



SAMARA MARTINS BARBOSA

**CONDICIONAMENTO FÍSICO HÍDRICO DO
SOLO COMO POTENCIALIZADOR DO
CRESCIMENTO INICIAL DO CAFEIEIRO**

LAVRAS – MG

2015

SAMARA MARTINS BARBOSA

**CONDICIONAMENTO FÍSICO HÍDRICO DO SOLO COMO
POTENCIALIZADOR DO CRESCIMENTO INICIAL DO CAFEIEIRO**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Ciência do Solo, área de concentração em Recursos Ambientais e Uso da Terra, para a obtenção do título de Mestre.

Orientador

Dr. Geraldo César de Oliveira

LAVRAS - MG

2015

**Ficha Catalográfica Elaborada pela Coordenadoria de Produtos e
Serviços da Biblioteca Universitária da UFLA**

Barbosa, Samara Martins.

Condicionamento físico hídrico do solo como potencializador do crescimento inicial do cafeeiro / Samara Martins Barbosa, Lavras : UFLA, 2015.

67 p.

Dissertação (mestrado acadêmico) – Universidade Federal de Lavras, 2015.

Orientador(a): Geraldo César de Oliveira.

Bibliografia.

1. Déficit hídrico. 2. Veranico. 3. Cobertura plástica. 4. Organomineral. 5. Cafeicultura. I. Universidade Federal de Lavras. II. Título.

SAMARA MARTINS BARBOSA

**CONDICIONAMENTO FÍSICO HÍDRICO DO SOLO COMO
POTENCIALIZADOR DO CRESCIMENTO INICIAL DO CAFEIEIRO**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Ciência do Solo, área de concentração em Recursos Ambientais e Uso da Terra, para a obtenção do título de Mestre.

APROVADA em 27 de fevereiro de 2015.

Dr. Mozart Martins Ferreira UFLA

Dra. Ester Alice Ferreira EPAMIG

Dr. Geraldo César de Oliveira
Orientador

LAVRAS - MG

2015

À Deus por engrandecer todos os meus dias e torná-los parte de uma conquista que considero gloriosa e marco de apenas um começo.

Aos meus pais, Vera Lúcia e Raimundo Tito, que com muito carinho e apoio, não mediram esforços para que eu alcançasse meus objetivos. Por eles não desisti da luta ainda que por muitas vezes o cansaço sobressaísse em meio a um sorriso miúdo, pois me fizeram sentir sempre forte e capaz.

À Sheila pela impecável fidelidade fraterna e apoio em todos os momentos difíceis, sobretudo pelos ensinamentos e tudo o que juntas acreditamos e realizamos.

DEDICO

AGRADECIMENTOS

À Universidade Federal de Lavras e ao Departamento de Ciência do Solo (DCS) pelo apoio institucional e infra-estrutura. Ao CNPq, CAPES e FAPEMIG pelo financiamento dos projetos aos quais esteve atrelado este trabalho.

Agradeço a oportunidade de aprendizado, orientação paciência e amizade do professor Geraldo César, que incentivando, acreditando e indicando os caminhos, contribuiu de forma fundamental para a concretização deste trabalho.

Aos professores do departamento que contribuíram para minha formação profissional e pessoal.

Aos amigos especiais da excelente equipe de trabalho, Milson, Carla, Vico e Bruno, que muito contribuíram com todos os ensinamentos e coorientações desde o início desta caminhada, se tornando fiéis exemplos a serem seguidos por mim.

Aos amigos de longe e de perto que souberam compreender minhas ausências em função da dedicação e nunca deixaram de anunciar a saudade e acreditar na concretização dos meus sonhos.

Aos amigos cuja companhia tornou doce e dinâmica as tensões acadêmicas: Elisa, Amador Eduardo, Sabrina Torqueti, Sara, Maíra, Zélio, Raphael Siqueira, Guilherme, Eduardo, Cristiano, Anita, Soraya, Sérgio Henrique, Aryane, Geanderson, Henrique, Diego e Rymena. Em especial, aos <=1,70m, pelo refugio da vida corrida e companheirismo em todos os momentos.

Aos alunos de Iniciação Científica, Petrus, Alexandre, Izabela, André, Lucas, Pedro, Isabela, Gabriel, Vinícius e Guilherme, pela boa vontade e ajuda em todas as etapas de desenvolvimento deste trabalho, pela convivência agradável e momentos de descontração.

Aos técnicos do laboratório de Física do Solo, Dulce e Dorotéo, pelo apoio e amizade.

Aos familiares e demais amigos que compartilharam da minha caminhada e àqueles que mesmo distantes torceram por mim.

“O saber a gente aprende com os mestres e com os livros.
A sabedoria se aprende com a vida e com os humildes”.

Cora Coralina

RESUMO

A queda nos índices pluviométricos e aumentos de temperatura, associados à pequena profundidade efetiva dos solos tem sido a causa do declínio da produção na atividade cafeeira na região Sul de Minas. Sendo a cafeeira uma atividade de grande expressão, tanto nesta região quanto para o país, faz-se necessário o estudo de práticas de manejo com potenciais para melhorias na eficiência de uso de água pelas plantas, promovendo o melhor desenvolvimento das raízes em profundidade e redução da perda de água por evaporação. Neste contexto, o presente trabalho teve como objetivos: verificar o efeito da aplicação de fertilizantes químico e organomineral associado ao uso da cobertura plástica e do mineral zeólita no conteúdo de água do solo ao longo do ano para a cultura do cafeeiro, bem como no desenvolvimento e crescimento de plantas. O experimento foi instalado no município de Bom Sucesso, Minas Gerais, em área de Argissolo Vermelho. O delineamento experimental foi em blocos casualizados com seis repetições e cinco tratamentos, sendo a parcela útil de cada tratamento constituída de uma linha de plantio com cinco plantas. O preparo do solo consistiu na abertura dos sulcos de plantio com dimensões de 0,40 m de largura e 0,60 m de profundidade, feito o revolvimento dos horizontes e destorroamento aos 60 cm. Foram avaliados os seguintes tratamentos: Q: adubação química, feita de acordo com recomendações para cultura do cafeeiro; O: adubação organomineral, seguiu-se mesma recomendação para adubação química, considerando no entanto a capacidade de liberação de nutrientes do produto orgânico; QM: adubação química + cobertura plástica; OM: adubação organomineral + cobertura plástica; QZ: adubação química + mineral zeólita a 40cm de profundidade. Foi realizado plantio antecipado das mudas de Catuaí Vermelho IAC 99, com espaçamento de 2,0 m entre linhas e 0,5 m entre plantas, plantio adensado. Para o monitoramento da umidade foram instalados 15 sensores TDR (contemplando 3 repetições de cada tratamento), e em cada ponto foram colocados 3 sensores: para camada de 0,15-0,20 m, 0,35-0,40 m, 0,55-0,60 m. Mensalmente foram realizadas avaliações de crescimento e desenvolvimento da parte aérea. A utilização do fertilizante organomineral associado à cobertura plástica na superfície do solo condiciona maior crescimento da planta de cafeeiro, assim como engrossamento do caule e aumento no número de folhas, se tornando uma potencial alternativa para o cultivo do cafeeiro em regiões suscetíveis a veranicos e seca prolongada.

Palavras-chave: Déficit hídrico. Veranico. Cobertura plástica. Organomineral. Cafeicultura

ABSTRACT

The drop in rainfall and temperature increases associated with the predominance of shallow soils has been the cause of the production decline in coffee-growing activity in the southern region of Minas. As the coffee growing an activity of great expression, both in this region and the country, the management practices of study with potential for improvements in water use efficiency by plants it is necessary, promoting better root development in depth and reduction water loss by evaporation. This paper aimed to: verify the application of the effect of chemical and organic fertilizers associated with the use of the plastic cover and the mineral zeolite in the soil water content throughout the year for coffee plantations, as well as developing and plant growth. The experiment was conducted in Bom Sucesso, Minas Gerais, on an Ultisol. The experimental design was randomized blocks with six replications and five treatments, being the useful portion of each treatment consists of a crop row with five plants. Soil tillage consisted in opening planting furrows with dimensions of 0.40 m wide and 0.60 m deep, made the revolving horizons and to disaggregate to 60 cm. The treatments were: Q: chemical fertilizer, made in accordance with recommendations for coffee plantations; O: organic mineral fertilizer, followed the same recommendation for chemical fertilizer, while considering the nutrient release capacity of the organic product; QM: chemical fertilization + plastic cover; OM: organic-fertilizer + plastic cover; QZ: + chemical fertilizer mineral zeolite to 40cm deep. Was conducted early planting seedlings of Catuaí IAC 99, with spacing of 2.0 m between rows and 0.5 m between plants, high density planting. To monitor the humidity were installed 15 TDR sensors (contemplating 3 replicates of each treatment), and at each point were placed 3 sensors: for layer 0.15 to 0.20 m, 0.35 to 0.40 m, 0.55 to 0.60 m. Monthly were made of shoot growth and development assessments. The use of this fertilizer associated with the plastic cover on the soil surface conditions further growth of the coffee plant, as well as the stem thickening and increase in the number of leaves, becoming a potential alternative for coffee cultivation in regions susceptible to dry spells and drought prolonged.

Keywords: Drought. Dry spell. Plastic cover. Organic mineral. Coffee.

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	11
2	REFERENCIAL TEÓRICO	13
2.1	Água no solo	13
2.2	Organominerais	15
2.3	Cobertura plástica (<i>Mulching</i>)	17
2.4	Cafeicultura	22
3	METODOLOGIA	25
3.1	Localização da área	25
3.2	Delineamento experimental	27
3.3	Preparo do solo	29
3.4	Plantio	30
3.5	Monitoramento da umidade	31
3.6	Caracterização agronômica	35
3.7	Análise estatística	36
3.7.1	Dados agronômicos	36
3.7.2	Monitoramento da umidade	36
4	RESULTADOS E DISCUSSÃO	36
5	CONCLUSÕES	51
6	CONSIDERAÇÕES FINAIS	51
	REFERÊNCIAS	52
	ANEXOS	65

1 INTRODUÇÃO

O déficit hídrico tem sido considerado um dos fatores mais limitantes para o sucesso na implantação de lavouras cafeeiras. Em lavouras adultas, segundo Da Matta, (2006) este fator é considerado o maior estresse ambiental que reduz a produtividade na cafeicultura, podendo resultar em até 80% de perdas.

As atuais condições climáticas da região Sul de Minas, com queda nos índices pluviométricos e aumentos de temperatura, associados ao elevado percentual de solos rasos na região, tem sido a causa do declínio da produção na atividade cafeeira.

A capacidade de armazenamento e disponibilização de água do solo se dá em função dos mecanismos de adsorção e capilaridade, expressos pela estrutura e presença de cargas elétricas, que são alteráveis em função do manejo adotado (FERREIRA; FERNANDES; CURI, 1999; OLIVEIRA et al., 2004; TORMENA et al., 1999; MAZURANA et al., 2011). A adoção de práticas de manejo visando melhorias nos atributos que afetam o armazenamento de água no solo pode evitar que as adversidades climáticas comprometam de forma significativa o rendimento das lavouras.

A abertura de sulcos profundos de plantio promove o rompimento de barreiras físicas ao desenvolvimento radicular do cafeeiro (SERAFIM et al., 2011). Por outro lado a utilização de fertilizantes organominerais pode minimizar os efeitos negativos do stress hídrico via incremento de matéria orgânica, que pode influenciar diretamente na capacidade de retenção de água e de cátions no solo (FERNANDES et al., 2013).

Outra prática importante e muito recomendada é a de cobertura do solo para as regiões sujeitas a longos períodos de estiagem, uma vez que contribui

para o desenvolvimento das culturas, reduzindo a perda de água, diminuindo a erosão superficial e incrementando a umidade do solo (BORGES et al., 2014).

Sendo a cafeicultura uma atividade de grande expressão, tanto para a região do Sul de Minas quanto para o país, faz-se necessário o estudo de práticas de manejo com potenciais para melhoria na eficiência de uso de água pelas plantas, promovendo o melhor desenvolvimento das raízes em profundidade e redução da perda de água por evaporação, possibilitando assim que as plantas resistam aos períodos de seca e veranicos que se tornaram comuns na região.

Neste contexto, o presente trabalho teve como objetivos: verificar o efeito da aplicação de fertilizantes químico e organomineral associado ao uso da cobertura plástica e do mineral zeólita no conteúdo de água do solo ao longo do ano para a cultura do cafeeiro, bem como no desenvolvimento e crescimento de plantas.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 Água no solo

A produção vegetal está diretamente relacionada à dinâmica da água no solo, e portanto, o seu conhecimento é de interesse fundamental para a tomada de decisão sobre a exploração agrícola (CALHEIROS et al., 2009).

Para crescer adequadamente, a planta precisa contar com as reservas de água contida no solo, mas a demanda por evaporação para a atmosfera é praticamente constante, e os processos que adicionam água ao solo, como a chuva, geralmente ocorrem irregularmente (REICHARDT, 1985). Logo, o conteúdo de água no perfil do solo muda com o tempo, em função da distribuição de chuvas, da capilaridade do solo e drenagem, do escoamento, evapotranspiração e irrigação (SILVA, 2012). A elevada variabilidade espacial e temporal da umidade do solo, assim como o manejo do sistema agrícola, que altera as propriedades físicas diretamente relacionadas ao armazenamento, influenciam a quantidade de água consumida pelas culturas durante o seu desenvolvimento (MORETI et al., 2007).

O conceito de capacidade de água disponível para o crescimento das plantas (CAD) proposta por Veihmeyer & Hendrickson (1927), define esta como sendo o conteúdo de água no solo entre um limite superior, denominado capacidade de campo (CC), e um limite inferior, o ponto de murcha permanente (PMP). Sendo esta a faixa de água no solo de maior interesse fitotécnico (OLIVEIRA et al., 2004), indicando a capacidade do solo em armazenar e fornecer água que é disponível às raízes (SILVA, 2014).

As características químicas, físicas e biológicas do solo têm influência direta na quantidade de água disponível às plantas. Ocorrendo restrições em

qualquer destas características em alguma camada do perfil do solo, que possivelmente altere o desenvolvimento radicular, afetará também a disponibilidade, uma vez que essa água armazenada não poderá ser extraída pelas plantas (SANTOS; CARLESSO, 1998) bem como também poderá ser reduzida.

A precipitação pluvial é a principal responsável pela recarga de água no solo em cultivos não irrigados, e em escala variável, tem-se a contribuição oriunda da ascensão capilar (SILVA, 2012). Visto o cenário atual de irregularidade de distribuição de chuvas para diversas regiões do país em função das mudanças climáticas e sabendo-se que a água armazenada no solo corresponde até 38% de toda a água doce superficial de fácil acesso do planeta (TEIXEIRA et al., 2000). A busca por estratégias de uso eficiente da água com a adoção de sistemas de cultivo capazes de mitigar o déficit hídrico pela preservação ou melhorias da qualidade física do solo torna-se imperativa (SERAFIM et al., 2013), principalmente técnicas de baixo custo acessíveis aos pequenos produtores rurais.

Ações que visam a atenuação do problema são apresentadas, a exemplo do rompimento de camadas profundas do solo com o subsolador, sendo posteriormente revolvida e adubada (SERAFIM et al., 2011), possibilitando assim maior exploração do perfil de solo pelas raízes em busca de água armazenada em profundidade; utilização de condicionadores de solo, como hidrorretentores, zeólitas, produtos de base orgânica, promovendo melhorias físico hídricas no armazenamento de água (BERNARDI et al., 2005; MOSADDEGHI; MAHBOUBI; SAFADOUST, 2009; BARBOSA et al., 2014) e maior aproveitamento da água das chuvas com a implantação de cobertura plástica sobre o solo (BORGES et al., 2014; ZHAO et al., 2012).

O manejo do solo nas atividades agrícolas tem sido responsável pelas grandes alterações na estrutura do solo, afetando suas propriedades físico

hídricas (KLEIN; CAMARA, 2007). Sistemas de manejo que prezam a conservação e o incremento de matéria orgânica do solo e proteção contra a excessiva evaporação, minimizam os efeitos negativos do estresse hídrico (ZHU et al., 2015; CARVALHO, 2007).

2.2 Organominerais

A categoria de fertilizantes denominada organomineral, aparece na legislação pela primeira vez com o decreto 86.955, de 18/02/1982, sendo definido no Capítulo I das disposições preliminares, como fertilizante procedente de mistura ou combinação de fertilizantes minerais e orgânicos (BRASIL, 1983). Esse fertilizante permite o suprimento combinado de nutrientes minerais e matéria orgânica, proporcionando uma série de vantagens sobre a aplicação de fertilizantes minerais ou compostos orgânicos (TEIXEIRA, 2013).

Os fertilizantes organominerais variam em conteúdo mineral e orgânico, mas, em geral diversos autores observaram efeitos tais como: redução da necessidade de adubação fosfatada, pois há redução da fixação do fósforo pelos compostos minerais (TIRITAN et al., 2010), aumento da disponibilidade dos nutrientes fornecidos pela adubação química (OLIVEIRA et al., 2010). Ainda, redução do pH, maior disponibilidade de Ca, Mg e K, maiores teores de matéria orgânica, aumento da CTC a pH 7 (SÁ et al., 2010), maior complexação de elementos tóxicos e de micronutrientes, além de melhorar a estrutura, promover maior infiltração de água, aumentar a aeração e a atividade e diversidade dos microrganismos (TEIXEIRA, 2013) particularmente nas camadas superficiais (ABU-RAYYAN; SHATAT; ABU-IRMAILEH, 2011), promovendo a melhoria de propriedades físicas do solo (CARVALHO et al., 2014).

Algumas pesquisas vêm sendo realizadas para avaliar os efeitos de fertilizantes organominerais em diversas culturas, como soja, trigo e aveia (WIETHÖLTER et al., 1994); melão (FERNANDES; TESTEZLAF, 2002); café (FERNANDES et al., 2007); milho (TIRITAN et al., 2010) e batata (ZEBARTH et al., 2005). A disponibilidade de nutrientes no solo com o fertilizante organomineral também vem sendo estudada por alguns autores (BÜLL et al., 1999; SILVA et al., 2010; SCHIAVONI et al., 2011; STEINER et al., 2011), no entanto essas pesquisas não apresentam discussões isoladas sobre os efeitos físicos destes produtos sobre o solo, como aumento na retenção de água na faixa de disponibilidade para as plantas.

Strojaki et al. (2013) observaram um aumento da CTC de um Latossolo Vermelho cultivado com girassol e milho, proporcionado pelo uso do composto de lixo urbano como fertilizante organomineral que reduziu a acidez do solo em 0,6 unidades e elevou a saturação por bases de 77% para 85%, favorecendo o crescimento vegetal, devido principalmente ao acréscimo nos teores de cálcio e magnésio, não encontrando no entanto diferença significativa para os teores de K e P.

Candido (2013) encontrou melhor desenvolvimento de plantas nos 150 primeiros dias de cultivo de cafeeiro Catucaí 785-15, apresentando maiores valores para as médias de diâmetro do caule e quantidade de folhas, utilizando adubação fosfatada com fertilizante organomineral granulado. Segundo os autores, o melhor aporte de nutrientes às plantas, favorecido pelo conteúdo de matéria orgânica do fertilizante, possivelmente proporcionou maiores valores dessas variáveis.

Oliveira, Salcedo e Galvão (2011) verificaram o aumento de bases trocáveis com o aumento de doses da adubação orgânica com esterco bovino no cultivo de batatinha em um Neossolo Regolítico eutrófico. No entanto, a velocidade de decomposição do esterco e a conseqüente liberação de nutrientes,

como relatado por Eghball, (2000) e Griffin e Honeycutt, (2000), são muito variáveis e dependentes de diversos fatores intrínsecos ao tipo de resíduo orgânico e às condições de clima e solo podendo não ocorrer sincronia com a demanda da planta.

Segundo Teixeira (2013) há um aumento de cargas negativas conferido pela fração orgânica do fertilizante organomineral, proporcionando liberação gradual de nutriente, reduzindo perdas por lixiviação. A contribuição do húmus no poder de adsorção de cátions na superfície dos minerais dos solos varia entre 25 a 90%, retendo facilmente nutrientes como K, Mg, Ca e outros (BRADY; WEIL, 2002).

Visto a série de atributos associados à adubação organomineral, conferindo aumento na produção das culturas devido à ação da matéria orgânica favorecendo o melhor aproveitamento dos nutrientes minerais, nota-se que ainda há uma carência de estudos sobre a dinâmica de reação desse fertilizante nos solos (TEIXEIRA, 2013), assim como estudos que comprovem sua eficiência no comportamento físico hídrico do solo.

2.3 Cobertura plástica (*Mulching*)

A cobertura do solo, também conhecida como *mulching*, é uma prática agrícola utilizada há muitos anos pelos agricultores, consistindo de colocação de diferentes materiais orgânicos e/ou inorgânicos sobre o solo (SAMPAIO; ARAÚJO, 2001). Os materiais orgânicos mais utilizados são restos vegetais, incluindo os adubos verdes; restos de culturas comerciais; produto de capineiras e outros resíduos orgânicos. Os materiais inorgânicos utilizados mais comuns são filmes plásticos fabricados para esse fim e resíduos industriais diversos (ALMEIDA, 2012).

Nos últimos anos é crescente o uso dos filmes plásticos para o cultivo de diversas hortaliças, como alface, pimentão, tomate, pepino, melão e abobrinha (SANTOS et al., 2008). Esta cobertura apresenta efeitos benéficos como aumento da umidade do solo, já que diminui as perdas por evaporação da água das camadas superficiais, manutenção da temperatura do solo, conservação da estrutura do solo, evitando a compactação e erosão, proteção do sistema radicular contra danos de equipamentos, dispensa nas capinas ou redução da aplicação de herbicidas, influência direta sobre as pragas e doenças, proteção dos frutos do contato direto com o solo (principalmente no cultivo de morango), e aumento da precocidade das colheitas (ARAÚJO et al., 2003; CÂMARA et al., 2007; HOCHMUTH; HOCHMUTH; OLSON, 2001).

Especialmente para o desenvolvimento da agricultura em áreas áridas, semi-áridas e sub-úmidas, onde a técnica da irrigação não está disponível ao produtor (HOU et al., 2010; ZHANG et al., 2011), o filme plástico (mulching) tem sido utilizado para conservação e canalização de águas pluviais (GAN et al., 2013), demonstrando ser altamente eficaz na conservação da umidade e redução na variação de temperatura do solo superficial (LI et al., 2007; SONG et al., 2012; WANG et al., 2003), especialmente na fase de mudas, diminuindo a evaporação no solo (YE; ZHANG; SUN, 2012). Assim, aumenta a concentração de raízes na parte mais aquecida e mais fértil do perfil do solo, e conseqüentemente a atividade microbiana e a taxa de mineralização do nitrogênio orgânico e ainda evita a lixiviação de nitrato e potássio, importantes para a nutrição das culturas (CLARK; MAYNARD, 1992; TSEKLEEV; BOYADJIEVA; SOLAKOV, 1993).

A cobertura do solo altera a relação solo-água-planta, diminuindo a taxa de evaporação em 50-80% e de evapotranspiração em 5-30% (ALLEN et al., 2007), principalmente nos estágios em que o dossel vegetativo não cobre o solo por completo, reduzindo a frequência de irrigação (MOTA et al., 2010).

Mota et al. (2010) avaliando o efeito da cobertura plástica de solo sobre o cultivo de meloeiro, verificaram maiores valores de armazenamento de água nos estádios inicial e vegetativo (períodos onde a área foliar ainda era reduzida) desta cultura. A cobertura plástica contribuiu na redução da perda de água por evaporação, regulando em parte sua variação no solo, o que promoveu um maior armazenamento. Monteiro et al., (2013) concluíram que o uso do mulching plástico reduziu a variabilidade da umidade do solo ao longo do ciclo da cultura e permitiu uma melhor distribuição de água com efeito pronunciado em solo argiloso, reduzindo de 175,2 para 160,2 litros de água consumidos por planta durante os 84 dias de cultivo de meloeiro em vaso.

Zhao et al. (2012) utilizando o mulching plástico observaram aumento significativo no rendimento de grãos de milho por unidade de área em cultivo nos EUA e atribuíram a este resultado a capacidade desta cobertura em melhorar a temperatura e o fornecimento de umidade para o desenvolvimento da cultura, que sobremaneira favoreceram a maturidade, que se deu de forma precoce, aumentando a produção de grãos (LI et al., 2012 ; YE; ZHANG; SUN, 2012; ZHOU et al., 2012).

Estudos realizados sobre o fluxo de carbono marcado C^{13} em plântulas de milho (AN et al., 2015), demonstraram que a aplicação combinada de fertilizante orgânico (resíduo de suinocultura) com mulching afetou significativamente a atividade microbiana, proporcionando condições favoráveis e substrato lábil para o metabolismo microbiano. Segundo os autores, as rizodeposições de carbono que foram maiores para o tratamento que associa cobertura plástica com adubação orgânica, são exudados solúveis de baixo peso molecular compostos por monossacarídeos, aminoácidos e ácidos orgânicos que influenciam fortemente processos mediados pelos micróbios (HUTSCH; AUGUSTIN; MERBACH, 2002; OSTLE et al., 2003; ESPERSCHÜTZ et al., 2009).

Desta forma o uso de cobertura plástica sobre o solo pode também ser considerada uma prática de manejo que visa contornar os efeitos proporcionados pelo déficit hídrico às culturas, favorecendo o desenvolvimento e possivelmente incrementando a produção. A cobertura do solo, também conhecida como *mulching*, é uma prática agrícola utilizada há muitos anos pelos agricultores, consistindo de colocação de diferentes materiais orgânicos e/ou inorgânicos sobre o solo (SAMPAIO; ARAÚJO, 2001). Os materiais orgânicos mais utilizados são restos vegetais, incluindo os adubos verdes; restos de culturas comerciais; produto de capineiras e outros resíduos orgânicos. Os materiais inorgânicos utilizados mais comuns são filmes plásticos fabricados para esse fim e resíduos industriais diversos (ALMEIDA, 2012).

Nos últimos anos é crescente o uso dos filmes plásticos para o cultivo de diversas hortaliças como alface, pimentão, tomate, pepino, melão e abobrinha (SANTOS et al., 2008). Esta cobertura apresenta efeitos benéficos como aumento da umidade do solo, já que diminui as perdas por evaporação da água das camadas superficiais, manutenção da temperatura do solo, conservação da estrutura do solo, evitando a compactação e erosão, proteção do sistema radicular contra danos de equipamentos, dispensa nas capinas ou redução da aplicação de herbicidas, influência direta sobre as pragas e doenças, proteção dos frutos do contato direto com o solo (principalmente no cultivo de morango), e aumento da precocidade das colheitas (ARAÚJO et al., 2003; CÂMARA et al., 2007; HOCHMUTH; HOCHMUTH; OLSON, 2001).

Especialmente para o desenvolvimento da agricultura em áreas áridas, semi-áridas e sub-úmidas, onde a técnica da irrigação não está disponível ao produtor (HOU et al., 2010; ZHANG et al., 2011), o filme plástico (*mulching*) tem sido utilizado para conservação e canalização de águas pluviais (GAN et al., 2013), demonstrando ser altamente eficaz na conservação da umidade e redução na variação de temperatura do solo superficial (LI et al., 2007; SONG et al.,

2012; WANG et al., 2003), especialmente na fase de mudas, diminuindo a evaporação no solo (YE; ZHANG; SUN, 2012). Assim, aumenta a concentração de raízes na parte mais aquecida e mais fértil do perfil do solo, e conseqüentemente a atividade microbiana e a taxa de mineralização do nitrogênio orgânico e ainda evita a lixiviação de nitrato e potássio, importantes para a nutrição das culturas (CLARK; MAYNARD, 1992; TSEKLEEV, BOYADJIEVA; SOLAKOV, 1993).

A cobertura do solo altera a relação solo-água-planta, diminuindo a taxa de evaporação em 50-80% e de evapotranspiração em 5-30% (ALLEN et al., 2007), principalmente nos estágios em que o dossel vegetativo não cobre o solo por completo, reduzindo a frequência de irrigação (MOTA et al., 2010).

Mota et al., (2010) avaliando o efeito da cobertura plástica de solo sobre o cultivo de meloeiro, verificaram maiores valores de armazenamento de água nos estádios inicial e vegetativo (períodos onde a área foliar ainda era reduzida) desta cultura. A cobertura plástica contribuiu na redução da perda de água por evaporação, regulando em parte sua variação no solo, o que promoveu um maior armazenamento. Monteiro et al. (2013) concluíram que o uso do mulching plástico reduziu a variabilidade da umidade do solo ao longo do ciclo da cultura e permitiu uma melhor distribuição de água com efeito pronunciado em solo argiloso, reduzindo de 175,2 para 160,2 litros de água consumidos por planta durante os 84 dias de cultivo de meloeiro em vaso.

Zhao et al. (2012) utilizando o mulching plástico observaram aumento significativo no rendimento de grãos de milho por unidade de área em cultivo nos EUA e atribuíram a este resultado a capacidade desta cobertura em melhorar a temperatura e o fornecimento de umidade para o desenvolvimento da cultura, que sobremaneira favoreceram a maturidade, que se deu de forma precoce, aumentando a produção de grãos (LI et al., 2012 ; YE; ZHANG; SUN, 2012; ZHOU et al., 2012).

Estudos realizados sobre o fluxo de carbono marcado C¹³ em plântulas de milho (AN et al., 2015), demonstraram que a aplicação combinada de fertilizante orgânico (resíduo de suinocultura) com mulching afetou significativamente a atividade microbiana, proporcionando condições favoráveis e substrato lábil para o metabolismo microbiano. Segundo os autores, as rizodeposições de carbono que foram maiores para o tratamento que associa cobertura plástica com adubação orgânica, são exudados solúveis de baixo peso molecular compostos por monossacarídeos, aminoácidos e ácidos orgânicos que influenciam fortemente processos mediados pelos micróbios (HUTSCH et al., 2002, OSTLE et al., 2003; ESPERSCHÜTZ et al., 2009).

Desta forma o uso de cobertura plástica sobre o solo pode também ser considerada uma prática de manejo que visa contornar os efeitos proporcionados pelo déficit hídrico às culturas, favorecendo o desenvolvimento e possivelmente incrementando a produção.

2.4 Cafeicultura

O cultivo do cafeeiro se destaca historicamente no desenvolvimento do País desde o período colonial (MOREIRA et al., 2004), sendo de extrema importância para a balança comercial brasileira (COELHO et al., 2009), contribuindo em larga escala para a geração de empregos e de divisas no país (GOMES; ROSADO, 2005). O Brasil é o maior produtor (32% do mercado internacional) e exportador (25% das exportações mundiais, 28,3 milhões de sacas) de café, sendo em 2013 a produção total no País de 49,15 milhões de sacas beneficiadas de 60 quilos, representando uma queda de 3,3%, em relação à safra de 2012. A produção de 2014 ainda inferior, com 45,3 milhões de sacas, sofreu uma queda de 7,8%. Esses valores indicam uma quebra na tendência de crescimento da produção que, desde a safra 2005, vinha se observando nos

ciclos de alta bienalidade, inclusive ficando abaixo da safra que foi de baixa. A estimativa de produção para 2015 são de 45,4 milhões de sacas colhidas, ainda inferior à safra de 2013 (CONAB, 2014, 2015).

A maior área com 1.238.270 hectares está concentrada em Minas Gerais, representando 54,25% da área cultivada com cafeeiros. Estimada em 10,441 milhões de sacas, a safra de café do sul de Minas sinaliza a terceira queda consecutiva da produção na região, apresentando um declínio de 3,36%, quando comparada à safra 2014, de 21,82% em relação a safra 2013 e de 24,30% ante a safra 2012, que foi de 13,792 milhões de sacas. O principal fator que ocasionou essa quebra de safra está intimamente ligado à falta de chuvas e a deficiência nos tratamentos culturais decorrentes do clima seco em 2014, que prejudicou a adubação e dificultou a aplicação de defensivos para o adequado controle de pragas e doenças. Fato este que refletiu em baixo crescimento dos ramos produtivos, internódios mais curtos e incertezas quanto à sua capacidade de retenção e granação de frutos (CONAB, 2015).

As principais regiões produtoras do estado são: Triângulo Mineiro, Sul de Minas e Centro Oeste, Zona da Mata e Jequitinhonha. O Sul de Minas e Centro Oeste detém 48,3% de toda a produção mineira e 27,7% da produção nacional, com média de 25,6 sacas por hectare, contribuindo com 13,36 milhões de sacas, sendo os maiores produtores mundiais de café (CONAB, 2014).

O Sul de Minas, com altitude média de aproximadamente 950 metros, produz apenas café arábica, as variedades mais cultivadas são o Catuaí e o Mundo Novo. O cenário produtivo da cafeicultura da região vem mudando gradativamente, visto que a variação entre as safras altas e baixas vem diminuindo de amplitude nos últimos dez anos. Este comportamento se justifica principalmente, às questões climáticas desfavoráveis, fazendo com que as safras positivas fiquem aquém do potencial produtivo da região, sem sobrecarga fisiológica das lavouras (CONAB, 2014).

Segundo Serafim et al. (2011), as diferenças na formação e na produção de plantas de cafeeiro em diferentes áreas ocorrem em função da interação de fatores altimétricos, climáticos e pedológicos. Assim, solos recomendados para cafeeiro devem ser profundos, idealmente de textura média e preferencialmente localizados em relevo suavizado (GUIMARÃES; MENDES; SOUZA, 2002). No entanto, observa-se para a região Sul de Minas um relevo mais ondulado, com grande percentual de solos jovens (UFV - CETEC - UFLA – FEAM, 2010), mais rasos e com possível problema de adensamento em camadas subsuperficiais, este fato associado ao pronunciado período de veranico nos meses de janeiro e fevereiro, pode sobremaneira acarretar em dificuldades no desenvolvimento radicular, afetando a planta como um todo.

A expansão da cafeicultura ocorre com a busca de novas tecnologias e novos processos (mecanização, irrigação, adensamento da lavoura e a fertirrigação) que foram introduzidos pelo mercado visando o aumento da rentabilidade através do aumento da qualidade dos grãos e da produtividade da lavoura cafeeira (SARCINELLI; RODRIGUEZ, 2006). Segundo último levantamento do INCRA (Instituto Nacional de Colonização e Reforma Agrária) feito em 2005 (SAGRIMA, 2013) há um predomínio de minifúndios (62,6%) e pequenas propriedades rurais (25,6%) em Minas Gerais de forma geral, assim o alto custo dos materiais, a necessidade da substituição da mão de obra familiar e a necessidade de produção em larga escala, limita o acesso dos pequenos cafeicultores a este pacote de inovações, concentrando os benefícios tecnológicos aos produtores mais capitalizados (SARCINELLI; RODRIGUEZ, 2006).

Sendo a sustentabilidade da cafeicultura dependente do aumento da rentabilidade do produtor, como forma de garantir sua permanência na atividade (PETEK; PATRÍCIO, 2007), é necessária cada vez mais a busca por novos sistemas de manejo que visem contornar as situações que levam ao declínio de

produção. Atualmente, o emprego de boas práticas de manejo do solo já não é preocupação somente de pesquisadores ligados à ciência do solo, sendo, inclusive, exigência para certificação do café (BSCA, 2005; MINAS GERAIS, 2009).

É relatado em literatura (ARANTES; FARIA; REZENDE, 2009) a subutilização das áreas cafeicultoras na região Sul do Estado de Minas Gerais, que apesar de ser responsável por aproximadamente 45% da produção nacional de café arábica, possui a maioria das lavouras formadas com menos de 3.000 plantas por hectare (SILVA et al., 2004). Segundo estes autores, na tentativa de otimizar a utilização das áreas cultivadas, tem-se verificado, nos últimos anos, aumento na área plantada com sistema adensado, que preconiza o plantio de mais de 5.000 plantas por hectare. O adensamento tem sido preconizado pela pesquisa cafeeira por otimizar o uso da área de plantio. Consistindo na elevação da densidade de plantas por hectare que, associada a melhorias nas fases de colheita e de processamento do café, promove a elevação da produção e a proporção de produto que obtém diferencial de preço, permitindo maior competitividade no mercado (BRACCINI et al., 2005).

3 METODOLOGIA

3.1 Localização da área

O experimento foi instalado em área localizada no município de Bom Sucesso, Minas Gerais, nas coordenadas 21°06'50"E e 44°49'22,35"O, com altitude de 850 m. Segundo a classificação de Köppen, o clima da região é Cwa, temperado chuvoso (mesotérmico) com inverno seco e verão chuvoso, temperatura do mês mais quente maior que 22°C (22,1°C em fevereiro),

precipitação média anual em torno de 1530 mm (DANTAS, CARVALHO E FERREIRA, 2007).

A área de estudo ocupa 240 m² (24 x 10m). O solo foi classificado como Argissolo Vermelho (EMBRAPA, 2013), a topografia do terreno é ondulada, com declividade máxima de 12%, com face de exposição nordeste. A análise granulométrica foi realizada segundo EMBRAPA (2011) e a textura classificada como arenosa/média (Tabela 1).

Foi feita amostragem de solo em zigue-zag nas camadas de 0,0 - 0,20; 0,20 - 0,40 e 0,40 - 0,60 m em aproximadamente 20 pontos da área para posterior análise em laboratório e então aferição da fertilidade (Tabela 2).

Tabela 1 Textura do solo na área experimental

Profundidade	Silte	Argila	Areia	AMG^(*)	AG	AM	AF	AMF
--- cm ---	----- g kg ⁻¹ -----							
0-20	368	97	535	60	62	220	139	54
20-40	402	175	423	28	37	196	117	45
40+	446	168	386	27	37	165	112	45

(*) AMG: Areia muito grossa; AG: Areia grossa; AM: Areia média; AF: Areia fina; AMF: Areia muito fina

Tabela 2 Atributos químicos do solo de área experimental em três profundidades antes da instalação do ensaio

Profundidade	pH	MO	Ca	Mg	Al³⁺	H+Al	SB	
--- cm ---		dag/Kg	----- cmol _c /dm ³ -----					
0 - 20	5,4	3,65	2,57	0,6	0,23	4,7	3,32	
20 - 40	5,5	1,29	1,5	0,27	0,20	3,01	1,79	
40 - 60	5,7	1,4	1,6	0,20	0,10	2,5	1,85	
		P	K	Zn	B	m	V	P-rem
		----- mg/dm ³ -----			----- % -----		mg/l	
0 - 20	1,61	60,67	3,66	0,15	6,54	41,48	24,27	
20 - 40	0,56	16,07	0,79	0,18	10,1	37,32	17,07	
40 - 60	0,09	19,33	0,54	0,18	5,13	42,56	10,45	

3.2 Delineamento experimental

O delineamento experimental foi em blocos casualizados com seis repetições e cinco tratamentos, sendo a parcela útil de cada tratamento constituída de uma linha de plantio (3,25 x 0,40 m) com cinco plantas (Figura 1).

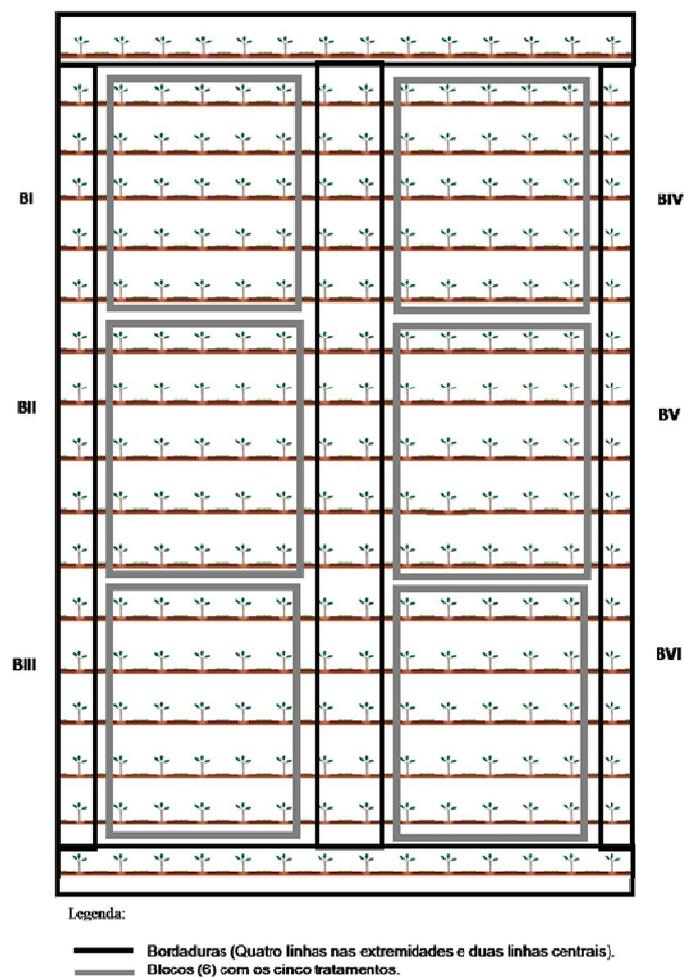


Figura 1 Croqui da Área Experimental

Os tratamentos consistiram em: Q: Adubação química (ANEXO I), feita de acordo com recomendações para cultura do cafeeiro segundo o manual CFSEMG - 5ª aproximação (GUIMARÃES et al., 1999); O: Adubação organomineral, seguiu-se mesma recomendação para adubação química, considerando no entanto a composição e capacidade de liberação de nutrientes do produto orgânico (ANEXO II); QM: Adubação química + cobertura plástica;

OM: Adubação organomineral + cobertura plástica; QZ: Adubação química + mineral zeólita à 40cm de profundidade.

3.3 Preparo do solo

O preparo do solo consistiu na abertura dos sulcos de plantio por meio de trabalho manual com auxílio de ferramentas como enxada, enxada, pá de bico, pá reta e picareta, com dimensões de 0,40 m de largura e 0,60 m de profundidade, assim como adotado pelo Sistema de Manejo Inovador segundo Serafim et al. (2011), afim de minimizar o efeito de um possível adensamento típico dos solos jovens ocorrentes na região de estudo. A abertura do sulco seguiu o declive do terreno feita com o auxílio de um gabarito (confeccionado com ripas de madeira em forma de “T” com 60 cm de comprimento), adotando-se como referência o centro do sulco. Todo o solo retirado foi cuidadosamente separado de acordo com a divisão de cores entre os horizontes A e B, sendo a camada do horizonte A mais escura, devido à expressão da matéria orgânica, e do horizonte B de coloração vermelho amarelada. Ao término da abertura, o solo da camada de 0,40 - 0,60 m foi vertida novamente para o interior do sulco de plantio, onde com o auxílio de uma pá reta foi destorroado.

As fontes utilizadas para adubação química: super fosfato simples, cloreto de potássio, ulexita (fonte de boro) e sulfato de zinco, foram misturadas em bandejas plásticas nas dependências do Laboratório de Conservação do Solo e da Água – DCS. O organomineral foi confeccionado em estufa coberta com estrutura plástica nas dependências do setor de agricultura – DAG – UFLA, em uma betoneira foram misturados o material orgânico (ANEXO II), super simples, Lithothamnium (alga marinha – fonte de Ca e Mg), ulexita, sulfato de zinco, e um acelerador de compostagem. Após preparo do organomineral, este

permaneceu em baia de compostagem durante três dias - material inicial com aproximadamente 22% de umidade, e posteriormente foi levado para campo, acrescido de 7 litros de vinhaça e 60 litros de água, para chegar a uma umidade de 50%, afim de que se completasse o processo de compostagem. Foi então coberto com lona, onde permaneceu por mais 25 dias. O material final usado para adubação continha aproximadamente 30% de umidade.

Os fertilizantes químico e organomineral foram distribuídos ao longo do sulco de plantio quando então foi feita a homogeneização da camada de 0-40 cm de profundidade (separadas na abertura dos sulcos). Foram utilizados 3,30 kg de fertilizante organomineral por metro de sulco.

Assim que preenchidos os sulcos, o filme plástico (mulching) foi esticado sobre a superfície de modo a cobrir todo o sulco de cada tratamento contemplado. O plástico foi preso por um murundum de terra. Os furos para plantio das mudas foram feitos por meio de um cano PVC com a superfície cerrada. Em todos os tratamentos foram feitos mini murunduns a uma distância de 0,55 m da linha de plantio, tanto na parte superior como na inferior, assim como nas quatro extremidades da área, consistindo em uma prática conservacionista para conter erosão hídrica, dissipando a energia da chuva potencial carregadora de partículas de solo. Desta forma toda a água pluvial recebida foi distribuída de forma homogênea em superfície dentro da área experimental.

3.4 Plantio

O plantio foi realizado em 19 de novembro de 2013, ou seja, plantio antecipado, acompanhando o início das chuvas deste mês (SERAFIM et al., 2011). A cultivar de café (*Coffea arabica* L.) implantada foi a Catuaí Vermelho IAC 99, que tem como característica principal o porte baixo, sendo indicada para

plantios adensados. O espaçamento adotado foi de 2,0 m entre linhas e 0,5 m entre plantas.

Utilizando uma cavadeira foram abertas as covetas com dimensões ligeiramente superiores às das mudas. Estas dispunham de 5 a 6 pares de folhas, e foram distribuídas ao longo da linha de plantio. Para retirada da muda, foi feito corte de um centímetro na base do saquinho, eliminando-se raízes enoveladas, e também um corte na lateral. No ato do plantio, a muda foi inserida na coveta respeitando-se o limite do nível do solo, tomando-se o cuidado para não realizar plantio profundo (afogamento da muda) e nem mesmo o plantio superficial (que pode causar o tombamento). Após colocação da muda na coveta, foram preenchidos os espaços com a terra que havia sido retirada e em seguida a superfície do solo ao redor foi pressionada lateralmente ao bloco de muda, com a mão espalmada, evitando que a raiz principal fosse pressionada.

As adubações de cobertura pós plantio com nitrogênio e potássio foram realizadas em dezembro, janeiro, fevereiro, e em setembro, outubro e novembro, a adubação de primeiro ano. Para os tratamentos Químico, Químico + zeólita e Químico + mulching, foi realizada a adubação com sulfato de magnésio juntamente com a primeira cobertura de N e K, visto que não foi feita aplicação de calcário para correção do pH nem mesmo o uso de Lithothanium no enchimento de covas para estes tratamentos.

3.5 Monitoramento da umidade

Para o monitoramento de umidade foram instalados sensores TDR EC - 5 ECH₂O, cujas leituras eram armazenadas em data logger Em5b, ambos da empresa DECAGON DEVICES[®]. Estes sensores possuem haste metálica de 5 cm, onde são realizadas as leituras de umidade. Os sensores foram acoplados em

tubos de PVC com 1,7 cm de diâmetro e 80 cm de comprimento e posteriormente vedados.

No campo foram escolhidos 15 pontos (contemplando 3 repetições de cada tratamento), e em cada ponto foi colocado um sensor para camada de 0,15-0,20 m , 0,35-0,40 m, 0,55-0,60 m (representando as camadas de 0-0,20, 0,20-0,40 e 0,40-0,60 m respectivamente), ou seja, três sensores em torno de cada ponto. Os pontos são representados pela quarta planta da linha de cada tratamento escolhido de forma que estivessem dispostos a formar um gride com distâncias equiparadas entre os pontos.

Cada data logger possui cinco portas de entrada, ou seja, pode armazenar leitura de cinco sensores simultaneamente. Assim, para os 45 sensores instalados foram dispostas nove caixas data loggers ao longo do experimento, de onde foram coletados os dados semanalmente com leituras de umidade armazenadas a cada 60 minutos.

A verificação da exatidão e calibração dos sensores de umidade seguiu metodologia adotada por Silva et al. (2012) e pelo fabricante (COBOS; CHAMBERS, 2010).

Para a calibração dos dados fornecidos pelos sensores foram coletadas amostras indeformadas em cano PVC (com dimensões aproximadas de 7 cm de altura e 10 cm de diâmetro interno), calculando-se três repetições para cada tratamento e profundidade de inserção dos sensores. Em laboratório, após toilet, foi determinado o peso inicial (P_i) das amostras, que logo foram alocadas em bandeja com água destilada e submetidas à elevação da lâmina de água até 2/3 de sua altura. Em aproximadamente dez dias as amostras chegaram ao ponto de saturação, quando a superfície apresentou um brilho uniforme, indicando que todos os poros foram preenchidos por água. Alcançado o ponto de saturação, as amostras foram pesadas e então inserido o sensor TDR obtendo-se a leitura de saída. Em seguida foram colocadas em estufa a 60°C, até atingirem umidade de

35% e o sensor inserido novamente, em uma superfície não perturbada para obtenção da leitura do conteúdo de água. Este procedimento foi repetido até que as amostras atingissem umidade aproximada de 10%. Posteriormente, as amostras foram secas em estufa a 105°C para determinação do peso seco.

Ao final, dois pares de valores foram obtidos (saída do sensor e umidade), de acordo com o recomendado pelo manual do fabricante (COBOS; CHAMBERS, 2010). Para estimar o peso com que as amostras estariam com a umidade próxima do valor desejado (entre 35 e 10%), foi coletada em campo uma repetição extra, para determinar o peso seco e a densidade do solo, o que permitiu estimar o peso úmido desejado para as demais amostras, conforme descrito por (SILVA et al., 2012).

A exatidão dos dados brutos obtidos pelas leituras dos sensores foi verificada utilizando-se a reta 1:1 e o cálculo da raiz do erro médio quadrático (RMSE) (Figura 2, Tabela 3).

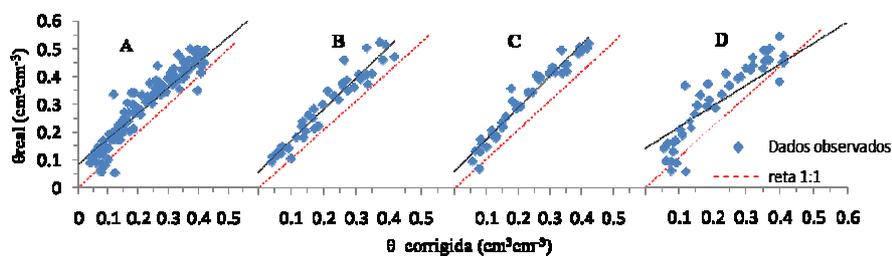


Figura 2 Verificação da exatidão dos dados brutos obtidos pelas leituras dos sensores de umidade para toda série de dados (A); tratamento Químico (B); tratamento Orgânico (C) e tratamento Químico + zeólita (D) antes da calibração. θ = umidade

Tabela 3 Raiz do erro médio antes e após a calibração (RMSE 1 e 2 respectivamente), equações de calibração e coeficiente de determinação (R^2) para monitoramento de umidade nos tratamentos avaliados

Tratamento	RMSE 1	Equação	Modelo	R^2	RMSE 2
Série Toda	0,0888	$y = -6E-07x^2 + 0,0019x - 0,833$	Polinomial	0,917	0,0647
Série Toda		$y = 0,0009x - 0,4316$	Linear		
Químico	0,0760	$y = -2E-07x^2 + 0,0013x - 0,607$	Polinomial	0,945	0,0693
Químico		$y = 0,0009x - 0,462$	Linear		
Orgânico	0,0809	$y = -7E-07x^2 + 0,002x - 0,8767$	Polinomial	0,958	0,0317
Orgânico		$y = 0,0009x - 0,4395$	Linear		
Químico+zeólita	0,1052	$y = -1E-06x^2 + 0,0024x - 1,0333$	Polinomial	0,846	0,0706
Químico+zeólita		$y = 0,0008x - 0,3881$	Linear		

Para o ajuste dos dados foram gerados modelos matemáticos trabalhando-se primeiramente com toda a série de dados e depois separando os dados por tratamento. A escolha do melhor ajuste se deu em função do menor RMSE (após calibração), que foi associado ao modelo linear (Tabela 3). Foi feita nova verificação da exatidão, agora com os dados do modelo gerado pela calibração (Figura 3), onde reduzida a superestimação do erro tem-se uma maior aproximação dos dados à reta 1:1. O modelo linear considerando a série de dados individualmente para cada tratamento foi escolhido para transformação dos dados obtidos pela leitura do sensor em umidade real, por apresentarem no geral, melhor exatidão, ou seja, erro médio quadrático reduzido ao mais próximo de zero.

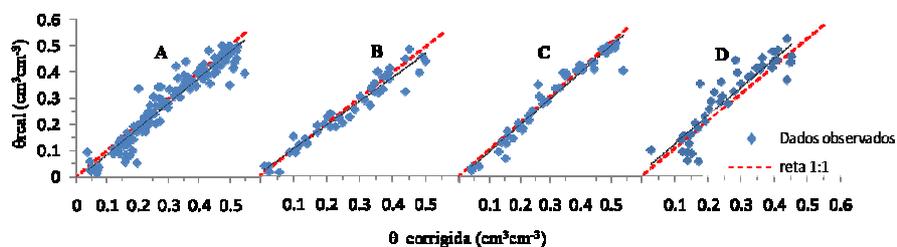


Figura 3 Verificação da exatidão dos dados brutos obtidos pelas leituras dos sensores de umidade para toda série de dados (A); tratamento Químico (B); tratamento Orgânico (C) e tratamento Químico + zeólita (D) após calibração. θ = umidade

Os dados de pluviosidade (ANEXO III) foram coletados por uma estação meteorológica instalada a aproximadamente 30 m da área experimental.

3.6 Caracterização agronômica

Mensalmente foram realizadas avaliações de crescimento e desenvolvimento da parte aérea por meio de medições do diâmetro de colo (com auxílio de um paquímetro), número de folhas e altura de planta.

Ao final do experimento (novembro 2014), foram abertas trincheiras com aproximadamente 0,60 m de profundidade para cada tratamento. Foi feita a exposição das raízes com auxílio de facas até 5 cm de distância do caule das plantas e estas foram pintadas com tinta branca a base de água com auxílio de um pincel para se obter o contraste (entre as raízes e o solo). Em seguida um gride metálico de malha 0,05 x 0,05 m foi fixado na parede da trincheira com as raízes expostas e pintadas para que e então fossem feitas as fotografias. Esta análise foi realizada somente à título de se conhecer o alcance e densidade (visualmente) das raízes nos tratamentos estudados.

3.7 Análise estatística

3.7.1 Dados agronômicos

Os dados agronômicos foram submetidos à análise de variância e para comparação das médias foi aplicado teste de Scott-Knot a 5% de probabilidade, por meio do pacote estatístico R (R DEVELOPMENT CORE TEAM, 2011).

3.7.2 Monitoramento da umidade

Os dados de umidade medidos em campo foram submetidos à análise de variância por parcela subdividida no espaço sendo a parcela principal os tratamentos, sendo as médias comparadas pelo teste de Scott-Knot a 5% de probabilidade, por meio do pacote estatístico R (R DEVELOPMENT CORE TEAM, 2011).

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Foi observada (Figura 4) uma queda na precipitação pluviométrica na maioria dos meses de 2014, encontrando-se valores bem abaixo daqueles encontrados nas normais climatológicas apresentadas pela Estação Climatológica de Lavras, município localizado a 30 km da área experimental. Destaca-se que o total anual precipitado na região, que na média de 30 anos foi de 1530 mm, no ano avaliado foi de apenas 1132,7 mm. Esta tendência de diminuição das precipitações na região foi verificada por Dantas, Carvalho e Ferreira (2007) confrontando os balanços climatológicos realizados em séries de dados de 1961-1990 e 1991-2004, tendo alertado ainda para o aumento de

temperaturas médias mensais além do aumento na temperatura média anual em 1°C, que passou de 19,4 para 20,4°C.

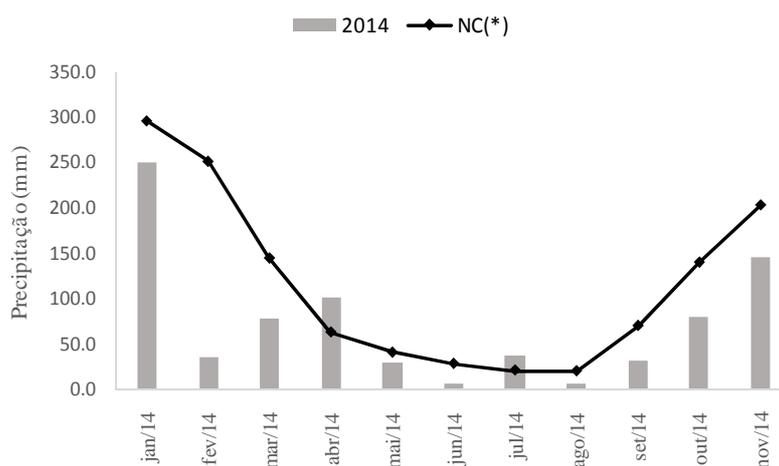


Figura 4 Distribuição temporal de precipitação mensal total (mm) da área experimental durante os meses de 2014 em comparação às normas climatológicas (NC) de 1961-1990 para a região de Lavras, MG

Desta forma, longos períodos de estiagem vêm justificando a grande preocupação dos agricultores da região no que diz respeito aos prejuízos, particularmente da cafeicultura que é responsável pelo maior PIB agrícola da região sul de Minas Gerais (FUNDAÇÃO JOÃO PINHEIRO, 2014), devido ao estresse hídrico expresso pelas condições climáticas desfavoráveis e atípicas. Em acesso ao site “*Peabirus*”, denominada a Rede Social do Café, verificou-se as mais diversas manifestações e discussões a respeito do tema por profissionais da área, pesquisadores e produtores rurais, demonstraram a angústia daqueles que se preocupam com o futuro da cultura na região.

Desde o início do estudo (janeiro/2014) as principais abordagens giraram em torno dos veranicos que se prolongaram, e que associados às elevadas temperaturas impossibilitaram os tratos culturais como adubação e pulverizações. Esse conjunto de fatores, segundo as postagens de especialistas da área, potencialmente comprometeriam 6 milhões de sacas de café. Segundo Rodrigo Naves Paiva, engenheiro agrônomo da Fundação PROCAFÉ, em entrevista ao Notícias Agrícolas em 29 de janeiro de 2014: *“Apenas o produtor irrigante tem condição de salvar sua lavoura. O produtor de sequeiro não tem o que fazer a não ser aguardar uma chuva significativa”*. Naquela oportunidade o engenheiro afirmava que a região do Sul de Minas já se encontrava em momento de déficit hídrico para a cultura, relatando ainda que o desenvolvimento dos grãos seria prejudicado não só pela falta de água, mas também de nutrientes, o que resultaria em declínio do rendimento da atual safra.

Verificado os menores índices de precipitação pluvial no ano de 2014 na região do estudo (Figura 4), faz-se necessário avaliar quando e em que profundidade do solo ocorreu seca edafológica na área experimental, para o primeiro ano de desenvolvimento do cafeeiro. Isto foi possível pelo acompanhamento das leituras em sensores de umidade ao longo do ano, localizados em três profundidades do solo revolvido. Os dados médios de umidade monitorados durante os 11 meses (janeiro a novembro de 2014) são apresentados na Tabela 4.

Tabela 4 Média mensal das leituras de umidade monitoradas durante os 11 meses de 2014 em três profundidades do solo sob cultivo do cafeeiro.

Profundidade	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN
--- cm ---	-----m ³ m ⁻³ -----					
0-20	0,324a	0,290b	0,317b	0,331a	0,282b	0,255b
20-40	0,334a	0,306b	0,328b	0,352a	0,299b	0,273b
40-60	0,371a	0,354a	0,361a	0,365a	0,345a	0,323a
	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	JUL
	-----m ³ m ⁻³ -----					
0-20	0,237b	0,196b	0,211a	0,199b	0,311a	0,237b
20-40	0,244b	0,189b	0,203a	0,198b	0,299a	0,244b
40-60	0,296a	0,259a	0,244a	0,239a	0,290a	0,296a

Médias seguidas pela mesma letra minúscula nas colunas não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade

Observaram-se maiores conteúdos de umidade no solo na profundidade de 40-60 cm de um modo geral, exceto para os meses de janeiro, abril, setembro e novembro, quando em função de chuvas houve uniformização da umidade ao longo do perfil do solo.

Objetivando análise mais acurada para detecção do efeito de veranicos para diferentes camadas do solo, foram escolhidas duas datas para os meses chuvosos (uma antes e outra 3 a 5 dias após a ocorrência de precipitação) e uma data representativa para os meses de seca. Os dados são apresentados na Tabela 5.

Tabela 5 Leituras de umidade volumétrica (m^3m^{-3}) monitoradas durante os 11 meses de 2014 para profundidades em datas selecionadas

Prof*	7JAN	30JAN	7FEV	23FEV	16MAR	27MAR	20ABR
cm	----- m^3m^{-3} -----						
0-20	0,313b	0,318b	0,288b	0,292b	0,314a	0,319a	0,342a
20-40	0,331b	0,324b	0,309b	0,302b	0,322a	0,328a	0,345a
40-60	0,369a	0,368a	0,358a	0,349a	0,357a	0,360a	0,373a
	20MAI	20JUN	19JUL	15AGO	17SET	24SET	7OUT
	----- m^3m^{-3} -----						
0-20	0,264b	0,247b	0,232b	0,193b	0,211a	0,205a	0,197b
20-40	0,289b	0,268b	0,240b	0,189b	0,203a	0,197a	0,185b
40-60	0,339a	0,318a	0,288a	0,268a	0,243a	0,237a	0,248a
		24OUT	20NOV				
		----- m^3m^{-3} -----					
0-20		0,196a	0,302a				
20-40		0,201a	0,302a				
40-60		0,241a	0,287a				

(*)Prof = profundidade. Médias seguidas pela mesma letra minúscula nas colunas não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade

Observa-se que nos meses de março, abril, setembro, final de outubro e novembro não ocorreram diferenças estatísticas para conteúdo de água entre as camadas avaliadas. Este fato é justificado pela ocorrência de chuvas que antecederam essas datas, registradas pela estação climatológica instalada próxima ao experimento. Com exceção do mês de setembro, considerado um mês seco, nos demais meses relacionados acima ocorreram os maiores índices de chuva acumuladas durante 2014 (77,9; 100; 36,2; 79,4 e 144,6 mm) (Figura 4), suplantados apenas pelo mês de janeiro (249,3 mm). Os dados ainda sugerem que a água provinda destas precipitações foi suficiente para homogeneizar o conteúdo de água ao longo do perfil do solo. Ressalta-se que, o revolvimento do

solo à 60 cm de profundidade deve ter sido fator primordial para a distribuição uniforme da água no perfil.

Analisando os dados fornecidos pela estação meteorológica instalada na área experimental e considerando o período chuvoso do ano, o veranico mais relevante ocorreu entre os dias 26/Janeiro e 14/Fevereiro (20 dias). Confrontando estas informações às apresentadas na Tabela 5, verifica-se que somente a camada de 0-40 cm apresentou ressecamento, refletindo o longo período sem a ocorrência de chuvas.

Segundo Hu et al. (2010) ocorrendo falta de chuva, a tendência é de que as camadas superiores do solo sofram maior variação de umidade, uma vez que fatores climáticos como radiação solar, vento e temperatura são mais ativos em superfície, afetando o teor de água do solo.

Com o intuito de verificar o efeito mitigador dos condicionadores de solo em estudo, na Tabela 6 são apresentados conteúdos médios de umidade no solo ao longo do ano de 2014 para os diferentes tratamentos.

Tabela 6 Valores médios de umidade volumétrica (m^3m^{-3}) monitoradas durante os 11 meses de 2014 em cada tratamento da área experimental

Tratamento	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN
	----- m^3m^{-3} -----					
O	0,347a	0,317a	0,355a	0,379a	0,338a	0,307a
OM	0,390a	0,368a	0,373a	0,388a	0,350a	0,315a
Q	0,334a	0,292a	0,316a	0,312a	0,263b	0,240b
QM	0,334a	0,319a	0,328a	0,336a	0,314a	0,299a
QZ	0,310a	0,288a	0,305a	0,304a	0,280b	0,258b

“Tabela 6, continuação”

Tratamento	JUL	AGO	SET	OUT	NOV
	-----m ³ m ⁻³ -----				
O	0,279a	0,169a	0,234a	0,206a	0,341a
OM	0,285a	0,249a	0,232a	0,237a	0,309a
Q	0,218b	0,173a	0,208a	0,198a	0,293a
QM	0,282a	0,260a	0,213a	0,223a	0,263a
QZ	0,230b	0,226a	0,209a	0,196a	0,296a

Médias seguidas pela mesma letra minúscula nas colunas não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade

A umidade no solo diferiu entre os vários tratamentos apenas nos meses de maio, junho e julho, período de baixa precipitação pluviométrica (29,8, 6,6 e 36,2 mm, respectivamente, Figura 4), quando o mulching, avaliado nos tratamentos OM e QM, mostrou a sua eficiência (Tabela 6) como condicionador hídrico por limitar as perdas diretas de umidade do solo para a atmosfera. Saliendo que o condicionador organomineral (O) também mostrou-se eficiente. Nos meses de agosto, setembro e outubro este efeito já não foi sentido pois foi observada a uniformização da umidade no solo em todos os tratamentos, devido ao agravamento da seca e mostrando o limite da ação destes condicionadores.

Com o intuito de analisar o efeito dos vários tratamentos, e particularmente desta economia de água nos meses mais críticos do ano, obtida pelo mulching e pelo organomineral, nas plantas jovens de café, foram analisadas variáveis de crescimento de plantas (Figura 5 A); diâmetro de caule (Figura 5 B), e número de folhas (Figura 5 C).

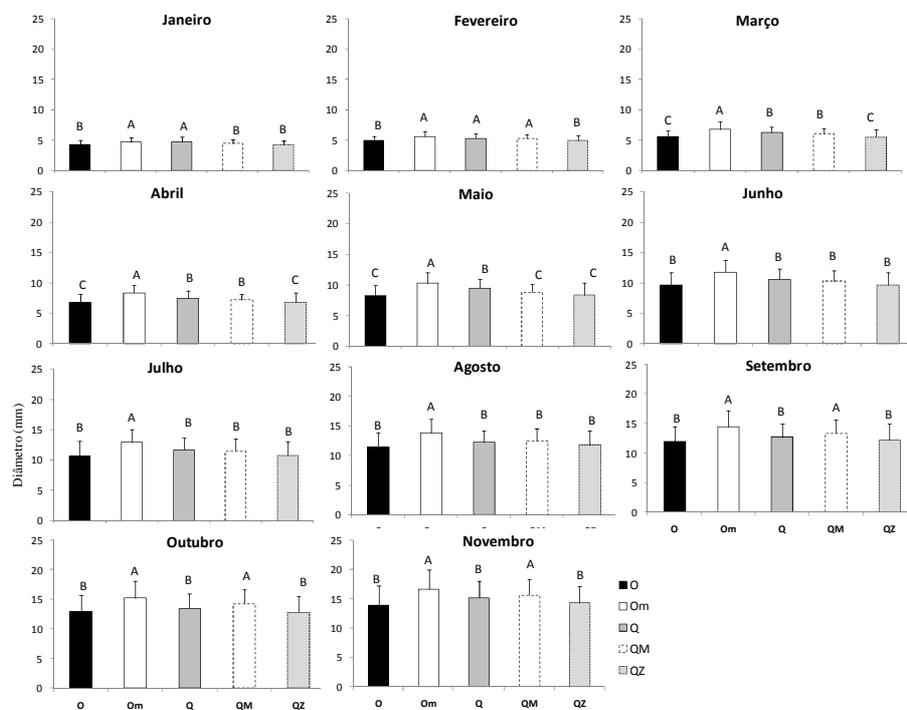


Figura 5A Diâmetro (mm) do caule de plantas para os 11 meses submetidas aos manejos: Organomineral (O); Químico + cobertura plástica (QM); Organomineral + cobertura plástica (OM); Químico (Q) e Químico + zeólita (QZ). As barras que apresentam mesma letra maiúscula não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade

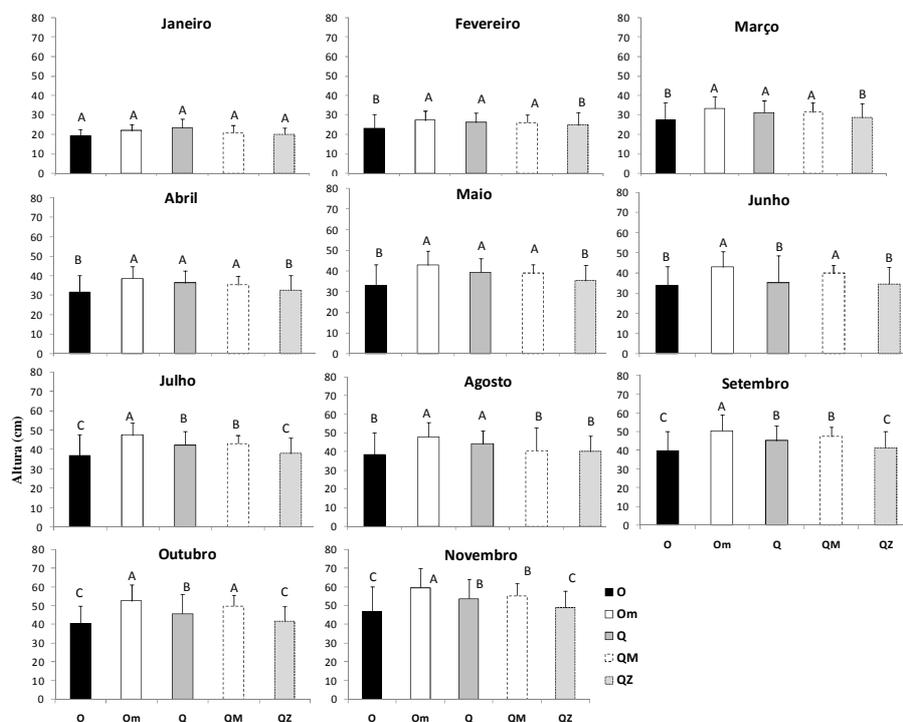


Figura 5B Altura (cm) de plantas para os 11 meses submetidas aos manejos: Organomineral (O); Químico + cobertura plástica (QM); Organomineral + cobertura plástica (OM); Químico (Q) e Químico + zeólita (QZ). As barras que apresentam mesma letra maiúscula não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade

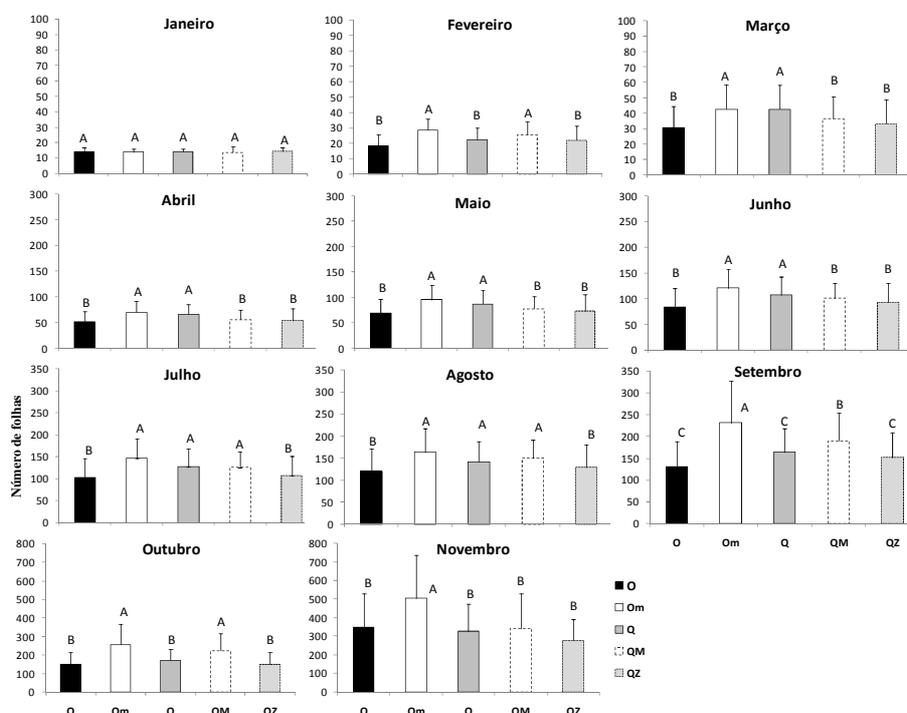


Figura 5C Contagem do número de folhas de plantas ao longo dos 11 meses submetidos aos manejos: Organomineral (O); Químico + cobertura plástica (Om); Químico (Q) e Químico + zeólita (QZ). As barras que apresentam mesma letra maiúscula não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade

Observa-se um maior efeito do tratamento OM ao se considerar o conjunto das variáveis, por este ser o condicionador de solo que permitiu o melhor desempenho da cultura na maioria dos meses, salientando que os tratamentos O e QZ apresentaram os piores resultados para todos os meses avaliados. Desta forma a o uso do mulching sintético como cobertura do solo na linha de plantio do cafeeiro associado à adição do fertilizante organomineral

trouxe benefícios inequívocos para a cultura no seu primeiro ano de desenvolvimento.

O efeito do OM no desenvolvimento das plantas pode ser visualizado nas figuras 5A,B e C desde o início das avaliações. Já em janeiro, com diferença apenas para diâmetro de caule, destaca-se o comportamento do tratamento OM juntamente com o tratamento Q, o mesmo acontecendo para os três meses consecutivos (fevereiro, março e abril).

No período das águas e também para o período de seca (compreendido entre maio a agosto) os tratamentos Q, OM e QM se destacaram comparado aos demais tratamentos. No entanto, para ambas as épocas observa-se que apenas o tratamento OM apresentou os maiores valores para todas as variáveis relacionadas ao desenvolvimento da parte aérea das plantas.

Para o segundo período das águas (setembro, outubro e novembro), apenas os tratamentos com mulching (OM e QM) se destacaram na análise das variáveis agrônômicas avaliadas, corroborando com resultados encontrados por Zhao et al. (2012). Zhu et al. (2015) que obtiveram aumentos variando de 28,3% a 87,6% na produção de grãos de milho em ano de menores índices pluviométricos, utilizando mulching plástico no plantio de sequeiro em região semi-árida da China, concluíram que a utilização deste tipo de manejo é eficaz na mitigação dos impactos do déficit hídrico para regiões de escassez de água.

Sabendo-se que, desbalanços hídricos afetam o sistema solo-planta-atmosfera e conseqüentemente a produtividade das culturas (DANTAS; CARVALHO; FERREIRA, 2007), ressalta-se que, o tratamento OM ainda que apresentando conteúdos de umidade iguais estatisticamente aos apresentados para O e QM (nos meses de seca) (Tabela 6), foi o único que se destacou em todas as variáveis analisadas por dez meses consecutivos até o final do primeiro ano (Figura 5; Tabela 6).

O OM, neste primeiro ano de estudo, apresentou de 7 a 22% de incremento em altura; 5,7 a 16% em diâmetro de caule e até 45% de incremento em número de folhas, comparado aos demais tratamentos avaliados (Tabela 7).

Tabela 7 Porcentagem de incremento para as variáveis agrônômicas ao final do primeiro ano de desenvolvimento (mês de novembro/2014): Altura Diâmetro de Caule e Número de Folhas em relação ao tratamento (Trat.) que apresentou o melhor desempenho (OM) sendo este considerado o valor de referência (100%)

Trat.	Altura OM	Diferença percentual em relação ao OM (Altura)	Diâmetro OM	Diferença percentual em relação ao OM (Diâmetro)
		-----%-----		
O	78,1	-21,9	83,6	-16,4
OM	100	-	100	-
Q	90	-10	91,1	-6,1
QM	92,7	-7,3	93,9	-8,9
QZ	82,2	-17,9	94,3	-5,7
	Nº de folhas OM		Diferença percentual em relação ao OM (Nº folhas)	
		-----%-----		
O		68,9		-31,2
OM		100		-
Q		64,6		-35,4
QM		67,5		-32,5
QZ		54,9		-45,1

Organomineral (O); Químico + cobertura plástica (QM); Organomineral + cobertura plástica (OM); Químico (Q) e Químico + zeólita (QZ)

O fertilizante organomineral usado sem o complemento do mulching apesar de ter seus efeitos destacados na literatura a exemplo de Fernandes et al.

(2013) que encontraram de 9 a 18% de incremento em produtividade ao final da terceira safra para adubação com organomineral em relação à adubação mineral exclusiva em cafeeiro 'Catuaí IAC 144'. Neste experimento, usado de forma isolada, apesar de mostrar eficiência na retenção de água se mostrou pouco eficiente quando comparado com os demais tratamentos, com exceção para o QZ que embora tenha se mostrado também eficiente na retenção de água, se comportou menos eficiente em garantir o desenvolvimento de plantas de cafeeiro no primeiro ano.

A introdução do mineral zeólita como um tratamento, foi realizada com o intuito de testar seu potencial em aumentar a retenção de água pelo solo, a exemplo do que foi realizado em trabalho anterior em Latossolo por Barbosa et al. (2014). Apesar de o mineral ter sido eficiente em aumentar a CAD quando comparado ao tratamento químico (0,15 e 0,13 m^3m^{-3} , respectivamente), observou-se que o tratamento QZ juntamente com o tratamento Q, apresentou os menores valores médios de umidade volumétrica no solo nos meses de maio, junho e julho (Tabela 6), período este crítico para o desenvolvimento de plantas.

Silva (2012) realizando o monitoramento de água em área de cafeeiros Catuaí cultivados em Latossolo Vermelho distrófico típico associou os menores conteúdos de água na profundidade de 50 a 75 cm do perfil de solo à maior atividade das raízes ali presentes.

Logo, no presente estudo foi cogitada a possibilidade de que o tratamento que sobressaísse em desenvolvimento de plantas condicionasse menores conteúdos de umidade no solo, devido ao maior consumo pelas plantas. No entanto observou-se que os tratamentos que condicionaram maior desenvolvimento da parte aérea (Figura 5), o que corresponde a uma maior demanda transpirativa pelas plantas, ainda assim, mantiveram conteúdos de umidade equivalentes aos outros tratamentos, na maioria dos meses avaliados (Tabela 6), confirmando assim, uma maior economia de água no solo no

tratamento que se utilizou da cobertura plástica associado ao fertilizante organomineral.

ZHU et al. (2015) também observaram redução da evaporação de água do solo sob mulching, mas naquele estudo foi observado também um aumento da transpiração nas plantas, o que foi sugerido como principal causa do aumento na produção de grãos de milho. Segundo os autores, as melhorias dos processos fisiológicos da planta otimizaram a utilização de água.

Os resultados obtidos na presente pesquisa associados aos relatos científicos obtidos na literatura especializada, demonstram o grande potencial de uso do fertilizante organomineral associado ao uso de mulching sintético. O que ocorre pela ação conjunta na proteção superficial e condicionamento físico hídrico do solo, proporcionando um melhor aproveitamento da água proveniente da chuva e redução das perdas de água do solo por evaporação, promovendo além de economia de água, melhor aproveitamento desta pelas plantas em condições de cultivo de sequeiro.

Na Figura 6 são apresentadas fotos do desenvolvimento do sistema radicular nos tratamentos avaliados. Estas indicam maior volume e melhor distribuição de raízes no tratamento que se utilizou da cobertura plástica.

Da mesma forma, ajudando justificar os resultados de desenvolvimento da parte aérea (Figura 5; Tabela 7) no tratamento que se utilizou do mulching sintético foi visualizado maior volume de raízes finas à uma profundidade de aproximadamente 40 - 50 cm. Para ambos os tratamentos foram encontradas raízes ultrapassando a camada de 60 cm, função do efeito de sulco profundo que aliviou sobremaneira as barreiras físicas (camadas adensadas, típicas desta classe de solo) ao desenvolvimento radicular.



Figura 6 Fotografia da exposição de raízes por meio de abertura de trincheiras e utilização de um gride metálico em dezembro/2014, aos um ano e um mês de desenvolvimento do cafeeiro submetido aos manejos: A: Organomineral; B: Organomineral + cobertura plástica; C: Químico; D: Químico + cobertura plástica e E: Químico + zeólita

Estudando o cultivo do cafeeiro Catucaí em Latossolo submetido à abertura de sulco com profundidade de 60 cm, corrigido e fertilizado, Silva (2012) observou alcance de raízes além dos 80 cm, no final do primeiro ano de desenvolvimento, sendo encontrada uma maior atividade do sistema radicular na camada de 50 a 70 cm. Segundo Wiersum (1957), as raízes localizadas nas camadas mais profundas do solo possuem alta atividade de absorção de água e nutrientes.

5 CONCLUSÕES

A utilização do O e M promoveram maior armazenamento de água no período de seca, não apresentando diferença para os períodos chuvosos.

A utilização do fertilizante organomineral associado à cobertura plástica na superfície do solo condiciona maior desenvolvimento de planta, espessura do caule e aumento no número de folhas de cafeeiro, permitindo a afirmação de ser esta uma potencial alternativa para o cultivo do cafeeiro em regiões suscetíveis a severos veranicos e seca prolongada.

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Particularmente na região Sul de Minas Gerais que vem sofrendo com grandes secas nos últimos anos, manejos do solo que proporcionem condições químicas e físico hídricas e conseqüente melhor enraizamento de plantas, e maior aproveitamento de água, devido ao maior volume de solo explorado, tem se tornando cada vez mais necessário objetivando minimizar as perdas de produtividade de culturas ocasionadas pelo estresse hídrico a que ficam submetidas nos períodos de seca e freqüentes e típicos veranicos da região.

REFERÊNCIAS

ABU-RAYYAN, A. M.; SHATAT, F. A.; ABU-IRMAILEH, B. E. Response of fruit trees to composting of animal manures in the tree line. **Journal of Food, Agriculture & Environment**, Helsinki, v. 9, p. 3–6, July/Oct. 2011.

ALLEN, R. G. et al. Water requirements. In: HOFFMAN, G. J. et al. Design and operation of farm irrigation systems. St. Joseph: ASABE, 2007. Chap. 8, p. 208-288.

ALMEIDA, W. F. DE. **Gotejamento por pulsos e cobertura do solo na formação do bulbo molhado e produtividade da alface americana**. 2012. 79 p. Tese (Doutorado em Recursos Hídricos) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2012.

AN, T., SCHAEFFER, S., LI, S., FU, S., PEI, J., LI, H., ZHUANG, J., RADOSEVICH, M., WANG, J. Carbon fluxes from plants to soil and dynamics of microbial immobilization under plastic film mulching and fertilizer application using ¹³C pulse-labeling. **Soil Biology & Biochemistry**, Elmsford, v. 80, p. 53–61, Jan. 2015.

ARANTES, K. R.; FARIA, M. A.; REZENDE, F. C. Recuperação do cafeeiro (*Coffea arabica* L.) após recepa, submetido a diferentes lâminas de água e parcelamentos da adubação. **Acta Scientiarum. Agronomy**, Maringá, v. 31, n. 2, p. 313-319, abr./jun. 2009.

ARAÚJO, A. P. NEGREIROS, M., Z. DE; LEITÃO, M. DE M. V. B. R.; PEDROSA, J. F. P.; NETO, F.B.; SOBRINHO, J.E.; FERREIRA, R.L. ; NOGUEIRA, I.C. Rendimento de melão amarelo cultivado em diferentes tipos de cobertura do solo e métodos de plantio. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 21, n. 1, p. 123-126, mar. 2003.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE CAFÉS ESPECIAIS - BSCA. Lista de verificação sistemas de gestão sócio-ambiental. Anexo RA 0552.04, ver. 01. 2005.

BARBOSA, S.M., OLIVEIRA, G.C. DE, CARDUCCI, C.E., SILVA, B.M.. Potencialidade de uso de zeólitas na atenuação do déficit hídrico em Latossolo do cerrado. **Semina. Ciências Agrárias**, Londrina, v. 35, p. 2357–2368, mar. 2014.

BERNARDI, A. C. DE C.; ROBERTO, S.; TAVARES, D. L.; SCHMITZ, A. A. Produção de meloeiro utilizando um polímero hidrofílico em diferentes frequências de irrigação em casa-de-vegetação. **Irriga**, Botucatu, v. 10, p. 82–87, jan./abr. 2005.

BORGES, T. K. DE S.; MONTENEGRO, A. A. DE A.; SANTOS, T. E. M. DOS; SILVA, D. D. DA; JUNIOR, V. DE P. E S. Influência de práticas conservacionistas na umidade do solo e no cultivo do milho (zea mays l.) em semiárido nordestino. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 38, p. 1862–1873, nov./dez. 2014.

BRACCINI, A. L.; SCAPIM, C. A.; VIDIGAL FILHO, P. S.; BRACCINI, M. C. L.; BORGES, S. C.; ALBRECHT, L. P. Características agronômicas e produção de frutos e de grãos em resposta ao aumento da densidade populacional do cafeeiro. **Acta Scientiarum. Agronomy**, Maringá, v. 27, n. 2, p. 269 – 279, 2005.

BRADY, N.C.; WEIL, R.R. The nature and properties of soils. 13. ed. Upper Saddle River, N.J. : Prentice Hall , 2002. 960 p.

BRASIL. Ministério da Agricultura. Secretaria Nacional de Defesa Agropecuária. Inspeção e fiscalização da produção e do comércio de fertilizantes, corretivos, inoculantes, estimulantes ou biofertilizantes, destinados à agricultura. Brasília: Secretaria de Fiscalização Agropecuária, 1983. 86p.

BÜLL, L., CORRÊA, J., TECCHIO, M., VILLAS BÔAS, R. L., & GUERRINI, I. Eficiência agronômica de fertilizante fosfatado organo-mineral obtido através de compostagem com lixo urbano. **Cultura Agrônômica**, Ilha Solteira, v.8, n.1, p.1-22, 1999.

CALHEIROS, C. B. M.; TENÓRIO, F. J. C.; CUNHA, J. L. X. L.; SILVA, E. T.; SILVA, D. F.; SILVA, J. A. C. Definição da taxa de infiltração para dimensionamento de sistemas de irrigação por aspersão. **Revista Brasileira Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v.13, p.665-670, jul./ago. 2009.

CÂMARA, M. J. T., NEGREIROS, M. D., MEDEIROS, J. D., BEZERRA, N. F., & BARROS JÚNIOR, A. Produção e qualidade de melão Amarelo influenciado por coberturas do solo e lâminas de irrigação no período chuvoso. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 37, n.1, p. 58-63, jan./fev. 2007.

CANDIDO, A. DE O. **Desenvolvimento inicial do cafeeiro arábica sob fontes de fósforo**. 2013. 65 p. Dissertação (Mestrado em Produção Vegetal) – Universidade Federal do Espírito Santo, Vitória, 2013.

CARVALHO, R. **Armazenamento de água e atributos de um Latossolo cultivado com cafeeiro em conversão para o sistema orgânico**. 2007. 89 p. Dissertação (Mestrado em Ciência do Solo) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2007.

CARVALHO, R. P.; MOREIRA, R. A.; CRUZ, M. C. M.; FERNANDES, D. R.; OLIVEIRA, A. F. Organomineral fertilization on the chemical characteristics of Quartzarenic Neosol cultivated with olive tree. **Scientia Horticulturae**, Amsterdam, v. 176, p. 120–126, July 2014.

CLARK, G. A.; MAYNARD, D. N. Vegetable production on various bed widths using drip irrigation. **Applied Engineering in Agriculture**, St. Joseph, v. 8, n. 1, p. 28-32, 1992.

COBOS, D. R.; CHAMBERS, C.. Calibrating ECH2O Soil Moisture Sensors. DECAGON DEVICES. 2010. 7p.

COELHO, G., SILVA, A. M. D., REZENDE, F. C., SILVA, R. A. D., CUSTÓDIO, A. A. D. P. Efeito de épocas de irrigação e de parcelamento de

adubação sobre a produtividade do cafeeiro 'Catuai'. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 33, n. 01, p. 67-73, jan./fev. 2009.

CONAB. Companhia Nacional de Abastecimento, 2014. **Acompamento da safra brasileira de café**. Terceiro levantamento. Brasília, set. 2014, 62p.

CONAB. Companhia Nacional de Abastecimento, 2015. **Acompamento da safra brasileira de café**. Primeiro levantamento. Brasília, jan. 2015, 43p.

DANTAS, A., CARVALHO, L., FERREIRA, E. Classificação e tendências climáticas em Lavras, MG. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 31, p. 1862–1866, nov./dez. 2007.

EGHBALL, B. Nitrogen mineralization from field-applied beef cattle feedlot manure or compost. **Soil Science Society of America Journal**, Madison, v.64, p.2024-2030, Nov. 2000.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA. Embrapa Solos. Manual de métodos de análises de solo. 2. ed. Rio de Janeiro: Embrapa, 2011. 230 p.

_____. Sistema brasileiro de classificação de solos. 3. ed. Brasília, 2013. 353 p.

ESBERSCHÜTZ, J., PRITSCH, K., GATTINGER, A., WELZL, G., HAESLER, F., BUEGGER, F., WINKLER, J.B., MUNCH, J.C., SCHLOTTER, M.. Influence of chronic ozone stress on carbon translocation pattern into rhizosphere microbial communities of beech trees (*Fagussylvatica* L.) during a growing season. **Plant and Soil**, The Hague, v. 323, p.85-95, July 2009.

FERNANDES, A. L. T.; SANTINATO, F.; FERREIRA, R. T.; SANTINATO, R. Adubação orgânica do cafeeiro, com uso do esterco de galinha, em substituição à adubação mineral. **Coffee Science**, Lavras, v. 8, p. 486–499, out./dez. 2013.

FERNANDES, A. L., SANTINATO, R., DRUMOND, L. C., & OLIVEIRA, C. B. D. Avaliação do uso de fertilizantes organominerais e químicos na fertirrigação do cafeeiro irrigado por gotejamento. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v.11, n.2, p.159-166, nov./dez. 2007.

FERNANDES, A.L.T., TESTEZLAF, R. Fertirrigação na cultura do melão cultura em ambiente protegido, utilizando-se fertilizantes organominerais e químicos. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 6, p. 45–50, jan./abr. 2002.

FERREIRA, M.M., FERNANDES, B., CURI, N. Influência da mineralogia da fração argila nas propriedades físicas de Latossolos da região sudeste do Brasil. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 23, P. 513-524, jul./set. 1999.

FUNDAÇÃO JOÃO PINHEIRO. 2014. Produto Interno Bruto de Minas Gerais 21pg.

GAN, Y.T., SIDDIQUE, K.H.M., TURNER, N.C., LI, X.G., NIU, J., YANG, C., LIU, L. Ridge–furrow mulching systems: an innovative technique for boosting cropproductivity in semiarid rain-fed environments – chapter seven. **Advances in Agronomy**, Amsterdam, v. 118, p. 429–476, 2013.

GOMES, M. F. M.; ROSADO, P. L. Mudança na produtividade dos fatores de produção da cafeicultura nas principais regiões produtoras do Brasil. **Revista de Economia e Sociologia Rural**, Brasília, v. 43, n. 4, p. 633-654, out./dez. 2005.

GRIFFIN, T. S.; HONEYCUTT, C.W. Using growing degree days to predict nitrogen availability from livestock manures. **Soil Science Society of America Journal**, Madison, v.64, p.1876-1882, Sept. 2000.

GUIMARÃES, P. T. G., GARCIA, A. W. R., ALVAREZ V, V. H., PREZOTTI, L. C., VIANA, A. S., MIGUEL, A. E., OLIVEIRA, J. D. (1999). Cafeeiro. CFSMG - Comissão de Fertilidade do Solo do Estado de Minas Gerais.

Recomendação para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais, 5ª aproximação. Viçosa: FCV, 1999.

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

HOCHMUTH, G. J.; HOCHMUTH, R. C.; OLSON, S. M. Polyethylene mulching for early vegetable production in North Florida. *Circular Técnica*. 2001. 6p.

HOU, X.Y., WANG, F.X., HAN, J.J., KANG, S.Z., FENG, S.Y. Duration of plastic mulch for potato growth under drip irrigation in an arid region of Northwest China. **Agricultural and Forest Meteorology**, v.150, p.115–121, Jan. 2010.

HU, W., SHAO, M., HAN, F., REICHARDT, K., TAN, J. Watershed scale temporal stability of soil water content. **Geoderma**, Amsterdam, v. 158, p. 181-198, Sept. 2010.

HÜTSCH, B.W., AUGUSTIN, J., MERBACH, W. Plant rhizodeposition an important source of carbon turnover in soils. **Journal of Plant Nutrition and Soil Science**, Halle (Saale), v. 165, p. 397-407, Aug. 2002.

INTERNATIONAL COFFEE ORGANIZATION. (ICO). Disponível em:
<http://www.ico.org/>. Acesso em 5 Nov. 2014.

KLEIN, V. A.; CAMARA, R. K. Rendimento da soja e intervalo hídrico ótimo em Latossolo vermelho sob plantio direto escarificado. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 31, n. 2, mar./abr. 2007.

LI, R., HOU, X., JIA, Z., HAN, Q., YANG, B. Effects of rainfall harvesting and mulching technologies on soil water, temperature, and maize yield in Loess Plateau region of China. **Soil Research**, Clayton, v. 50, p. 105–113, Mar. 2012.

LI, Y.S., WU, L.H., ZHAO, L.M., LU, X.H., FAN, Q.L., ZHANG, F.S.
Influence of continuous plastic film mulching on yield, water use efficiency and soil properties of rice fields under non-flooding condition. **Soil and Tillage Research**, Amsterdam, v. 93, p. 370–378, April 2007.

MATOS, S., MENDONÇA, E.D.S., FERNANDO, L., LEITE, C. Estabilidade de agregados e distribuição de carbono e nutrientes em Argissolo sob adubação orgânica e mineral. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 43, p. 1221–1230, set. 2008.

MAZURANA, M., LEVIEN, R., MULLER, J., CONTE, O. Sistemas de preparo do solo: alterações na estrutura do solo e rendimento das culturas. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 35, p. 1197-1206, nov./dez. 2011.

MINAS GERAIS. Certifica Minas café - regulamento geral. 8ª revisão, Belo Horizonte, 11/12/2009. Disponível em:
<http://intranet.ima.mg.gov.br/nova/gec/outros_documentos/Cafe/Regulamento%20certificaminascafe-versao8.pdf>. Acesso em 15 de fev. 2014.

MONTEIRO, R. O. C., COELHO, R. D., MONTEIRO, P. F. C., WHOPMANS, J., LENNARTZ, B. Water consumption and soil moisture distribution in melon crop with mulching and in a protected environment. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 35, n.2, p. 555-564, Jun. 2013.

MOREIRA, M. A.; ADAMI, M.; RUDORFF, B. F. T. Análise espectral e temporal da cultura do café em imagens Landsat. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 39, n. 03, p. 223-231, mar. 2004.

MORETI, D.; LIBARDI, P. L.; ROCHA, G. C.; LOVATTI, M. J.; AGUIAR, L. I. G. Avaliação espaço-temporal das armazenagens gravimétrica e volumétrica da água num Latossolo com citros. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.31, p. 1281-1290, maio/jun. 2007.

MOSADDEGHI, M.R., MAHBOUBI, A.A., SAFADOUST, A., Short-term effects of tillage and manure on some soil physical properties and maize root growth in a sandy loam soil in western Iran. **Soil and Tillage Research**, Amsterdam, v. 104, p. 173–179, June 2009.

MOTA, J. C. A., LIBARDI, P. L., BRITO, A. D. S., ASSIS JÚNIOR, R. 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**, Viçosa, v. 34, p.1721-1731, jan./fev. 2010.

OLIVEIRA, A. P.; SANTOS, J. F.; CAVALCANTE, L. F.; PEREIRA, W. E.; SANTOS, M. C. C. A.; OLIVEIRA, A. N. P.; SILVA, N. V. Yield of sweet potato fertilized with cattle manure and biofertilizer. **Revista Horticultura Brasileira**, Brasília, v.28, p.277-281, July/Sept. 2010.

OLIVEIRA, F. F.; SALCEDO, I. H.; GALVÃO, S. R.S. Adubação orgânica e inorgânica de batatinha em solos arenosos: Produtividade, nutrientes na planta e lixiviação. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 15, p. 1228-1234, 2011.

OLIVEIRA, G.C. DE, DIAS JUNIOR, M.S., RESCK, D.V.S., CURI, N. Caracterização química e físico-hídrica de um Latossolo Vermelho após vinte anos de manejo e cultivo do solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 28, p. 327-336, nov./dez. 2004.

OSTLE, N., WHITELEY, A.S., BAILEY, M.J., SLEEP, D., INESON, P., MANEFIELD, M. Active microbial RNA turnover in a grassland soil estimated using a $^{13}\text{CO}_2$ spike. **Soil Biology & Biochemistry**, Elmsford, v.35, p. 877-885, July 2003.

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, v. 59, n. 1, p. 39-40, jul. 2007.

R DEVELOPMENT CORE TEAM (2011). R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. ISBN 3-900051-07-0, URL <http://www.R-project.org/>.

REICHARDT, K. Processos de transferência no sistema solo-planta- atmosfera. Campinas: Fundação Cargill, 1985. 445 p.

SÁ, J.R.; OLIVEIRA, A.E.S.; MEDEIRO, J.F.; NOGUEIRA, N.W.; SILVA, C.B. Interação da adubação organo-mineral nos atributos químicos do solo na cultura do melão em Mossoró-RN-Brazil. **Revista Verde**, Pombal, v. 5, p. 89-100, jul./set. 2010.

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

SANTOS, I. S.; AZEVEDO, C. A. V. de; GUERRA, H. O. C.; SOARES, F. A. L.; LIMA, V.L. A. de; NETO, J.D. Economia de água na irrigação do coqueiro em função de áreas de maior concentração do sistema radicular e cobertura do solo. **Revista Ambiente e Água**, Taubaté, v. 3, n. 3, p. 105-113, dez. 2008.

SANTOS, R.F., CARLESSO, R. Déficit hídrico e os processos morfológico e fisiológico das plantas. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 2, p. 287-294, jul./set. 1998.

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

SCHIAVONI, E. A.; ALVES, M.C.; SOUZA, Z.M.; COSTA, F.G. Influence of organic-mineral fertilization of an oxisol on soil chemical properties and bracharia brizantha production. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.35, p.2219-2226, Nov./Dec. 2011.

SECRETARIA DE ESTADO DE AGRICULTURA, PECUÁRIA E ABASTECIMENTO (SAGRIMA). Perfil do Agronegócio Mineiro. 2013, 190p.

SERAFIM, M. E.; OLIVEIRA, G. C.; OLIVEIRA, A. S.; LIMA, J. M.; GUIMARÃES, P. T. G.; COSTA, J. C. Sistema conservacionista e de manejo intensivo do solo no cultivo de cafeeiros na região do Alto São Francisco, MG: um estudo de caso. **Bioscience Journal**, Uberlândia, v.27, n.6, p.964-977, nov./dez. 2011.

SERAFIM, M. E.; OLIVEIRA, G. C.; OLIVEIRA, A. S.; LIMA, J. M.; GUIMARÃES, P. T. G.; COSTA, J. C. Qualidade física e Intervalo Hídrico Ótimo em Latossolo e Cambissolo, cultivados com cafeeiro, sob manejo conservacionista do solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.37, p.733-742, set./out. 2013.

SILVA, B. M. **Disponibilidade de água no solo: métodos de estimativa e implicações de manejo em cafeeiros na região do cerrado**. 2014. 133 p. Tese (Doutorado em Ciência do Solo) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2014.

SILVA, B. M.; OLIVEIRA, G. C. DE; SERAFIM, M. E.; SILVA JÚNIOR, J.J.; COLOMBO, A.; LIMA, J.M. Acurácia e calibração de sonda de capacitância em Latossolo Vermelho cultivado com cafeeiro. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 47, n. 1, p. 277–286, fev. 2012.

SILVA, B.M. **Dinâmica espaço-temporal da água no solo cultivado com cafeeiro nas condições climáticas do Alto São Francisco -MG**. 2012. 78 p. Dissertação (Mestrado em Ciência do Solo) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2012.

SILVA, C. A.; MELO, L. C. A.; RANGEL, O. J. P.; GUIMARÃES, P. T. G. Produtividade do cafeeiro e atributos de fertilidade de Latossolo sob influência de adensamento da lavoura e manejo da calagem. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 28, n. 5, p. 1066-1076, set./out. 2004.

SILVA, R. D. O., RECH, I., de FRANÇA, A. A., SCHIAVINI, J. D. A., PIRES, C. D. A., BALIEIRO, F. D. C., de CAMPOS, D. V. B. Liberação de fósforo de fertilizantes organominerais e sua influência na fertilidade do solo. In: FERTBIO, 2010. **Anais...** Guarapari: SBCS, 2010. CD-ROM.

SONG, Q.H., LI, F.M., WANG, J., LIU, H.S., LI, S.Q. Effect of various mulching durations with plastic film on soil microbial quantity and plant nutrients of spring wheat field in semi-arid Loess Plateau of China. **Acta Ecologica Sinica**, v. 22, p. 2127-2132, 2012.

STEINER, F., DE MENDONÇA COSTA, M. S. S., DE MENDONÇA COSTA, L. A., PIVETTA, L. A., & CASTOLDI, G. Disponibilidade de micronutrientes no sistema plantio direto, na presença e ausência de plantas de cobertura submetido a diferentes fontes de fertilizantes. **Global Science and Technology**, Goiânia, v.4, n.1, p.28-37, jan./abr. 2011.

STROJAKI, T. V., DA SILVA, V. R., SOMAVILLA, A., DA ROS, C. O.; DE MORAES, M. T. Atributos químicos do solo e produtividade de girassol e milho em função da aplicação de composto de lixo urbano. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia, v.43, p. 278-285, jul./set. 2013.

TEIXEIRA, W. et al. **Decifrando a Terra**. São Paulo: Oficina de Textos, 2000.

TEIXEIRA, WELLDY GONÇALVES. **Biodisponibilidade de fósforo e potássio provenientes de fertilizantes mineral e organomineral**. 2013. 99 p. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2013.

TIRITAN, C.S.; SANTOS, D.H.; FOLONI, J.S.S.; ALVES JR. R. Adubação fosfatada mineral e organomineral no desenvolvimento do milho. **Colloquim Agrariae**, Presidente Prudente, v. 6, p. 8-14, 2010.

TORMENA, C.A., SILVA, A.P DA, LIBARDI, P.L. Soil physical quality of a Brazilian Oxisol under two tillage systems using the least limiting water range

approach. **Soil and Tillage Research**, Amsterdam, v. 52, p. 223-232, Oct. 1999.

TSEKLEEV, G.; BOYADJIEVA, N.; SOLAKOV, Y. Influence of photo selective mulch film song tomatoes in greenhouses. **Plasticulture**, Paris, v. 95, p. 45-49, 1993.

UFV - CETEC - UFLA - FEAM. Mapa de solos do Estado de Minas Gerais. Belo Horizonte, Fundação Estadual do Meio Ambiente, 2010. 49p.

VEIHMEYER, F.J., HENDRICKSON, A.H. The relation of soil moisture to cultivation and plant growth. Proceedings First International Congress Soil Science, v.3, p. 498–513, 1927.

WANG, J., LI, F.M., SONG, Q.H. Effects of plastic film mulching on soil temperature and moisture and on yield formation of spring wheat. **Chinese Journal of Applied Ecology**, v.14, p. 205–210, 2003.

WIERSUM, L.K., 1967. Potential subsoil utilization by roots. **Plant and soil**, The Hague, v. 27, p. 267-274, Dec. 1957.

YE, J., ZHANG, F., SUN, G. Mapping the rain use efficiency of maize under three management practices on the Chinese Loess Plateau. In: 1st International Conference on Agro-Geoinformatics, Agro-Geoinformatics Art. No. 6311697, pp.507–510. 2012.

ZEBARTH, B. J., CHABOT, R., COULOMBE, J., SIMARD, R. R., DOUHERET, J., TREMBLAY, N. Pelletized organo-mineral fertilizer product as a nitrogen source for potato production. **Canadian Journal of Soil Science**, Ottawa, v.85, n.3, p.387-395, 2005.

ZHANG, S.L., LI, P.R., YANG, X.Y., WANG, Z.H., CHEN, X.P. Effects of tillage and plastic mulch on soil water, growth and yield of spring-sown maize. **Soil and Tillage Research**, Amsterdam, v. 112, p.92–97, Mar. 2011.

ZHAO, H.; XIONG, Y.; LI, F.; WANG, R.; QIANG, S. Plastic film mulch for half growing-season maximized WUE and yield of potato via moisture-temperature improvement in a semi-arid agroecosystem. **Agricultural Water Management**, Amsterdam, v. 104, p. 68–78, Feb. 2012.

ZHOU, L.M., JIN, S.L., LIU, C.A., XIONG, Y.C., SI, J.T., LI, X.G., GAN, Y.T., LI, F.M. Ridge–furrow and plastic-mulching tillage enhances maize–soil interactions:opportunities and challenges in a semiarid agroecosystem. **Field Crops Research**, Amsterdam, v.126, p. 181–188, Feb. 2012.

ZHU, L., LIU, J., LUO, S., BU, L., Chen, X., LI, S. Soil mulching can mitigate soil water deficiency impacts on rainfed maize production in semiarid environments. **Journal of Integrative Agriculture**, Beijing, v. 14, p. 58–66, Jan. 2015.

ANEXOS

ANEXO I Tabela de fontes e quantidades utilizadas para composição dos tratamentos aplicados no sulco para a adubação de plantio, na linha para a adubação de cobertura e primeiro ano

Fonte	O, OM ^(*)	Q, QM
	----- g.m ⁻¹ sulco -----	
Superfosfato Simples	335,53	941,18
Esterco de Galinha	6000	103,45
Ulexita	12,5	12,5
Sulfato de Zinco	7,5	7,5
Alga Marinha	179,2	-
Sulfato de Magnésio	-	154
Zeólita ^(**)	-	2000

Fonte	Cobertura	1º ano
	----- g.m ⁻¹ sulco -----	
Cloreto de Potássio	33,3	34,5
Sulfato de Amônio	105,26	52,63

(*) Do produto final Organomineral decomposto, foram colocados 3,3 kg por metro linear de sulco. (**) O mineral zeólita foi utilizado apenas para o tratamento QZ, distribuído na profundidade de 40 cm. O: Organomineral, OM: Organomineral + cobertura plástica, Q: Químico, QM: Químico + cobertura plástica

ANEXO II Tabela de composição do material orgânico utilizado para a confecção do fertilizante organomineral

Determinação	Resultado	Extrator / Digestor
Potencial Hidrogeniônico - pH	7,81	Sem Extrator
Relação C/N	7,66	Sem Extrator
	%	
Umidade	21,68	Sem Extrator
Nitrogenio	1,62	Sem Extrator
P ₂ O ₅	2,51	Acido Cítrico 2%
K ₂ O	1,49	Água
Matéria Orgânica	28,9	Sem Extrator
	<u>g.Kg⁻¹</u>	
Cálcio	72,61	Nitroperclórico
Magnésio	26,78	Nitroperclórico
Enxofre	12,86	Nitroperclórico
	<u>Mg.Kg⁻¹</u>	
Zinco	201,87	Nitroperclórico
Ferro	16311,54	Nitroperclórico
Cobre	60,53	Nitroperclórico
Manganês	430,4	Nitroperclórico
Boro	24,87	Ácido Clorídrico

ANEXO III Dados de precipitação coletados em estação meteorológica a 30 m da área experimental comparados às normais climatológicas da região de Lavras

Mês/Ano	Precipitação	Normais Climatológicas (Lavras)
	----- mm -----	
novembro/2013	176,4	203,7
dezembro/2013	162,2	274,8
janeiro/2014	249,3	296,6
fevereiro/2014	34,4	251,9
março/2014	77,9	145,1
abril/2014	100	63,4
maio/2014	29,8	41
junho/2014	6,6	28,7
julho/2014	36,2	21,4
agosto/2014	5,8	20,6
setembro/2014	30,5	70,6
outubro/2014	79,4	140,5
novembro/2014	144,6	203,7
Total anual	1132,7	1762