MIRANDA, J.C. **Intensidade de doenças foliares na cafeicultura fertirrigada**. 2004. 52 p. Dissertação (Mestrado em Fitopatologia) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2004.

MONTEIRO, L.C. et al. *Brachiaria decumbens* intraspecific hybrids: characterization and selection for seed production. **Journal of Seed Science**, v. 38, n. 1, p. 62-67, 2016.

MORAES, M.T. de. et al. Soil physical quality on tillage and cropping systems after two decades in the subtropical region of Brazil. **Soil and Tillage Research**, v. 155, n. 1, p. 351–362, 2016.

MORENO, M.M.; MORENO, A. Effect of different biodegradable and polyethylene mulches on soil properties and production in a tomato crop. **Sci. Hortic.**, v. 116, p. 256-263, 2008.

MUSSATTO, S.I. et al. Production, composition, and application of coffee and its industrial residues. **Food and Bioprocess Technology**, v. 4, n. 5, p. 661-672, 2011.

NAZ, M. Y.; SULAIMAN, S. A. slow release coating remedy for nitrogen loss from conventional urea: a review. **Journal of Controlled Release**, n. 225, p. 109-120, 2016.

NEIS, L. et al. Gesso agrícola e rendimento de grãos de soja na região do sudoeste de Goiás. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 34, n. 2, p. 409-416, mar./abr. 2010.

NETO, J.L.L.M. et al. Hydrogels in Brazilian Agriculture. **Revista Agro@ambiente Online**, v. 11, n. 4, p. 347-360, 2017.

NEVES, L.S.; ERNANI, P.R.; SIMONETE, M.A. Mobilidade de potássio em solos decorrente da adição de doses de cloreto de potássio. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 33, n. 1, p. 25-32, 2009.

NOGUEIRA, K.B. et al. Atributos físicos do solo e matéria orgânica sob dois manejos e efeito residual da aplicação de calcário e gesso agrícola. **Revista de la Facultad de Agronomía**, Maracaibo, La Plata, v. 115, n. 1, p. 45-54, 2016.

OJEDA, T.F.M. et al. Abiotic and biotic degradation of oxo-biodegradable polyethylenes. **Polymer degradation and stability**, v. 94, n. 6, p. 965-970, 2009.

PAIVA, B.R.T.L. et al. Progresso da cercosporiose do cafeeiro sob diferentes manejos de irrigação e de densidades de plantio. **Coffee Science**, Lavras, v. 8, n. 2, p. 166-175, 2013.

PARTELLI, F.L. et al. Aspectos fitossociológicos e manejo de plantas espontâneas utilizando espécies de cobertura em cafeeiro Conilon orgânico. **Semina: ciências agrárias**, v. 31, n. 3, p. 605-618, jul./set. 2010.

PARTELLI, F. L. et al. Biologic dinitrogen fixation and nutrient cycling in cover crops and their effect on organic Conilon coffee. *Semina: Ciências Agrárias*, v. 32, n. 3, p. 995-1006, jul/set. 2011.

PARTELLI, F.L. et al. Qualidade da matéria orgânica e distribuição do fósforo no solo de lavouras orgânicas de café Conilon. **Ciência Rural**, v. 39, p. 2065-2071, 2009.

PAUL, B.K. et al. Medium-term impact of tillage and residue management on soil aggregate stability, soil carbon and crop productivity. **Agriculture, Ecosystems and Environment**, v. 164, p. 14-22, 2013.

PAULA P.V.A.A. et al. Formas de penetração do gênero *Cercospora*. **Nucleus**, v. 12, p. 271-279, 2015.

PAULA P.V.A.A. et al. Diagrammatic Scales for Assessing Brown Eye Spot (*Cercospora coffeicola*) in Red and Yellow Coffee Cherries. **Journal of Phytopathology**, v.164, p.791-800, 2016.

PAULA P.V.A.A. et al. Infection process of *Cercospora coffeicola* in immature coffee fruits. **Coffee Science**, v. 14, n.1, p.127-130, 2019.

PAVINATO, P.S.; ROSOLEM, C.A. Disponibilidade de nutrientes no solo: decomposição e liberação de compostos orgânicos de resíduos vegetais. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 32, n. 3, p. 911-920, jun. 2008.

PEDROSA, A.W. et al. Brachiaria residues fertilized with nitrogen in coffee fertilization. **Coffee Science**, Lavras, v. 9, n. 3, p. 366-373, 2014.

PEREIRA, F.S. **Gesso de minério associado a fontes de fósforo na cultura do milho em sistema plantio direto no estado de alagoas**. 2007. 67 p. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho", Botucatu, 2007.

PIEVE, L.M. et al. Uso de polímero hidro retentor na implantação de lavouras cafeeiras. **Coffee Science**, v. 8, n. 3, p. 314-323, jul./set. 2013.

POZZA, A.A.A. et al. Efeito do silício no controle da cercosporiose em três variedades de cafeeiro. **Fitopatologia brasileira**, v. 29, n. 2, p. 185-188, 2004.

POZZA, A.A.A. et al. Suprimento de fósforo na produção e intensidade da cercosporiose de mudas de cafeeiro em tubetes. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 26, n.5, p.970-976, 2002.

POZZA, A.A.A. et al. Influência da nutrição mineral na intensidade da mancha-de-olho-pardo em mudas de cafeeiro. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 36, p. 53-60, 2001.

POZZA, A.A.A. et al. Intensidade da mancha de olho pardo em mudas de cafeeiro em função de doses de N e de K em solução nutritiva. **Summa Phytopathologica**, v. 26, p. 29-34, 2000.

POZZA, E.A.; ALVES, M.C. Impacto potencial das mudanças climáticas sobre as doenças fúngicas do cafeeiro no Brasil. p. 216-233. 2008. In: GHINI, R.; HAMADA, E. (Ed.). **Mudanças climáticas: impactos sobre doenças de plantas no Brasil**. Brasília: EMBRAPA, 2008.

PREVEDELLO, C.L.; LOYOLA, J.M.T. Efeito de polímeros hidrorretentores na infiltração da água no solo. **Scientia Agraria**, Curitiba, v. 8, n. 3, p. 313-317, 2007.

QUAGGIO, J.A. **Acidez e calagem em solos tropicais**. Campinas: Instituto Agrônomo de Campinas, 2000, 111 p.

QUAGGIO, J.A.; SILVA, G.O.; SOUZA, T.R.; MATTOS JR., D.; KRONTAL, Y. Dinâmica de íons no solo e ganhos de eficiência fertilizante devido a irrigação e fertirrigação na citricultura. In: REUNIÃO BRASILEIRA DE FERTILIDADE E MICROBIOLOGIA DO SOLO, 2006, Bonito, MS. **Anais...** Bonito, MS: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2006.

QUEZADO-DUVAL, A.M.; LOPES, C.A.; JUNQUEIRA, N.T.V. Avaliação de produtos alternativos para o controle da mancha-bacteriana em tomateiro para processamento industrial. In: Embrapa Hortaliças-Resumo em anais de congresso. **Fitopatologia Brasileira**, v. 29, p. 229, ago. 2005.

R DEVELOPMENT CORE TEAM. **R: a language and environment for statistical computing**. Vienna: R Foundation for Statistical Computing, 2016.

RAIJ, V.B. **Gesso na agricultura**. Campinas: Instituto Agrônomo, 2008. 233 p.

RAMOS, B.Z. et al. Doses de gesso em cafeeiro: influência nos teores de cálcio magnésio potássio e pH na solução de um Latossolo Vermelho Distrófico. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 37, n. 4, p. 1018-1026, jul./ago. 2013.

RAMOS, S. J. et al. Efeito residual das aplicações de fontes de fósforo em gramíneas forrageiras sobre o cultivo sucessivo da soja em vasos. **Bragantia**, v. 69, p. 149-155, 2010.

REEVE, N.G.; SUMNER, M.E. Amelioration of subsoil acidity in natal oxisols by leaching surface applied amendments. **Agrochemophysics**, v. 4, n. 1, p. 1-6, jan. 1972.

RENA, A.B.; CARVALHO, C.H.S. Causas abióticas da seca de ramos e morte de raízes em café. In: ZAMBOLIM, L. (Ed.). **Produção integrada de café**. Viçosa, MG: UFV, 2003. p. 197-222.

- RENA, A.B. et al. Fisiologia do cafeeiro em plantios adensados. In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL SOBRE CAFÉ ADENSADO, 1994, Londrina. **Anais....** Londrina: Instituto Agrônomo do Paraná, 1996. p. 73-85.
- RESCK, D.V.S. et al. Manejo do solo sob um enfoque sistêmico. In: FALEIRO, F. G.; FARIAS NETO, A.L. **Savanas: desafios e estratégias para o equilíbrio entre sociedade, agronegócio e recursos naturais**. Planaltina: Embrapa Cerrado, 2008. p. 417-473.
- RESENDE, A.V. et al. O suprimento de potássio e pesquisa de uso de rochas “in natura” na agricultura brasileira. **Espaço e Geografia**, v. 9, n. 1, p. 19-42, 2006.
- RESENDE, F.V. et al. Uso de cobertura morta vegetal no controle da umidade e temperatura do solo, na incidência de plantas invasoras e na produção da cenoura em cultivo de verão. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 29, n. 1, p. 100-105, 2005.
- RICCI, M.S.F.; ALVES, B.J.R.; MIRANDA, S.C.; OLIVEIRA, F.F. Growth rate and nutritional status of an organic coffee cropping system. **Scientia Agricola**, v. 62, n. 2, p. 138-144, 2005.
- RICE, R. W. The physiological role of minerals in the plant. In: DATNOFF, L. E. et al. (Ed.). **Mineral nutrition and plant disease**. Saint Paul: APS Press, 2007. p. 9-29.
- ROCHA, O.C. et al. Qualidade físico-hídrica de um Latossolo sob irrigação e braquiária em lavoura de café no Cerrado. **Coffee Science**, v. 9, p. 516-526, 2014.
- ROSA, D.R.Q.; NOGUEIRA, N.O.; MONTEIRO, C.R. Disseminando conhecimentos sobre manejo da irrigação no cafeeiro. **Revista ELO–Diálogos em Extensão**, v. 8, n. 1, 2019.
- ROSOLEM, C.A. et al. Potássio no solo em consequência da adubação sobre a palha de milho e chuva simulada. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 41, n. 6, 2006.
- SÁ JÚNIOR, A. de et al. Application of the Koppen classification for climatic zoning in the state of Minas Gerais, Brazil. **Theoretical and Applied Climatology**, Wien, v. 108, n. 1-2, p. 1-7, Apr. 2012.
- SAAD, J.C.C.; LOPES, J.L.W.; SANTOS, T.A. Manejo hídrico em viveiro e uso de hidrogel na sobrevivência pósplantio de *Eucalyptus urgrandis* em dois solos diferentes. **Engenharia Agrícola**, v. 29, n. 3, p. 404-411, 2009.
- SABADINI, R.S. **Redes poliméricas de macromoléculas naturais como hidrogéis superabsorventes**. 2015. 150 p. Tese. (Doutorado em Ciências) - Universidade de São Carlos, São Paulo, 2015.
- SALGADO, B.G. et. Progresso da ferrugem e da cercosporiose do cafeeiro consorciado com grevilea, com ingazeiro e a pleno sol em Lavras, MG. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v.31, n.4, p.1067-1074, jun./ago.2007.
- SAMAYOA, J.O.J.; SANCHEZ, V.G. Enfermedades foliares em café orgânico y convencional. **Manejo Integrado de Plagas**, Turrialba, n. 58, p. 919, 2000.

- SAMPAIO, R.A.; ARAÚJO, W.F. Importância da cobertura plástica do solo sobre o cultivo de hortaliças. **Agropecuária Técnica**, Paraíba, v. 22, n. 1, p. 1-12, 2001.
- SANTOS, H.P.; REIS, E.M. **Rotação de culturas em plantio direto**. Passo Fundo: Embrapa Trigo, 2001. 212 p.
- SANTOS, F.S.; SOUZA, P.E.; POZZA, E.A. Epidemiologia da cercosporiose do cafeeiro (*Coffea arabica* L.) fertirrigado. **Summa Phytopathologica**, v. 30, n. 1, p. 31-37, jan./mar. 2004.
- SANTOS, F.S. et al. Efeito de extratos vegetais no progresso de doenças foliares do cafeeiro orgânico. **Fitopatologia Brasileira**, v. 32, n. 1, p. 59-63, 2007.
- SANTOS, F.S. et al. Adubação orgânica, nutrição e progresso de cercosporiose e ferrugem do cafeeiro. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 43, n. 7, p. 783-791, jul. 2008a.
- SANTOS, F.S. et al. Economia de água na irrigação do coqueiro em função de áreas de maior concentração do sistema radicular e cobertura do solo. *Revista Ambiente e Água*, Taubaté, v. 3, n. 3, p. 105-113, 2008b.
- SANTOS, W.J.R. et al. Soil moisture in the root zone and its relation to plant vigor assessed by remote sensing at management scale. **Geoderma**, Amsterdam, v. 221-222, p. 91-95, June 2014.
- SARAIVA, A.; DUARTE, E. O Papel dos Filmes de Cobertura Biodegradáveis, **Nexus Agricultura e Ambiente**, mar. 2016.
- SCHAEFER, C. E. R. et al. Perdas de solo, nutrientes, matéria orgânica e efeitos microestruturais em Argissolo Vermelho-Amarelo sob chuva simulada. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 37, n. 5, p. 669-678, 2002.
- SERAFIM, M.E. et al. Disponibilidade hídrica e distinção de ambientes para cultivo de cafeeiros. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 17, n. 4, p. 362-370, abr. 2013.
- SERAFIM, M.E. et al. Sistema conservacionista e de manejo intensivo do solo no cultivo de cafeeiros na região do Alto São Francisco, MG: estudo de caso. **Bioscience Journal**, 2011, v. 27, p. 964-977, 2011.
- SHANER, G.; FINNEY, R.E. The effect of nitrogen fertilization on the expression of slow-milne wing resistance in Knox wheat. **Phytopathology**, Saint Paul, v. 67, n. 3, p. 1051-1056, Feb. 1977.
- SILVA, D.R.G. et al. Eficiência nutricional e aproveitamento do nitrogênio pelo capim-marandu de pastagem em estágio moderado de degradação sob doses e fontes de nitrogênio. **Ciência e Agrotecnologia**, v.35, n.2, p.242-249, 2011.
- SILVA, M.G. et al. Spatio-temporal aspects of brown eye spot and nutrients in irrigated coffee. **European Journal of Plant Pathology**, v.153, n.3, p.931-946, 2019.

- SILVA, M.G. et al. Temperature and light intensity interaction on *Cercospora coffeicola* sporulation and conidia germination. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 40, n. 2, p. 198-204, 2016.
- SOUZA, L.S. et al. Efeitos das faixas de controle do capim-braquiária (*Brachiaria decumbens*) no desenvolvimento inicial e na produtividade do cafeeiro (*Coffea arabica*). **Planta Daninha**, v. 24, n. 4, p. 715-720, out./dez. 2006.
- STEINMETZ, Z. et al. Plastic mulching in agriculture. Trading short-term agronomic benefits for long-term soil degradation? **Science of the Total Environment**, v. 550, p. 690-705, 2016.
- STEVENSON, F.J. **Humus chemistry: Genesis, composition and reactions**. 2. ed. New York, John Wiley & Sons, 1994, 443 p.
- STONE, L. F. et al. Evapotranspiração do feijoeiro irrigado em plantio direto sobre diferentes palhadas de culturas de cobertura. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 41, n. 4, p. 577-582, 2006.
- TAIZ, L. et al. **Fisiologia e desenvolvimento vegetal**. Artmed, 2017.
- TALAMINI, V. et al. Progresso da ferrugem e da cercosporiose em cafeeiro (*Coffea arabica* L.) com diferentes épocas de início e parcelamentos da fertirrigação. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 27, n. 1, p. 141-149, jan./fev. 2003.
- TIECHER, T. **Manejo e conservação do solo e da água em pequenas propriedades rurais no sul do Brasil: práticas alternativas de manejo visando a conservação do solo e da água**. Porto Alegre: UFRGS, 2016. 186 p.
- TIMILSENA, Y.P. et al. Enhanced efficiency fertilizers: a review of formulation and nutrient release patterns. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, v. 95, p. 1131- 1142, 2014.
- TOUCHALEAUME, F. et al. Performance and environmental impact of biodegradable polymers as agricultural mulching films. **Chemosphere**, v. 144, p. 433-439, 2016.
- TRENKEL, M.E. **Slow and controlled-release and stabilized fertilizers: an option for enhancing nutrient use efficiency in agriculture**. Paris: International Fertilizer industry association, 2010. 167 p.
- TURNER, B.L. Resource partitioning for soil phosphorus: a hypothesis. **Journal of Ecology**, v. 96, n. 4, p. 698-702, jul. 2008.
- VALENCIA, A.G. Estudio fisiológico de la defoliación causada por *Cercospora coffeicola* en el café. **Cenicafé, Chinchina**, v. 21, n. 3, p. 105-114, 1970.
- VASCO, G.B. et al. Incidência da Cercosporiose em frutos de cafeeiro: Diferentes densidades de plantio e manejos de irrigação. **Coffee Science**, Lavras, v. 10, n. 1, p. 38-45, jan./mar. 2015.

VITTI, G.C. et al. **Uso do gesso em sistemas de produção agrícola**. Piracicaba: GAPE, 2008. 104 p.

WAGGONER, P.E. Forecasting epidemis. In: HORSFALL, J.G.; COWLING, E.B. (Ed.). **Plant pathology**. San Francisco: Academic, 1960. V. 3, p. 291-310.

WALLER, J.M.; BIGGER, M.; HILLOCKS, R.J. **Coffee pests, diseases and their management**. CABI, 2007, 434 p.

YAMADA, T. A nutrição mineral e a resistência das plantas às doenças. Informações Agronômicas. Piracicaba: **Potáfós**, 1995. 72 p.

YAMADA, T. Resistência de plantas e as pragas e doenças: pode ser afetada pelo manejo da cultura. Piracicaba: Informações Agronômicas. **Potáfós**, n.108, p.1-7, 2004.

YURI, J.E. et al. Uso de cobertura plástica no cultivo do meloeiro. Petrolina: **Instruções Técnicas da Embrapa Semiárido**, 2014. 2 p.

ZAMBERLAM, J.; FRONCHETI, A. **Agroecologia**: caminho de preservação do agricultor e do meio ambiente. Petrópolis: Vozes, 2012. 196 p.

ZAMBOLIM, L. et al. Café (*Coffea arabica* L.), controle de doenças. In: VALE, F.X.R. do; ZAMBOLIM, L.; VENTURA, J.A. **Resistência a doenças induzida pela nutrição mineral de plantas**. Piracicaba: Potáfós, 1993.

ZAMBROSI, F. C. B.; ALLEONI, L. R. F.; CAIRES, E. F. Aplicação de gesso agrícola e especiação iônica da solução de um Latossolo sob sistema plantio direto. **Ciência Rural**, v. 37, n. 1, p. 110-117, fev. 2007.

ZOCA, S.M. **Avaliação da liberação de potássio por resíduos do benefício do café**. 2012. 67 p. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Faculdade de Ciências Agronômicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2012.

ZOCA, S.M. et al. Coffee processing residues as a soil potassium amendment. **International Journal of Recycling of Organic Waste in Agriculture**, v. 3, n. 4, p. 155-165, Dec. 2014.

## APÊNDICE A

Tabela 1 – Resumo análise de variância (quadrados médios) para as variáveis área abaixo da curva de progresso da incidência média de Cercosporiose (AACPIC), área abaixo da curva de progresso de enfolhamento (AAPENF), área abaixo da curva de progresso da umidade (AACPU) e produtividade em cafeeiro (*Coffea arabica*) em função de cobertura de solo(CS), tipos de fertilizantes(F) e condicionadores de solo(C) no ano de 2017/2018.

FV	GL	Quadrados médios			
		AACPIC	AAPENF	AACPU	Produtividade
CS	2	385243973,51*	139379207,50*	3779311,73*	4121,09 *
B	2	44400683,17	12548920,00	1287625,29*	1652,39 *
Erro a	4	50941435,67	10089520,00	5476,07	238,03
F	1	1033076,02	12600062,50	79994,51	662,05
CS*F	2	39406392,51	26507807,50	172692,71	372,62
Erro b	6	94185408,04	5225320,00	333636,29	207,17
C	4	176834113,89*	165367600,00*	2085437,20*	738,52*
C*CS	4	39552879,83	51854350,00*	145671,32	513,51
C*F	8	35901208,89	79381813,75*	100911,41	296,96
CS*F*C	8	4215470,95	69661663,75*	134795,61	858,67*
Erro c	48	22801555,32	2735820,00	154612,18	223,31

\*( $p < 0,05$ ).

Fonte: Da autora (2019).

Tabela 2 - Resumo análise de variância (quadrados médios) para as variáveis incidência da cercosporiose no fruto e % de severidade no fruto em função de cobertura de solo (CS), tipos de fertilizantes(F) e condicionadores de solo(C) em cafeeiro (*Coffea arabica*) no ano de 2017/2018.

FV	GL	Quadrados médios	
		% Incidência	% Severidade
CS	2	3556,25	46,54
B	2	269,66	0,21
Erro a	4	101,77	0,66
F	1	58,58	0,05
CS*F	2	0,52	0,76
Erro b	6	79,82	0,59
C	4	661,05	9,49
C*CS	4	60,89	0,17
C*F	8	94,32	7,57
CS*F*C	8	29,89	0,39
Erro c	48	56,08	0,27

\*( $p < 0,05$ ).

Fonte: Da autora (2019).

Tabela 3 - Resumo análise de variância (quadrados médios) para as variáveis altura de plantas (m) e diâmetro de caule (mm) em função de cobertura de solo(CS), tipos de fertilizantes(F) e condicionadores de solo(C) durante 2 épocas de avaliações (março e julho) em cafeeiro (*Coffea arabica*) no ano de 2018.

FV	GL	Quadrados médios			
		Altura Março	Diâmetro de caule Março	Altura Julho	Diâmetro de caule Julho
CS	2	0,20*	475,49*	0,05	262,32*
B	2	0,11*	272,64*	0,20*	173,86*
Erro a	4	0,01	12,39	0,02	14,79
F	1	0,11	109,46	0,05	96,28*
CS*F	2	0,00	44,54	0,00	2,91
Erro b	6	0,02	33,91	0,02	8,60
C	4	0,02	22,41	0,05*	50,20*
C*CS	4	0,01	89,30	0,00	4,97
C*F	8	0,02	43,94	0,02	13,86
CS*F*C	8	0,01	24,94	0,01	23,22
Erro c	48	0,01	45,79	0,02	12,44

\*( $p < 0,05$ ).

Fonte: Da autora (2019).

Tabela 4 - Resumo análise de variância (quadrados médios) para a variável índice de área foliar (IAF) em função de cobertura de solo (CS), tipos de fertilizantes(F) e condicionadores de solo(C) durante 3 épocas de avaliações (dezembro, abril e agosto) em cafeeiro (*Coffea arabica*) no ano de 2017/2018.

FV	GL	Quadrados médios		
		IAF Dezembro	IAF Abril	IAF Agosto
CS	2	3,55*	2,90	4,78
B	2	0,18	4,87	3,23
Erro a	4	0,26	1,74	1,76
F	1	0,36	0,06	0,02
CS*F	2	0,02	0,84	0,00
Erro b	6	0,30	0,26	0,54
C	4	0,93	1,19*	2,91*
C*CS	4	0,12	0,49	0,02*
C*F	8	0,51	0,59	3,02
CS*F*C	8	0,25	0,20	0,38
Erro c	48	0,36	0,28	6,35

\*( $p < 0,05$ ).

Fonte: Da autora (2019).

Tabela 5 - Resumo análise de variância (quadrados médios) para potássio ( $\text{mg/dm}^3$ ), cálcio ( $\text{Ca} - \text{cmol}_c \text{ dm}^{-3}$ ), magnésio ( $\text{Mg} - \text{cmol}_c \text{ dm}^{-3}$ ), fósforo ( $\text{P} - \text{mg dm}^{-3}$ ), alumínio ( $\text{Al} - \text{mg dm}^{-3}$ ), saturação por alumínio (m%), pH, acidez potencial ( $\text{H+Al} - \text{cmol}_c \text{ dm}^{-3}$ ), capacidade de troca de cátions efetiva ( $\text{CTC} - \text{cmol}_c \text{ dm}^{-3}$ ), saturação por bases (V%), matéria orgânica ( $\text{MO} - \text{dag.kg}^{-1}$ ) e relação Ca/Mg em função de cobertura de solo (CS), tipos de fertilizantes (F) e condicionadores de solo (C) em cafeeiro (*Coffea arabica*) no ano de 2017/2018.

FV	GL	Quadrados médios					
		K	Ca	Mg	P	Al	m
CS	2	157153,89*	1,26	0,13	1565,41	0,00	3,58
B	2	8138,86	1,49	0,19	623,15	0,02	27,93
Erro a	4	12780,28	2,78	0,15	925,50	0,05	130,37
F	1	12596,35	0,02	0,00	325,01	0,01	0,28
CS*F	2	2833,39	0,36	0,02	1154,52	0,01	32,14
Erro b	6	4147,05	1,35	0,07	531,08	0,02	45,13
C	4	845141,06*	14,29	0,40*	23458,57	0,05*	129,24*
C*CS	4	7933,58*	0,92	0,18	4666,44	0,01	8,94
C*F	8	22207,19	2,94	0,02*	1825,73	0,01	7,56
CS*F*C	8	6810,32	0,55	0,05	604,19	0,02	57,65
Erro c	48	7882,93	0,83	0,07	619,56	0,01	36,84
CV a		36,6	60,0	57,0	77,9	99,0	192,3
CV b		20,8	41,8	37,5	59,0	111,2	129,6
CV c		28,7	32,8	38,5	63,7	86,8	124,2
FV	GL	pH	H+Al	t	V	MO	Ca/Mg
CS	2	2,43	6,67	6,32	590,74	0,59	16,34
B	2	0,71	0,63	6,63	223,82	0,09	7,63
Erro a	4	0,84	3,75	1,25	615,79	0,22	6,34
F	1	0,00	0,89	0,37	1,92	0,08	0,01
CS*F	2	2,07	9,13	4,36	561,17	0,23	0,02
Erro b	6	0,17	1,64	1,40	176,74	0,08	4,07
C	4	4,31	14,56	16,78*	2973,08*	0,93*	47,37*
C*CS	4	1,10	3,47	2,04*	663,68	0,10	0,39
C*F	8	0,19	0,79	3,88	56,23*	0,07	4,82
CS*F*C	8	0,12	1,20	1,35	178,07	0,08	0,52
Erro c	48	0,24	0,89	1,23	133,08	0,09	3,01

\*( $p < 0,05$ ).

Fonte: Da autora (2019).





# RELATÓRIO DE ENSAIOS

RELATÓRIO DE ENSAIO No: 20026483-i90

REVISÃO: 1.0

Cliente: MANTIQUEIRA AGRONEGOCIOS LTDA  
 Endereço: ROD. FERNAO DIAS, BR381, KM 767  
 Município: CAMPANHA

EP: MG 90405-8

Solicitante: MANTIQUEIRA AGRONEGOCIOS LTDA  
 Telefone: 34-3211-5100  
 Email: hugoliveira@granjamantiqueira.com.br

## DADOS DA AMOSTRA

Material amostrado: Fertilizantes

Código da amostra: 20174590

Identificação da amostra: 05 G11 2017 CONDICIONADOR DE SOLOS

Data de emissão do relatório: 14/11/2017

Data de entrada no laboratório: 26/10/2017

## INFORMAÇÕES DA AMOSTRAGEM

Data da coleta: 08/09/2017

Quantidade: 2013 Ton

ID:

Descrição: MANTIQUEIRA CONDICIONADOR DE SOLO

Registro:

Produc.:08/09/17

Nota: A descrição da amostra coletada é de inteira responsabilidade do cliente.

Ofício: /45

## RESULTADO DOS ENSAIOS

Parâmetros	Resultados	Unidade	L.Q.	VR	Método	Data ensaio	
N Total	1,80	%	0,01	---	X	IN SDA 3 Cap III, E.1.1	14/11/2017
P2O5 Total	3,00	%	0,01	---	X	IN SDA 3 Cap I, C.2.2	14/11/2017
K2O Água	2,87	%	0,01	---	X	IN SDA 3 Cap III, E.6.2.2	14/11/2017
Ca Total	9,31	%	0,01	---	X	IN SDA 3 Cap III, E.7.2.2	06/11/2017
Mg Total	0,5	%	0,01	---	X	IN SDA 3 Cap III, E.7.2.2	06/11/2017
S Total	0,1	%	0,01	---	X	IN SDA 3 Cap III, E.8	06/11/2017
B Total	0,001	%	0,001	---	X	IN SDA 3 Cap III, E.9	06/11/2017
Cu Total	0,01	%	0,01	---	X	IN SDA 3 Cap III, E.10.2.	06/11/2017
Mn Total	0,04	%	0,01	---	X	IN SDA 3 Cap III, E.10.2.	06/11/2017
Zn Total	0,03	%	0,01	---	X	IN SDA 3 Cap III, E.10.2.	06/11/2017
Umidade Atual	17,2	%	0,1	---	X	IN SDA 17 Cap 2	06/11/2017
C Organico Total	26,4	%	0,1	---	X	IN SDA 3 Cap IV, D.16	06/11/2017
Cap Troca Cations	460,0	mmol/Kg	1	---	X	IN SDA 3 Cap III, E.15	14/11/2017
Cap Retenção Agua	138,0	% m/m	0,1	---	0,0-100	IN SDA 17 Cap 4.1	06/11/2017
Acido Fuvico	5,12	%	0,1	---	X	IN SDA 3 Cap III, E.14	06/11/2017
Acidos Humicos	4,02	%	0,1	---	X	IN SDA 3 Cap III, E.14	06/11/2017
As	N/D	mg/Kg	0,05	max	20,00	U.S.EPA: 7061-A	06/11/2017
Cd	<0,05	mg/Kg	0,05	max	3,00	U.S.EPA: 3050-B	06/11/2017
Hg	N/D	mg/Kg	0,05	max	1,00	U.S.EPA: 7471-A	06/11/2017
Ni	N/D	mg/Kg	0,05	max	70,00	U.S.EPA: 3050-B	06/11/2017
Pb	1,20	mg/Kg	0,05	max	150,00	U.S.EPA: 3050-B	06/11/2017
Se	N/D	mg/Kg	0,05	max	80,00	U.S.EPA: 7741-A	06/11/2017
Coliformes Termotolerantes	N/D	NMP/g de	P/A	max	Ausente	U.S.EPA: part 503	06/11/2017
Ovos Viáveis de Helmitos	N/D	Ovos/g de	1	max	1,00	U.S.EPA: part 503	06/11/2017
Salmonella	N/D	NNP/10 g	1	max	Ausente	U.S.EPA: part 503	06/11/2017
Cromo Hexa Valente	N/D	mg/kg	0,1	max	2,00	U.S.EPA: 7196-A	14/11/2017
Vidros, plasticos, metais > 2	N/D	% na MS	0,1	max	2,00	P 2031	06/11/2017
Pedras > 5 mm	N/D	% na MS	0,1	max	2,00	P 2031	06/11/2017

1 / 2



# RELATÓRIO DE ENSAIOS

RELATÓRIO DE ENSAIO No: 20026483-91

REVISÃO: 1.0

Cliente: MANTIQUEIRA AGRONEGOCIOS LTDA  
Endereço: ROD. FERNAO DIAS, BR381, KM 767  
Município: CAMPANHA

EP: MG 90405-8

Solicitante: MANTIQUEIRA AGRONEGOCIOS LTDA  
Telefone: 34-3211-5100  
Email: hugooliveira@granjamantiqueira.com.br

## DADOS DA AMOSTRA

Material amostrado: Fertilizantes Código da amostra: 20174591  
Identificação da amostra: 05 G11 2017 II CONDICIONADOR DE SOLOS  
Data de entrada no laboratório: 26/10/2017 Data de emissão do relatório: 14/11/2017

## INFORMAÇÕES DA AMOSTRAGEM

Data da coleta: 19/09/2017 ID: Registro:  
Quantidade: 2069 Ton  
Descrição: MANTIQUEIRA CONDICIONADOR DE SOLO Produç.:19/09/17 Ofício: /45

Nota: A descrição da amostra coletada é de inteira responsabilidade do cliente.

## RESULTADO DOS ENSAIOS

Parâmetros	Resultados	Unidade	L.Q.	VR	Método	Data ensaio
Umidade Atual	18,3	%	0,1	---	X	IN SDA 17 Cap 2
Cap Troca Cations	490,0	mmol/Kg	1	---	X	IN SDA 3 Cap III, E.15
Cap Retenção Agua	141,0	% m/m	0,1	---	0,0-100	IN SDA 17 Cap 4.1
As	N/D	mg/Kg	0,05	max	20,00	U.S.EPA: 7061-A
Cd	N/D	mg/Kg	0,05	max	3,00	U.S.EPA: 3050-B
Cr	N/D	mg/Kg	0,05	max	500,00	U.S.EPA: 3050-B
Hg	N/D	mg/Kg	0,05	max	1,00	U.S.EPA: 7471-A
Ni	N/D	mg/Kg	0,05	max	70,00	U.S.EPA: 3050-B
Pb	0,62	mg/Kg	0,05	max	150,00	U.S.EPA: 3050-B
Se	N/D	mg/Kg	0,05	max	80,00	U.S.EPA: 7741-A
Coliformes Termotolerantes	N/D	NMP/g de	P/A	max	Ausente	U.S.EPA: part 503
Ovos Viáveis de Helmintos	N/D	Ovos/g de	1	max	1,00	U.S.EPA: part 503
Salmonella	N/D	NNP/10 g	1	max	Ausente	U.S.EPA: part 503
Cromo Hexa Valente	N/D	mg/kg	0,1	max	2,00	U.S.EPA: 7196-A
Vidros, plasticos, metais > 2	N/D	% na MS	0,1	max	2,00	P 2031
Pedras > 5 mm	N/D	% na MS	0,1	max	2,00	P 2031

## LEGENDA

LQ: Limite de Quantificação  
VR: Valor de referência conforme legislação adequada.  
N/D: Não Detectado

## REFERÊNCIAS METODOLÓGICAS

## OBSERVAÇÕES

Os resultados deste laudo se restringem as amostras ensaiadas.  
A reprodução do mesmo poderá ser realizada apenas em sua totalidade.

VINIÇOS MARGATO  
Gerente de Laboratório CRQ: 02406025

1/1

Antonio Padua de Lima  
Responsável Técnico CRQ: 04412410

5.2

RUA JOSÉ BONIFÁCIO 1067 - CIDADE JARDIM - 38030-140 - UBERABA/MG - 03433143980 - labfert@labfer.agr.br



# RELATÓRIO DE ENSAIOS

RELATÓRIO DE ENSAIO No: 20026483-i90

REVISÃO: 1.0

Cliente: MANTIQUEIRA AGRONEGOCIOS LTDA

Solicitante: MANTIQUEIRA AGRONEGOCIOS LTDA

Endereço: ROD. FERNAO DIAS, BR381, KM 767

Telefone: 34-3211-5100

Município: CAMPANHA

EP: MG 90405-8

Email: hugooliveira@granjamantiqueira.com.br

## DADOS DA AMOSTRA

Material amostrado: Fertilizantes

Código da amostra: 20174590

Identificação da amostra: 05 G11 2017 CONDICIONADOR DE SOLOS

Data de entrada no laboratório: 26/10/2017

Data de emissão do relatório: 14/11/2017

## INFORMAÇÕES DA AMOSTRAGEM

Data da coleta: 08/09/2017

Quantidade: 2013 Ton

ID:

Descrição: MANTIQUEIRA CONDICIONADOR DE SOLO

Registro:

Produc.:08/09/17

Nota: A descrição da amostra coletada é de inteira responsabilidade do cliente.

Ofício: /45

## RESULTADO DOS ENSAIOS

Parâmetros	Resultados	Unidade	L.Q.	VR	Método	Data ensaio
------------	------------	---------	------	----	--------	-------------

## LEGENDA

LQ: Limite de Quantificação

VR: Valor de referência conforme legislação adequada.

N/D: Não Detectado

## REFERÊNCIAS METODOLÓGICAS

## OBSERVAÇÕES

Os resultados deste laudo se restringem as amostras ensaiadas.  
A reprodução do mesmo poderá ser realizada apenas em sua totalidade.

VINÍCIOS MARGATO  
Gerente de Laboratório CRQ: 02406025

2/2

Antonio Padua de Lima  
Responsável Técnico CRQ: 04412410

5.2

RUA JOSE BONIFACIO 1067 - CIDADE JARDIM - 38030-140 - UBERABA/MG - 03433143980 - labfert@labfer.agr.br



## Hydroplan-EB/HyB

Condicionador de Solo Absorvente de Água

**Hydroplan-EB/HyB** é um polímero super-absorvente de alta qualidade e pureza especialmente desenvolvido pela SNF.

**Hydroplan-EB/HyB** é um laço cruzado de Copolímero de Acrilamida e Acrilato de Potássio usado para absorver e reter grandes quantidades de água e nutrientes.

### Características Físicas

Aparência:	Pó branco
Tamanho da partícula:	< 1mm
Absorção teórica* (g para 1 g):	500
Absorção prática (g para 1 g):	350
Absorção de água marinha (g por 1 g):	40
pH de água absorvida:	neutro
Peso específico (em g/cm <sup>3</sup> ):	1:1
Peso específico aparente:	0,8
Tempo de absorção para 60% de equilíbrio (em minutos)	30
Estabilidade do produto seco (em anos)	5
Estabilidade do produto dilatado em solo de areia (em anos)	4

(\*) Obtida através da lavagem do polímero com água deionizada

### Armazenagem

Guardar em lugar seco e em temperatura entre 0° e 35°C.

### Embalagem

Sacos de polietileno de paredes múltiplas:	25kg
Sacos grandes:	500kg e 750kg
Outras medidas:	Sob consulta

**Derramamentos devem ser limpos rapidamente, superfícies tornam-se muito escorregadias quando molhadas.**

Os dados desta Folha de Informações Técnicas são apenas para informações e estão de acordo com nossos conhecimentos na data desta publicação. Não constitui uma especificação e nenhuma responsabilidade é assumida, nem autonomia de patente existente.