



CIPRIANO TAVARES PEDROSO JÚNIOR

**AVALIAÇÃO DE CARACTERES MORFOLÓGICOS E
FISIOLÓGICOS NA CULTURA DO CAFEIEIRO VISANDO A
OTIMIZAÇÃO DO USO DOS RECURSOS HÍDRICOS**

**LAVRAS – MG
2019**

CIPRIANO TAVARES PEDROSO JÚNIOR

**AVALIAÇÃO DE CARACTERES MORFOLÓGICOS E FISIOLÓGICOS
NA CULTURA DO CAFEIRO VISANDO A OTIMIZAÇÃO DO USO DOS
RECURSOS HÍDRICOS**

Monografia apresentada à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do Curso de Agronomia, para a obtenção do título de Bacharel.

Prof. Dr. Rubens José Guimarães
Orientador

**LAVRAS – MG
2019**

*À Deus, à Jesus Cristo, aos meus pais, à minha
namorada Larissa, aos meus irmãos e meus
sogros pelo amor, incentivo e paciência para
comigo.*

... OFEREÇO

AGRADECIMENTOS

À Deus e a Jesus Cristo pelas bênçãos em minha vida, saúde, oportunidade de estudar na UFLA e principalmente pela família que recebi.

Aos meus pais Cipriano e Cleusa, pelo amor, princípios e virtudes ensinados a mim.

À minha namorada Larissa, amiga e companheira. Obrigado por sempre estar ao meu lado, TE AMO!

Aos meus irmãos Anicler, Maria Helena (Leninha) e Randerson (Randinho) por toda força que me deram durante esta trajetória.

Aos meus sogros Guilherme e Lenice, por me tratarem sempre como um filho.

Aos meus amigos de Nepomuceno Lucas Galvão e Rodrigo pela fraternidade de tantos anos.

Ao Diego pela amizade e fraternidade, obrigado UFLA por cruzar nossos caminhos.

Aos meus amigos da UFLA, Artur, Bárbara, Cláudia, Diego, Érika, Estêvão, Fábio, Joyce, Júlia, Luanna, Lucas Guedes, Lucas Martins, Marcela (Phyna), Natalia Botega, Nathália (Cana), Pedro (Di Maria), Rafael, Ramiro, Vitor.

Ao Vicente Agrônomo pelos ensinamentos e experiências compartilhados.

Ao Henrique Dias Cambraia, Fabrício Teixeira Andrade e Daniela Edel Teixeira, pela oportunidade de estágio na Fazenda Samambaia. Cresci muito pessoalmente e profissionalmente.

À Universidade Federal de Lavras, por abrir as portas e me proporcionar um ensino de extrema qualidade.

Ao professor Rubens pela orientação, dedicação e amor por nós alunos.

Ao professor Virgílio Anastácio da Silva e a mestra Larissa Cocato da Silva por comporem a banca.

À Larissa Cocato da Silva por todo empenho e ajuda na realização deste trabalho.

Ao Núcleo de Estudos em Pós Colheita do Café (PósCafé) pelas oportunidades e aprendizados.

MUITO OBRIGADO!

RESUMO

A cultura do café (*Coffea arabica* L.) apresenta grande importância econômica e social no Brasil. O país é o maior produtor e exportador, sendo responsável por um terço de todo o café produzido no mundo. Nacionalmente, a maior produção ocorre no sul do estado de Minas Gerais, estado este responsável por mais da metade da produção de café arábica do país. Dentre os entraves para a produção de café no Brasil, encontra-se o déficit hídrico. A quantidade de água ideal para a cultura é preponderante para que o produtor alcance bons rendimentos. Diante da escassez cada vez maior desse recurso, é preciso lançar mão de técnicas e estratégias de manejo que visem não só a manutenção da produtividade dos cafezais, como também a economia dos recursos hídricos. Diante do exposto, o objetivo do trabalho foi avaliar a influência de diferentes métodos de manejo da cobertura do solo, associados a diferentes condicionadores de solo, sobre as características fisiológicas do cafeeiro, visando à maior eficiência do uso de recursos hídricos. Além disso, objetivou-se também estudar o quanto esses métodos de manejo influenciam positivamente ou negativamente o crescimento e desenvolvimento da cultura. O experimento foi implantado em janeiro de 2016, na Universidade Federal de Lavras/UFLA, em esquema fatorial 3x4, contendo doze tratamentos e três repetições. Como material genético, foram utilizadas mudas de café Mundo Novo 379/19. Os tratamentos foram compostos por quatro diferentes condicionadores de solo, sendo eles casca de café, composto, gesso agrícola e testemunha (ausência de condicionador de solo), associados, cada um, a três diferentes coberturas de solo: filme de polietileno, braquiária e vegetação espontânea. Foram avaliados NDVI, com o auxílio do sensor *Greenseeker*, altura de plantas, diâmetro do caule e taxa fotossintética, com o auxílio do medidor portátil de análise de gás na região do infravermelho (IRGA LICOR – 6400XT). Foi realizada a análise de variância dos dados com o auxílio do *software* *Sisvar*. Para diferenças significativas entre as fontes de variação, foram avaliados seus respectivos efeitos. As médias dos tratamentos foram comparadas pelo teste de Tukey, com 5% de probabilidade. Procedeu-se também a análise correlação de Pearson, com a finalidade de estabelecer a correlação entre as variáveis analisadas. Os resultados mostraram diferenças significativas entre as coberturas de solo. O manejo com a vegetação espontânea apresentou média de NDVI superior quando comparado ao filme de polietileno, sugerindo que a cobertura pode ter causado algum tipo de influência no aparelho de medição em termos de reflectância ou irradiação solar, relacionada a fotodegradação da clorofila. O manejo com a braquiária na entrelinha proporcionou maior diâmetro de caule quando comparado ao manejo com a vegetação espontânea. Esse resultado certamente está associado aos benefícios que a braquiária pode proporcionar ao solo. As variáveis estudadas apresentaram correlação positiva e significativa com os valores de NDVI. Isso indica que a medida que os valores de NDVI aumentam ou reduzem, os demais caracteres acompanham com respectivo aumento ou redução das suas magnitudes.

Palavras-chave: *Coffea arabica* L. déficit hídrico, coberturas, condicionadores, características fisiológicas

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Tratamentos utilizados no experimento com os respectivos fatores.....	22
Tabela 2 - Resumo da análise de variância para as avaliações de NDVI.....	25
Tabela 3 - Resumo da análise de variância para as avaliações de altura.....	26
Tabela 4 - Resumo da análise de variância para as avaliações de diâmetro de caule.....	27
Tabela 5 - Resumo da análise de variância para as avaliações de fotossíntese.....	28
Tabela 6 - Médias de NDVI atribuídas para cada tratamento sob diferentes coberturas de solo..	29
Tabela 7 - Médias de diâmetro de caule atribuídas para cada tratamento sob diferentes coberturas de solo.....	29
Tabela 8 - Médias de altura de planta atribuídas para cada tratamento sob diferentes coberturas de solo.....	30
Tabela 9 - Médias de taxa fotossintética atribuídas para cada tratamento sob diferentes coberturas de solo.....	30
Tabela 10 - Médias de NDVI atribuídas para cada tratamento sob diferentes condicionadores de solo.....	30
Tabela 11 - Médias de altura de planta atribuídas para cada tratamento sob diferentes condicionadores de solo.....	31
Tabela 12 - Médias de diâmetro de caule atribuídas para cada tratamento sob diferentes condicionadores de solo.....	31
Tabela 13 - Médias de taxa fotossintética atribuídas para cada tratamento sob diferentes condicionadores de solo.....	31
Tabela 14 - Coeficiente de correlação de Pearson para as variáveis altura de plantas, diâmetro de caule e fotossíntese com o caráter NDVI.....	32

LISTA DE FIGURAS

- Figura 1 - Produção total de café arábica e robusta..... 3
- Figura 2 - Comportamento médio da chuva e da temperatura ao longo do ano em Lavras/MG.. 21

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	1
2. REFERENCIAL TEÓRICO	2
2.1. A cultura do café no Brasil e no mundo	2
2.2. Condições de cultivo do café no Brasil	5
2.3. Fisiologia do cafeeiro	7
2.4. O uso da água pelo cafeeiro	10
2.5. Técnicas de manejo da cobertura do solo para o cafeeiro	12
Filme de polietileno.....	13
Cobertura verde - Capim Braquiaria (<i>Urochloa decumbens</i>)	15
Solo sem cobertura - exposto	17
2.6. Condicionadores de solo para o cafeeiro	18
3. MATERIAL E MÉTODOS	21
3.1. Caracterização da área	21
3.2. Delineamento experimental e tratamentos	22
3.3. Instalação e manejo do experimento	23
3.4. Características avaliadas	24
3.4.1. NDVI	24
3.4.2. Crescimento	25
3.4.3. Fotossíntese	25
3.5. Análises estatísticas dos dados	25
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO	25
5. CONCLUSÕES	33
6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	34

1. INTRODUÇÃO

O café é uma cultura perene, originada na Etiópia, que pertence à família Rubiaceae e apresenta bienalidade de produção. Começou a ser utilizado pelo homem por volta do século XV (ROMERO; ROMERO, 1997) e desde então, é cultivado em diversos países do mundo (GUIMARÃES; MENDES; SOUZA, 2002). Nesse cenário, o Brasil é o maior produtor e exportador mundial de café da espécie Arábica (*Coffea arabica* L.), conhecido por produzir grãos de melhor bebida, aroma intenso, sabor agradável, suave e profundo. O estado de Minas Gerais se consagra como a maior região produtora, contribuindo com cerca de 70% da produção nacional deste tipo de café (CAMARGO; PEREIRA, 1994; MONTEIRO, 2009; CONAB, 2019).

O cafeeiro sofre influência de diversos fatores ambientais. Dentre eles, um dos mais limitantes é a água, uma vez que sua falta impacta diretamente a produtividade da planta além de afetar também seu crescimento e desenvolvimento (BARBOSA, 2018). Nos últimos anos tem sido cada vez mais comum a ocorrência de períodos de escassez de água, como veranicos e distribuição irregular de chuvas durante o ano. Assim, técnicas agrícolas que preconizam menor impacto ao meio e otimizem o uso dos recursos necessários à planta são cada vez mais pesquisadas e utilizadas.

O manejo da cobertura do solo em lavouras cafeeiras, por meio de técnicas como o uso de filme de polietileno e cultivo de Braquiária, tem sido utilizado pelas inúmeras vantagens aparentes. Esses tipos de manejo mantêm o solo protegido de erosões e do impacto da chuva, reduzem a compactação, minimizam a perda de água por evapotranspiração, diminuem a variação da temperatura do solo, auxiliam no controle de plantas daninhas além de permitirem o retorno da matéria orgânica para a lavoura, no caso da Braquiária (BORGES et al., 2014; RAGASSI et al. 2009). Outra técnica que tem trazido grandes benefícios aos cultivos de café é o uso de condicionadores de solo como a casca de café, gesso agrícola e composto orgânico. Os condicionadores atuam nas propriedades químicas, físicas e biológicas do solo, permitindo o crescimento do sistema radicular, a deposição de matéria orgânica no solo e auxiliando na retenção da água no solo, o que pode permitir que as plantas tolerem melhor o estresse hídrico (OLIVEIRA, 2017).

Neste contexto, o presente trabalho objetivou avaliar a influência de diferentes métodos de manejo da cobertura do solo, associados a diferentes condicionadores de solo, sobre as características fisiológicas do cafeeiro, visando à maior eficiência do uso de recursos hídricos. Além disso, objetivou-se também estudar o quanto esses métodos de manejo influenciam positivamente ou negativamente o crescimento e desenvolvimento da cultura.

2. REFERENCIAL TEÓRICO

2.1. A cultura do café no Brasil e no mundo

O café apresenta grande importância para o cenário mundial. Destacando-se como a segunda *commodity* mais comercializada do mundo, atrás apenas do petróleo, é considerado também a segunda bebida com maior taxa de consumo no mundo. Na safra 2018/19, a previsão mundial é de uma produção recorde que alcance 174,5 milhões de sacas, cerca de 15,6 milhões de sacas a mais que na safra anterior (USDA, 2018). No cenário mundial, o Brasil é o maior produtor e exportador de café, sendo responsável por 30% do mercado, além de ser o segundo maior mercado consumidor, atrás apenas dos Estados Unidos (REIS; CUNHA, 2010).

As lavouras cafeeiras no Brasil ocupam área equivalente a 2 milhões de hectares e envolvem cerca de 300 mil produtores, predominando mini e pequenos, em aproximadamente 1.900 municípios, distribuídos nos Estados de Minas Gerais, São Paulo, Espírito Santo, Bahia, Rondônia, Paraná, Rio de Janeiro, Goiás, Mato Grosso, Amazonas e Pará. Atualmente, o café é relevante fonte de receita para centenas de municípios, além de ser um importante setor na criação de postos de trabalho na agropecuária nacional. Os expressivos desempenhos da exportação e do consumo interno conferem sustentabilidade econômica ao produtor e sua atividade (BRASIL, 2017).

No Brasil, devido à grande diversidade de regiões ocupadas pela cultura do café, as variedades climáticas, relevos, altitudes e latitudes, é possível a produção dos mais variados tipos de grãos. Com a produção diversificada, é possível atender o mercado consumidor quanto às diferentes demandas de paladar, finalidades de utilização do café, bem como disponibilizar produtos com os mais variados preços. Essa diversidade também permite o desenvolvimento de vários blends (misturas de tipos), tendo como base o café de terreiro ou natural, o despulpado, o

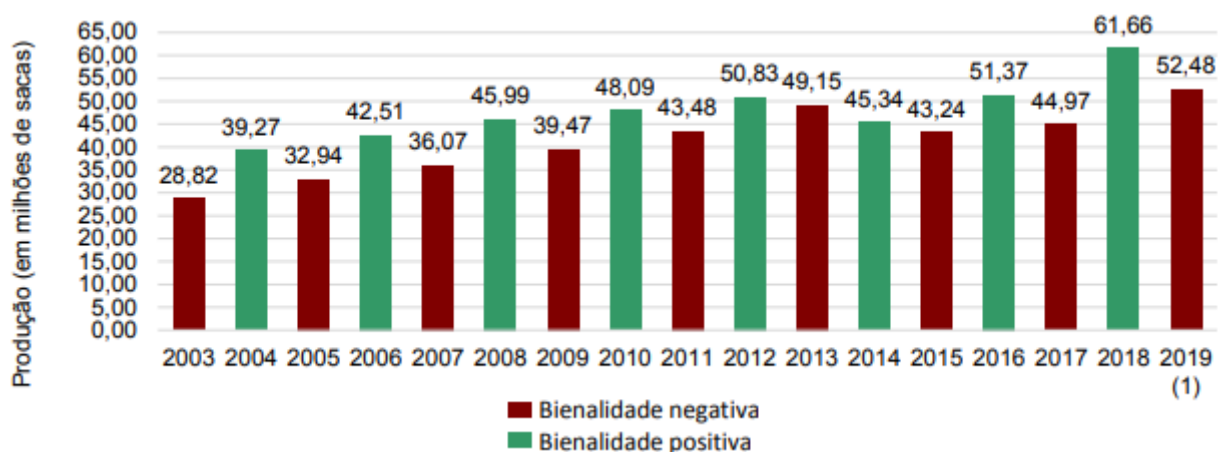
descascado, o de bebida suave, os ácidos, os encorpados, além de cafés aromáticos e especiais (BRASIL, 2017).

As duas principais espécies plantadas no Brasil são o arábica (80% da área plantada com café) e o café canephora. Essas duas espécies se diferenciam quanto ao preço, qualidade da bebida, teores de compostos, além de aspectos morfológicos e agrônômicos das plantas (CONAB, 2015; EMBRAPA, 2018; GUIMARÃES; MENDES; SOUZA, 2002). O café arábica (*Coffea arabica* L.) permite ao consumidor degustar um produto mais fino, requintado e de melhor qualidade. Esse tipo de café é cultivado em altitudes acima de 800 metros. Predomina nas lavouras de Minas Gerais, São Paulo, Paraná, Bahia, Rio de Janeiro e em parte do Espírito Santo. A produção de café arábica possui uma característica conhecida como bienalidade (BRASIL, 2017). Assim, um ano de safra apresenta produção mais elevada, e ocorre redução na safra seguinte. Em 2018 a produção de arábica foi estimada em 47,48 milhões de sacas, sendo ano de bienalidade positiva ou alta. Em 2019, as estimativas de janeiro mostram valores em torno de 37,14 milhões de sacas, redução basicamente caracterizada por se tratar de um ano com bienalidade negativa ou baixa (CONAB, 2019). Atualmente a produção da espécie arábica está concentrada nos Estados de Minas Gerais, como maior produtor, seguido por São Paulo, Espírito Santo e Bahia. Esses quatro estados concentram 85% da produção nacional dessa espécie, segundo a Companhia Nacional de Abastecimento – Conab (2019).

O café robusta (*Coffea Canephora*) é usado principalmente para a fabricação de cafés solúveis e em algumas misturas com o arábica. Apresenta um sabor único, menos acidez e teor de cafeína maior. Predomina nas lavouras do Espírito Santo, em Rondônia e em parte da Bahia e de Minas Gerais (BRASIL, 2017). A produção de café robusta, na safra 2018, ficou na marca de 14,17 milhões de sacas segundo a Conab (2019). Este tipo de café é cultivado principalmente no Espírito Santo, Bahia e Rondônia, concentrando 95% da produção nacional (BRASIL, 2017).

A área plantada em produção (robusta e arábica) totaliza 2,16 milhões de hectares com base na safra 2018. Desse total, 316,6 mil hectares (14,7%) estão em formação e 1,84 milhão de hectares (85,3%) em produção. A produtividade média é de 32,17 sacas por hectare em 2017 foi o melhor nível quando comparado à média histórica dos últimos 10 anos (BRASIL, 2017). Para a safra 2019, estima-se que a produtividade se situe entre 27,4 e 29,58 sacas por hectare, equivalendo a uma redução de 17,1% a 10,6% em relação à safra passada (CONAB, 2019).

Segundo Conab (2019), a safra brasileira em 2019 é estimada em 52,48 milhões de sacas de 60 kg, cultivados em Minas Gerais, Espírito Santo, São Paulo, Bahia, Rondônia, Paraná, Rio de Janeiro, Goiás e Mato Grosso, Amazonas e Pará. A estimativa mostra queda em relação à safra anterior, principalmente por se tratar de um ano com bialidade baixa na maioria das regiões brasileiras produtoras de café (Figura 1). Essas médias de produtividade são influenciadas diretamente pela bialidade, entretanto, existem outros fatores que podem ocasionar quedas na produção como a permanência de lavouras antigas e depauperadas no campo, deficiências nutricionais, estresse abiótico e biótico e manejo inadequado da cultura. Todos esses fatores além de interferirem na produtividade, afetam a sustentabilidade da cafeicultura que por sua vez, depende da rentabilidade e permanência do produtor na atividade (CAIXETA et al., 2008; CONAB, 2018; PETEK; PATRÍCIO, 2007).



Legenda: (1) Estimativa média em 2019

Fonte: Conab - Acompanhamento da safra brasileira de café

FIGURA 1. Produção total de café arábica e robusta.

Levando em conta o mercado externo, de 2012 a 2017 as exportações do complexo café – verde, solúvel, torrado e moído, totalizaram 200 milhões de sacas, trazendo US\$ 35 bilhões de divisas para o País. Em 2017 as exportações foram de 30,9 milhões de sacas e a receita de US\$ 5,24 bilhões, ocupando a 5ª posição entre os produtos mais exportados pelo agronegócio brasileiro (BRASIL, 2017).

A cafeicultura brasileira, no mundo, é uma das mais atentas às questões sociais e ambientais. Cada vez mais desenvolvida com base em rígidas legislações, a cafeicultura é baseada na preocupação em garantir a produção do café de forma sustentável. É constante o esforço no sentido da preservação da flora e fauna nativa, cuidados com o solo, como a realização do controle da erosão, bem como a proteção dos recursos hídricos. O Brasil desenvolve o maior programa mundial de pesquisas em café. Avanços significativos da cafeicultura brasileira estão relacionados a pesados investimentos em pesquisas em áreas importantes, como o melhoramento genético, biotecnologia, manejo de pragas, irrigação, qualidade da produção, biotecnologia, com preocupação na sustentabilidade econômica e na preservação ambiental (BRASIL, 2017).

A cada ano aumentam os investimentos em certificações, que promovem a preservação ambiental, melhores condições de vida para os trabalhadores, melhor aproveitamento das terras, além de técnicas gerenciais mais eficientes das propriedades, com uso racional de recursos. O volume expressivo de cafés sustentáveis produzidos anualmente e a alta qualidade e diversidade das safras brasileiras fazem do Brasil um fornecedor confiável e capaz de atender às necessidades dos compradores nacionais e internacionais mais exigentes (BRASIL, 2017).

2.2. Condições de cultivo do café no Brasil

A espécie *Coffea arabica* L. é originária de áreas tropicais da Etiópia localizadas entre 6° e 9° Norte de latitude, em altitudes que variam entre 1.600 e 2.000 m. A temperatura média anual nessa região é de 18° C a 20° C (mínima de 4° C a 5° C e máxima de 30° C a 31° C) e a precipitação anual é de 1.500 a 1.800 mm. A estação chuvosa é concentrada no verão, de março a outubro, com ocorrência de inverno seco de novembro a fevereiro (CAMARGO; PEREIRA, 1994). No Brasil, toda a cafeicultura está situada em áreas com latitudes superiores a 4°, encontrando-se fenologicamente em condições tropicais, não equatoriais. Apresenta um ciclo fenológico bem definido: florescimento na primavera, frutificação no verão, maturação no outono e colheita no inverno (MEIRELES et al., 2007).

O ciclo fenológico do cafeeiro é bastante extenso, conseqüentemente, sujeito a significativas diferenças climáticas dentro de uma mesma florada. Algumas características como a precocidade de maturação dos frutos, importante para a definição da qualidade do produto e período de colheita, são bastante influenciada pelas condições edafoclimáticas regionais,

microclimáticas e sistemas de cultivo. Variações regionais e interanuais na fenologia de cultivares de café podem ocorrer devido às diferenças edafoclimáticas entre regiões de cultivo. Como consequência, podem não concretizar aqueles diferenciais esperados na maturação dos frutos (PETEK, SERA & FONSECA, 2009).

O zoneamento agroclimático para aptidão da cafeicultura no Brasil é baseado em exigências térmicas e hídricas. Assim, para alcançar a produtividade econômica esperada, cada cultura necessita de condições favoráveis durante todo o seu ciclo vegetativo, isto é, exige determinados limites de temperatura nas várias fases do ciclo, de uma quantidade mínima de água e de um período seco nas fases de maturação e colheita. O atendimento dessas exigências é que fará uma determinada região ser considerada apta para uma dada cultura (MEIRELES et al., 2007). Para ser considerada apta, a temperatura média anual da região deve ser entre 18°C e 22°C. Com temperatura média anual entre 22°C e 23°C, a região é considerada marginal enquanto regiões com temperatura média anual menor que 18°C ou maior 23°C são classificadas como inaptas. É importante considerar que os intervalos definidos não tratam apenas a temperatura média anual, uma vez que os extremos são importantes, já que o cafeeiro é pouco tolerante a baixas temperaturas (CAMARGO, 1977; CAMARGO; PEREIRA, 1994, MEIRELES et al., 2007).

A quantidade pluviométrica ideal ao cafeeiro (*Coffea arabica* L.) é compreendida entre 1200 mm e 1800 mm anuais distribuídos durante a primavera, verão e outono. No período que antecede a antese (abertura das flores), entre julho e agosto, a restrição hídrica seguida de chuvas, favorece uma florada mais uniforme (CAMARGO; CAMARGO, 2001). Quanto à exigência hídrica, regiões com deficiência anual menor que 150 mm, entre os meses de maio e agosto, são consideradas aptas sem a necessidade de irrigação. Regiões com deficiência anual entre 150mm e 200mm são aptas desde que se utilize irrigação. Já regiões com deficiência anual superior a 200 mm são consideradas inaptas (CAMARGO, 1977; CAMARGO; PEREIRA, 1994, MEIRELES et al., 2007).

As características estruturais do solo são fatores que influenciam tanto o desenvolvimento das plantas como a disponibilidade hídrica á que serão submetidas. No caso do cafeeiro, a textura média é a mais favorável, não sendo recomendados solos com teor de argila menor que 20%. Para solos com textura muito argilosa, é requerido que sua estrutura e porosidade sejam

favoráveis à cultura. Para o bom desenvolvimento do sistema radicular, absorção de água e nutrientes, o solo deve apresentar, no mínimo, cerca de 1,50 m de profundidade efetiva variando de acordo com suas propriedades físicas (MATIELLO et al., 2002; MEIRELES et al., 2007).

A altitude recomendada para o cultivo do café Arábica é entre 500 e 1300 metros, sendo cerca de 1000 metros a altitude ideal. A altitude está diretamente relacionada à qualidade química e sensorial dos cafés e é comprovado o efeito da interação genótipo por ambiente existente sobre esse caráter (RIBEIRO et al., 2016; SILVEIRA et al., 2016). Portanto, lavouras que foram plantadas em maiores altitudes obtiveram cafés com pontuações superiores, em relação aos cafés de lavouras implantadas em altitudes mais baixas. Isso, está associado a velocidade de maturação que é mais lenta onde as temperaturas são mais baixas como são encontradas em maiores altitudes (REIS & CUNHA, 2010; RIBEIRO, 2013).

É preciso atentar-se sempre à região, condições de clima, solo e disponibilidade hídrica a que será exposta a lavoura antes da sua implantação. A ausência de condições ideais ou próxima delas pode prejudicar a produtividade e conseqüentemente a produção, gerar um produto com qualidade indesejável ou até mesmo inviabilizar o cultivo. Atenção ainda maior deve ser dada quando o objetivo é a produção de um café especial, já que o café sofre influência da interação genótipos e ambiente em várias características, principalmente quando tratamos de qualidade sensorial e química.

2.3. Fisiologia do cafeeiro

A espécie cafeeira *Coffea arabica* L. é uma planta do tipo C3, nativa dos sub-bosques das florestas da Etiópia e Sul do Sudão, restrita a altitudes entre 1600 e 2000 metros, onde as temperaturas são entre 18°C e 20°C e com precipitação de 1500 a 1800 mm (CAMARGO; PEREIRA, 1994). Dentre os fatores de produção, a nutrição mineral e o equilíbrio hídrico são essenciais para elevar a produtividade e melhorar a qualidade dos produtos, além de exercer importantes funções no metabolismo vegetal, influenciando fatores relacionados à fisiologia e crescimento das plantas (MATTA, 2007; GAMA et al., 2017).

As pesquisas realizadas com anatomia das folhas de cafeeiros tiveram início na década de 50 e passaram por uma longa pausa. Por isso são poucas as informações encontradas na literatura, inclusive ligando características anatômicas e fisiológicas do cafeeiro, de ambas as espécies

Coffea arabica L. e *Coffea canephora* Pierre e A.Froehner (GAMA et al., 2017). A anatomia foliar varia em função da radiação solar, temperatura, quantidade de água disponível no ambiente e quantidade de nutrientes do solo. Esses fatores conferem características adaptativas para que a planta tenha um ótimo desenvolvimento (ROSOLEM; LEITE, 2007), apresentando alterações de ordem fisiológica na espessura dos parênquimas esponjoso e paliádico e dimensões estomáticas (BALIZA et al., 2012; NASCIMENTO et al., 2006; PINHEIRO et al., 2005).

As modificações no ambiente podem afetar processos-chave do metabolismo da planta, como a fotossíntese, metabolismo dos carboidratos na folha, a abertura estomática, bem como a expressão gênica (PINHEIRO; CHAVES, 2011). As folhas também se modificam frente ao ambiente que são expostas, variando sua área, espessura, forma, concentração de nutrientes e capacidade de trocas gasosas (SACK; HOLBROOK, 2006), de forma a ajustá-las de acordo com a fotossíntese líquida e assim garantir uma alta condutância hidráulica (BRODRIBB; FEILD; JORDAN, 2007). Para o cafeeiro, existem estudos que associam as modificações nas estruturas anatômicas, com suas respectivas funções (BALIZA et al., 2012; BATISTA et al., 2010; GOMES et al., 2008; NASCIMENTO et al., 2006), contudo, são necessários mais estudos que verifiquem a possibilidade de utilizar essas características anatômicas e fisiológicas (GAMA et al., 2017).

A água é o elemento de maior importância para as plantas, pois funciona como solvente universal; atua na absorção e transporte de minerais; evita a variação de temperatura no interior da célula; participa de processos celulares; é reagente e também produto fotossintético; também é o produto final da cadeia de transporte de elétrons na respiração. Sua absorção pelas raízes ocorre quando o potencial hídrico da raiz é menor que o potencial hídrico da solução do solo (TAIZ; ZEIGER, 2004). A diferença entre a absorção e perda de água pelas plantas consiste no balanço hídrico. Esse equilíbrio é importante para o correto desempenho e atividade das plantas. Nesse sentido, o estresse hídrico se apresenta como fator mais limitante ao crescimento e desenvolvimento das mesmas, pois afeta as relações hídricas, o metabolismo e aspectos fisiológicos das plantas, impactando a produção agrícola (PAIVA; OLIVEIRA, 2014; SANTOS; CARLESSO, 1998).

A planta submetida a fatores estressantes apresenta alterações fisiológicas. Essas características podem ser empregadas para compreender as respostas de crescimento, desenvolvimento e produção das plantas frente a condições de déficit hídrico (PAIVA;

OLIVEIRA, 2014; SANTOS; CARLESSO, 1998). Segundo Castillo (2011) as plantas apresentam três vias principais e padrões de adaptação à deficiência hídrica: 1 - Mecanismos de evitação da seca, quando as plantas aceleram ou encurtam seu ciclo de desenvolvimento de forma a completá-lo antes da estação seca, adaptações que podem significar máximo crescimento e máxima eficiência no uso de água, mas que não são considerados mecanismos de resistência; 2- Mecanismos tolerantes a seca, caracterizados por modificações que permitam suportar certo grau de desidratação de tecidos sem reduções drásticas de suas atividades vitais. 3 - Mecanismos de evitação da desidratação, caracterizados por tecidos que reagem contra a sua desidratação, como maior crescimento de raízes, redução da condutância estomática e da transpiração nas folhas (ZUÑIGA, 2018).

O estômato é uma estrutura na folha que, quando aberto, permite a absorção do CO₂ para a câmara estomática, a perda de água por transpiração e ainda a saída de O₂ para a atmosfera, influenciando assim no crescimento e produção vegetal. Geralmente, encontra-se maior quantidade de estômatos na face abaxial em relação a face adaxial da folha (CID; TEIXEIRA, 2017). A atividade dos estômatos na transpiração e na troca de gases entre a folha e atmosfera é verificada com o auxílio da condutância estomática. Ela consiste na capacidade dos estômatos de conduzir água na forma de vapor para a atmosfera em um determinado tempo. A condutância estomática é condicionada pela abertura do poro estomático, que, por sua vez, é controlado pelas células guarda e pelo déficit de pressão de vapor de água na atmosfera (DPV), sendo diretamente proporcional a estes. Ressalta-se que mesmo que estejam relacionadas, a condutância estomática não é equivalente e não é conversível em transpiração estomática (PRADO; CASALI, 2006).

A fotossíntese, processo que consiste na produção de substâncias orgânicas a partir de água e CO₂, na presença de luz, também é afetada pelo déficit hídrico. Além de ser essencial a presença de água para que ocorra a fotossíntese, no cafeeiro, o déficit hídrico pode afetar esse processo das seguintes maneiras: pelo comprometimento da atividade de enzimas participantes da fixação do CO₂ atmosférico; pelo fechamento estomático; o fechamento estomático afeta ainda a troca de calor, com isso o aumento da temperatura foliar contribui para a redução da taxa assimilação líquida do CO₂ (CID; TEIXEIRA, 2017; DAMATTA; MAESTRI, 1997; REIS; CUNHA, 2010). Em condições de estresse hídrico, o fechamento estomático contribui para menor taxa respiratória e consequente redução da condutância estomática. Com isso há uma

menor absorção de CO₂ nos cloroplastos o que leva a menores taxas fotossintéticas afetando o acúmulo de biomassa pela planta. (TATAGIBA; PEZZOPANE; REIS, 2015; PELOSO et al., 2017; SILVA et al., 2015). Nos estômatos, frequentemente, a perda de vapor de água é maior que a assimilação de CO₂, devido à resistência dessa molécula a sua transmissão até o cloroplasto para realização da fotossíntese. Por meio desses processos, pode ser obtido a característica denominada eficiência do uso da água que consiste na relação da quantidade de CO₂ fixado pela quantidade de água transpirada. Esse indicador é dado pela razão entre os processos de taxa fotossintética líquida e transpiração. Essa relação pode ser utilizada também como parâmetro para compreender os impactos do déficit hídrico sobre as plantas (CID; TEIXEIRA, 2017; KERBAUY, 2004).

As plantas têm desenvolvido mecanismos de tolerância-adaptação que variam conforme o genótipo, permitindo-lhes suportar os estresses ambientais; como por exemplo, períodos de estiagem (CHAVES et al., 2002; SHVALEVA et al., 2006). Neste sentido, as alterações morfofisiológicas como interrupção no crescimento, controle no fechamento dos estômatos e transpiração, fazem parte desses mecanismos desenvolvidos pelos vegetais (NOGUEIRA et al., 2005; CHAVES et al., 2002; ZUÑIGA, 2018). Aprofundando os estudos sobre esses sistemas de defesa das plantas bem como correlacionando as variáveis, é possível que sejam estabelecidos limiares para aplicação em técnicas de manejo, visando antecipar ou reconhecer o estresse, e evitar perdas significativas nas plantas cultivadas.

2.4. O uso da água pelo cafeeiro

A água é um dos principais fatores que influenciam a produtividade do cafeeiro. O manejo adequado da irrigação e o uso eficiente da água proporcionam maiores produtividades e qualidade de grãos (FERNANDES E SANTINATO, 2010; ZUÑIGA, 2018). Pequenas alterações nas relações hídricas podem reduzir intensamente o crescimento e afetar a produtividade das plantas de café, mesmo na ausência dos sintomas visíveis como a murcha das partes vegetativas (SILVA et al., 2008). Apesar da importância e da necessidade de manter as condições hídricas adequadas para as plantas do cafeeiro, as previsões de disponibilidade de água indicam uma crescente escassez e baixa qualidade deste recurso, o que exigirá uma melhor gestão e aproveitamento do mesmo. Neste sentido é previsível que nas próximas décadas, a água destinada

para irrigação seja ainda mais escassa, com maior nível de salinidade e alta concentração de alguns elementos tóxicos para as plantas (ZUÑIGA, 2018).

A exigência do cafeeiro em quantidade de água varia conforme o estágio fenológico da cultura e outros parâmetros como umidade relativa do ar, velocidade do vento, evapotranspiração de referência e área foliar média. O déficit hídrico é considerado o principal estresse ambiental limitante a produção cafeeira principalmente quando ocorre na fase vegetativa, durante a formação das gemas foliares, na florada e/ou durante produção de frutos. Na formação dos frutos, a falta de quantidade adequada de água pode levar à redução no tamanho do fruto, alteração no tipo e no rendimento do café pela falha no enchimento de grãos. Segundo Marconato (2012) a escassez hídrica pode elevar em 45% o índice de grãos malformados quando tal deficiência coincide com a fase de granação. Essas perdas são sentidas tanto no ano produtivo, como perda de produtividade, produção e qualidade quanto no próximo ano agrícola. No caso do déficit hídrico acentuado as plantas podem apresentar sintomas aparentes como murcha, desfolha e seca de ramos. A sensibilidade ocasionada pelo déficit hídrico pode ocasionar ainda o aparecimento de deficiências nutricionais, pragas e doenças induzidas ou favorecidas (CAMARGO; CAMARGO, 2001; DAMATTA, 2004; MATIELLO et al., 2002; ZUÑIGA, 2018).

Quando tratamos o excesso de água, este também pode ser prejudicial, uma vez que o cafeeiro não suporta solos encharcados e pouco aerados. Essas condições afetam negativamente a oxigenação no sistema radicular, levando à clorose generalizada, apodrecimento das raízes e pode até causar a morte da planta. Sendo assim, o entendimento das relações hídricas e sua implicação na fisiologia do cafeeiro, auxilia a tomada de decisão em relação ao manejo da lavoura (MEIRELES et al., 2007; SILVA; REIS, 2017; SILVEIRA, 2011).

O estresse pode-se definir como um desvio considerável das condições ótimas para a vida. Essas condições causam alterações ou mudanças incluindo todos os níveis funcionais dos organismos. Biologicamente, o estresse refere-se às mudanças meio ambientais que conseguem alterar a fisiologia das plantas (LARCHER, 1995). Os estresses relacionados à disponibilidade hídrica, tanto na seca como no excesso de água no solo provocam variações no rendimento das colheitas de ano para ano, considerando-se como fatores importantes que limitam a produtividade no mundo. Diante da escassez natural e cada vez maior de água, verifica-se a necessidade do

estudo e utilização de estratégias de manejo cada vez mais eficazes e aplicáveis no campo, visando aumentar a eficiência do uso da água pelas plantas nas lavouras cafeeiras (LARCHER, 1995; BARBOSA, 2015; SERAFIM et al., 2013, ZUÑIGA, 2018).

2.5. Técnicas de manejo da cobertura do solo para o cafeeiro

Preparos conservacionistas e sistemas de manejo relacionados aos diferentes tipos de cobertura e preparos do solo criam um ambiente extremamente favorável às condições físicas, químicas e biológicas do solo. Consistem basicamente em uma barreira física formada por material orgânico como folhas, serragem ou palha, ou também por um plástico especial. Seu emprego é recomendado para regiões sujeitas a longos períodos de estiagem, déficit hídrico ou para locais onde não exista uniformidade no regime pluviométrico, contribuindo assim para o desenvolvimento da cultura.

Esses métodos podem proporcionar ganhos bastante significativos em termos de cultivo. Entre eles, podemos citar maior eficiência no controle da erosão hídrica, em decorrência das menores perdas de água por escoamento superficial, contribui para o desenvolvimento das culturas, reduz a perda de água por evaporação e gera incremento de umidade durante diferentes eventos de chuva quando comparado a solos sem cobertura, provoca a inibição do crescimento de plantas daninhas, incremento de matéria orgânica do solo quando utilizado material orgânico, provocando assim a recuperação ou manutenção da qualidade do solo, melhoria da qualidade dos frutos pela ausência do contato com o solo, redução da oscilação da temperatura além de diminuir as perdas de adubo e corretivos por lixiviação (ALVARENGA et al., 2001; BORGES et al., 2014; CÂMARA et al., 2007; MORAES et al., 2009; MONTENEGRO et al., 2013; SHEN et al., 2012; SILVA et al., 2011).

Inúmeros trabalhos, com as mais diversas culturas, têm mostrado resultados promissores em relação às vantagens adquiridos com o uso de cobertura do solo. Mota et al. (2010) verificaram que o armazenamento de água no solo foi maior no local que recebeu cobertura do solo com folhas de bananeira (*Musa* sp.), especialmente nas fases inicial e vegetativa da cultura do meloeiro (*Cucumis melo* L.). Trabalhando com a cultura do milho (*Zea mays* L.), para avaliar os efeitos de coberturas do solo na manutenção da umidade, Borges et al. (2014) concluíram que os tratamentos conservacionistas promoveram maiores incrementos no armazenamento de água

no solo e maior umidade do solo, na profundidade de 20 e 40 cm. Alvarenga et al. (2001) concluíram que a implantação e manejo das plantas de cobertura, oneram o custo dos sistemas de produção como um todo. Diante a importância e cada vez maior relevância dessas estratégias, muitos materiais e tipos de manejo de cobertura tem sido desenvolvidos com a finalidade de atender os diferentes mercados consumidores. Dentre os principais, podemos citar:

Filme de polietileno

Uma alternativa para minimizar as condições desfavoráveis ao plantio e obter melhores preços na entressafra principalmente de frutos como o melão, é o uso da cobertura dos solos com filmes de polietileno, que têm apresentado resultados positivos em relação à produtividade das culturas (SGANZERLA, 1991; SAMPAIO; ARAÚJO, 2001). Amplamente utilizado na olericultura e fruticultura, o filme de plástico se tornou popular devido sua durabilidade e praticidade. A cobertura do solo com plástico além de possibilitar redução das perdas de água por evaporação, regular a temperatura do solo, reduzir as perdas de nutrientes por lixiviação, controlar as doenças e ervas daninhas, melhorar a eficiência do uso da água e absorção de fertilizantes (BAKER et al., 1998), evita também que os frutos fiquem em contato direto com o solo, influenciando na sua qualidade e aparência, o que permite uma comercialização mais lucrativa (NEGREIROS et al., 2005).

Amplamente utilizado na olericultura e fruticultura, o filme de plástico se tornou popular devido sua durabilidade e praticidade. São utilizados para a cobertura do solo de acordo com a cultura, a necessidade e o resultado desejado, sendo utilizado com diferentes objetivos na agricultura e seus efeitos são variáveis em função da cor do filme utilizado (YURI ET AL., 2012; DANTAS ET AL., 2013). Vários tipos de filmes plásticos podem ser empregados para cobertura dos solos: opacos, pretos, transparentes, brancos, marrons, cinza, amarelos e prateados (dupla-face). Dependendo da coloração, opacidade ou transparência, os mesmos apresentam maior ou menor capacidade de transmitir radiações caloríficas e visíveis onde a escolha da cor vai depender das condições climáticas (SGANZERLA, 1991; SAMPAIO; ARAÚJO, 2001). Os filmes brancos e aluminizados apresentam maior capacidade de reflexão da luz solar e os pretos proporcionam maior capacidade de transmissão que o filme aluminizado (HAM et al., 1993). Os filmes transparentes têm capacidade de transmitir aos solos elevado percentual de radiações solares, ocasionando aumento da temperatura e conseqüentemente elevação da evaporação,

formando um filme d'água no plástico, que dificulta a perda de calor durante a noite (SAMPAIO; ARAÚJO, 2001; NEGREIROS et al., 2005). Por esse motivo, na região Nordeste, os filmes plásticos transparentes são usados para solarização.

A maior parte dos raios solares é refletida, quando o solo está coberto com filmes plásticos prateados, transmitindo pouca energia aos solos, evitando o aquecimento, sendo um dos materiais sintéticos mais adequados para regiões quentes (SGANZERLA, 1991). Araújo et al. (2000) observaram que o filme prateado promoveu menor aquecimento do solo a 5 cm de profundidade do que o filme preto ou o solo descoberto. Streck et al. (1997) observaram que os filmes plásticos brancos, amarelos e verdes apresentaram maior refletividade à luz solar, e que, no período diurno, a temperatura do solo foi maior sob filmes pretos, azuis e vermelhos (NEGREIROS et al., 2005).

Ao analisar os resultados do uso do filme de polietileno, confirmamos as suas inúmeras vantagens em culturas como o morangueiro (YURI et al, 2012), coqueiro (SANTOS et al., 2008), meloieiro (NEGREIROS et al., 2005) entre muitas outras espécies agricultáveis. Na cultura do café os resultados não são diferentes. Um dos fatores que mais onera o custo de produção do cafeeiro está relacionado ao controle de plantas daninhas. Em alguns estudos já ficou comprovado que cerca de dois terços dos recursos necessários para a formação da lavoura são consumidos com mão de obra, principalmente na capina (ROCHA et al., 2008). Tal fato justifica a importância deste estudo, principalmente no que tange a viabilidade do uso de filme de polietileno na cultura do cafeeiro. Além disso, por promover a redução da evaporação do solo, esta tecnologia poderá promover redução do consumo hídrico da cultura em áreas irrigadas, tornando a lavoura mais eficiente no uso da água em solo coberto (GONÇALVES et al., 2005; SANTOS 2017). Em cafeeiros irrigados com diferentes tensões de água e cultivados sob filme de polietileno prata e branco, foi constatado incremento no enfolhamento de 17,75% e 1,09% respectivamente quando comparados a cafeeiros sem o uso de cobertura (BORGES, 2017). Luz (2017) concluiu a alta incidência de cercosporiose (*Cercospora coffeicola*) foi atenuada pelo maior crescimento vegetativo e enfolhamento em cafeeiros das parcelas instaladas com o filme plástico quando comparado a outros tratamentos. Isso demonstra a viabilidade e aplicabilidade do filme de polietileno.

Os resultados positivos são o indicativo da viabilidade de utilização do produto de acordo com a mais variada gama de aplicabilidade que ele oferece bem como o investimento em pesquisas para o desenvolvimento de produtos com a utilização cada vez mais prática e viável economicamente.

Cobertura verde - Capim Braquiaria (*Urochloa decumbens*)

O uso de plantas de cobertura do solo tem sido uma estratégia capaz de aumentar a sustentabilidade da produção agrícola, trazendo benefícios para o solo, para o ambiente e consequentemente para as culturas de interesse econômico (PEDROSA et al., 2014). Elas favorecem a ciclagem de nutrientes, melhoram da estrutura do solo e a formação e manutenção de agregados pelas raízes. Além disso, o manejo das plantas de cobertura e a compreensão dos fatores que regulam sua decomposição assumem importante papel na produção agrícola, por possibilitar a elaboração de técnicas de cultivo que melhorem a utilização dos nutrientes contidos nos resíduos vegetais (GAMA-RODRIGUES; GAMA-RODRIGUES; BRITO, 2007).

Há muito tempo, a pesquisa comprovou a perda de produtividade em decorrência da falta de controle do mato, no cafezal. Em um primeiro momento, a interpretação dessa evidência levou à ideia de que o cafezal deveria ser mantido completamente limpo. Neste caso, o solo das entrelinhas ficava exposto à radiação solar, ao impacto da chuva e à ação dos ventos, todos prejudiciais ao cafeeiro, em razão da evaporação da água e do aquecimento excessivo dos primeiros 10 cm da superfície do solo. Atualmente, muitos produtores trabalham com o conceito de manejo do mato no cafezal, como no consórcio entre cafeeiro e braquiária. Nesse consórcio, a forrageira é cultivada na entrelinha, enquanto a linha de plantio do café é mantida coberta pelo resíduo lançado pela roçadora durante a ceifa na entrelinha (RAGASSI; PEDROSA; FAVARIN, 2013).

Entre as forrageiras cultivadas, as gramíneas do gênero *Brachiaria* são as mais usadas no Brasil. O capim braquiaria (*Urochloa decumbens*) é uma das plantas de maior importância quando tratamos da cobertura do solo em cafezais. Pertencente à família Poaceae, apresenta rusticidade, se adaptando bem às condições diversas de solo e manejo, boa adaptabilidade aos solos ácidos e pobres, elevada produção de sementes ao longo do período chuvoso e fácil

multiplicação por sementes, boa produção de biomassa e alta capacidade de competição com plantas invasoras (PACIULLO et al., 2016; PEDROSA et al., 2014).

O consórcio entre cafeeiro e braquiária tem sido cada vez mais utilizado. Na cafeicultura, o capim brachiaria é cultivado nas entrelinhas e seus restos culturais são depositados na projeção da copa do cafeeiro para que, quando reciclados, sirvam como fonte de nutrientes. Esse sistema assegura maior proteção permanente ao solo, além de fornecer matéria orgânica. O capim brachiaria inibe ainda o crescimento de plantas daninhas e evita temperaturas superiores a 33°C, o que evita a morte de parte das radículas e a maior perda de água por evaporação. Sua adoção pode diminuir as perdas de nitrogênio e aumentar a eficiência de utilização do nitrogênio disponível (PEDROSA et al., 2013; RAGASSI; PEDROSA; FAVARIN, 2013). Pode tornar a lavoura mais eficiente em termos de consumo de água e favorecer o desenvolvimento da lavoura pelas vantagens que a cobertura vegetal traz para o solo. Segundo Rocha et al. (2014), ao comparar lavouras com e sem o cultivo da braquiária na entrelinha do cafeeiro, verificaram um aumento de 18% da água prontamente disponível no solo com esse capim nas entrelinhas. Portanto, é possível reduzir o custo de produção, principalmente em lavouras irrigadas, lançando mão dessa estratégia. Após a roçada, a decomposição de parte das raízes da brachiaria ainda auxilia a formação de bioporos, um dos indicadores da qualidade do solo (PEDROSA et al., 2014; RAGASSI; PEDROSA; FAVARIN, 2013; SERAFIM et al., 2013).

Apesar das vantagens associadas à adoção do consórcio do cafeeiro com braquiária, sabe-se que sempre que ocorre o cultivo de mais de uma espécie de planta em um mesmo terreno, pode haver competição por água, luz e nutrientes. No entanto, não foi comprovado cientificamente que a braquiária cause esse efeito sobre o café. O mais provável é que haja competição por água e nutrientes, caso não seja mantida uma faixa mínima de 100 cm entre as duas espécies, em lavoura adulta. As experiências até então demonstram que essa estratégia de manejo apresenta inúmeros aspectos positivos que favorecem o crescimento das plantas de café em formação e das plantas em produção. Existem, por outro lado, riscos que podem ser proibitivos e que, portanto, devem ser considerados na decisão sobre a adoção do consórcio (RAGASSI; PEDROSA; FAVARIN, 2013).

Solo sem cobertura – vegetação espontânea

O manejo do cafeeiro em condições de solo exposto consiste basicamente na retirada de todo o material vegetal, deixando exposta à superfície do solo. Este tipo de manejo utiliza basicamente a de roçadora tratorizada nas entrelinhas enquanto nas linhas é realizada a capina ou aplicação de herbicida pré-emergente. Este tipo de manejo, também conhecido como manejo mecânico, apresenta grande aceitação por parte dos cafeicultores por apresentar maior economia e menor tempo de realização (LUZ, 2017; SANTOS et al., 2004; VELOSO et al., 2006). Em contrapartida, muitas das vantagens acometidas aos demais métodos ficam isentas nesse tipo de operação.

O manejo mecânico tem a finalidade primordial de eliminar as plantas daninhas e evitar a competição por nutrientes e água das mesmas com as plantas de café. Pode ser realizado em qualquer época do ano, entretanto, é recomendado que seja operado antes do florescimento das plantas daninhas, evitando a dispersão de sementes das mesmas, e antes da implantação de algum tipo de planta de cobertura. Seu uso pode ser tanto em cafezais em formação como em produção. Para isso, a declividade da área e o espaçamento entre as ruas de café devem ser adequadas para o trânsito do trator e do implemento (SANTOS et al., 2004).

Apesar das facilidades que esse tipo de manejo do solo traz, é preciso considerar que uso excessivo de implementos, principalmente aqueles com peso elevado, pode causar compactação do solo, a dominância de plantas infestantes e rebrotas de algumas espécies, principalmente as perenes. Nesses casos, é preciso fazer um manejo integrado, associando o manejo mecânico a outras técnicas como a capina manual ou o uso de herbicidas no final das chuvas (VELOSO et al., 2006).

O uso do herbicida, principalmente integrado ao manejo mecânico, apresenta vantagens como a maior facilidade e o maior rendimento operacional, menor demanda de mão-de-obra, não provoca o revolvimento do solo e permite flexibilidade quanto à época de aplicação. Em contrapartida, sua utilização requer equipamento adequado, proteção e aplicador especializado além de deixar o solo exposto. Isso por sua vez, pode levar a formação de uma camada impermeável na superfície do solo, impedido a infiltração de água e favorecendo a ocorrência de erosão (OLIVEIRA JR.; CONSTANTIN; INOUE, 2011; VELOSO et al., 2006). Além disso, a

aplicação desenfreada e não rotacionada de princípios ativos dos herbicidas pode causar sérios problemas relacionados à resistência das plantas invasoras, o que dificulta sobremaneira o manejo.

Basicamente, para execução do controle químico na lavoura cafeeira, devem ser observadas condicionantes essenciais na seleção do herbicida, como a fase de desenvolvimento da cultura (cafezal em formação ou em produção), época de aplicação do herbicida (pré-emergência e pós-emergência das plantas daninhas) e características das espécies infestantes (ciclo da planta e espécie) (VELOSO et al., 2006).

A sustentabilidade da cafeicultura sofre influência dos impactos ocasionados pelas aplicações dos métodos de manejo do solo. Isto tem sido observado pelos danos causados ao cafeeiro e ao solo, acumulando, ao longo do tempo, prejuízos à exploração destes. Estes danos são decorrentes da escolha e aplicação incorretas do método de controle e da frequência exagerada de sua adoção. Esses problemas podem ser evitados através da aplicação do manejo integrado, viabilizando-se o melhor sistema de convivência da cultura. Sua aplicação consiste em associar as vantagens, inerentes de cada método de manejo, considerando como requisitos fundamentais uma aplicação segura, a observação da idade, espaçamento e dimensão da lavoura, bem como o pleno conhecimento das espécies infestantes, seu estágio de desenvolvimento, tipo de propagação e tipo de folha (larga ou estreita), frequência e densidade populacional. Evidentemente que o estudo de sua biologia e fisiologia garantirá a formação de um diagnóstico consistente, que auxiliará na decisão correta de controle (VELOSO et al., 2006).

2.6. Condicionadores de solo para o cafeeiro

São denominados condicionadores todo e qualquer produto que promove a melhoria das qualidades química, física e biológica do solo (BRASIL, 2006). Eles podem variar de acordo com a sua origem e composição, podendo ser compostos por materiais orgânicos, polímeros sintéticos e condicionadores minerais (HICKMAN & WHITNEY, 2008).

O uso dos condicionadores de solo pode estar associado a vantagens como: redução dos efeitos do déficit hídrico no cafeeiro, manejo de algumas doenças que podem acometer o cultura, interferência na capacidade de ciclagem, retenção, disponibilidade de nutrientes e compostos fenólicos essenciais na resistência da planta e supressão de agentes causais das doenças (LUZ,

2017, BARBOSA, 2018; OLIVEIRA, 2017). Assim, justifica-se o investimento em pesquisas sobre esses compostos pelo conjunto de vantagens e pela sua aplicabilidade. Já foram e são testados vários tipos de condicionadores para as mais diversas finalidades. Na cultura do café, podemos citar a casca de café, o gesso agrícola e a utilização de compostos orgânicos.

A casca de café, que consiste no pergaminho resultante do beneficiamento (BOREM, 2008), atua no solo, contribuindo para a melhoria de suas propriedades físicas, químicas e biológicas. Ele promove um aumento na retenção de água pelo solo o que resulta em maior controle da erosão, a maior termo estabilidade, aumento da capacidade de troca de cátions e da atividade biológica do solo e ainda favorece o controle de plantas daninhas na projeção da copa (SANTOS et al. 2001). Devido a sua alta disponibilidade na etapa de pós colheita realizada tanto dentro quanto fora da propriedade, a casca de café é listada entre as fontes de matéria orgânica de maior disponibilidade econômica (FERNANDES et al., 2013). Em sua composição, são encontrados os seguintes teores médios: 3% de N; 0,15% de P_2O_5 ; 3,9% de K_2O . Para aplicação na lavoura cafeeira, recomenda-se doses menores em camadas de no máximo 3 a 4 cm para fornecimento de nutrientes de forma gradual (MATIELLO, 2016).

Fernandes et al. (2013) concluíram que o uso da casca de café como fonte de N, P, K e S foi viável, permitiu produtividade 25% maior e ainda redução das quantidades desses nutrientes aplicados via adubação mineral. A casca de café contribuiu ainda para aumento da capacidade de troca de cátions e matéria orgânica do solo. Santinato et al. (2008) concluíram que além da viabilidade técnica do uso da casca de café junto ao adubo químico, há uma viabilidade econômica pela associação de ambos, permitindo melhor relação custo/benefício, maior economia com a compra de adubos N, P, K e S frente ao seu alto preço e consecutivamente menor custo de produção por saca de café. Quanto à eficiência do uso da água, de forma direta, ainda não foi comprovada a eficiência dos condicionadores (CASTANHEIRA et al., 2017).

O sulfato de cálcio diidratado ($CaSO_4 \cdot 2H_2O$), denominado gesso agrícola, é um condicionador de solo, obtido como subproduto da indústria de fertilizantes fosfatados. Em sua composição, são encontrados 17 a 20% de Ca, 14 a 17% de S, 0,6 a 0,75% de P_2O_5 , 0,6 a 0,7% de Fe e 0,12% de Mg (REIS; CUNHA, 2010). A gessagem apresenta benefícios da correção de camadas subsuperficiais por meio da redução da saturação por Al^{3+} e adição de Ca^{2+} , adição de S e o caminhamento de Ca^{2+} , Mg^{2+} e K^+ em profundidade e melhora das condições do ambiente

para o desenvolvimento do sistema radicular, resultando em maior exploração de volume de solo, melhor aproveitamento da água e dos nutrientes contribuindo para maior tolerância das plantas ao estresse hídrico (RIBEIRO et al., 1999; MATIELLO; GARCIA; ALMEIDA, 2008; REIS; CUNHA, 2010).

Para o uso desse condicionador, existem critérios químicos e físicos do solo, e sua recomendação deve ser realizada com base numa prévia análise de solo. Seu uso indiscriminado ou quando não recomendado, pode acarretar problemas ao invés de benefícios. A aplicação de gesso é recomendada quando a análise de solo da camada subsuperficial (20 a 40 cm) apresenta pelo menos uma das seguintes situações: teor de Al^{3+} superior a $0,5 \text{ cmolc dm}^{-3}$, teor de Ca^{2+} inferior a $0,4 \text{ cmolc dm}^{-3}$; saturação por Al^{3+} superior a 30% (GUIMARÃES et al., 1999). Segundo Furtiniet al. (2001), a produção do café é limitada pela acidez do solo, uma vez que limita o crescimento radicular afetando assim a utilização da água em profundidade. Nesse sentido, o uso do gesso é uma prática que permite maior tolerância e melhor resposta da cultura frente a veranicos e outros estresses hídricos. Em outro experimento com gesso agrícola, Serafim (2011) verificou que os melhores resultados químicos devido a aplicação de gesso no cafeeiro, foram potencializados quando associados a outras práticas como adubação adequada, tratos fitossanitários e manutenção da cobertura na entrelinha.

O composto orgânico é o adubo mais tradicional e natural utilizado na agricultura. Pode ser obtido principalmente via processo de compostagem, onde uma mistura de resíduos orgânicos de origem animal e vegetal sofrem fermentação aeróbica e decomposição por microrganismos (bactérias e fungos). Após a estabilização da matéria crua, também conhecida popularmente como adubo curtido, o composto resultante apresenta cor escura, alto teor de húmus e matéria orgânica, substâncias orgânicas mineralizadas e os nutrientes nas formas disponíveis para as plantas. A presença de contaminantes, microrganismos patogênicos e sementes de plantas daninhas é eliminada ou reduzida após o processo de compostagem e por isso é necessário que o resíduo orgânico passe por esse processo (OLIVEIRA; LIMA; CAJAZEIRA, 2004; RICCI; ARAUJO; FRANCH, 2002).

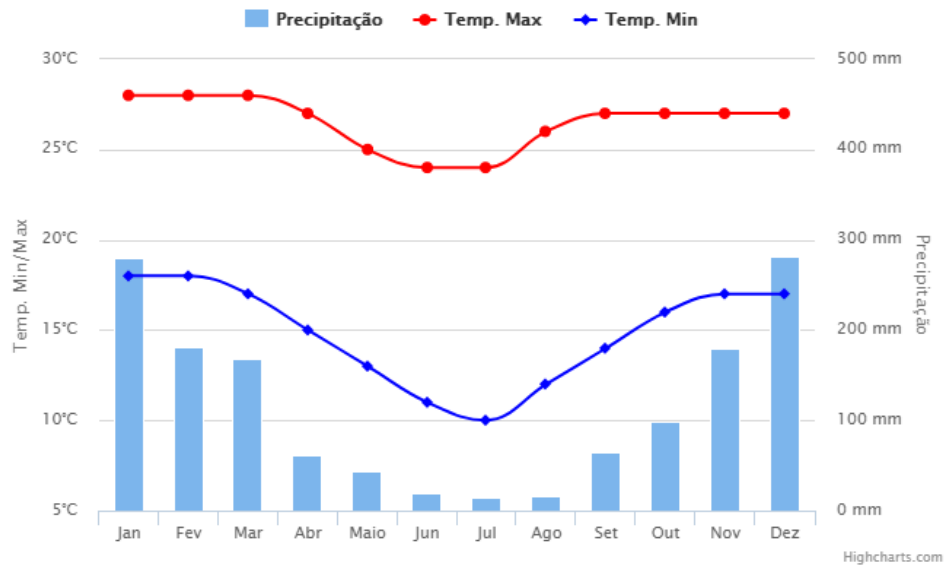
As maiores vantagens associadas à utilização do adubo orgânico são o menor impacto no ambiente produtivo e também a redução dos custos de produção, o que tem contribuído para o

aumento da adubação a partir de fontes e resíduos orgânicos. Esses resíduos utilizados como fonte de matéria orgânica e condicionador de melhorias nas propriedades químicas, físicas e biológicas do solo podem ser processados de diferentes formas (MARCHI, 2006; REZENDE, 2010), contribuindo para o aumento nos teores de matéria orgânica, o que favorece a maior atividade microbiana, retenção de água e controla a temperatura do solo, maior aeração, infiltração e retenção de água, capacidade de troca de cátions, fósforo, potássio, cálcio e magnésio, melhorando assim, a fertilidade do solo (OLIVEIRA; LIMA; CAJAZEIRA, 2004; REZENDE, 2010). Devido a qualidade nutricional, biológica e condicionadora do solo, a utilização de adubos como o composto orgânico se apresenta viável para sistemas de produção orgânica e ainda pode resultar em menor custo com a compra de fertilizantes minerais gerando economia. Nos solos brasileiros, que na sua maioria são pobres em matéria orgânica, a aplicação de composto orgânico tem sido bastante recomendada (MARCHI, 2006; REZENDE, 2010).

3. MATERIAL E MÉTODOS

3.1. Caracterização da área

O experimento foi conduzido em campo, na área experimental do Setor de Cafeicultura do Departamento de Agricultura – DAG, na Universidade Federal de Lavras – UFLA, no município de Lavras-MG. As coordenadas geográficas da área são: latitude 21°13'36.47'' Sul e longitude 44°57'40.35 Oeste, com altitude média de 975 metros. O clima regional é classificado como Cwa, segundo a classificação de Köppen, com duas estações distintas: seca no período de abril a setembro e chuvosa, no período de outubro a março (Figura 2).



Fonte: climatempo.

FIGURA 2. Comportamento médio da chuva e da temperatura ao longo do ano em Lavras/MG.

3.2. Delineamento experimental e tratamentos

O experimento foi implantado no delineamento blocos casualizados (DBC), com três repetições. Os tratamentos foram constituídos pela associação dos manejos de solo (filme de polietileno, braquiária e vegetação espontânea) com a utilização de condicionadores de solo (casca de café, composto orgânico, gesso) além de uma testemunha que não recebeu o condicionador (Tabela 1). Os tratamentos foram dispostos em esquema fatorial 3x4 e alocados em parcelas subdivididas. As parcelas foram compostas por seis plantas de café da cultivar “Mundo Novo 379-19”. Apenas as quatro plantas centrais foram consideradas como área útil para avaliação. Além disso, entre as linhas dos tratamentos foram utilizadas plantas de bordadura com a finalidade de evitar interferência entre parcelas ou interferência do ambiente circundante.

Tabela 1. Tratamentos utilizados no experimento com os respectivos fatores.

Tratamentos	Condicionadores de solo	Cobertura de solo
1	Casca	
2	Composto	Filme de Polietileno
3	Gesso	
4	Sem condicionador	
5	Casca	
6	Composto	Capim Braquiária
7	Gesso	
8	Sem condicionador	
9	Casca	
10	Composto	Vegetação Espontânea
11	Gesso	
12	Sem condicionador	

3.3. Instalação e manejo do experimento

Como material genético foram utilizadas mudas de café da cultivar “Mundo Novo 379-19”, que foram plantadas em 21 de janeiro de 2016, em espaçamento 3,6 metros nas entrelinhas e 0,75 entre as plantas na linha de plantio. Na adubação, foi utilizada dose de 1,9 t. ha⁻¹ de calcário em área total, com o objetivo de elevar a saturação por bases para 70%. O calcário utilizado possuía 35% de CaO e 14% de MgO, com PRNT de 90%. De forma complementar, foi aplicado 150 g.m⁻¹ de calcário no sulco de plantio. Posteriormente, realizou-se adubação com 350 g de superfosfato simples por metro linear de sulco.

A adubação fosfatada e as adubações pós-plantio foram realizadas de acordo com os resultados da análise de solo, seguindo as recomendações estabelecidas na 5ª aproximação da Comissão de Fertilidade do Solo do Estado de Minas Gerais (GUIMARÃES et al., 1999). Para o cálculo da adubação de produção, levou-se em conta os teores dos nutrientes no solo e a produtividade esperada por parcela, considerando a metodologia de Fahl et al. (2005). O adubo utilizado foi de liberação controlada (30-00-10), seguindo-se as recomendações do fabricante. Quando necessária a suplementação com potássio, foi feita com cloreto de potássio.

O controle de pragas e doenças foi realizado por meio de monitoramento regular da lavoura, conforme o calendário agrícola da cultura, para verificar a necessidade de controle, seguindo as recomendações de Matiello et al. (2010). As pulverizações foliares seguiram as

especificações de Guimarães et al. (1999). O controle de plantas daninhas na entrelinha do cafeeiro foi feito com a roçadora mecânica em todas as parcelas experimentais. Na linha de plantio, o controle de plantas daninhas foi de acordo com os manejos específicos de cada tratamento.

Para o manejo da cobertura do solo, foi instalado na linha de plantio o filme plástico de polietileno de dupla face, nas cores branca para parte superior e preta para parte inferior. O controle de plantas daninhas nas entrelinhas foi realizado com roçadora mecânica acoplada ao trator. O capim Braquiária (*Urochloa decumbens*), foi semeado a lanço (10 kg. ha⁻¹ de sementes), em uma faixa na entrelinha a uma distância de 100 cm do cafeeiro. Em intervalos de 35 a 45 dias, durante o período chuvoso até o início do período de seca, o capim braquiária foi cortado entre 5 a 10 cm de altura, com roçadora mecânica acoplada ao trator e o material roçado foi aplicado até 100 cm sob a copa do cafeeiro, de cada lado da linha de plantio. No manejo com a vegetação espontânea foi realizado o controle de plantas daninhas com roçadora mecanizada nas entrelinhas e aplicação de herbicida pré-emergente ou capina nas linhas.

Como condicionador de solo, aplicou-se 10 L por planta de casca de café, na projeção da copa do cafeeiro em cobertura após o plantio. O gesso agrícola foi aplicado na dose de 300 g.m⁻² em cobertura de cada lado da linha, também após o plantio. Foi utilizado o composto orgânico do Grupo Mantiqueira na dose de 10 L por planta. Para a casca, gesso agrícola e composto orgânico, foram seguidas as recomendações de Guimarães et al. (1999). Para a testemunha não foi utilizado nenhum condicionador de solo.

3.4. Características avaliadas

3.4.1. NDVI

Para a aferição do NDVI (Índice de Vegetação por Diferença Normalizada/Normalized Difference Vegetation Index) foi utilizado o sensor manual GreenSeeker (Trimble, USA). A avaliação foi feita no mês de julho de 2018. O aparelho GreenSeeker foi posicionado a 0,80 m acima do topo das plantas e procedeu-se três leituras do equipamento por parcela.

3.4.2. Crescimento

A avaliação de crescimento foi realizada uma vez ao longo do ano, no final da estação seca (julho). Foram avaliados os caracteres altura de planta (AP) e diâmetro do caule (DC). Na avaliação de altura da planta, foi realizada a aferição da medida do colo da planta até a gema apical do ramo ortotrópico, por meio de régua graduada (m). Na avaliação do diâmetro, foi utilizado como aparelho de medida um paquímetro eletrônico digital (mm) e aferida a região do colo das plantas.

3.4.3. Fotossíntese

Para a avaliação no mês de julho, foi utilizado o medidor portátil de análise de gás na região do infravermelho (IRGA LICOR – 6400XT). Avaliou-se a taxa fotossintética líquida ($A - \mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$) e as avaliações foram realizadas entre as 8 e 10 horas da manhã, sob luz artificial ($1000 \mu\text{mol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$), utilizando apenas as folhas completamente expandidas, localizadas no terceiro nó a partir do ápice do ramo plagiotrópico.

3.5. Análises estatísticas dos dados

Foi realizada a análise de variância dos dados com o auxílio do *software Sisvar* versão 5.6 (FERREIRA, 2008). Para diferenças significativas entre as fontes de variação, foram avaliados seus respectivos efeitos. As médias dos tratamentos foram comparadas pelo teste de Tukey, com 5% de probabilidade. Procedeu-se também a análise de correlação de Pearson, com a finalidade de estabelecer a correlação entre as variáveis analisadas.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Com o objetivo de estimar a precisão experimental, foram obtidos os valores do coeficiente de variação (CV%) (Tabelas 2, 3, 4, e 5). Os coeficientes de variação calculados para as avaliações do NDVI, altura e diâmetro do caule encontraram-se abaixo de 10%, o que, segundo Pimentel Gomes (2000) são considerados baixos. Isso supostamente indica que o experimento obteve uma precisão experimental boa.

De acordo com o resultado da análise de variância para a avaliação de NDVI (Tabela 2), foi observada diferença significativa ($p < 0,05$) no desempenho médio dos tratamentos quanto á

utilização das diferentes coberturas. Isso significa que a cultivar de café Mundo Novo 379-19, utilizada no experimento, reagiu de forma diferente quanto à variação dos tipos de cobertura, resultando em diferentes valores de NDVI. As análises de NDVI são utilizadas para medir a condição da planta em termos de área foliar ou área fotossinteticamente ativa. Neste caso, podemos afirmar que as plantas de café ‘Mundo Novo 379-19’ apresentaram desenvolvimento vegetativo diferente quando aplicadas diferentes coberturas de solo. O mesmo não foi observado quando consideramos o fator condicionar de solo, cujo efeito sobre o caráter NDVI foi não significativo. Isto mostra que o cafeeiro apresentou comportamento estatisticamente igual quanto à utilização de condicionadores de solo. O teste F mostrou a significância do efeito de blocos, mostrando que o delineamento foi adequadamente empregado. A interação cobertura com condicionadores (Cobertura*Condicionador) foi não significativa, indicando que não houve diferença no desempenho médio dos tratamentos quando consideradas as duas variáveis simultaneamente.

Tabela 2. Resumo da análise de variância para as avaliações de NDVI.

FV	GL	SQ	QM
Cobertura	2	0.021	0.011*
Blocos	2	0.046	0.023*
Erro 1	4	0.005	0.001
Condicionador	3	0.017	0.006 ^{NS}
Cobertura*Condicionador	6	0.012	0.002 ^{NS}
Erro 2	18	0.036	0.002
Total corrigido	35	0.137	
CV1 (%)	4.46		
CV2 (%)	5.89		

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

Com base nos resultados da análise de variância para a avaliação de altura (Tabela 3), não foi observada diferença significativa ($p < 0,05$) no desempenho médio dos tratamentos quanto à utilização das diferentes coberturas e condicionadores de solo isoladamente. Isso significa que a cultivar de café ‘Mundo Novo 379-19’, utilizada no experimento, não reagiu de forma diferente quanto à variação dos tipos de cobertura e quanto à variação dos tipos de condicionadores, resultando em alturas de planta estatisticamente iguais. Isto mostra que a cultivar de café ‘Mundo Novo 379-19’ apresentou comportamento estatisticamente igual em relação à altura quanto à utilização de diferentes coberturas e condicionadores de solo. O teste F mostrou novamente a

significância do efeito de blocos, mostrando que o delineamento foi adequadamente empregado. A interação cobertura com condicionadores (Cobertura*Condicionador) foi não significativa, indicando que não houve diferença no desempenho médio dos tratamentos quando consideradas as duas variáveis simultaneamente.

Tabela 3. Resumo da análise de variância para as avaliações de altura.

FV	GL	SQ	QM
Cobertura	2	0.087	0.044 ^{NS}
Blocos	2	0.291	0.145 [*]
Erro 1	4	0.034	0.009
Condicionador	3	0.036	0.012 ^{NS}
Cobertura*Condicionador	6	0.026	0.004 ^{NS}
Erro 2	18	0.215	0.012
Total corrigido	35	0.689	
CV1 (%)	6.00		
CV2 (%)	7.06		

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

De acordo com o resultado da análise de variância para a avaliação de diâmetro de caule (Tabela 4), foi observada diferença significativa ($p < 0,05$) no desempenho médio dos tratamentos quanto à utilização das diferentes coberturas. Isso significa que a cultivar de café utilizada no experimento, reagiu de forma diferente quanto à variação dos tipos de cobertura, resultando em diferentes aferições de diâmetros de caule. Neste caso, podemos afirmar que as plantas de café ‘Mundo Novo 379-19’ apresentaram desenvolvimento de caule diferentes quando aplicadas diferentes coberturas de solo. O mesmo não foi observado quando consideramos o fator condicionador de solo, cujo efeito sobre o caráter diâmetro de caule foi não significativo. Isto mostra que a cultivar de café ‘Mundo Novo 379-19’ apresentou comportamento estatisticamente coincidente quanto à utilização de condicionadores de solo diferentes. O teste F mostrou a significância do efeito de blocos, mostrando que o delineamento foi adequadamente empregado. A interação cobertura com condicionadores (Cobertura*Condicionador) foi não significativa, indicando que não houve diferença no desempenho médio dos tratamentos quando consideradas as duas variáveis simultaneamente sobre o efeito do caráter diâmetro de caule.

Tabela 4. Resumo da análise de variância para as avaliações de diâmetro de caule.

FV	GL	SQ	QM
Cobertura	2	231.161	115.580*
Blocos	2	262.084	131.042*
Erro 1	4	59.653	14.913
Condicionador	3	78.036	26.012 ^{NS}
Cobertura*Condicionador	6	27.853	4.642 ^{NS}
Erro 2	18	198.463	11.026
Total corrigido	35	857.249	
CV1 (%)	9.88		
CV2 (%)	8.49		

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

Com base nos resultados da análise de variância para a avaliação da taxa fotossintética (Tabela 5), não foi observada diferença significativa ($p < 0,05$) no desempenho médio dos tratamentos quanto à utilização das diferentes coberturas e condicionadores de solo isoladamente. Isso significa que as plantas de café utilizadas no experimento não reagiram de forma diferente quanto à variação dos tipos de cobertura e quanto à variação dos tipos de condicionadores, resultando em taxas fotossintéticas estatisticamente iguais entre as plantas avaliadas. Isto mostra que a cultivar de café ‘Mundo Novo 379-19’ apresentou comportamento estatisticamente igual em relação à fotossíntese quanto à utilização de diferentes coberturas e condicionadores de solo. O teste F mostrou, diferentemente do constatado para os outros caracteres avaliados, que não houve significância do efeito de blocos. Isso mostra que o delineamento em blocos casualizados pode não ter sido adequadamente empregado nesse caso. A interação cobertura com condicionadores (Cobertura*Condicionador) foi não significativa, indicando que não houve diferença no desempenho médio dos tratamentos quando consideradas as duas variáveis simultaneamente.

Tabela 5. Resumo da análise de variância para as avaliações de fotossíntese.

FV	GL	SQ	QM
Cobertura	2	7.922	3.961 ^{NS}
Blocos	2	21.152	10.576 ^{NS}
Erro 1	4	19.227	4.807
Condicionador	3	4.689	1.563 ^{NS}
Cobertura*Condicionador	6	1.863	0.310 ^{NS}
Erro 2	18	13.395	0.744
Total corrigido	35	68.247	
CV1 (%)	41.43		
CV2 (%)	16.30		

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

Pelo teste de Tukey, para os tratamentos avaliados quanto às diferentes coberturas de solo, as médias para os caracteres NDVI e diâmetro de caule foram divididas em dois grupos, a e b (Tabelas 6 e 7). A separação em grupos evidencia a diferença do desempenho médio das plantas quanto aos caracteres NDVI e diâmetro de caule. Pelo teste Tukey no mês de julho, período após a colheita caracterizado por baixo precipitação e baixa umidade relativa, o manejo com a vegetação espontânea apresentaram média de NDVI superior quando comparado ao filme de polietileno (Tabela 6). Este resultado inesperado pode ser explicado sugerindo que o filme plástico branco, utilizado como cobertura, tenha causado interferência na reflectância do aparelho portátil utilizado para a aferição dos valores de NDVI, resultando em valores abaixo do esperado. Outra possível explicação é que a alta irradiação solar no material branco utilizado como cobertura de solo possa ter acarretado em fotodegradação das clorofilas (TAIZ; ZEIGER, 2004), reduzindo assim a absorção na região do vermelho, acarretando em redução dos valores de NDVI. Os maiores valores de NDVI encontrados no manejo com a vegetação espontânea podem ter sido devido à menor desfolha observada visivelmente nesses manejos no período após a colheita, considerando a correlação da biomassa das plantas com o NDVI (SILVA, F. M.; ALVES, M. C. , 2013; GONÇALVES, 2015; SANTOS, 2017; COELHO, 2019)

Para as avaliações de diâmetro de caule, a braquiária apresentou maior diâmetro de caule quando comparada a vegetação espontânea. Diferentemente do ocorrido anteriormente, para esse caráter, o melhor seria que o solo estivesse coberto com a braquiária, de acordo com o teste de médias, já que a este esteve associada à maior média de diâmetro de caule. Assim, o manejo com a braquiária na entrelinha proporcionou maior diâmetro de caule quando comparado ao manejo

com a vegetação espontânea. Esse resultado certamente está associado aos benefícios que a braquiária pode proporcionar ao solo, como proteção na linha do cafeeiro pela palhada, manutenção da umidade, estruturação do solo dentre inúmeras outras vantagens citadas na literatura. (PEDROSA et al., 2013; PEDROSA et al., 2014; RAGASSI; PEDROSA; FAVARIN, 2013; SERAFIM et al., 2013; ROCHA et al., 2016)

Para as variáveis altura de plantas e taxa fotossintética (Tabelas 8 e 9), não foram observadas diferenças na altura de plantas e na taxa fotossintética para os diferentes manejos da cobertura de solo e, portanto, pelo teste de Tukey, não diferiram entre si quanto aos manejos com cobertura de solos estudados. Assim, os tratamentos comportam-se de forma semelhante estatisticamente, quando consideradas as diferentes coberturas de solo, pelo teste de médias apresentado. Em relação à fotossíntese, esse fato pode ser atribuído a redução da atividade fotossintética das plantas de todos os manejos nesse período de baixa disponibilidade hídrica e umidade relativa do ar, devido ao fechamento estomático acarretando em redução da entrada de CO₂ para as plantas (TAIZ; ZEIGER, 2004).

Tabela 6. Médias de NDVI atribuídas para cada tratamento sob diferentes coberturas de solo.

Tratamentos	Médias
Filme de Polietileno	0.72 b
Braquiária	0.76 a b
Vegetação Espontânea	0.78 a

Médias seguidas pela mesma letra pertencem ao mesmo grupo, pelo teste de Tukey (P≤0.05)

Tabela 7. Médias de diâmetro de caule atribuídas para cada tratamento sob diferentes coberturas de solo.

Tratamentos	Médias
Vegetação Espontânea	35.75 b
Filme de Polietileno	39.68 a b
Braquiária	41.87 a

Médias seguidas pela mesma letra pertencem ao mesmo grupo, pelo teste de Tukey (P≤0.05)

Tabela 8. Médias de altura de planta atribuídas para cada tratamento sob diferentes coberturas de solo.

Tratamentos	Médias
Vegetação Espontânea	1.50 a
Filme de Polietileno	1.51 a
Braquiária	1.61 a
Médias seguidas pela mesma letra pertencem ao mesmo grupo, pelo teste de Tukey ($P \leq 0.05$)	

Tabela 9. Médias de taxa fotossintética atribuídas para cada tratamento sob diferentes coberturas de solo.

Tratamentos	Médias
Filme de Polietileno	4.89 a
Braquiária	5.03 a
Vegetação Espontânea	5.95 a
Médias seguidas pela mesma letra pertencem ao mesmo grupo, pelo teste de Tukey ($P \leq 0.05$)	

Para os caracteres NDVI, altura de plantas, diâmetro de caule e taxa fotossintética, aferidos sob a variável condicionadores de solo (Tabelas 10, 11, 12, e 13), as médias não foram diferentes entre si pelo teste de Tukey. Assim, os tratamentos comportam-se de forma semelhante estatisticamente, em média, quando considerados os diferentes condicionadores de solo.

Tabela 10. Médias de NDVI atribuídas para cada tratamento sob diferentes condicionadores de solo.

Tratamentos	Médias
Sem Condicionador	0.73 a
Gesso	0.74 a
Casca	0.77 a
Composto	0.78 a
Médias seguidas pela mesma letra pertencem ao mesmo grupo, pelo teste de Tukey ($P \leq 0.05$)	

Tabela 11. Médias de altura de planta atribuídas para cada tratamento sob diferentes condicionadores de solo.

Tratamentos	Médias
Sem Condicionador	1.52 a
Gesso	1.52 a
Composto	1.54 a
Casca	1.60 a

Médias seguidas pela mesma letra pertencem ao mesmo grupo, pelo teste de Tukey ($P \leq 0.05$)

Tabela 12. Médias de diâmetro de caule atribuídas para cada tratamento sob diferentes condicionadores de solo.

Tratamentos	Médias
Gesso	36.92 a
Sem Condicionador	38.61 a
Composto	40.21 a
Casca	40.66 a

Médias seguidas pela mesma letra pertencem ao mesmo grupo, pelo teste de Tukey ($P \leq 0.05$)

Tabela 13. Médias de taxa fotossintética atribuídas para cada tratamento sob diferentes condicionadores de solo.

Tratamentos	Médias
Sem Condicionador	4.87 a
Composto	5.15 a
Gesso	5.26 a
Casca	5.86 a

Médias seguidas pela mesma letra pertencem ao mesmo grupo, pelo teste de Tukey ($P \leq 0.05$)

A correlação de Pearson foi realizada com a finalidade de estabelecer o nível de correlação entre os caracteres avaliados no experimento (Tabela 14). Ela foi obtida comparando-se os valores e as variações de NDVI com todos os demais caracteres avaliados, altura (cm), diâmetro de caule (mm) e fotossíntese (Tabela 14). Podemos constatar que todas as variáveis apresentaram correlação positiva e significativa com os valores de NDVI. Isso indica que a

medida que os valores de NDVI aumentam ou reduzem, os demais caracteres acompanham com respectivo aumento ou redução das suas magnitudes.

A correlação encontrada do NDVI com altura de plantas corrobora com os resultados obtidos por Silva et al. (2019), a qual encontrou correlação de 0,71. Além disso, a correlação encontrada do NDVI com a fotossíntese ressalta a relação dos pigmentos fotossintetizantes e a absorção da região do comprimento de onda vermelho emitido pelo aparelho, o qual a absorção é influenciada pelo conteúdo de clorofila (SAMBORSKI; TREMBLAY; FALLON, 2009). Dessa forma, uma planta mais vigorosa possivelmente proporciona melhores condições para o crescimento e desenvolvimento das plantas, sendo, portanto, o NDVI correlacionado com essas variáveis (diâmetro de caule e altura).

Tabela 14. Coeficiente de correlação de Pearson para as variáveis altura de plantas, diâmetro de caule e fotossíntese com o caráter NDVI.

Variável	Altura (cm)	Diâmetro de caule (mm)	Fotossíntese
	r	r	r
NDVI	0,65*	0,46*	0,46*

* Significativo a 5% de probabilidade

5. CONCLUSÕES

- A utilização de diferentes manejos na cobertura de solo afetou o NDVI e diâmetro de caule;
- O manejo com a vegetação espontânea apresentou média de NDVI superior no mês de julho (após a colheita) quando comparado ao filme de polietileno, esse fato pode estar relacionado a atuação do filme plástico branco na reflexão da radiação incidente do aparelho;
- O manejo com a braquiária na entrelinha proporcionou maior diâmetro de caule quando comparado ao manejo com a vegetação espontânea;

- As variáveis estudadas apresentaram correlação positiva e significativa com os valores de NDVI, sugerindo a possibilidade melhoria simultânea desses caracteres através do manejo adequado.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALVARENGA, R. C., CABEZAS, W. A. L., CRUZ, J. C., & SANTANA, D. P. . Plantas de cobertura de solo para sistema plantio direto. **Embrapa Milho e Sorgo-Artigo em periódico indexado (ALICE)**, 2001.
- AKHTER, J.; MAHMOOD, K.; MALIK, K.A.; MARDAN, A.; AHMAD, M.; IQBAL, M.M. Effects of hydrogel amendment on water storage of sandy loam and loam soils and seedling growth of barley, wheat and chickpea. *Plant Soil Environ*, v. 50, n. 10, p. 463-469, 2004.
- ARAÚJO, A.P.; NEGREIROS, M.Z.; BEZERRA NETO, F.; PEDROSA, J.F.; FERREIRA, R.L.F. Cobertura do solo e métodos de plantio na qualidade de melão. *Horticultura Brasileira*, Brasília, v.18, p.515-516, Jul., 2000. Suplemento 1. Trabalho apresentado no 40o Congresso Brasileiro de Olericultura, 2000
- AZEVEDO, T.L.F. Avaliação da eficiência do polímero agrícola de poliacrilamida no fornecimento de água para o cafeeiro (*Coffea arabica* L) cv. Tupi. Maringá, Universidade Estadual de Maringá, 2000.
- BAKER, J.T.; EARHART, D.R.; BAKER, M.L.; DAINELLO, F.J.; HABY, V.A. Interactions of poultry litter, polyethylene mulch, and floating row covers on triploid watermelon. *HortScience*, v.33, n.5, p.810-813, 1998.
- BALIZA, D. P., CUNHA, R. L. D., CASTRO, E. M. D., BARBOSA, J. P. R. A. D., PIRES, M. F., & GOMES, R. A. Trocas gasosas e características estruturais adaptativas de cafeeiros cultivados em diferentes níveis de radiação. *Coffee Science*, Lavras, v. 7, p. 250-258, 2012.
- BARBOSA, S. M. Condicionamento físico hídrico do solo como potencializador do crescimento inicial do cafeeiro. 2015. 67 p. Dissertação (Mestrado em Ciência do Solo) -Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2015.
- BARBOSA, S. M. Manejo de cambissolos e argissolos na implantação de cafeeiros. 2018. 90 p. Tese (Doutorado em Ciência do Solo) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2018.
- BATISTA, L. A., GUIMARÃES, R. J., PEREIRA, F. J., CARVALHO, G. R., & DE CASTRO, E. M.. Anatomia foliar e potencial hídrico na tolerância de cultivares de café ao estresse hídrico. *Ciência Agrônômica*, Fortaleza, v. 41, n. 3, p. 475-481, 2010.

BORGES, T. K. DE S., MONTENEGRO, A. A. A., DOS SANTOS, T. E. M. D.; SILVA, D. D.; DE PAULA E SILVA JUNIOR, V. Influência de práticas conservacionistas na umidade do solo e no cultivo do milho (*ZeaMays* L.) em semiárido nordestino. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Viçosa, v. 38, p. 1862–1873, nov./dez. 2014. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/rbcs/v38n6/a21v38n6.pdf>>. Acesso em: 1 nov. 2018.

BORGES, V. M. R. Interferência do mulching e das tensões de água no solo na presença do bicho-mineiro e na taxa de enfolhamento do cafeeiro. 2017. 23 p. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Agronomia) – Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2017.

BRASIL – Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Instrução Normativa n.27, de 05/05/2006.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento – MAPA. Café: café no Brasil. 2017. <<http://www.agricultura.gov.br/assuntos/politica-agricola/cafe>> Acesso em 24/04/2019.

BRODRIBB, T. J.; FEILD, T. S.; JORDAN, G. J. J. Leaf maximum photosynthetic rate and venation are linked by hydraulics. *Plant Physiology*, Bethesda, v. 144, p. 1890-1898, 2007.

CAIXETA, G. Z. T.; GUIMARÃES, P. T. G.; ROMANIELLO, M. M. Gerenciamento como forma de garantir a competitividade da cafeicultura. *Inf. Agropec.*, v. 29, n. 247, p. 14-23, 2008.

CÂMARA, M. J. T.; NEGREIROS, M. Z. de; MEDEIROS, J. F. de; BEZERRA NETO, F.; BARROS JÚNIOR, A. P. 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. Clima. In: MATIELLO, J.B.; ABREU, R.G.; ANDRADE, I.P.R. (Coord.). *Cultura do café no Brasil: manual de recomendações*. Rio de Janeiro: IBC, 1974.

CAMARGO, A.P. Zoneamento de aptidão climática para a cafeicultura de arábica e de robusta no Brasil. In: IBGE. *Recursos naturais, meio ambiente e poluição: contribuição de um ciclo de debates*. Rio de Janeiro, v.1, p.68-76, 1977.

CAMARGO, A.P. de; PEREIRA, A.R. *Agrometeorology of the coffee crop*. Geneva: World Meteorological Organization, 96 p. (World Meteorological Organization. *CAgM Report*, 58). 1994.

CAMARGO, A. P.; CAMARGO, M. B. P. Definição e esquematização das fases fenológicas do cafeeiro Arábica nas condições tropicais do Brasil. *Bragantia*, Campinas, v. 60, n. 1, p. 65-68, 2001.

CASTANHEIRA, D., GUIMARÃES, R., BASTOS, I. D. S., CRUVINEL, A., CARVALHO, R. D. S., & CARVALHO, M. D. F. Eficiência do uso da água de cafeeiros cultivados com fertilizantes especiais e condicionadores de solo em condições de restrição hídrica. In *Embrapa Café-Resumo em anais de congresso (ALICE)*. In:

CHAVES, M. M. et al. How plants cope with water stress in the field? Photosynthesis and growth. *Annals of Botany*, Oxford, v. 89, n. 7, p. 907-916, 2002.

CASTILLO, M. A. C., Establecimiento de los niveles de tolerancia al riego deficitário y empleo de agua salina em plantas autóctonas mediterrâneas com fines ornamentales. 2011. 186f. Tesis de doctorado en Ciencias. Universidad Politécnica de Cartagena, 2011.

CID, L. P. B.; TEIXEIRA, J. B. Fisiologia Vegetal: definições e conceitos. EMBRAPA Recursos Genéticos e Biotecnologia - Documentos (INFOTECA-E), 2017.

COELHO, A. P. Agronomic performance of white oats crop, assessed by remote sensing, under application of sewage effluent treated and irrigation levels. Universidade Estadual Paulista (UNESP), Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias (Dissertação), Jaboticabal, 2019.

CONGRESSO DA PÓS-GRADUAÇÃO. Lavras. Inovação tecnológica na Universidade de Lavras. Lavras: UFLA, 2017.

COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO - CONAB. Acompanhamento da safra brasileira de café - Safra 2015, segundo levantamento. Brasília, v. 2, p. 1-59, n. 2, junho 2015. Disponível em: <https://www.conab.gov.br/info-agro/safras/cafe/boletim-da-safra-de-cafe/item/download/1180_8e9cae8899f2dd460048b00c5b67ff08>. Acesso em: 30 abril, 2019.

COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO - CONAB. Acompanhamento da safra brasileira de café - Safra 2018, terceiro levantamento. Brasília, v. 5, p. 1-76, n. 3, setembro 2018. Disponível em: <https://www.conab.gov.br/component/k2/item/download/22249_796d70cec80b021e204b5514764e77b4>. Acesso em: 30 abril, 2019.

CONAB | ACOMPANHAMENTO DA SAFRA BRASILEIRA DE CAFÉ | v. 6 - Safra 2019, n. 1 - primeiro levantamento, janeiro de 2019.

DAMATTA, F. M.; MAESTRI, M. Photoinhibition and recovery of photosynthesis in *Coffea arabica* and *C. canephora*. *Photosynthetica*, 34: p. 439-446, 1997.

DAMATTA, F. M. Exploring drought tolerance in coffee: a physiological approach with some insights for plant breeding. *Brazilian Journal of Plant Physiology*, v.16, n.1, p. 1-6, 2004.

DANTAS, M. S. M.; GRANGEIRO, L. C.; MEDEIROS, J. F.; CRUZ, C. A.; CUNHA, A. P. A. Rendimento e qualidade de melancia cultivada sob proteção de agrotêxtil combinado com mulching plástico. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, Campina Grande, PB, v.17, n.8, p.824-829, 2013.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA – EMBRAPA. Produção mundial de café atinge 160 milhões e consumo 159 milhões de sacas no ano cafeeiro 2017-2018. Disponível em: <<https://www.embrapa.br/busca-de-noticias/-/noticia/33568203/producao-mundial-de-cafe-atinge-160-milhoes-e-consumo-159-milhoes-de-sacas-no-ano-cafeeiro-2017-2018>> Acesso em: 4 dez. 2018.

FAHL, J. I. et al. Desenvolvimento e aplicação de metodologia para estimativa da produtividade do cafeeiro, utilizando as características fenológicas determinantes do crescimento e produção. In: Simpósio de pesquisas dos cafés do Brasil, 4., 2005, Londrina. Anais... Brasília, 2005. 1 CD-Rom.

FERNANDES, A. L. T.; SANTINATO, R. Irrigação de café no Brasil. Anuário do café - Revista Campo & Negócios. Altamira. p.45-47, 2010.

FERNANDES, A. L. T, et al. A Moderna cafeicultura dos cerrados brasileiros. Pesquisa Agropecuária Tropical. Goiânia, v. 42, n. 2, p. 231-240, 2012.

FERNANDES, A. L. T.; SANTINATO, F.; TICLE, R.; SANTINATO, R. Redução da adubação mineral do cafeeiro Arábica com a utilização de palhas de café. Coffee Science, v. 8, n. 3, p. 324-336, Jul.-Set.2013.

FERREIRA, D. F. **Estatística multivariada**. Lavras: Editora Ufla, 2008.

FREDERICO PIMENTEL-GOMES. Curso de estatística experimental. Biblioteca de Ciências Agrárias Luiz de Queiroz - Piracicaba. 15ª edição. vol. 15.2000.

FURTINI NETO, A. E.; VALE, F. D.; RESENDE, A. D.; GUILHERME, L. R. G.; GUEDES, G. D. A. Fertilidade do solo. Lavras, MG: UFLA/FAEPE, p. 252, 2001.

GAMA-RODRIGUES, A. C. da; GAMARODRIGUES, E. F. da; BRITO, E. C. de. Decomposição e liberação de nutrientes de resíduos culturais de plantas de cobertura em argissolo vermelho-amarelo na região noroeste fluminense. Revista Brasileira de Ciência do Solo, Viçosa, v. 31, p. 1421-1428, 2007.

GAMA, T. C. P. D., SALES JUNIOR, J. C., CASTANHEIRA, D. T., SILVIERA, H. R. D. O., & AZEVEDO, H. P. A. D.. Anatomia foliar, fisiologia e produtividade de cafeeiros em diferentes níveis de adubação. Coffee Science – v. 12, n.1, 2017.

GOMES, I. A. C., CASTRO, E. M. D., SOARES, A. M., ALVES, J. D., ALVARENGA, M. I. N., ALVES, E., ... & FRIES, D. D.. Alterações morfofisiológicas em folhas de Coffea arabica L. cv. “Oeiras” sob influência do sombreamento por Acacia mangium Willd. Ciência Rural, Santa Maria, v. 38, n. 1, p. 109-115, jan./fev. 2008.

GONÇALVES, A.O.; FAGNANI, M.A.; PERES, J.G. Efeitos da cobertura do solo com polietileno azul no consumo de água da cultura da alface cultivada em estufa. Revista Engenharia Agrícola, vol.25, n.3, p.622-631, 2005.

GONÇALVES, R A.I. f. f. NORMALIZED DIFFERENCE VEGETATION INDEX (NDVI) IN THE PATOSSISTEM PUCCINIA TRITICINA TRITICUM AESTIVUM. 2015. 48 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) - Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2015.

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

GUIMARÃES, R. J.; MENDES, A. N. G.; SOUZA, C. A. S. Cafeicultura. Lavras, MG: UFLA/FAEPE, 317 p., 2002.

HAM, J.M.; KLUITENBERG, G.J.; LAMONT, W.J. Optical properties of plastic mulches effect the field temperature regime. Journal of the American Society for Horticulture Science, Alexandria, v.118, n.2, p.188-193. 1993.

HICKMAN, J.S. & D.A. WHITNEY. 1988. Soil conditioners. Disponível em: <http://www.oznet.ksu.edu/library/CRPSL2/ncr295.pdf>. Acessado em: 03 de maio de 2009.

KERBAUY, G.B. Fisiologia Vegetal. 1 Ed. Guanabara Koogan, 472 p., 2004.

LARCHER, W. Physiological Plant Ecology, Berlin, Heidelberg, Springer-Verlang, p. 506, 1995.

LOPES, M. B. S.; Influência do uso do hidrogel no cultivo da soja sob estresse hídrico. 2016. p 49. Dissertação - Universidade Federal do Tocantins, Campus de Gurupi. Gurupi, Tocantins, 2016.

LUZ, A. L. F. Fertilizantes, coberturas e condicionadores de solo no controle da cercosporiose do cafeeiro. 2017. 55 p. Dissertação (Mestrado em Agronomia/ Fitopatologia)-Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2017.

MARCHI, E. C. S. Influência da adubação orgânica e de doses de material húmico sobre a produção de alface americana e teores de carbono no solo. 2006. 46 p. Tese (Doutorado em Agronomia) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2006.

MARCONATO, A. R. Estado da Arte na fertirrigação do cafeeiro. 2012. 41f. Monografia (Trabalho de Graduação em Tecnologia em Mecanização em Agricultura de Precisão) – Faculdade de Tecnologia “Shunji Nishimura”, Pompéia, 2012.

MARQUES, P. A. A. et al. Hidrogel como substituto da irrigação complementar em viveiro telado de mudas de cafeeiro. Ciência Rural, v. 43, n. 1, p. 1-7, 2013.

- MATIELLO, J. B.; SANTINATO, R.; GARCIA, A. W. R.; ALMEIDA, S. R.; FERNANDES, D. R. Cultura de café no Brasil – Novo manual de recomendações. Rio de Janeiro e Varginha. MAPA/PROCAFÉ - Fundação PROCAFÉ. 2002.
- MATIELLO, J. B.; GARCIA, A. W. R.; ALMEIDA, S. R. Adubação racional na lavoura cafeeira. Varginha: Bom Pastor, 106 p., 2008.
- MATIELLO, J. B., SANTINATO, R., GARCIA, A. W. R., ALMEIDA, S. R. E FERNANDES, D. R. Variedades de café. In Cultura de café no Brasil: manual de recomendações (p. 63-98). Rio de Janeiro/ Varginha: MAPA/PROCAFÉ, 2010.
- MATIELLO, J. B. Casca fresca do café despulpado pode ir para a lavoura. Trabalho apresentado no 42º Congresso Brasileiro de Pesquisas Cafeeiras. 2016.
- MATTA, F. M., RONCHI, C. P., MAESTRI, M., & BARROS, R. S.. Ecophysiology of coffee growth and production. Brazilian Journal of Plant Physiology, Campo dos Goytacazes, v. 19, n. 4, p. 485- 510, 2007.
- MEIRELES, E., J., L.; VOLPATO, M., M., L.; ALVES H., M., R.; VIEIRA, T., G., C. Zoneamento agroclimático: um estudo de caso para o café. Informe Agropecuário, Belo Horizonte, v.28, n.241, p.50-57, nov./dez. 2007.
- MONTEIRO, J. E. B. A. Agrometeorologia dos cultivos : o fator meteorológico na produção agrícola. Brasília: INMET, 530 p., 2009.
- MONTENEGRO, A.A.A.; ABRANTES, J.R.C.B.; LIMA, J.L.M.P.; SINGH, V.P. & SANTOS, T.E.M. Impact of mulching on soil and water dynamics under intermittent simulated rainfall. Catena, 109:139-149, 2013.
- MORAES, P. V. D.; AGOSTINETTO, D.; VIGNOLO, G. K.; SANTOS, L. S.; PANOZZO, L. E. Manejo de plantas de cobertura no controle de plantas daninhas na cultura do milho. Planta Daninha, v. 27, n. 2, p. 289-296, 2009.
- MOTA, J. C. A.; LIBARDI, P. L.; BRITO, A. D. S.; ASSIS JÚNIOR, R. N. D.; AMARO FILHO, J. Armazenagem de água e produtividade de meloeiro irrigado por gotejamento, com a superfície do solo coberta e desnuda. Revista brasileira de ciência do solo, v. 34, n. 5, p. 1721-1731, 2010.
- NASCIMENTO, E. A. D., OLIVEIRA, L. E. M. D., CASTRO, E. M. D., DELÚ FILHO, N., MESQUITA, A. C., & VIEIRA, C. V.. Alterações morfofisiológicas em folhas de cafeeiro (*Coffea arabica* L.) consorciado com seringueira (*Hevea brasiliensis* Muell. Arg.). Ciência Rural, Santa Maria, v. 36, n. 3, p. 852-857, maio/jun. 2006.

NEGREIROS, M.Z.; COSTA, F.A.; MEDEIROS, J.F.; LEITÃO, V.B.R.M.M.; BEZERRA NETO, F.; ESPÍNOLA SOBRINHO, J. Rendimento e qualidade do melão sob lâminas de irrigação e cobertura do solo com filmes de polietileno de diferentes cores. *Horticultura Brasileira*, Brasília, v.23, n.3, p.773-779, jul-set 2005.

NOGUEIRA, R. J. M. C.; ALBUQUERQUE, M. B.; SILVA, E. C. Aspectos ecofisiológicos da tolerância à seca em plantas da caatinga. In: NOGUEIRA, R. J. M. C. et al. *Estresses ambientais: danos e benefícios em plantas*. Recife: Imprensa Universitária, p. 22-31. 2005.

OLIVEIRA, F. N. S.; LIMA, J. M.; CAJAZEIRA, J. P. *Uso da compostagem em sistemas agrícolas orgânicos*. Fortaleza: EMBRAPA, 2004.

OLIVEIRA, H. M. de. *Bioestimulantes e condicionadores de solo no cultivo de *Physalis peruviana**. 2017. 40 p. Dissertação (Mestrado em Agronomia/Fitotecnia) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2017.

PACIULLO, D.; GOMIDE, C. D. M.; LEITE, J.; RESENDE, H. Tecnologia e custo de produção de *Brachiaria decumbens* para uso sob pastejo. EMBRAPA Gado de Leite-Circular Técnica (INFOTECA-E). 2016.

PAIVA, R.; OLIVEIRA, L. M. *Fisiologia e produção vegetal*. Lavras, MG: UFLA/FAEPE, 119 p., 2014.

PEDROSA, A. W. *Eficiência da adubação nitrogenada no consórcio entre cafeeiro e *Brachiaria brizantha**. Tese de Doutorado. ESALQ/USP, 2013.

PEDROSA, A. W.; FAVARIN, J. L.; DE VASCONCELOS, A. L. S.; CARVALHO, B. V.; OLIVEIRA, F. B.; NEVES, G. B. Resíduo de *Brachiaria* fertilizada com nitrogênio na adubação do cafeeiro. *Coffee Science*, v. 9, n. 3, p. 366-373, 2014.

PELEGRIN , A.J., NARDINO, M., FERRARI, M., CARVALHO,I.R., SZARESKEI, V.J., BELLE, R., CARON, B.O., SOUZA, V. Q. Polímeros hidroretentores na cultura da soja em condições de solo argiloso na região norte do Rio Grande do Sul. Rio Grande do Sul, *Revista de Ciências Agrárias*, 2017.

PELOSO, A. D. F.; TATAGIBA, S. D.; REIS, E. F. D.; PEZZOPANE, J. E. M.; AMARAL, J. F. T. D. Limitações fotossintéticas em folhas de cafeeiro Arábica promovidas pelo déficit hídrico. 2017.

PETEK, M. R.; PATRÍCIO, F. R. A. *Cultivares resistentes ou tolerantes a fatores bióticos e abióticos desfavoráveis: ponto-chave para a cafeicultura sustentável*. O Agrônomo, Campinas, SP, v. 59, n. 1, p. 39-40, jul. 2007.

PETEK, M. R., SERA, T., FONSECA, I. C. D. B.. Exigências climáticas para o desenvolvimento e maturação dos frutos de cultivares de *Coffea arabica*. *Bragantia*, Campinas, v.68, n.1, p.169-181, 2009

PINHEIRO, C.; CHAVES, M. M. Photosynthesis and drought: can we make metabolic connections from available data? *Journal of Experimental Botany*, Oxford, v. 62, n. 3, p. 869-882, 2011.

PINHEIRO, H. A., DA MATTA, F. M., CHAVES, A. R., LOUREIRO, M. E., & DUCATTI, C.. Drought tolerance is associated with rooting depth and stomatal control of water use in clones of *Coffea canephora*. *Annals of Botany*, London, v. 96, n. 1, p. 101-108, Jan. 2005.

PRADO, C. H. B. A., CASALI C. A. Fisiologia vegetal: práticas em relações hídricas, fotossínteses e nutrição mineral. Manole, 2006.

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

PREVEDELLO, C.L.; BALENA, S.P. Efeitos de polímeros hidrorretentores nas propriedades físico-hídricas de dois meios porosos. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v. 24, n. 2, p. 251-258, 2000.

RAGASSI, C. F.; FAVARIN, J. L.; SHIRAISHI, F. A.; MOITA, A. W.; SAKO, H.; DE MELO, P. C. T. Efeito da descompactação profunda de solo na produção da cultura da batata. *Horticultura Brasileira*, v. 27, n. 4, p. 484-489, 2009.

RAGASSI, C. F.; PEDROSA, A. W.; FAVARIN, J. L. Aspectos positivos e riscos no consórcio cafeeiro e Braquiária. *Visão Agrícola*, n. 12 , p. 29-32, jan.-jul. 2013.

REIS, P. R.; CUNHA R. L. Café Arábica: do plantio à colheita. EPAMIG, Belo Horizonte, v. 1, 896 p., 2010.

RESENDE, A. L. S., VIANA, A. J. D. S., OLIVEIRA, R. J., MENEZES, E. D. L. A., RIBEIRO, R. D. L., RICCI, M. D. S., & GUERRA, J. G. M. Consórcio couve-coentro em cultivo orgânico e sua influência nas populações de joaninhas. **Horticultura Brasileira**, v. 28, n. 01, p. 41-46, 2010.

RIBEIRO, A. C. ; GUIMARÃES, P. T. G.; ALVAREZ, V. H. Comissão de Fertilidade do Solo do Estado de Minas Gerais. Viçosa, 359 p., 1999.

RIBEIRO, D. E. Interação genótipo e ambiente na composição química e qualidade sensorial de cafés especiais em diferentes formas de processamento. 2013. 62 p. Dissertação (Mestrado em Processamento de Produtos Agrícolas) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2013.

RIBEIRO, D.E.; BORÉM, F.M.; CIRILLO, M.A.; PRADO, M.V.B.; FERRAZ, V.P.; ALVES, H.M.R.; TAVEIRA, J.H. da S. Interaction of genotype, environment and processing in the chemical composition expression and sensorial quality of Arabica coffee. *African Journal of Agricultural Research*, v.11, p.2412-2422, 2016.

REIS, P. R.; CUNHA R. L. Café Arábica: do plantio à colheita. EPAMIG, Belo Horizonte, v. 1, 896 p., 2010.

REIS, C. F. Tecnologias de manufatura de fertilizantes junto a polímero hidrorretentor sobre as características agronômicas da soja. Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao curso de Agronomia, Campus Monte Carmelo, da Universidade Federal de Uberlândia, 2018.

RICCI, M.; ARAÚJO, M.; FRANCH, C. M. de C. Cultivo orgânico do café: recomendações técnicas. Brasília: EMBRAPA Informação Tecnológica, 2002.

ROCHA, A. C.; FORNAZIER, M. J.; COSTA, H.; PREZOTTI, L. C.; BOREL, R. M. A.; FERRÃO, M. A. G.; FONSECA, A. F. A. Custo de produção de café arábica 'IAPAR 59' na região de montanhas do Espírito Santo. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE PESQUISAS CAFEEIRAS, 34, 2008, Caxambu. Anais... FUNDAÇÃO PROCAFÊ, Varginha, 2008.

ROCHA, O. C., GUERRA, A. F., RAMOS, M. L. G., OLIVEIRA, A. D. S., & BARTHOLO, G. F. Qualidade físico-hídrica de um latossolo sob irrigação e braquiária em lavoura de café no cerrado. **Coffee Science**, Lavras, v. 9, n. 4, p. 516 - 526, out./dez. 2014

ROCHA, O. C., RAMOS, M. L. G., VEIGA, A. D., GUERRA, A. F., BARTHOLO, G. F., RODRIGUES, G. C., & SILVA, J.E. Chemical and hydrophysical attributes of na Oxisol under coffee intercropped with brachiaria in the Cerrado. **Pesquisa agropecuária brasileira**, 51(9), 1476-1483. 2016.

ROMERO, J. P.; ROMERO, J. C. P. Cafeicultura prática: cronologia das publicações e dos fatos relevantes. São Paulo: Editora Agronômica Ceres, 1997.

ROSOLEM, C. A.; LEITE, V. M. Coffee leaf and stem anatomy under boron deficiency. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Viçosa, v. 31, n. 3, p. 477-483, 2007.

SACK, L.; HOLBROOK, N. M. Leaf hydraulics. *The Annual Review of Plant Biology*, Palo Alto, v. 57, p. 361-381, 2006.

SAMBORSKI, S. M., TREMBLAY, N., & FALLON, E. Strategies to make use of plant sensor-based diagnostic information for nitrogen recommendations. **Agronomy Journal**, 101(4), 800-816. 2009.

SAMPAIO, R.A.; ARAÚJO, W.F. Importância da cobertura plástica do solo sobre o cultivo de hortaliças. *Agropecuária Técnica*, v.22, n.1/2, p. 1- 12, 2001.

SANTINATO, R.; TICLE, R. F.; ALMEIDA, L. S.; SILVA, V. A.; D'ANTÔNIO, G. A. C. Adubação orgânica com palha de café curtida associada com a adubação química NPKS na forma compensada durante a formação da lavoura de café em solo cerrado LVE. 2008.

SANTOS, R. F.; CARLESSO, R. Déficit hídrico e os processos morfológico e fisiológico das plantas. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v. 2, n. 3, p. 287-294, 1998.

SANTOS, J. C. F.; de SOUZA, I. F.; MENDES, A. N. G.; de MORAIS, A. R.; da CONCEIÇÃO, H. E. O.; MARINHO, J. D. S. Influência alelopática das coberturas mortas de casca de café (*Coffea arabica* L.) e casca de arroz (*Oryza sativa* L.) sobre o controle do caruru-de-mancha (*Amaranthus viridis* L.) em lavoura de café. EMBRAPA Amazônia Oriental-Artigo em periódico indexado (ALICE), 2001.

SANTOS, J. C. F.; COSTA, R. S. C. D.; LEÔNIDAS, F. D. C.; COSTA, J. N. M.; PEREIRA, R. G. D. A. Manejo integrado das plantas infestantes no cafezal. 2004.

SANTOS, I. S.; AZEVEDO, C. A. V. de; GUERRA, H. O. G.; SOARES, F. A. L.; LIMA, V. L. A. de; DANTAS NETO, J. Economia de água na irrigação do coqueiro em função de áreas de maior concentração do sistema radicular e cobertura do solo. *Ambiente & Água – Na Interdisciplinary Journal of Applied Science*, v. 3, n. 3, 2008.

SANTOS, M. R. . Desenvolvimento de um sistema de visão computacional para fenotipagem de alta precisão. 2017. 90 f. Dissertação (Mestrado em Computação Aplicada) - Universidade de Passo Fundo, Passo Fundo, 2017.

SANTOS, L., C.. Viabilidade econômica e produtividade de cafeeiros irrigados cultivados com mulching de polietileno. 2017. 20 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Agronomia) – Universidade Federal de Uberlândia, Monte Carmelo, 2017.

SERAFIM, M. E. Sistema conservacionista e de manejo intensivo na melhoria de atributos do solo para a cultura do cafeeiro. 2011. 119 p. Tese (Doutorado em Ciência do Solo) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2011.

SERAFIM, M. E.; DE OLIVEIRA, G. C.; VITORINO, A. C. T.; MONTOANI SILVA, B.; CARDUCCI, C. E. Qualidade física e intervalo hídrico ótimo em latossolo e cambissolo, cultivados com cafeeiro, sob manejo conservacionista do solo. *Rev. Bras. Ciênc. Solo*. vol. 37, n. 3, p. 733-742, 2013.

SGANZERLA, E. Nova Agricultura: A fascinante arte de cultivar com os plásticos. 4. ed. Porto Alegre: Plasticultura Gaúcha, 1991. 303 p.

SHEN, J.Y.; ZHAO, D.D.; HAN, H.F.; ZHOU, X.B. & LI, Q.Q. Effects of straw mulching on water consumption characteristics and yield of different types of summer maize plants. *Plant Soil Environ.*, 4:161-166, 2012.

- SHVALEVA, A.L., et al. Metabolic responses to water deficit in two *Eucalyptus globulus* clones with contrasting drought sensitivity. *Tree Physiology*. v26, p.239- 248. 2006.
- SILVA, A. C.; SILVA, A. D.; COELHO, G.; REZENDE, F. C.; SATO, F. A. Produtividade e potencial hídrico foliar do cafeeiro Catuaí, em função da época de irrigação. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v. 12, n. 1, p. 21-25, 2008.
- SILVA, M.A.; SILVA, M.L.N.; CURI, N.; AVANZI, J.C. & LEITE, F.P. Sistemas de manejo em plantios florestais de eucalipto e perdas de solo e água na região do Vale do Rio Doce, MG. *Ci. Flor.*, 21:765-776, 2011.
- SILVA, F. M.; ALVES, M. C. *Cafeicultura de precisão*. Lavras: Editora UFLA, 2013. 227p
- SILVA, J. G. F.; REIS, E. F. Irrigação e manejo da água no café conilon. In: FERRÃO, R.G.; FONSECA, A. F. A.; BRAGANÇA, S. M.; FERRÃO, M. A. G.; MUNER, L. H.; *Café Conilon*. Vitória: Incaper, Cap.13, p.359-381. 2017.
- SILVA, L. C. DAMONITORAMENTO DO VIGOR DE CAFEEIROS SUBMETIDOS A ESTRATÉGIAS DE MANEJO PARA ATENUAR OS EFEITOS DA ESCASSEZ HÍDRICA. Dissertação (mestrado em Fitotecnia) – Universidade Federal de Lavras, MG. 83 p. 2019.
- SILVEIRA, H. R. de O. Excesso de água em mudas de café (*Coffea arabica* L.): efeitos fisiológicos e anatômicos. 2011. 77 p. Dissertação (Mestrado em Fisiologia Vegetal) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2011.
- SILVEIRA, A.S.; PINHEIRO, A.C.T., FERREIRA, W.P.M., SILVA, L.J., RUFINO, J.L.S., SAKIYAMA, N.S. Sensory analysis of specialty coffee from different environmental conditions in the region of Matas de Minas, Minas Gerais, Brazil. *Revista Ceres*, v.63, p.436-443, 2016.
- STRECK, N.A.; HELDWEIN, A.B.; BURIOL, G.A.; SCHNEIDER, F.M.; NARDI, C. Effect of colored plastic mulches on soil and air temperature inside a plastic greenhouse. *Revista Brasileira de Agrometeorologia*, Santa Maria, v.5, n.2, p.165- 170, 1997.
- TAIZ, L.; ZEIGER, E. *Fisiologia vegetal*, v. 4, ed. Sunderland, MA: Sinauer Associates, 764 p., 2006.
- TATAGIBA, S. D.; PEZZOPANE, J. E. M.; REIS, E. F. Fotossíntese em *Eucalyptus* sob diferentes condições edafoclimáticas. *Engenharia na Agricultura*, Viçosa, v. 23, n. 4, p. 336-345, jul.-ago. 2015.
- UNITED STATES DEPARTMENT OF AGRICULTURE - USDA. *Coffee: World Markets and Trade*. Foreign Agricultural Service/USDA. Office of Global Analysis. December, 2018.
- VELOSO, C. A. C., SILVEIRA FILHO, A.; SANTOS, J. C. F.; MASCARENHAS, R. E. B. *Controle de plantas infestantes do café robusta no Pará*. 2006.

YURI J.E.; RESENDE G.M.; COSTA N.D.; MOTA J. H. Cultivo de morangueiro sob diferentes tipos de mulching. *Horticultura Brasileira*, v. 30, p. 424-427, 2012.

ZUÑIGA, E., A. Respostas fisiológicas de plantas de cafeeiro arábica cv. Catucaí e Obatã submetidas à deficiência hídrica e salinidade. Tese de doutorado apresentada a Faculdade de Ciências Agronômicas da Unesp: Câmpus de Botucatu, para obtenção do título de Doutor em Agronomia (Irrigação e Drenagem), 2018.