

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO ESPÍRITO SANTO
CENTRO UNIVERSITÁRIO NORTE DO ESPÍRITO SANTO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRICULTURA TROPICAL**

LUCAS RODRIGUES NICOLE

**PLANTAS DE COBERTURA E QUALIDADE DO SOLO
NA REGIÃO DOS TABULEIROS COSTEIROS**

**São Mateus – ES
Fevereiro de 2017**

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO ESPÍRITO SANTO
CENTRO UNIVERSITÁRIO NORTE DO ESPÍRITO SANTO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRICULTURA TROPICAL**

**PLANTAS DE COBERTURA E QUALIDADE DO SOLO
NA REGIÃO DOS TABULEIROS COSTEIROS**

LUCAS RODRIGUES NICOLE

Dissertação apresentada à Universidade Federal do Espírito Santo, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Agricultura Tropical, para a obtenção do título de mestre em Agricultura Tropical.

Orientador: Prof. Dr. Fábio Ribeiro Pires

**São Mateus – ES
Fevereiro de 2017**

Dados Internacionais de Catalogação na publicação (CIP)
(Divisão de Biblioteca Setorial do CEUNES - BC, ES, Brasil)

N642p Nicole, Lucas Rodrigues, 1991-
Plantas de cobertura e qualidade do solo na região dos
Tabuleiros Costeiros / Lucas Rodrigues Nicole. – 2017.
119 f. : il.

Orientador: Fábio Ribeiro Pires.
Coorientador: Robson Bonomo; Dione Pereira Cardoso.
Dissertação (Mestrado em Agricultura Tropical) –
Universidade Federal do Espírito Santo, Centro Universitário
Norte do Espírito Santo.

1. Irrigação agrícola. 2. Milheto. 3. Plantio direto. 4. Atributos
do solo. 5. Decomposição. I. Pires, Fábio Ribeiro. II. Bonomo,
Robson. III. Cardoso, Dione Pereira. IV. Universidade Federal do
Espírito Santo. Centro Universitário Norte do Espírito Santo. V.
Título.

CDU: 63

LUCAS RODRIGUES NICOLE

**PLANTAS DE COBERTURA E QUALIDADE DO SOLO NA REGIÃO
DOS TABULEIROS COSTEIROS**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Agricultura Tropical da Universidade Federal do Espírito Santo, como requisito parcial para obtenção do título de Mestre em Agricultura Tropical.

Aprovada em 23 de fevereiro de 2017.

COMISSÃO EXAMINADORA



Prof. Dr. Fábio Ribeiro Pires
Universidade Federal do Espírito Santo
Orientador



Prof. Dr. Robson Bonomo
Universidade Federal do Espírito Santo



Prof.^a Dr.^a Dione Pereira Cardoso
Universidade Federal do Espírito Santo



Prof. Dr. Diego Lang Burak
Universidade Federal do Espírito Santo

Aos meus pais, Caetano e Norma, que por circunstâncias da vida não tiveram a oportunidade de estudar. Ao meu irmão Paulo Henrique. Ao meu querido avô Constante. Aos que morrem sedentos de saber, amor, carinho, justiça, família, igualdade social, saúde, paixão e emoção. Aos que amam algo ou alguém, aos que acreditam em ser alguém, aos que dizem ao final do dia, apesar de todas as dificuldades da vida: simplesmente por mais um dia, obrigado meu Deus.

DEDICO.

*“...Quem semeia a fé chorando
Volta colhendo e cantando
E se assenta a mesa do Rei
Nenhum dos Seus planos ninguém pode frustrar
E a Tua palavra não pode falhar
Se as águas não se abrirem
Eu ando sobre o mar
Porque o milagre é pra quem acreditar...”*

AGRADECIMENTOS

A Deus, pelo dom da vida, por intermédio do seu filho Jesus Cristo, por me proteger e guiar durante toda essa caminhada de realização do mestrado, principalmente durante a condução desse experimento. Com todo meu amor e todo meu coração a tudo que Ele tem me concedido, e agora, em especial, a conclusão dessa Dissertação.

Ao meu pai Caetano Bergamim Nicole (*in memoriam*), pelo seu apoio de sempre, pelo amor, pelo carinho, pelos ensinamentos de humildade e por sempre acreditar e me incentivar a não desistir diante dos obstáculos da vida. Por sonhar em um dia ver seu filho um “doutor”, como ele mesmo dizia, o que me incentivou muito a persistir nesse caminho de aprendizado sem fim.

À minha mãe Norma Aparecida Rodrigues, pelo amor e carinho de sempre, pelas orações, pelo apoio que só mãe sabe dar, pela compreensão da minha ausência. Agradeço por me permitir vir ao mundo e poder chegar onde estou.

Ao meu irmão Paulo Henrique Rodrigues Nicole, pelo amor e companheirismo de sempre.

Ao meu avô Constante Nicoli (*in memoriam*), que sempre me incentivou a lutar pelos meus sonhos. Pelas conversas, preocupação e sábios conselhos.

Aos meus familiares, em especial tios e primos, pela torcida e compreensão da minha ausência durante esta jornada.

Aos meus grandes amigos do peito pelo apoio de sempre e pela compreensão da minha ausência, em especial Thomé Alberto do Amaral e Estéfane Freire. A compreensão de vocês para comigo é coisa de gente muito nobre.

A Jackson Olisan, pela mensagem de vida, por todo apoio durante essa jornada e por ter me incentivado a não desistir.

A Michel Nazar, pela amizade e pelo incentivo de sempre.

Aos colegas de pós-graduação pela amizade, especialmente a Eduardo Santos, André Covre, Luciano Canal, Cássio Carvalho, Raquel Ramos, Douglas Gomes, Esequiel Santos, João Giles, Gleison Oliosi, Jaqueline Paris, Letícia Brumano, Joice Paraguassú, Thaimã Rodrigues, Carla Simon e todos que estiveram sempre próximos.

Aos colegas e alunos de graduação que suportaram meu ritmo intenso, mas que também me fizeram rir, e muito mais me ajudaram no campo e no laboratório, em análises que pareciam intermináveis. Ana Roos, Vinícius Soares, Benedicto Barbosa, Kerwin Costa, Augusto Guerra, Sara Francischetto, Amanda Duim, João Vitor Silva, Gustavo Valani e muitos outros, meus sinceros agradecimentos pela ajuda.

Aos colegas do pós-doutorado pela amizade e pelas contribuições científicas, Fábio Oseias, Alessandra Belo, Paulo Roberto da Rocha Jr. e João Carlos Madalão.

Aos colegas de trabalho do Instituto de Defesa Agropecuária e Florestal do Espírito Santo (IDAF) pela torcida e apoio, em especial Ezio Senna de Oliveira Filho, pela compreensão e pela concordância, como chefia imediata, com o meu pedido de horário especial junto ao IDAF.

Ao IDAF por me proporcionar esta oportunidade.

Agradeço ao professor e orientador, Fábio Ribeiro Pires, cuja competência científica é simplesmente invejável, do qual aprendi muitas coisas técnicas, além da perspicácia da interpretação científica. Agradeço pela amizade, paciência, compreensão e, principalmente, confiança neste período ainda um pouco conturbado, para mim, de trabalho e estudo.

Aos meus coorientadores, Dione Pereira Cardoso e Robson Bonomo, pelo aceite de coorientação, pelos ensinamentos e pelas contribuições técnicas e científicas.

Ao examinador externo Diego Lang Burak pelo aceite do convite.

Ao professor Renato Lara de Assis do Instituto Federal Goiano - Campus Iporá (GO) - pela importante contribuição quanto à dinâmica de decomposição da palhada.

Agradeço a todos os professores da pós-graduação por partilharem um pouco dos seus conhecimentos.

Aos funcionários técnicos de laboratório, Francisco Ferreira, Joel Cardoso e Helder Marques, pelo apoio durante a realização das análises.

Aos funcionários e servidores da Fazenda Experimental do CEUNES, Maicon, Ademar, Marcelo e Emanuel pelo imenso apoio na realização dos trabalhos de campo. Em especial agradeço ao servidor Gleison Oliosí, sempre disposto e prestativo, pelo apoio técnico na área experimental.

Aos funcionários da secretaria pela eficiência nos atendimentos prestados.

À Universidade Federal do Espírito Santo, pela oportunidade de realização do curso de mestrado e a todos seus servidores / funcionários que direta e indiretamente contribuíram para a minha formação.

À Fundação de Amparo à Pesquisa e Inovação do Espírito Santo (FAPES) pelo apoio financeiro deste projeto de pesquisa.

A todos que, de alguma forma, contribuíram para a realização deste trabalho e minha formação.

MUITO OBRIGADO!

BIOGRAFIA

Lucas Rodrigues Nicole, nascido em São Gabriel da Palha – ES, em 15 de janeiro de 1991, filho de Caetano Bergamim Nicole e Norma Aparecida Rodrigues. Irmão de Paulo Henrique Rodrigues Nicole e Michaeli Camargo Nicole, tio de Livia Maroque Nicole.

Cursou o ensino fundamental na Escola Estadual de Ensino Fundamental e Médio Irineu Morello, em Governador Lindenberg (ES) e a maior parte na Escola Estadual Américo Vespúcio, em Itueta (MG). Cursou o ensino médio na Escola Agrotécnica Federal de Colatina (ES) concomitantemente com o curso técnico em Agropecuária, concluindo ambos no ano de 2008.

No ano de 2009 ingressou na Universidade Federal do Espírito Santo (UFES), Campus São Mateus (CEUNES), em São Mateus (ES), onde obteve o título de Engenheiro Agrônomo em 2015, ano em que também ingressou no curso de Mestrado do Programa de Pós-Graduação em Agricultura Tropical (PPGAT) também no Campus São Mateus, concluindo em 2017.

Trabalha desde 2011 no Instituto de Defesa Agropecuária e Florestal do Espírito Santo (IDAF), onde atua na área de recursos naturais renováveis como Técnico em Desenvolvimento Agropecuário (Técnico Agrícola).

SUMÁRIO

RESUMO	x
ABSTRACT	xii
1. INTRODUÇÃO GERAL	14
Referências Bibliográficas	16
2. CAPÍTULOS	20
2.1. DESEMPENHO AGRONÔMICO DE PLANTAS DE COBERTURA SUBMETIDAS A DOIS REGIMES HÍDRICOS	21
Resumo	21
Abstract	22
Introdução.....	24
Material e Métodos	25
Resultados e Discussão	34
Conclusões.....	53
Referências Bibliográficas	54
2.2. ATRIBUTOS QUÍMICOS DE UM ARGISSOLO AMARELO SOB PLANTAS DE COBERTURA SUBMETIDAS A DOIS REGIMES HÍDRICOS	60
Resumo	60
Abstract	61

Introdução.....	62
Material e Métodos	64
Resultados e Discussão	71
Conclusões.....	85
Referências Bibliográficas	86
2.3. QUALIDADE BIOLÓGICA DE UM ARGISSOLO AMARELO SOB PLANTAS DE COBERTURA SUBMETIDAS A DOIS REGIMES HÍDRICOS	90
Resumo	90
Abstract	91
Introdução.....	92
Material e Métodos	94
Resultados e Discussão	101
Conclusões.....	108
Referências Bibliográficas	108
3. CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	113
ANEXOS	114

RESUMO

NICOLE, Lucas Rodrigues; M.Sc.; Universidade Federal do Espírito Santo; Fevereiro de 2017; **Plantas de cobertura e qualidade do solo na região dos Tabuleiros Costeiros**; Orientador: Fábio Ribeiro Pires; Coorientadores: Robson Bonomo, Dione Pereira Cardoso.

No Norte do Espírito Santo, região dos Tabuleiros Costeiros, em face da escassez de água nos anos recentes, tem-se observado uma migração de áreas antes cultivadas com mamão e café, sob aspersão via pivô central, para grãos no sistema de plantio direto, particularmente, feijão e milho. Nessas áreas, recém iniciadas no sistema, a formação e a persistência de palhada tem sido uma das maiores limitações. O uso de plantas de cobertura, além da formação de palhada, é capaz de melhorar os atributos físicos, químicos e biológicos do solo, tornando um sistema agrícola mais sustentável. Objetivou-se avaliar a qualidade do solo em função do cultivo de plantas de cobertura e seu potencial para formação de palhada visando à adoção do sistema de plantio direto no Norte do Espírito Santo, sob diferentes regimes hídricos. O experimento foi conduzido a campo, em um Argissolo Amarelo distrófico, delineamento experimental em DBC, em parcelas subdivididas, com quatro repetições. Os tratamentos foram compostos nas parcelas por dois regimes hídricos e nas subparcelas por seis plantas de cobertura, sendo quatro cultivares de *Pennisetum glaucum* (L.) R. Brown (milheto: ADR 300, ADR 500, ADRf 6010 e BRS 1501), uma *Canavalia ensiformis* (L.) DC. (feijão-de-porco) e uma *Brachiaria ruziziensis* Germain & Evrard, cv. Comum (braquiária). Foi avaliado o desempenho agrônomo das plantas de cobertura (altura de plantas, área foliar, teor de clorofila, desenvolvimento de raízes, índice de cobertura, produção de fitomassa, fitomassa remanescente e taxa de decomposição) e a qualidade do solo sob essas plantas (atributos químicos e biológicos). O feijão-de-porco e o milheto ADRf 6010 apresentam resistência à deficiência hídrica para a maioria das variáveis de desempenho agrônomo estudadas. O feijão-de-porco e a *Brachiaria ruziziensis* apresentam as menores taxas de decomposição e maior tempo de meia-vida. Entre os milhetos isso ocorre para a cultivar ADR 300. Considerando índice de cobertura do solo, produção de matéria seca e taxa de decomposição, o milheto ADR 300, nos

dois regimes hídricos, é a planta mais indicada para formação de palha e cobertura do solo. O regime hídrico interfere nos atributos químicos do solo, com maior influência em pH, K⁺, Na⁺, H+Al, V e MO, sobretudo na camada 0-20 cm. O uso de plantas de cobertura promove o incremento dos atributos químicos do solo. A cultivar de milho ADRf 6010 e a *Brachiaria ruziziensis* promovem melhoria na qualidade biológica do solo, aumentando os níveis de CBM e qMIC e diminuindo qCO₂. O acúmulo de matéria orgânica em superfície e sua conseqüente mineralização resulta em incrementos na qualidade biológica do solo. Diante dos principais resultados, verifica-se potencial de consolidação do sistema de plantio direto na região dos Tabuleiros Costeiros, incrementando os atributos químicos e biológicos do solo com uso de plantas de cobertura adaptadas à condição de deficiência hídrica.

Palavras-chave: taxa de decomposição, manejo da irrigação, milho, atributos químicos, atributos biológicos, plantio direto.

ABSTRACT

NICOLE, Lucas Rodrigues; M.Sc.; Federal University of Espírito Santo; February 2017; **Cover crops and soil quality in the Coastal Tablelands region**; Advisor: Fábio Ribeiro Pires; Co-advisors: Robson Bonomo, Dione Pereira Cardoso.

In the North of Espírito Santo, in the Coastal Tablelands region, in the face of water scarcity in recent years, there have been observations of a migration of previously cultivated areas with papaya and coffee, under central pivot irrigation, to grains in the no-tillage system, particularly beans and corn. In these areas, newly started in the system, the formation and persistence of straw mulch has been one of the major limitations. The use of cover crops, besides the formation of straw mulch, is capable of improving the physical, chemical and biological attributes of the soil, making a more sustainable agricultural system. The objective of this study was to evaluate the soil quality in relation to the cultivation of cover crops and their potential for straw mulch formation aiming at the adoption of no-tillage system in the North of Espírito Santo, under different irrigation water regimes. The experiment was conducted in the field, in a dystrophic Yellow Argisol, experimental design in RBD, in subdivided plots, with four repetitions. The treatments were composed in the plots by two water regimes and in the subplots by six covering crops, four cultivars of *Pennisetum glaucum* (L.) R. Brown (millet: ADR 300, ADR 500, ADRf 6010 and BRS 1501), a *Canavalia Ensiformis* (L.) DC. (jack bean) and a *Brachiaria ruziziensis* Germain & Evrard, cv. Common (brachiaria). The agronomic performance of the cover crops were evaluated (plant height, leaf area, chlorophyll content, root development, cover index, phytomass production, remaining phytomass and decomposition rate) and soil quality under these plants (chemical and biological attributes). The jack bean and ADRf 6010 millet show resistance to water deficiency for most of the agronomic performance variables studied. The jack bean and *Brachiaria ruziziensis* show the lowest decomposition rates and longer half-life. Among the millets this occurs for the cultivar ADR 300. Considering soil cover index, dry matter production and decomposition rate, ADR 300 millet, in both irrigation regimes, is the most indicated crop for straw formation and soil cover. The water regime interferes in soil chemical attributes, with higher influence on pH, K⁺, Na⁺, H+Al, V and MO, especially on the 0-

20 cm layer. The use of cover crops promotes the increase of soil chemical attributes. The cultivar of millet ADRf 6010 and *Brachiaria ruziziensis* promote improvement in the biological quality of the soil, increasing the levels of MBC and $qMIC$ and decreasing qCO_2 . The accumulation of organic matter on the surface and consequent mineralization results in increases in the biological quality of the soil. In view of the main results, there is potential for consolidation of the no-tillage system in the Coastal Tablelands region, increasing the chemical and biological attributes of the soil with the use of cover crops adapted to the water deficiency condition.

Key words: decomposition rate, irrigation management, millet, chemical attributes, biological attributes, no-tillage.

1. INTRODUÇÃO GERAL

O monitoramento das mudanças nas propriedades do solo em resposta a diferentes práticas de manejo tem sido objeto de estudo de diversos pesquisadores (FIDALSKI et al., 2008; DONAGEMMA et al., 2011; TAVARES-FILHO et al., 2010). No Brasil, tal aspecto é observado principalmente nas áreas de pastagens, as quais se apresentam em extensas áreas pelo país e a maior parte encontra-se degradada (FIDALSKI et al., 2008; KONDO et al., 2001).

Em áreas agrícolas e agropecuárias brasileiras, a aração e a gradagem foram os procedimentos mais comuns para a reforma ou estabelecimento de culturas. Com esta prática buscou-se eliminar, pelo menos momentaneamente, as plantas daninhas, reduzir a compactação superficial e aumentar a infiltração de água no perfil do solo (DIAS-FILHO, 2011). No entanto, sob condições de chuvas intensas ou erosivas, estas características do solo arado podem ser rapidamente alteradas, podendo levar a maiores perdas de água e de solo já nos primeiros eventos de chuva, deteriorando a qualidade do solo (ÁLVAREZ-MOZOS et al., 2011; BRAMORSKI et al., 2012; MENDONÇA et al., 2014). Em função dos impactos negativos resultantes da adoção dos sistemas convencionais conduzidos de forma intensiva e indiscriminada, esta prática de manejo vem sendo desaconselhada, inclusive, em sistemas agropecuários do domínio Mata Atlântica (BERTOSI et al., 2016).

Uma alternativa aos sistemas convencionais (aração e gradagem) são os sistemas conservacionistas, como o preparo reduzido do solo e o sistema de plantio direto. Estes buscam a redução das perdas de solo e água provenientes da erosão

hídrica, assim como a melhoria das propriedades físicas, químicas e biológicas do solo (BERTOL et al., 2007; KASCHUK et al. 2010; SCHNEIDER et al., 2011; BRAMORSKI et al., 2012; CHAPLOT et al., 2012).

Na agricultura, os efeitos do sistema de plantio direto (principal forma de preparo reduzido ou cultivo mínimo) são bem conhecidos. Por exemplo, Schwen et al. (2011) verificaram em área de manejo convencional do solo a redução da infiltração de água, constatando a maior condutividade hidráulica nas áreas com menor revolvimento do solo, como plantio direto e preparo mínimo. DeLaune e Sij (2012) verificaram que o plantio direto proporcionou maior infiltração de água em comparação às áreas de preparo convencional, observando ainda que o preparo mínimo do solo levou à redução das perdas de sedimentos. Jakelaitis et al. (2008) observaram que em áreas de pastagens de *Brachiaria brizantha*, formada após rotação com soja sob plantio direto, obteve-se maior retenção de água comparado às áreas de cultivo agrícola e pastagem sob manejo extensivo.

Um dos fatores que compõem o tripé da sustentabilidade do plantio direto é a palhada mantida sobre a superfície, sem revolvimento do solo. Esta técnica preserva a qualidade do solo porque protege sua superfície do impacto da gota de água, conseqüentemente, evita o desprendimento e arraste das partículas do solo, impedindo o início do processo erosivo. Outras conseqüências positivas do sistema são: manutenção da umidade do solo e melhoria da fertilidade e estrutura do solo (MENDONÇA et al., 2014), controle de plantas daninhas e favorecimento do sistema biológico do solo. As plantas de cobertura são utilizadas para a formação da palhada, prevenindo sua degradação ou melhorando sua qualidade, pois é uma prática de conservação que contribui para a reabilitação dos atributos do solo. Karlen et al. (1997) consideram como qualidade do solo, a capacidade de um tipo específico de solo funcionar como ecossistema natural ou manejado para sustentar a produtividade animal e vegetal, manter a qualidade da água e do ar e suportar o crescimento humano. Os indicadores de qualidade podem ser propriedades, processos ou características físicas, químicas e biológicas do solo.

O plantio direto é muito difundido na maior parte do país (BERTOL et al., 2007; BERTOL et al., 2013; JÚNIOR et al., 2014), no entanto, no estado do Espírito Santo, esta prática ainda não se consolidou, especialmente, por falta de tradição agrícola na produção de grãos em alta escala e devido ao relevo acidentado na maior parte do estado. No Norte do Espírito Santo, na região geomorfologicamente

denominada de Tabuleiros Costeiros (RADAMBRASIL, 1987), onde o relevo permite a mecanização, a situação começa a modificar-se. Nesta região, em face da escassez de água nos anos recentes, tem-se observado uma migração de áreas antes cultivadas com mamão e café, sob aspersão via pivô central, para grãos no sistema de plantio direto, particularmente, feijão e milho. Nessas áreas, recém iniciadas no sistema, a formação e a persistência de palhada tem sido um dos maiores desafios à sua sustentabilidade, em razão das altas temperaturas, associadas à umidade via irrigação, que favorecem à rápida decomposição dos resíduos vegetais, afetando assim a permanência da palhada produzida (PARIZ et al., 2011).

O uso de práticas conservacionistas deve permitir a manutenção de uma cobertura eficiente do solo, com boa produção de biomassa, como ocorre no emprego de plantas de cobertura, utilizadas no sistema plantio direto. Dada essa importância, a seleção das plantas a serem cultivadas é de fundamental importância para a recuperação e manutenção da qualidade do solo, visto que o sucesso do plantio depende das adaptações dessas espécies às condições edafoclimáticas locais. Várias espécies são utilizadas atualmente como planta de cobertura, no entanto, há a necessidade de estudos objetivando conhecer quais são as espécies e, ou, cultivares, e quais as técnicas de manejo mais adequadas para cada condição de solo e clima, reconhecidamente distintos nas diversas regiões onde o sistema é adotado.

No Norte do estado do Espírito Santo, sobretudo na região dos Tabuleiros Costeiros, não há estudos sobre espécies mais adequadas à formação de palhada para o sistema de plantio direto, sendo necessárias investigações que busquem essa seleção e a definição de técnicas de manejo mais eficientes para as condições ambientais dessa região. Portanto, objetivou-se avaliar o potencial de diferentes plantas de cobertura para formação de palhada e a qualidade química e biológica do solo decorrente de seu cultivo, sob diferentes regimes hídricos, avaliando, por fim, o potencial para consolidação do sistema de plantio direto no Norte do Espírito Santo.

Referências Bibliográficas

ÁLVAREZ-MOZOS, J.; CAMPO, M. A.; GIMÉNEZ, R.; CASALÍ, J.; LEIBAR, U. Implications of scale, slope, tillage operation and direction in the estimation of surface depression storage. **Soil and Tillage Research**, v. 111, n. 2, p. 142-153, 2011.

BERTOL, I.; ENGEL, F. L.; MAFRA, A. L.; BERTOL, O. J.; RITTER, S. R. Phosphorus, potassium and organic carbon concentrations in runoff water and sediments under different soil tillage systems during soybean growth. **Soil and Tillage Research**, v. 94, n. 1, p. 142–150, 2007.

BERTOL, I., RAMOS, R. R.; BARBOSA, F. T.; GONZÁLEZ, A. P.; RAMOS, J. C.; BANDEIRA, D. H. Water erosion in no-tillage monoculture and intercropped systems along contour lines. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 37, n. 2, p. 521-528, 2013.

BERTOSSI, A. P. A.; ROCHA JUNIOR, P. R.; RIBEIRO, P. H.; MENEZES, J. P. C.; CECÍLIO, R. A.; ANDRADE, F. V. Soil cover and chemical and physical attributes in Oxisol in the Atlantic Forest Biome. **Revista Árvore** (Impresso), v. 40, n. 2, p. 219-228, 2016.

BRAMORSKI, J.; MARIA, I. C.; SILVA, R. L.; CRESTANA, S. Relations between soil surface roughness tortuosity, tillage treatments, rainfall intensity and soil and water losses from a Red Yellow Latosol. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 36, n. 4, p. 1291-1298, 2012.

CHAPLOT, V.; MCHUNU, C. N., MANSON, A., JEWITT, G., LORENTZ, S. Water erosion-induced CO₂ emissions from tilled and no-tilled soils and sediments. **Agriculture, Ecosystems and Environment**, v. 159, p. 62-69, 2012.

DeLAUNE, P. B.; SIJ, J. W. Impact of tillage on runoff in long term no-till wheat systems. **Soil and Tillage Research**, v. 124, p. 32-35, 2012.

DIAS-FILHO, M. B. **Degradação de pastagens: Processos, Causas e Estratégias de Recuperação**. 4. ed, Belém: MBDF, 215 p., 2011.

DONAGEMMA G. K.; CHAER, G. M.; BALIEIRO, F. B.; PRADO, R. B.; ANDRADE, A. G.; FERNANDES, M. F.; COUTINHO, H. L. C.; CORREIA, M. E. F.; BARRIOS, E. **Indicadores de qualidade de solo: descrição, uso, e integração para fins de estudo em agroecossistemas**. In: FERREIRA, J. M. L.; ALVARENGA, A. P.; SANTANA, D. P.; VILELA, M. R. (Ed.). Indicadores de sustentabilidade em sistemas de produção agrícola. Belo Horizonte: Epamig, 2010. p. 142-201.

FIDALSKI, J.; TORMENA, C. A.; CECATO, U.; BARBERO, L. M.; LUGÃO, S. M. B.; COSTA, M. A. T. Qualidade física do solo em pastagem adubada e sob pastejo contínuo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 43, n. 11, p. 1583-1590, 2008.

JAKELAITIS, A.; SILVA, A. A.; SANTOS, J. B.; VIVIAN, R. Qualidade da camada superficial do solo sob mata, pastagens e áreas cultivadas. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v. 38, n. 2, p. 118-127, 2008.

JÚNIOR, J. M.; BERTOL, I.; BARBOSA, F. T.; OSELAME, G. de S. Erosão hídrica influenciada por uma aplicação de dejetos líquidos de suínos no solo cultivado em semeadura direta. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 38, n. 5, p. 1601-1611, 2014.

KARLEN, D. L.; MAUSBACH, M. J.; DORAN, J. W.; CLINE, R. G.; HARRIS, R. F.; SCHUMAN, G. E. Soil quality: a concept, definition and framework for valuation. **Soil Science Society of America**, v. 61, n. 1, p. 4-10, 1997.

KASCHUK, G., ALBERTON, O.; HUNGRIA, M. Three decades of soil microbial biomass studies in Brazilian ecosystems: Lessons learned about soil quality and indications for improving sustainability. **Soil Biology and Biochemistry**, v. 42, n. 1, p. 1–13, 2010.

KONDO, M. K.; RESENDE, A. V. Recuperação de pastagens degradadas (Informe Agropecuário). **Epamig**, v. 22, n. 210, p. 36-44, 2001.

MENDONÇA, V. Z.; MELLO, L. M. M.; ANDREOTTI, M.; YANO, E. H. Teor e acúmulo de nutrientes no consórcio de milho com forrageiras no sistema plantio direto. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, v. 9, n. 3, p. 330-337, 2014.

PARIZ, C. M.; ANDREOTTI, M.; BUZZETTI, S.; BERGAMASCHINE, A. F.; ULIAN, N. A.; FURLAN, L. C.; MEIRELLES, P. R. L.; CAVASANO, F. A. Straw decomposition of nitrogen-fertilized grasses intercropped with irrigated maize in an integrated crop-livestock system. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 35, n. 6, p. 2029-2037, 2011.

RADAMBRASIL Volume 34, **Levantamento de Recursos Naturais – Folha SE.24 Rio Doce; Geologia, Geomorfologia, Pedologia, Vegetação, Uso potencial da Terra**. Edição Fac-similar. Rio de Janeiro: IBGE, 1987.

SCHNEIDER, J.; KLAUBERG FILHO, O.; FONTOURA, S. M.; ALVES, M. V. Influência de diferentes sistemas de manejo e calagem em experimento de longa duração sobre fungos micorrízicos arbusculares. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 35, n. 4, p. 701-709, 2011.

SCHWEN, A.; BODNER, G.; SCHOLL, P.; BUCHAN, G. D.; LOISKANDL, W. Temporal dynamics of soil hydraulic properties and the water-conducting porosity under different tillage. **Soil and Tillage Research**, v. 113, n. 2, p. 89–98, 2011.

TAVARES-FILHO, J.; BARBOSA, G. M. C.; RIBON, A. A. Physical properties of Dystrophic Red Latosol (OXISOL) under different agricultural uses. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 34, n. 3, p. 925-933, 2010.

2. CAPÍTULOS

2.1. DESEMPENHO AGRONÔMICO DE PLANTAS DE COBERTURA SUBMETIDAS A DOIS REGIMES HÍDRICOS

Resumo

O sistema de plantio direto tornou-se importante instrumento para a manutenção e recuperação da capacidade produtiva de solos manejados convencionalmente e de áreas degradadas, contudo, sem a adequada cobertura do solo, não se constitui em uma prática sustentável. Objetivou-se avaliar o desempenho agronômico de plantas de cobertura e seu potencial para formação de palhada para adoção do sistema de plantio direto em diferentes regimes hídricos, na região dos Tabuleiros Costeiros, no Norte do Espírito Santo. O trabalho foi conduzido a campo, em um Argissolo Amarelo distrófico, delineamento experimental em DBC, em parcelas subdivididas, em esquema fatorial 6 x 2, com quatro repetições. As plantas de cobertura avaliadas foram quatro cultivares de *Pennisetum glaucum* (ADR 300, ADR 500, ADRf 6010 e BRS 1501), *Canavalia ensiformis* e *Brachiaria ruziziensis*. O desempenho agronômico foi avaliado pela altura de plantas, área foliar, teor de clorofila, desenvolvimento de raízes, índice de cobertura, produção de fitomassa, fitomassa remanescente e taxa de decomposição. O feijão-de-porco e o milho ADRf 6010 apresentam resistência à deficiência hídrica para a maioria das variáveis estudadas. O maior índice de cobertura e índice de cobertura morta é proporcionado pelo milho ADRf 6010. Para produção de matéria seca, em condições que permitem o uso da irrigação, o milho BRS 1501 é o mais indicado, enquanto o milho ADRf 6010 é indicado para condições de deficiência hídrica. O feijão-de-porco e a *Brachiaria ruziziensis* apresentam as menores taxas de decomposição e maior

tempo de meia-vida. Entre os milhetos isso ocorre para a cultivar ADR 300. Considerando índice de cobertura do solo, produção de matéria seca e taxa de decomposição, o milheto ADR 300, nos dois regimes de irrigação, é a planta mais indicada para formação de palha e cobertura do solo, podendo ser utilizado na adoção do sistema de plantio direto no Norte do Espírito Santo.

Palavras-chave: milheto, taxa de decomposição, meia-vida, produção de fitomassa, índice de cobertura, manejo da irrigação.

2.1. AGRONOMIC PERFORMANCE OF COVER CROPS SUBMITTED TO TWO WATER REGIMES

Abstract

The no-tillage system has become an important instrument for maintaining and recovering of the productive capacity of conventionally managed soils and degraded areas, however, without adequate soil cover, it is not a sustainable practice. The objective of this study was to evaluate the agronomic performance of cover crops and their potential for straw mulch formation for the adoption of no-tillage system in different water regimes in the Coastal Tablelands region, in the North of Espírito Santo. The experiment was conducted in the field, in a dystrophic Yellow Argisol, experimental design in RBD, in subdivided plots, in a factorial scheme 6 x 2, with four repetitions. The cover plants evaluated were four cultivars of *Pennisetum glaucum* (ADR 300, ADR 500, ADRf 6010 and BRS 1501), *Canavalia ensiformis* and *Brachiaria ruziziensis*. The agronomic performance evaluated was plant height, leaf area, chlorophyll content, root development, cover index, phytomass production, remaining phytomass and decomposition rate. The jack bean and millet ADRf 6010 show resistance to water deficiency for most of the studied variables. The highest coverage index and mulch index is provided by ADRf 6010 millet. For dry matter production, under conditions that allow the use of irrigation, millet BRS 1501 is the most indicated, while millet ADRf 6010 is indicated for water deficiency conditions.

The jack bean and *Brachiaria ruziziensis* show the lowest decomposition rates and a longer half-life. Among the millets, this occurs for the cultivar ADR 300. Considering soil cover index, dry matter production and decomposition rate, ADR 300 millet, in both irrigation regimes, is the most indicated crop for straw formation and soil cover, and can be used in the adoption of the no-tillage system in the North of Espírito Santo.

Key words: millet, decomposition rate, half-life, phytomass production, cover index, irrigation management.

Introdução

O Sistema de Plantio Direto (SPD) é interpretado como forma de manejo da Agricultura Conservacionista capaz de induzir caráter de sustentabilidade à agricultura. O SPD tornou-se importante instrumento para a manutenção e recuperação da capacidade produtiva de solos manejados convencionalmente e de áreas degradadas. Nele, práticas como rotação de culturas e cobertura permanente do solo, são fundamentais. Contudo, ainda hoje, não há comprometimento com a gestão integrada e conservacionista desse sistema, e nesse contexto, vários modelos produtivos são praticados no Brasil. No modelo de produção soja/milheto, por exemplo, as sementes de milho, geralmente, são distribuídas a lanço e incorporadas ao solo com grade niveladora. Essa mobilização superficial do solo promove rápida decomposição da matéria orgânica, impede adequada formação e manutenção de cobertura morta e ainda incrementa custos no controle de plantas daninhas. Além disso, neste modelo, ainda não se tem efetivamente a rotação de culturas, mas sim uma sucessão.

Vários estudos têm demonstrado os efeitos benéficos das plantas de cobertura nas propriedades do solo e no rendimento das culturas, decorrentes da produção de fitomassa, acúmulo e posterior liberação de nutrientes, pela decomposição da palhada (BERTOL et al., 1998; AITA et al., 2001; AITA e GIACOMINI, 2003; TORRES et al., 2005; ESPÍNDOLA et al., 2006; BOER et al., 2007; GAMA-RODRIGUES et al., 2007). Além disso, a maioria das espécies utilizadas como plantas de cobertura tem elevado efeito alelopático em muitas plantas invasoras, sendo reduzidos os custos de manutenção com capinas ou herbicidas (WUTKE et al., 2014). A realização de estudos que incluem a análise de crescimento é fundamental para avaliar os efeitos de sistemas de manejo sobre as plantas, pois descreve as mudanças na produtividade vegetal em função do tempo, o que não é possível apenas com o registro do rendimento (URCHEI et al., 2000). Essa análise permite observar, por exemplo, os efeitos nas plantas decorrentes de diferentes condições hídricas ou regimes de irrigação.

Nas áreas sujeitas à deficiência hídrica, muitos estudos estão voltados para um entendimento mais completo das respostas das plantas à restrição hídrica. O déficit hídrico é uma situação comum à produção de muitas culturas, podendo apresentar um impacto negativo substancial no crescimento e desenvolvimento das

plantas (LECOEUR e SINCLAIR, 1996), as quais desenvolvem mecanismos morfofisiológicos que as conduzem a economizar água para uso em períodos posteriores (MCCREE e FERNÁNDEZ, 1989). A deficiência hídrica provoca alterações no comportamento vegetal cuja irreversibilidade vai depender de sua duração e severidade e do genótipo e estágio de desenvolvimento da planta (SANTOS e CARLESSO, 1998).

A eficácia do SPD está relacionada, entre outros fatores, com a quantidade e a qualidade de resíduos produzidos por plantas de cobertura (TORRES, 2003). Por isso, a implantação desse sistema em regiões tropicais, com permanentes períodos de baixa precipitação, requer a superação de um dos maiores desafios: a obtenção de plantas adaptadas a estas condições, em especial na estação seca, capazes de produzir qualidade e quantidade suficiente de cobertura vegetal e que ainda possam ser empregadas em sistemas de rotação de culturas.

A região Norte do Espírito Santo apresenta carência de informações sobre avaliação de plantas de cobertura, tanto com relação aos mecanismos morfofisiológicos, à produção de fitomassa e à decomposição de resíduos culturais, quanto em relação à deficiência hídrica. Portanto, objetivou-se avaliar o desempenho agrônomo de plantas de cobertura e seu potencial para formação de palhada para adoção do sistema de plantio direto em dois regimes hídricos nesta região.

Material e Métodos

O experimento foi conduzido a campo (Figura 1), na Fazenda Experimental pertencente à Universidade Federal do Espírito Santo, Campus São Mateus, no município de São Mateus, região Norte do estado do Espírito Santo, a uma latitude de 18°40'26" Sul e longitude de 39°51'26" Oeste e a aproximadamente 39 m de altitude. O clima da região conforme classificação de Köppen é *Aw*, tropical com estação seca no inverno e verão chuvoso (ALVARES et al., 2013). O solo é classificado como Argissolo Amarelo distrófico (SANTOS et al., 2013), textura areia franca / franco-arenosa (Tabela 1), A moderado, fase relevo plano a suave ondulado. Esse solo apresenta como característica principal o horizonte superficial

arenoso, seguido de maneira geral com horizonte subsuperficial com aumento significativo dos teores de argila.



FIGURA 1. Imagem aérea do Google Earth® com indicação da área utilizada no experimento e vista parcial do seu entorno.

TABELA 1. Composição físico-química do solo da área experimental. Município de São Mateus – ES.

Profundidade		Análise Granulométrica ¹			Classificação Textural
		Areia	Silte	Argila	
cm		%			
R1 e R2	0-20	81,9	3,8	14,3	Areia franca
	20-40	77,5	5,1	17,4	Franco-arenosa

Prof.	Análise Química ²													
	pH	P	K ⁺	Na ⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Al ³⁺	H+Al	SB	t	T	V	m	MO
cm	H ₂ O	mg dm ⁻³			cmol _c dm ⁻³						%		g dm ⁻³	
R1 (0-20)	5,7	5,1	30,0	8,3	0,9	0,4	0,0	2,8	1,4	1,4	4,2	34,0	2,7	7,7
	(20-40)	5,6	4,3	26,0	6,8	0,8	0,3	0,0	2,7	1,2	1,2	3,9	29,8	2,8
R2 (0-20)	5,6	5,5	35,3	6,8	1,2	0,5	0,0	3,3	1,8	1,9	5,1	35,9	2,1	9,6
	(20-40)	5,4	9,4	36,5	6,8	1,1	0,4	0,2	3,5	1,6	1,8	5,2	31,1	8,7

¹Classificação adotada conforme SANTOS et al. (2013). ²Análise segundo metodologia da EMBRAPA (1997). Área sob regime hídrico 1 (R1) e área sob regime hídrico 2 (R2).

De acordo com Prezotti et al. (2007), os valores apresentados na Tabela 1 são classificados em: baixo – P (cultura anual e textura arenosa), K⁺ (cultura perene/anual), Ca²⁺, Mg²⁺, Al³⁺, SB, t, T, V, m e MO; e médio – pH, H+Al, Mg²⁺ e T.

O local utilizado para o desenvolvimento do experimento foi, por muito tempo, antes da inauguração do Campus em 2009, cultivado com a espécie do

gênero *Eucalyptus* spp., e após a destoca deste, começaram a ser desenvolvidos experimentos científicos, onde ocorreu o cultivo de feijão-de-porco (*Canavalia ensiformis*) e crotalária (*Crotalaria juncea*), por um ciclo. Ainda hoje, alguns restos de raízes de eucalipto são encontrados na área. Antes do plantio da aveia-preta, predominava a espécie *Brachiaria* sp.

Considera-se que, com base no histórico da área, havia certa heterogeneidade no solo em função daquelas culturas antecessoras. Por isso, anteriormente à introdução do plantio definitivo do experimento, realizou-se o plantio de aveia-preta (*Avena strigosa* Schreb), visando à sua homogeneização em termos de cobertura e preparo do solo. Optou-se pela aveia, pois é uma planta anual de ciclo curto e que se desenvolve bem no outono, inverno e início da primavera. Dentre as cultivares de aveia-preta, optou-se pela cultivar Embrapa 29 (Garoa) por ser uma espécie de boa produção de massa e adaptada às condições da região Sudeste.

Antes do preparo do solo para o plantio da aveia-preta, em torno de 20 dias, realizou-se a dessecação das plantas daninhas com o herbicida Glifosato (2 L ha^{-1}), adicionado do espalhante adesivo Etilenoxi ($0,5 \text{ mL L}^{-1}$). Em seguida, realizado o preparo convencional do solo com uma aração, duas gradagens e ainda o uso de uma grade niveladora. Não houve correção da acidez do solo e nem aplicação de adubos minerais ou orgânicos. O plantio da aveia-preta foi mecanizado, com sulcos espaçados de 0,30 m, e ocorreu no dia 03 de julho de 2015. A cultura não foi irrigada. Aos 70 DAS (dias após a semeadura) a aveia foi manejada por meio de dessecação manual com o herbicida Glifosato (2 L ha^{-1}), em 10 de setembro de 2015 (Figura 2).

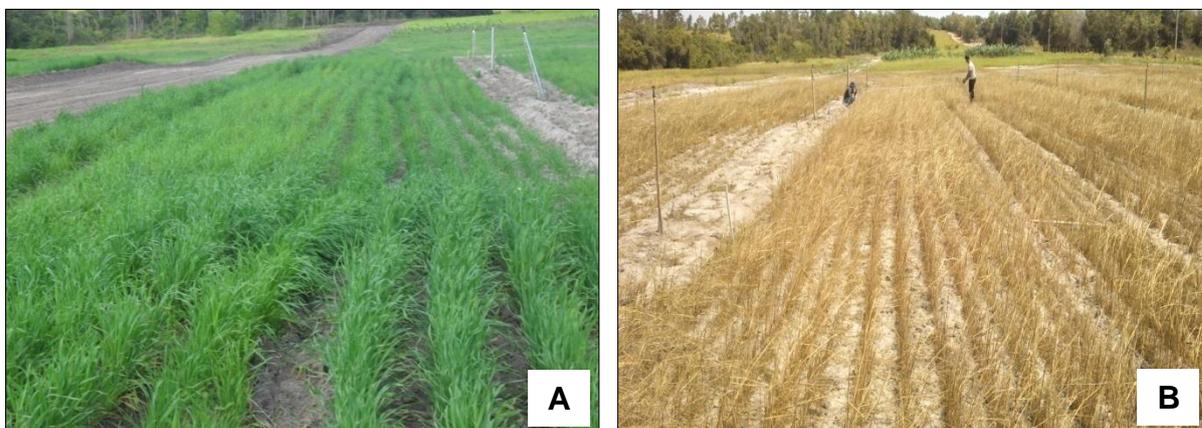


FIGURA 2. Aveia-preta antes (A) e após a dessecação (B), ocorrida aos 70 DAS.

Logo após a dessecação da aveia-preta, amostras de solo foram coletadas para caracterização química do solo (Tabela 1). Diante dos resultados, recomendou-se calagem e adubação de plantio, visando suprir as necessidades médias das espécies definitivas.

O experimento foi montado seguindo o delineamento experimental de blocos casualizados (DBC), em parcelas subdivididas, compondo um fatorial 6 x 2, com quatro repetições, totalizando 48 unidades experimentais. Os tratamentos consistiram de dois regimes suplementares de irrigação nas parcelas, regime hídrico 1 (R1) e 50% do volume de água correspondente a R1, regime hídrico 2 (R2), e nas subparcelas por seis plantas de cobertura, sendo quatro cultivares de *Pennisetum glaucum* (L.) R. Brown (Milheto - ADR 300, ADR 500, ADRf 6010 e BRS 1501), uma *Canavalia ensiformis* (L.) DC. (feijão-de-porco) e uma *Brachiaria ruziziensis* Germain & Evrard cv. Comum (braquiária).

Em função da forte estiagem ocorrida no período de estudo, não foi possível a aplicação da lâmina total de irrigação correspondente aos valores estimados pelo método do balanço hídrico baseado na evapotranspiração. As subparcelas apresentavam dimensões de 5 x 9 m (45 m²).

A aplicação de calcário dolomítico ocorreu de forma manual, sem incorporação, em 30 de novembro de 2015 (50 dias antes do plantio), com quantidades distintas de calcário para cada bloco, de acordo com o método de saturação por bases (QUAGGIO, 1983), elevando o valor de 'V' para 60%. Para área sob R1 e sob R2 aplicaram-se 23, 15, 13 e 25 kg e 4,5, 13, 19 e 12,5 kg de calcário nos blocos 1, 2, 3 e 4, respectivamente.

A abertura dos sulcos de plantio e a adubação de semeadura foram realizadas mecanicamente, com semeadora-adubadora de plantio direto, com 6 linhas, aplicando-se 500 kg ha⁻¹ do formulado 04-14-08 (15 g por metro). A semeadura foi realizada, manualmente, em 19 de janeiro de 2016 e a densidade de semeadura das plantas de cobertura foi definida em função de cada espécie, sendo para a braquiária, 100 sementes por metro (28 kg ha⁻¹), para o feijão-de-porco, 4 sementes por metro (100 kg ha⁻¹) e para o milheto, 70 sementes por metro (16 kg ha⁻¹). Não houve adubação de cobertura.

A subparcela foi composta de 16 linhas com 9 m de comprimento, espaçadas em 0,30 m de largura. Houve necessidade de realizar o replantio dos cultivares de milheto e do feijão-de-porco em 05 de fevereiro de 2016, em função da

ocorrência de falhas em alguns pontos de algumas parcelas. Não houve replantio da braquiária. O plantio foi programado para o mês de novembro de 2015, no entanto, em função da forte estiagem nesta época, como pode ser observado na Figura 3 (INMET, 2016), o plantio foi então adiado. Os anos de 2015 e 2016 foram atípicos em relação à precipitação anual em todo o estado do Espírito Santo.

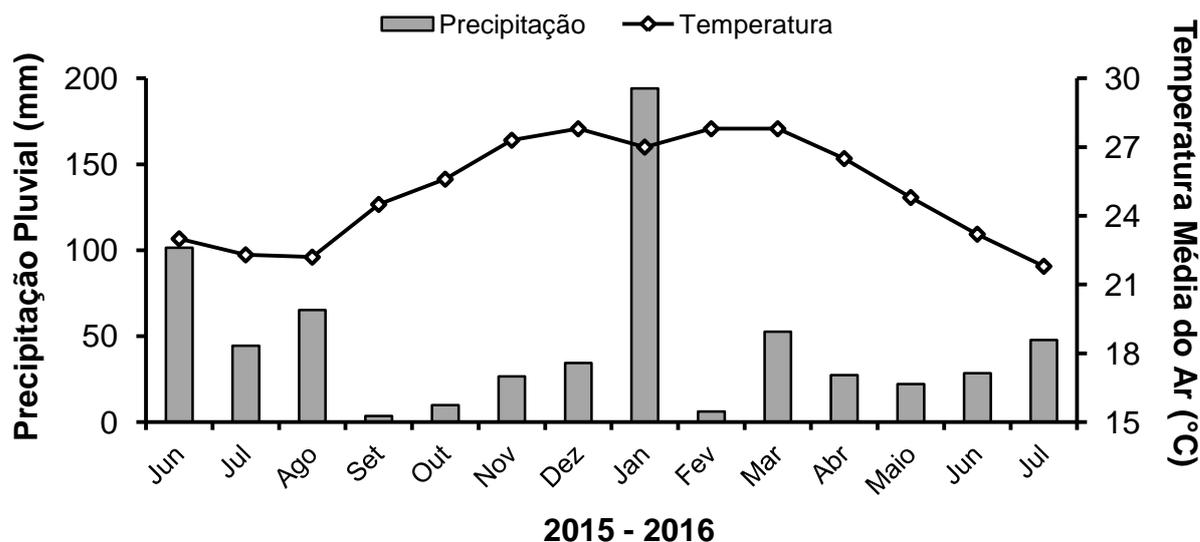


FIGURA 3. Valores de precipitação pluvial e temperatura média do ar verificados entre o período de junho de 2015 e julho de 2016, obtidos na estação meteorológica automática da rede do INMET, localizada no Campus da UFES em São Mateus.

O sistema de irrigação utilizado foi o de aspersão, com espaçamento de 12 m entre linhas e entre aspersores (12 m x 12 m). Os aspersores utilizados foram Asperjato[®] Júnior ¾ F, bocais 2,5 x 2,5, com vazão de 780 L h⁻¹. Dada à condição de grande escassez de água no período que antecedeu ao plantio (Figura 3), as lâminas de irrigação foram limitadas, sendo de 76 mm (R1) e 38 mm (R2), com intensidade de aplicação de água dos aspersores de 5,42 mm h⁻¹. A irrigação foi cessada aos 29 DAS na área sob R2 e aos 52 DAS na área sob R1.

São observados na Figura 4 os valores de radiação solar, temperatura do ar, precipitação pluvial, irrigação e umidade relativa (INMET, 2016), verificados durante o período de cultivo das plantas de cobertura, entre 19 de janeiro 2016 e 24 de março 2016, quando então houve o manejo (corte) das mesmas. A precipitação total foi de 153,40 mm.

Os tratos culturais referentes ao controle de plantas daninhas consistiram de capina nas unidades experimentais e do uso do herbicida Glifosato (2 L ha⁻¹) nas

linhas de aspersores e no entorno da área experimental aos 40 DAS. Houve também o uso do formicida Sulfluramida (isca aplicada nos focos) aos 40 DAS e do inseticida Deltametrina (200 mL ha^{-1}) aos 45 DAS.

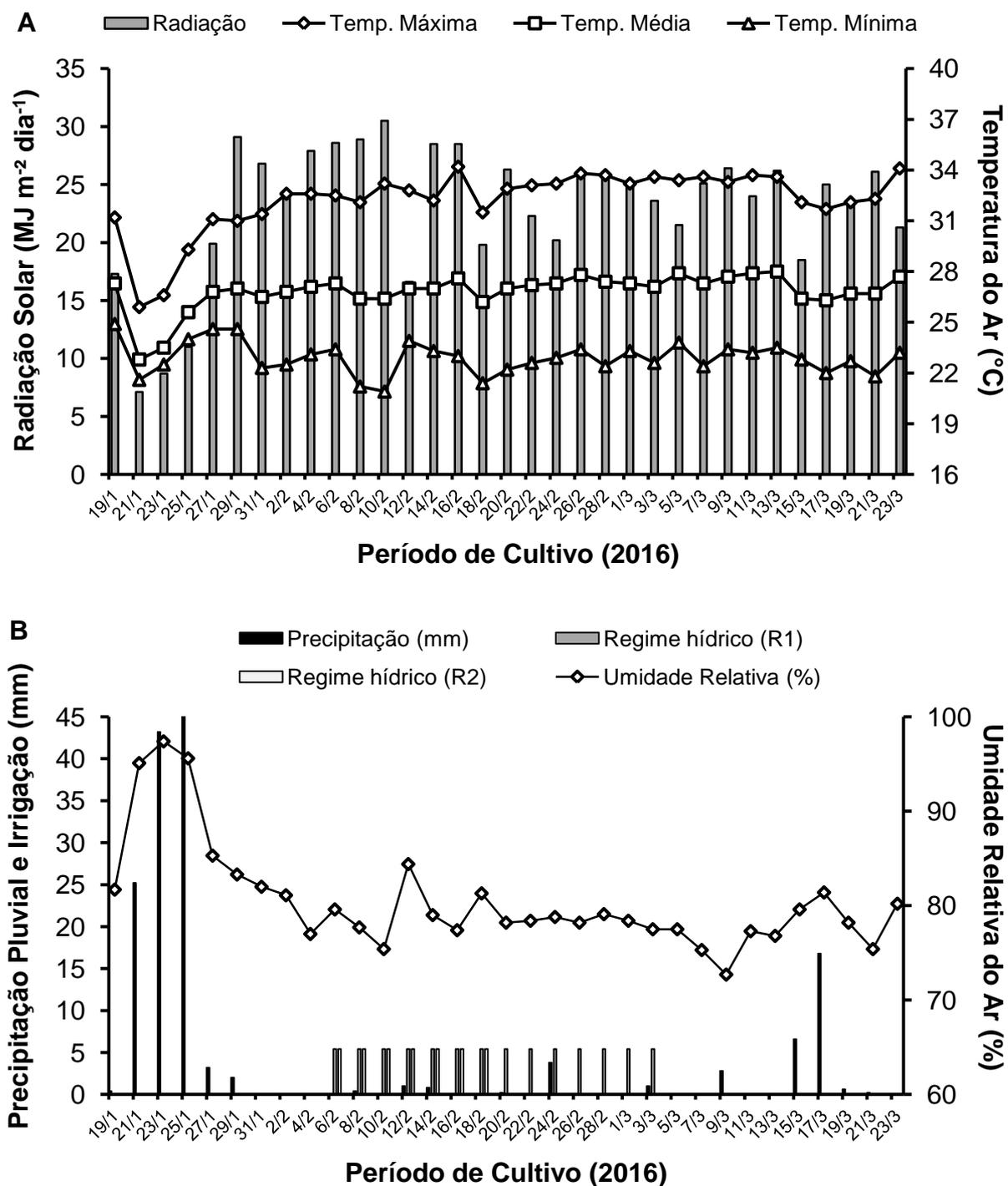


FIGURA 4. Valores de radiação solar, temperaturas máxima, média e mínima do ar (A), precipitação pluvial, irrigação e umidade relativa do ar (B), verificados durante o experimento, entre 19/01/2016 e 24/03/2016, obtidos na estação meteorológica automática da rede do INMET, localizada no Campus da UFES em São Mateus. Precipitação total = 153,40 mm.

As plantas foram conduzidas por 65 dias até o pleno florescimento, momento em que foram manejadas por atingir o ponto de corte. Optou-se por realizar o manejo da braquiária também nesta mesma época, visando à uniformização dos procedimentos. O manejo de corte foi realizado a aproximadamente 5 cm do solo com roçadeira manual, deixando o material vegetal cortado sobre a superfície do solo.

Os tratamentos foram avaliados durante e após o desenvolvimento das plantas de cobertura, em épocas distintas em função do atributo/variável estudada. O desempenho agrônômico foi avaliado pela altura de plantas, área foliar, teor de clorofila, desenvolvimento de raízes, índice de cobertura, produção de fitomassa, fitomassa remanescente e taxa de decomposição.

Altura de plantas

A avaliação da altura de plantas (AP) foi realizada aos 58 DAS utilizando-se trena com fita de aço graduada e de geometria curva, medindo-se 10 (dez) plantas aleatórias na área útil de cada unidade experimental.

Área foliar

A área foliar (AF) foi determinada aos 60 DAS com o uso de medidor automático de área foliar de bancada (Li-Cor[®] L1-3100). As plantas foram coletadas em uma área de 0,2 m x 0,3 m (0,06 m²) e transportadas imediatamente para o laboratório, onde todas as folhas foram separadas dos colmos e ramos de cada planta para se efetuar a medição.

Teor de clorofila

Utilizou-se aos 60 DAS o sensor óptico Multiplex[®] (FORCE A, Orsay, França), o qual gera fluorescência nos tecidos da planta com uso de fontes múltiplas de excitação de luz (ultravioleta, azul, verde e vermelho), para estimar simultaneamente os conteúdos de vários compostos, dentre eles o teor de clorofila (TC) (fluorescência da clorofila *a*). Procedeu-se então a coleta dos dados na região central das folhas intermediárias, na parte adaxial e abaxial da mesma folha em 5 (cinco) plantas de cada unidade experimental.

Desenvolvimento de raízes

Para a avaliação do desenvolvimento de raízes (DR), as mesmas foram coletadas com auxílio de um trado tipo sonda, até a profundidade de 10 cm (volume de solo coletado de aproximadamente 2,44 cm³) aos 65 DAS. Em seguida, foram levadas para laboratório, lavadas e separadas do solo pelo método de catação com o auxílio de pinça e peneira. Posteriormente, com o emprego do *software* Safira[®], desenvolvido pela Embrapa Instrumentação Agropecuária (JORGE e RODRIGUES, 2008), as raízes foram analisadas por imagem, obtendo-se o comprimento total de raízes (CTR), comprimento médio de raízes (CMR), volume total de raízes (VTR), área superficial total de raízes (ASTR) e o diâmetro médio de raízes (DMR). Determinou-se também a produção de massa seca das raízes (MSR), pela secagem das amostras em estufa a 65 °C por 48 h, seguida de pesagem.

Índice de cobertura

O índice de cobertura (IC) foi avaliado de acordo com Stocking (1988), empregando-se uma barra horizontal de 1 (um) metro de altura, com dezenove orifícios de 9 mm de diâmetro. O equipamento foi colocado em um único ponto na diagonal sobre cada unidade experimental, atribuindo-se valores (0; 0,5 e 1) quanto à visibilidade, para 0%, 50% e 100% de plantas de cobertura, respectivamente. A avaliação ocorreu durante o desenvolvimento das plantas aos 35 e 52 DAS. A mesma metodologia foi adotada para a avaliação do índice de cobertura morta (ICM) aos 25 dias após o manejo (DAM) das plantas.

Produção de fitomassa

A coleta das plantas de cobertura, ou seja, da matéria fresca (MF) para a determinação da produção de matéria seca (MS) ocorreu aos 63 DAS, apenas da parte aérea das plantas. As plantas de milho foram coletadas em uma área de 0,2 m x 0,3 m (0,06 m²) e as plantas de braquiária e feijão-de-porco em uma área de 0,4 m x 0,3 m (0,12 m²). A matéria fresca foi pesada em balança de precisão 0,01 g. Em seguida, as amostras foram submetidas à secagem em estufa de ventilação forçada com temperatura de 65 °C até atingir massa constante. Em seguida, cada amostra foi pesada para a determinação da massa seca, estimando-se a produção de fitomassa em quilograma por hectare (kg ha⁻¹). Com os resultados de matéria fresca e seca, determinaram-se os percentuais dessa relação através da Eq. 1:

$$R_{S/F} (\%) = (MS / MF) \times 100 \quad (1)$$

Em que:

$R_{S/F}$: percentual de matéria seca por matéria fresca, %

MS: matéria seca, g

MF: matéria fresca, g

Taxa de decomposição

Para avaliação da taxa de decomposição (TD) dos resíduos vegetais (planta inteira com exceção do sistema radicular), foi empregada a metodologia dos *litter bags* ou bolsas/sacos de decomposição (THOMAS e ASAKAWA, 1993), os quais foram confeccionados com náilon, com malha de 2 mm de abertura e dimensões de 0,15 x 0,20 m. Quatro bolsas contendo resíduos das culturas em quantidade proporcional à da matéria seca produzida por hectare aos 63 DAS (coleta para determinação de fitomassa), foram dispostas na superfície do solo de cada subparcela aos 65 DAS. A cada 30 dias uma das bolsas era coletada para avaliação da taxa/dinâmica de decomposição através da quantificação da matéria seca remanescente, o que ocorreu, portanto, aos 30, 60, 90 e 120 dias após a instalação das bolsas.

Para descrever a decomposição dos resíduos vegetais (2), os dados foram ajustados a um modelo matemático exponencial, descrito por Wieder e Lang (1982) e utilizado por Thomas e Asakawa (1993), Rezende et al. (1999), Torres et al. (2005) e Boer et al. (2008):

$$P = P_0 \exp^{-kt} \quad (2)$$

Em que:

P: quantidade de biomassa seca existente no tempo t (dias)

P_0 : fração inicial da biomassa seca potencialmente decomponível

k: constante de decomposição da biomassa seca

Para calcular a meia-vida ($t_{1/2}$), ou seja, o tempo necessário para que 50% da biomassa remanescente seja decomposta, utilizou-se a equação (3), de acordo com Paul e Clark (1989):

$$t_{1/2} = 0,693/k \quad (3)$$

Em que:

$t_{1/2}$: meia-vida de biomassa seca (dias)

k: constante de decomposição da biomassa seca

A duração período de molhamento (DPM) por orvalho foi estimada pelo método empírico a partir da variável meteorológica umidade relativa do ar (UR), utilizando-se os números de horas diárias com UR maior ou igual a 90% (NHUR \geq 90%) no período desejado.

Os dados das variáveis foram submetidos à análise de variância. Para os efeitos significativos, comparam-se as médias pelo teste de Tukey ao nível de 5% de significância, com o auxílio do *software* SISVAR[®] (FERREIRA, 2000). As análises de regressão relativas à decomposição da biomassa foram realizadas com o uso do *software* SigmaPlot[®] 12.0 (Jandel Scientific).

Resultados e Discussão

Altura de plantas

A análise de variância para a altura de plantas mostrou que houve diferença significativa para os regimes hídricos, plantas de cobertura e a interação entre estes. Observa-se que a altura de todas as plantas sofreu influência do regime hídrico, exceto feijão-de-porco e a cultivar ADRf 6010 (Tabela 2). O feijão-de-porco pode ter apresentado certa rusticidade em função do seu sistema radicular agressivo, que absorve água e nutrientes a maiores profundidades do solo. Enquanto que para o milho ADRf 6010 isso pode ser explicado por sua superioridade genética, destacada por seu vigor híbrido.

Sob R1, ADR 300, ADR 500 e BRS 1501 apresentam as maiores alturas, 1,14, 1,09 e 1,21 m, respectivamente, diferindo da cultivar ADRf 6010, com 0,87 m, o que era de se esperar, uma vez que este último se trata de híbrido forrageiro e, portanto, tende a apresentar porte menor. Entre as espécies de menor porte não houve diferença, com 0,37 e 0,48 m para braquiária e feijão-de-porco, respectivamente. Dessa forma, o efeito da irrigação pode ser notado, pois, em todas as coberturas em que houve diferenças, a altura é maior na área sob maior regime hídrico.

Sob R2, as cultivares de milho não se diferenciaram em altura, apresentando 0,78, 0,66, 0,79 e 0,71 m para ADR 300, ADR 500, ADRf 6010 e BRS

1501, respectivamente. Entre as espécies de menor porte, a braquiária apresentou menor altura, diferindo do feijão-de-porco, com 0,23 e 0,47 m, respectivamente.

TABELA 2. Altura de plantas (AP) de cobertura aos 58 DAS¹ cultivadas sob dois regimes hídricos.

Trat	AP (m)					
	BR	FP	ADR 300	ADR 500	ADRf 6010	BRS 1501
R1	0,37 Ca	0,48 Ca	1,14 Aa	1,09 Aa	0,87 Ba	1,21 Aa
R2	0,23 Cb	0,47 Ba	0,78 Ab	0,66 Ab	0,79 Aa	0,71 Ab

¹Dias após a semeadura. BR: braquiária; FP: feijão-de-porco. R1 - Regime hídrico 1 (76 mm); R2 - Regime hídrico 2 (38 mm). Médias seguidas por letras iguais, maiúscula na linha e minúscula na coluna, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Os pesquisadores Pacheco et al. (2008) em estudo realizado sob Latossolo Vermelho no Cerrado, em condição de precipitação bem superior a deste trabalho, encontraram para esta mesma época de avaliação, altura de 0,17 e 0,37 m aos 30 DAS para braquiária (*B. ruziziensis*) e milho (ADR 500), respectivamente. Estes valores sugerem baixo desempenho, neste estudo, das plantas de cobertura citadas, possivelmente e principalmente em função das piores condições hídricas.

Área foliar

A análise de variância para a área foliar exibiu resultados semelhantes aos encontrados para altura de plantas. Todavia, a área foliar sofreu influência do regime hídrico apenas nas plantas de braquiária e na cultivar de milho ADR 500 (Tabela 3).

A área foliar é um importante fator que determina a produtividade das plantas e o uso de água pelas mesmas, sendo severamente afetada por condições de déficit hídrico (FERNÁNDEZ et al., 1996). A redução da área foliar está associada, usualmente, ao desenvolvimento foliar das plantas em situações de déficit hídrico (SANTOS e CARLESSO, 1998), sendo, dentre outros comportamentos, a resposta mais proeminente das plantas à baixa disponibilidade de água (McCREE e FERNÁNDEZ, 1989; TAIZ e ZEIGER, 1991). De modo geral, a redução da área foliar é consequência da baixa disponibilidade hídrica e ao mesmo tempo mecanismo de tolerância à deficiência de água. Quando as plantas são expostas a situações de déficit hídrico exibem, frequentemente, respostas fisiológicas que resultam de modo indireto, na conservação da água no solo, como

se estivessem economizando para períodos posteriores (McCREE e FERNÁNDEZ, 1989).

TABELA 3. Área foliar (AF) de plantas de cobertura aos 60 DAS¹ sob dois regimes hídricos.

Trat	AF (cm ²)					
	BR	FP	ADR 300	ADR 500	ADRf 6010	BRS 1501
R1	3731,8 Aa	3811,2 Aa	3160,8 A a	3583,1 A a	3909,6 A a	2584,6 A a
R2	959,5 Cb	4316,8 Aa	2120,2 BCa	1609,2 BCb	2864,2 ABa	1486,3 BCa

¹Dias após a semeadura; BR: braquiária; FP: feijão-de-porco; R1 - Regime hídrico 1 (76 mm); R2 - Regime hídrico 2 (38 mm). Médias seguidas por letras iguais, maiúscula na linha e minúscula na coluna, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Sob R1 as plantas apresentaram valores próximos de área foliar, não diferindo entre si. Por outro lado, na condição sob R2, houve diferença entre as plantas e a ordem decrescente de área foliar obtida foi: feijão-de-porco > ADRf 6010 > ADR 300 > ADR 500 > BRS 1501 > braquiária.

Em estudo com a cultivar ADR 300 realizado em casa de vegetação por Ramos Junior et al. (2013), em Latossolo Vermelho distroférico, sob três potências de água no solo, -0,3 atm (capacidade de campo), -1,0 atm (déficit hídrico inicial) e -15,0 atm (ponto de murcha permanente), foram aferidos valores de área foliar, aproximadamente, de 5000, 2300 e 2200 cm², respectivamente, afetando severamente a cultivar pela redução na disponibilidade de água. No presente estudo, em valor absoluto, nota-se que a cultivar ADR 300 também foi afetada pela redução do suprimento de água (Tabela 3).

A condição de regime sob R2, neste estudo, pode inferir sobre a real situação de déficit hídrico ou condições extremas de disponibilidade hídrica, sem, no entanto, ser crítico para a planta. O valor aproximado de potencial de água no solo crítico para o milheto (*Pennisetum glaucum*) é de -3 atm (PIMENTEL, 2004).

A variável área foliar ou índice de área foliar está diretamente relacionado com o aproveitamento da radiação solar, o qual aumenta à medida que a área foliar também aumenta, em função da capacidade do aparelho fotossintético. O acúmulo de massa seca é uma medida de capacidade do aparelho fotossintético e o índice de área foliar define o tamanho desse aparelho (FEITOSA et al., 1993). Embora não se tenha determinado o índice de área foliar, uma possível explicação para a área foliar encontrada no feijão-de-porco, em especial na área sob R2, é o ganho diário ligeiramente maior no índice de área foliar para esta espécie. E isso se deve,

provavelmente, à sua morfologia, isto é, às folhas mais largas, quando comparada à da braquiária e das cultivares de milho, embora sejam espécies com alto grau de perfilhamento. Em valor absoluto, a área foliar do feijão-de-porco é ainda maior na área sob R2 (Tabela 3), o que pode ter se dado por uma adaptação dessa espécie sob essa condição hídrica no sentido de absorver água e nutrientes a maiores profundidades do solo.

Teor de clorofila

A análise de variância para o teor de clorofila mostrou que houve diferença significativa apenas para as plantas de cobertura. A temperatura, no momento de coleta dos dados, não diferiu para os tratamentos (Tabela 4).

Os parâmetros da cinética de emissão de fluorescência são utilizados para detectar danos causados por diferentes tipos de estresses. A fluorescência da clorofila *a* é uma forma de monitorar alterações na passagem de elétrons entre os fotossistemas do vegetal em estresse, a qual pode ser avaliada em folhas intactas. Contudo, neste estudo, o regime hídrico, em especial na área sob R2, não afetou o teor de clorofila nas plantas.

TABELA 4. Índice de fluorescência de plantas de cobertura aos 60 DAS¹ cultivadas no município de São Mateus – ES.

Tratamento	SFR_G ²		SFR_R ²		Temperatura ^{ns} (°C)
	Adaxial	Abaxial	Adaxial	Abaxial	
BR	1,69 b	1,36 a	1,63 b	1,22 a	37,82
FP	2,29 a	1,18 b	1,95 a	1,08 b	37,37
ADR 300	1,64 b	1,31 ab	1,46 b	1,19 ab	37,66
ADR 500	1,62 b	1,35 a	1,46 b	1,23 a	37,17
ADRf 6010	1,62 b	1,42 a	1,47 b	1,29 a	37,66
BRS 1501	1,59 b	1,38 a	1,43 b	1,24 a	37,16

¹Dias após a semeadura; ²Simplex relação de fluorescência (canal de excitação: G, verde; R, vermelho); BR: braquiária; FP: feijão-de-porco. ^{ns}Não significativo pelo teste F. Médias seguidas por letras iguais, na coluna, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

No canal de excitação verde, o feijão-de-porco foi a espécie que apresentou maior índice de fluorescência na face adaxial das folhas, diferindo das demais plantas. Por outro lado, na face abaxial, o feijão-de-porco apresentou menor índice de fluorescência. O comportamento foi similar no canal de excitação vermelho (Tabela 4).

Os teores de clorofila são maiores na face adaxial da folha em função do parênquima paliçádico, principal tecido responsável pela fotossíntese nas plantas por sua riqueza em cloroplastos, enquanto na face abaxial ocorre o parênquima esponjoso ou também chamado lacunoso, com menor quantidade de cloroplastos em função da existência de espaços intercelulares.

Segundo Cerovic et al. (1999), a clorofila presente na epiderme é afetada pela disponibilidade de N na planta. Em estudo de Rossato et al. (2012), o uso do sensor de fluorescência (Multiplex[®]) apresentou maior capacidade de detectar os teores de $N-NO_3^-$ no pecíolo de plantas de algodão em relação ao uso do sensor de reflectância. Limbrunner e Maidl (2007), também observaram boas correlações entre o N absorvido e as medidas de fluorescência da clorofila em trigo, o que indica que esta ferramenta é eficiente em detectar concentrações de N foliar. Esses estudos corroboram com os valores encontrados na Tabela 4, reforçando o potencial apresentado pela leguminosa, neste caso o feijão-de-porco, em absorver N.

Desenvolvimento de raízes

A análise de variância para o desenvolvimento de raízes exibiu diferença significativa apenas para as plantas de cobertura. O regime hídrico não influenciou este parâmetro (Tabela 5).

As cultivares de milheto ADR 300, ADR 500 e ADRf 6010 apresentaram os maiores valores para comprimento total de raízes, enquanto o feijão-de-porco, o menor valor. Para comprimento médio de raízes, ADR 300 e braquiária apresentaram-se superiores, e mais uma vez o feijão-de-porco, o menor valor. O volume total de raízes (VTR), a área superficial total de raízes (ASTR) e o diâmetro médio de raízes (DMR) não apresentaram diferença significativa para nenhuma situação, cujas médias gerais são, respectivamente, 1805,71 mm³, 6138,42 mm² e 0,44 mm.

O sistema radicular possui efeito direto no desenvolvimento das plantas. Schuch et al. (1999), por exemplo, observaram em aveia-preta que o comprimento do sistema radicular é o parâmetro mais adequado para avaliações de diferenças em vigor de sementes. Quanto maior o sistema radicular das plantas, maior é a tolerância das mesmas a condições de estresse hídrico (HOOGENBOOM; HUCK e PETERSON, 1987). De acordo com Ludlow e Muchow (1990) a redução no conteúdo de água no solo causa significativa variação na distribuição e

desenvolvimento radicular, podendo mudar o período de disponibilidade e a quantidade de água disponível para as plantas.

TABELA 5. Comprimento total de raiz (CTR) e comprimento médio de raiz (CMR) de plantas de cobertura aos 65 DAS¹ cultivadas no município de São Mateus – ES.

Tratamento	CTR (mm)	CMR (mm)
BR	2900,4 ab	15,79 a
FP	1155,6 b	9,20 b
ADR 300	4488,7 a	15,18 a
ADR 500	4230,9 a	14,82 ab
ADRf 6010	4042,8 a	14,74 ab
BRS 1501	2839,3 ab	11,88 ab

¹Dias após a semeadura; BR: braquiária; FP: feijão-de-porco. Médias seguidas por letras iguais, na coluna, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

O milho produz somente uma raiz seminal, que dura de 45 a 60 dias (EMBRAPA, 2005) e seu sistema radicular secundário é abundante e pode alcançar grande profundidade em condições favoráveis (RACHIE e MAJMUDAR, 1980; JOSHI, 1987), entretanto, isso não foi verificado em observação a campo.

Os pesquisadores Jimenez et al. (2008), por exemplo, avaliando as plantas de cobertura guandu (*Cajanus cajan*), gergelim (*Sesamum indicum* L.), milho (*Pennisetum glaucum* L.) cultivar ADR 300 e quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd), verificaram maior densidade de comprimento radicular para o milho ADR 300 na camada mais superficial do solo (15 cm).

O *software* Safira[®] computa todas as raízes contidas na amostra escaneada, estando as mesmas inteiras ou fragmentadas, e a partir daí determina os parâmetros desejados. No caso do comprimento total, todos os fragmentos contidos na amostra são somados. Já o comprimento médio é determinado a partir da média do comprimento desses fragmentos de raiz.

No estudo deste parâmetro, nesta profundidade de 10 cm, a redução no conteúdo de água no solo não afetou significativamente as raízes, por isso, a diferença encontrada entre as plantas pode estar relacionada com a morfologia radicular das mesmas. As poáceas (gramíneas), neste caso o milho e a braquiária, apresentam maior quantidade de raízes fasciculadas (raízes secundárias), as quais, já conhecido, se distribuem em maior quantidade no solo, tanto no sentido vertical quanto horizontal. Já as leguminosas, neste caso o feijão-de-porco, apresentam menor quantidade de raízes secundárias, apresentando predomínio da raiz principal na exploração do solo no sentido vertical (ALCÂNTARA e BUFARAH,

1999). Como a coleta de raízes foi realizada com a sonda (circunferência da ponteira de 1,75 cm) e ocorreu a 5 cm da base das plantas (região de grande concentração de raízes secundárias) e a uma pequena profundidade (10 cm), resultando em pequeno volume de solo coletado (2,44 cm³), era de se esperar maior quantidade de raízes nas amostras de gramíneas, como verificado na Tabela 5.

Em observação a campo, durante a coleta de raízes, foi possível notar que nenhuma cultura apresentou sistema radicular muito profundo, com uma pequena vantagem, nesse sentido, para o feijão-de-porco, que também apresentou raízes mais espessas. Sob as condições de coleta tinha-se, portanto, as poáceas com volume de raiz um pouco maior e o feijão-de-porco destacando-se ligeiramente na espessura das raízes. Esse balanço pode ter sido o motivo da não diferença significativa para as demais avaliações volume total, área superficial total e diâmetro médio de raízes.

O desenvolvimento do sistema radicular nos primeiros 10 cm de solo pode não corresponder ou representar totalmente à sua maior ou total capacidade de absorção de nutrientes e água. Pensando no sistema radicular como um todo, por um lado as poáceas se apresentaram em maior volume, por outro, o feijão-de-porco explorou o solo em maior profundidade, apresentando maior rusticidade nesse sentido. Além disso, diversos trabalhos revelam que existem diferenças quanto à absorção e eficiência de utilização dos nutrientes entre espécies ou cultivares, em razão da variabilidade genética da planta (MEURER, 2007). Assim, algumas espécies são mais adaptadas às condições de baixa fertilidade do solo e deficiência hídrica, como é o caso, por exemplo, do feijão-de-porco.

Índice de cobertura

O índice de cobertura não foi significativo para a interação entre os regimes hídricos e as plantas de cobertura, tanto os 35 DAS quanto aos 52 DAS. Aos 35 DAS, as cultivares de milho BRS 1501 e ADRf 6010 apresentaram os maiores índices, enquanto a braquiária apresentou o menor índice de cobertura. Aos 52 DAS, as plantas não diferiram entre si (Tabela 6).

A Tabela 6 também apresenta o índice de cobertura morta, em que a cultivar ADRf 6010 apresenta maior índice (70,61%) e o feijão-de-porco menor índice (44,17%). Araújo et al. (2015), em Latossolo Vermelho distrófico, com precipitações mais elevadas que as ocorridas neste estudo (Urutaí - GO), linhas de plantio de 0,5 m e

20 kg ha⁻¹ de semente da cultivar de milho ADR 500, relataram índice de cobertura morta em torno de 60% aos 30 dias após o manejo. Por se tratar de uma leguminosa, o feijão-de-porco tende a apresentar, por exemplo, menor relação C/N quando comparado às poáceas, com isso, sua decomposição no solo tende a ser mais acelerada, o que pode explicar seu menor índice de cobertura morta.

TABELA 6. Índice de cobertura (IC) aos 35 e 52 DAS¹ e índice de cobertura morta (ICM) aos 30 DAM² no solo de plantas de cobertura cultivadas no município de São Mateus – ES.

Tratamento	IC (%)		ICM (%)
	35 DAS *	52 DAS ^{ns}	30 DAM **
BR	27,64 b	40,45	52,31 bc
FP	37,84 ab	49,65	44,17 c
ADR 300	40,45 ab	42,76	62,06 ab
ADR 500	41,44 ab	43,07	61,17 ab
ADRf 6010	44,41 a	42,42	70,61 a
BRS 1501	45,37 a	38,80	62,82 ab

¹Dias após a semeadura; ²Dias após o manejo; BR: braquiária; FP: feijão-de-porco. ^{ns}Não significativo. * e **Significativo a 5 e a 1% de probabilidade, respectivamente, pelo teste F. Médias seguidas por letras iguais, na coluna, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

A cobertura morta proporcionada pelos resíduos culturais de *P. glaucum*, em especial a cultivar ADRf 6010, pode ser uma boa fonte para introdução do plantio direto no local estudado (Tabela 6). Segundo Cobucci (2001), o plantio direto dependerá, para a sua evolução, de fontes eficientes de cobertura morta com longevidade adequada. Além disso, a manutenção de cobertura morta sobre o solo assume importante papel como forma de manter e melhorar as propriedades químicas, físicas e biológicas do solo (FLOSS, 2000).

Como a irrigação foi cessada aos 29 DAS na área sob R2 e aos 52 DAS na área sob R1 e os índices pluviométricos foram baixos durante o experimento, no início do desenvolvimento das plantas, onde as duas áreas foram irrigadas, o efeito da irrigação foi expressivo sobre as culturas, dado os diferentes potenciais e velocidades de desenvolvimento de cada espécie. Por outro lado, ao final do estudo, o efeito da irrigação foi expressivo sobre as áreas R1 e R2. Como pode ser observado na Tabela 6, a braquiária e o feijão-de-porco aumentam seus índices de cobertura consideravelmente aos 52 DAS, enquanto as cultivares de milho mantêm ou até chegam a diminuir esse índice, como é o caso de ADRf 6010 e BRS 1501.

Como o feijão-de-porco apresentou os maiores valores de área foliar (Tabela 3), ele pode possuir grande capacidade de apresentar, também, maior porcentagem de cobertura do solo. Uma alternativa, na prática, seria diminuir a distância entre as linhas de plantio, de forma a adensar as plantas, proporcionando maior índice de cobertura do solo. Em valor absoluto (49,65%), esta espécie apresentou melhor índice de cobertura do solo aos 52 DAS (Tabela 6), devido à disposição horizontal de suas folhas, podendo ser uma espécie eficaz como planta de cobertura.

A Tabela 7 apresenta os valores de índice de cobertura sob efeito da irrigação. Aos 35 DAS, o regime hídrico não interferiu no índice de cobertura das plantas, enquanto que, aos 52 DAS isso ocorreu, apresentando a área sob R2 menor índice (36,27%), como era esperado.

TABELA 7. Índice de cobertura (IC) aos 35 e 52 DAS¹ e índice de cobertura morta (ICM) aos 30 DAM² no solo de plantas de cobertura cultivadas sob dois regimes hídricos.

Tratamento	IC (%)		ICM (%)
	35 DAS ^{ns}	52 DAS [*]	30 DAM [*]
R1	43,31	49,45 a	61,98 a
R2	35,74	36,27 b	55,74 b

¹Dias após a semeadura. ²Dias após o manejo; R1 – Regime hídrico 1 (76 mm); R2 – Regime hídrico 2 (38 mm). ^{ns}Não significativo. ^{*}Significativo a 5% de probabilidade pelo teste F. Médias seguidas por letras iguais, na coluna, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Em trabalho realizado por Cardoso et al. (2012), sob condições de campo (Argissolo Vermelho-Amarelo distrófico e espaçamento entre linhas de 0,25 m), aos 31 DAS, foram encontrados índices de cobertura em torno de 45% e 52% em feijão-de-porco e milho, respectivamente. Ao passo que, aos 59 DAS encontraram-se índices de 82% e 62% em feijão-de-porco e milho, respectivamente. Os valores encontrados por estes autores corroboram com os encontrados neste estudo, evidenciando o crescimento inicial mais lento do feijão-de-porco.

Produção de fitomassa

Os resultados de matéria fresca (MF) e matéria seca (MS) são apresentados na Tabela 8. De acordo com Pereira Filho et al. (2003) e Embrapa (2005), as cultivares de milho ADR 300 e ADR 500 tendem a apresentar grande produção de massa verde. Para este estudo, ambas apresentaram valores intermediários sob R1 e R2 na produção de MF e mantiveram esses índices na produção de MS. Quando

se trata de produção de palhada para uso em plantio direto, a produção de MS é o índice mais observado.

TABELA 8. Produção de matéria fresca (MF) e matéria seca (MS) de plantas de cobertura aos 63 DAS¹ cultivadas sob dois regimes hídricos.

MF (kg ha ⁻¹)						
Trat.	BR	FP	ADR 300	ADR 500	ADRf 6010	BRS 1501
R1	37.600 Ba	43.150 B a	48.040 AB a	44.980 B a	46.940 Ba	68.650 A a
R2	15.880 Cb	38.310 Aba	24.060 ABCb	21.930 BCb	43.590 Aa	24.530 ABCb
MS (kg ha ⁻¹)						
R1	5.950 Ca	5.800 Ca	12.890 Ba	12.040 Ba	12.140 Ba	17.640 Aa
R2	3.080 Bb	5.250 Ba	6.860 Bb	6.530 Bb	11.410 Aa	6.880 Bb

¹Dias após a sementeira; BR: braquiária; FP: feijão-de-porco; R1 – Regime hídrico 1 (76 mm); R2 – Regime hídrico 2 (38 mm). Médias seguidas por letras iguais, maiúscula na linha e minúscula na coluna, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Para área sob R1, o cultivar de milho BRS 1501 apresentou maior produção de MS, com 17.640 kg ha⁻¹. As demais cultivares apresentaram valores intermediários, variando entre 12.040 e 12.890 kg ha⁻¹. Já a braquiária e o feijão-de-porco, apresentaram os menores valores, respectivamente, 5.950 e 5.800 kg ha⁻¹. Para a área sob R2, a cultivar de milho ADRf 6010 apresentou maior produção de MS, com 11.410 kg ha⁻¹, enquanto que as demais plantas apresentaram valores entre 3.080 e 6.880 kg ha⁻¹. As plantas de feijão-de-porco e do milho ADRf 6010 não diferiram entre os regimes hídricos, tanto para MF, quanto MS. As demais plantas apresentaram sensibilidade à mudança hídrica. O feijão-de-porco demonstrou rusticidade na área sob R2, provavelmente por sua maior capacidade de se adaptar à essa condição, mantendo o metabolismo praticamente normal com baixo teor de água, e por sua morfologia radicular mais extensiva e agressiva, cuja raiz principal tende a absorver água e nutrientes a maiores profundidades do solo, diferentemente da maior parte das gramíneas, que tenderam à absorções mais superficiais. Além disso, o sistema radicular do feijão-de-porco pode sofrer colonização por microrganismos que fixam o N₂ atmosférico, aumentando a eficiência na absorção de nutrientes. Para o milho ADRf 6010, essa insensibilidade à mudança hídrica pode ser explicada por sua superioridade genética, destacada por seu vigor híbrido.

A baixa precipitação ocorrida durante este estudo possibilitou verificar diferentes resultados na produção de fitomassa entre as áreas R1 e R2 na maior

parte das plantas de cobertura. Mesmo todos sendo milhetos, há nítida diferença de comportamento entre eles, o que pode indicar que estudos mais específicos podem resultar em recomendações mais adequadas para determinadas situações de manejo e condições edafoclimáticas. Por exemplo, o milho BRS 1501 apresentou o melhor desempenho na produção de MF e MS, sob R1, em relação às demais plantas, por outro lado, sob condição de redução hídrica (R2), obteve o pior desempenho entre todas as plantas de cobertura. A redução hídrica causou decréscimo de 64,3 e 61,0% no conteúdo de MF e MS, respectivamente, nesta cultivar. Desta forma, o milho BRS 1501 demonstra ser muito sensível à condição hídrica. Em 1999, a Embrapa Milho e Sorgo lançou a cultivar BRS 1501 informando ser adaptada para a produção de massa em sistema de plantio direto e à condições que oferecem riscos de déficit hídrico (EMBRAPA, 2005). Entretanto, a adaptação referente às condições de déficit hídrico parece contrapor ao que foi verificado neste trabalho.

Para milho (*Pennisetum americanum*) e braquiária (*Brachiaria brizantha* cv. Marandu), Torres et al. (2008) encontraram valores de MS, respectivamente, de 10.300 e 6.000 kg ha⁻¹ para o período de agosto a novembro (maiores precipitações) e de 3.600 e 2.100 kg ha⁻¹, respectivamente, para o período de abril a julho (menores precipitações). Isso também evidenciou a sensibilidade dessas culturas em diferentes regimes hídricos.

Os pesquisadores Boer et al. (2007) ao cultivarem milho (*Pennisetum glaucum* cv. ADR 500) no cerrado, semeado em abril, com precipitação pluvial elevada e densidade de semeadura de 12 kg ha⁻¹, observaram valores para produção de MS de 10.800 kg ha⁻¹. O maior valor observado para a cv. ADR 500 neste estudo (12.040 kg ha⁻¹) pode estar relacionado à densidade de semeadura dessas plantas, a qual foi de 16 kg ha⁻¹. Por outro lado, Araújo et al. (2015) em Latossolo Vermelho distrófico e condições de precipitações mais elevadas (Urutaí - GO), linhas de plantio de 0,5 m e 20 kg ha⁻¹ de semente, relataram valor de MF e MS de 37.970 e 12.710 kg ha⁻¹, respectivamente, para a cultivar ADR 500 aos 90 dias após a emergência da cultura.

Na Tabela 9 é apresentado o percentual de matéria seca por matéria fresca ($R_{S/F}$) das plantas de cobertura. Não houve diferença entre as cultivares de milho, que foram superiores às demais espécies. O feijão-de-porco apresentou o menor percentual.

TABELA 9. Percentual de matéria seca por matéria fresca ($R_{S/F}$) de plantas de cobertura aos 52 DAS¹ cultivadas no município de São Mateus – ES.

Tratamento	$R_{S/F}$ (%)
BR	18,13 b
FP	13,69 c
ADR 300	27,84 a
ADR 500	29,13 a
ADRf 6010	26,22 a
BRS 1501	27,17 a

¹Dias após a semeadura; BR: braquiária; FP: feijão-de-porco. Médias seguidas por letras iguais não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

O maior acúmulo de MS em cerca de dois meses é um ponto positivo para os milhetos, visando à produção de palhada para o plantio direto. Todavia, deve-se considerar que o manejo relativamente precoce da braquiária, explica o mais baixo acúmulo de matéria seca entre as espécies, uma vez que se trata de uma cultura perene.

Estudo realizado por Cavalcante et al. (2012), apresentou $R_{S/F}$ de 19,5% para feijão-de-porco manejado aos 92 DAS, não diferindo dos demais tratamentos, sendo seis leguminosas e vegetação espontânea. Esse valor sugere possível aumento em $R_{S/F}$ em manejo mais tardio do feijão-de-porco, mas também pode justificar possível constituição mais tenra das leguminosas em comparação às poáceas.

A área sob R1 apresentou menor $R_{S/F}$ em relação à área sob R2, justamente pelo menor desenvolvimento das plantas nesta última, resultando em menor valor de MF (Tabela 10).

TABELA 10. Percentual de matéria seca por matéria fresca ($R_{S/F}$) de plantas de cobertura aos 52 DAS¹ cultivadas sob dois regimes hídricos.

Tratamento	$R_{S/F}$ (%)
R1	22,62 b
R2	24,77 a

¹Dias após o corte. R1 – Regime hídrico 1 (76 mm); R2 – Regime hídrico 2 (38 mm). Médias seguidas por letras iguais não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

A deficiência hídrica provoca alterações no comportamento vegetal e pode apresentar um impacto negativo substancial no crescimento e desenvolvimento das plantas (LECOEUR e SINCLAIR, 1996), as quais desenvolvem mecanismos morfofisiológicos (decréscimo da produção da área foliar, fechamento dos estômatos, aceleração da senescência, abscisão das folhas, entre outros) que as

conduzem a economizar água para uso em períodos posteriores (McCREE e FERNÁNDEZ, 1989; TAIZ e ZEIGER, 1991).

Fitomassa remanescente e Taxa de decomposição

A Tabela 11 apresenta os percentuais de fitomassa remanescente aos 30, 60, 90 e 120 dias após o manejo (DAM).

TABELA 11. Porcentagem de fitomassa remanescente aos 30, 60, 90 e 120 DAM¹, sob dois regimes hídricos.

Tratamento	R1			
	30	60	90	120
BR	97,67	81,63	71,12	68,65
FP	96,54	88,85	75,52	71,12
ADR 300	88,17	75,81	65,12	64,32
ADR 500	80,98	70,25	61,37	57,72
ADRf 6010	81,63	67,50	63,76	61,49
BRS 1501	84,01	70,21	61,02	56,12
	R2			
	30	60	90	120
BR	94,87	93,60	77,65	75,92
FP	98,97	79,88	73,45	70,12
ADR 300	75,98	66,88	53,87	52,43
ADR 500	77,58	62,38	52,53	50,55
ADRf 6010	65,70	61,15	48,25	46,89
BRS 1501	82,79	61,26	50,64	48,91

¹Dias após o manejo. BR: braquiária; FP: feijão-de-porco. R1 – Regime hídrico 1 (76 mm); R2 – Regime hídrico 2 (38 mm).

Para a área sob R1, a maior taxa de decomposição ocorreu para ADR 500, ADRf 6010 e BRS 1501 aos 30 DAM; para braquiária e ADR 300 aos 60 DAM; e para o feijão-de-porco aos 90 DAM. Aos 120 DAM, observou-se a seguinte ordem decrescente de decomposição: BRS 1501 (43,88%) > ADR 500 (42,28%) > ADRf 6010 (38,51%) > ADR 300 (35,68%) > braquiária (31,35%) > feijão-de-porco (28,88%).

Para a área sob R2, a maior taxa de decomposição ocorreu para ADR 300, ADR 500 e ADRf 6010 aos 30 DAM; para feijão-de-porco e BRS 1501 aos 60 DAM; e para a braquiária aos 90 DAM. Aos 120 DAM, observou-se a seguinte ordem decrescente de decomposição: ADRf 6010 (53,11%) > BRS 1501 (51,09%) > ADR 500 (49,45%) > ADR 300 (47,57%) > feijão-de-porco (29,88%) > braquiária (24,08%).

Os pesquisadores Silva et al. (1997) avaliaram a taxa de decomposição de braquiária (*B. ruziziensis*) aos 60 DAM em solo sob cerrado nativo, e obtiveram taxa de decomposição de 78,9%, similar ao encontrado para área sob R1 (81,63 %). Souza et al. (2014) observaram distintas taxas de decomposição em diferentes regimes de irrigação, sendo observadas maiores taxas para as leguminosas.

Em nenhuma das áreas o feijão-de-porco apresentou a maior taxa de decomposição, o que não era esperado. Em geral, o grau de decomposição do material orgânico proveniente de espécies leguminosas é mais rápido se comparado ao das poáceas (TORRES et al., 2005; SALMI et al., 2006; OLIVEIRA et al., 2008; LEITE et al., 2010; SOUZA et al., 2014). Isso se deve, principalmente, pela relação C/N mais estreita desse material, podendo resultar em maior mineralização / decomposição.

Durante o desenvolvimento das plantas e preenchimento das bolsas de decomposição foi possível observar alta proporção de ramos no feijão-de-porco em relação às folhas dessa planta, além disso, aspecto mais lignificado desses ramos que os colmos dos milhetos e braquiária. Durante o período de avaliação da taxa de decomposição desses materiais foi possível observar, também, maior resistência nos ramos do feijão-de-porco quanto à sua decomposição, confirmando possível constituição menos tenra dessa parte da planta.

O feijão-de-porco é uma planta bastante rústica, resiste a altas temperaturas e à seca (ALCÂNTARA e BUFARAH, 1999), e de fato não se apresentou sensível à irrigação, o que pode indicar adaptação às condições desse ambiente e bom desenvolvimento dessa cultura.

Quanto aos valores de meia-vida ($t_{1/2}$), na área sob R1, o feijão-de-porco apresentou maior $t_{1/2}$ (231 dias), enquanto o milho BRS 1501 apresentou menor $t_{1/2}$ (136 dias). Na área sob R2, maior $t_{1/2}$ (289 dias) foi constatado em braquiária, enquanto o milho ADRf 6010 apresentou menor $t_{1/2}$ (99 dias). A dinâmica de decomposição dos resíduos vegetais de todos os tratamentos foi ajustada pelo modelo exponencial simples (Tabela 12).

No trabalho de Gama-Rodrigues et al. (2007) desenvolvido no Noroeste do estado do Rio de Janeiro, no período de outubro de 2001 a agosto de 2002, em Argissolo Vermelho-Amarelo eutrófico franco-argilo-arenoso, com precipitação média anual de 1400 mm e temperatura média anual de 25 °C, os valores de $t_{1/2}$ para feijão-de-porco e braquiária (*B. brizantha*) observados foram de 52 e 108 dias,

respectivamente, valores bem diferentes dos encontrados nas condições deste estudo. A alta precipitação ocorrida, inclusive durante o período de avaliação da taxa de decomposição, pode explicar, em grande parte, essa diferença encontrada no trabalho desses autores.

TABELA 12. Coeficientes da equação de regressão, $P = P_0 \exp^{-kt}$, e meia-vida ($t_{1/2}$) para decomposição de fitomassa ocorrida até 120 DAM¹ sob dois regimes hídricos.

R1				
Tratamento	Coeficientes da equação de regressão			
	P₀	k	R²	t_{1/2} (dias)
BR	6098,38	0,0036	0,94**	193
FP	5953,20	0,0030	0,95**	231
ADR 300	12777,15	0,0041	0,97**	169
ADR 500	11690,13	0,0049	0,97**	141
ADRf 6010	11658,49	0,0045	0,92*	154
BRS 1501	17397,72	0,0051	0,99**	136
R2				
Tratamento	Coeficientes da equação de regressão			
	P₀	k	R²	t_{1/2} (dias)
BR	3132,18	0,0024	0,89*	289
FP	5376,18	0,0034	0,91*	204
ADR 300	6613,47	0,0059	0,95**	117
ADR 500	6329,60	0,0064	0,96**	108
ADRf 6010	10669,46	0,0070	0,90*	99
BRS 1501	6826,22	0,0068	0,97*	102

¹Dias após o manejo. BR: braquiária; FP: feijão-de-porco. R1 – Regime hídrico 1 (76 mm); R2 – Regime hídrico 2 (38 mm). * e **Significativo a 5 e a 1% de probabilidade, respectivamente, pelo teste F. ($t_{1/2} = 0,693/k$ (PAUL e CLARK, 1989).

Os pesquisadores Torres et al. (2008), trabalhando com milheto (*Pennisetum americanum*) e braquiária (*B. brizantha*) em Latossolo Vermelho no município de Uberaba, encontraram valores de $t_{1/2}$ de 131 e 56 dias, respectivamente, para condições de maior precipitação e de $t_{1/2}$ de 115 e 78 dias, respectivamente, para condições de menor precipitação. Este resultado concorda com o encontrado, em que na área sob menor regime hídrico (R2), $t_{1/2}$ foi menor para todas as espécies, exceto para a braquiária. Em condições de maior volume de água, as plantas tendem a se desenvolver melhor e com isso adquirem maiores conteúdos de matéria seca, aumentando, posteriormente, seu tempo de meia-vida.

A Figura 5 apresenta o comportamento da fitomassa remanescente das plantas de cobertura nas áreas sob R1 e R2. Como já discutido, o milheto BRS 1501 foi a planta de cobertura que mais se decompôs, enquanto o feijão-de-porco

apresentou a menor decomposição, na área sob R1. Diferentemente, na área sob R2, o milheto ADRf 6010 foi a planta de cobertura que mais se decompôs, enquanto a braquiária apresentou a menor decomposição. Houve, portanto, padrão semelhante quanto ao percentual de perda de fitomassa entre as áreas R1 e R2 em todos os tratamentos, com exceção da braquiária (Tabela 11).

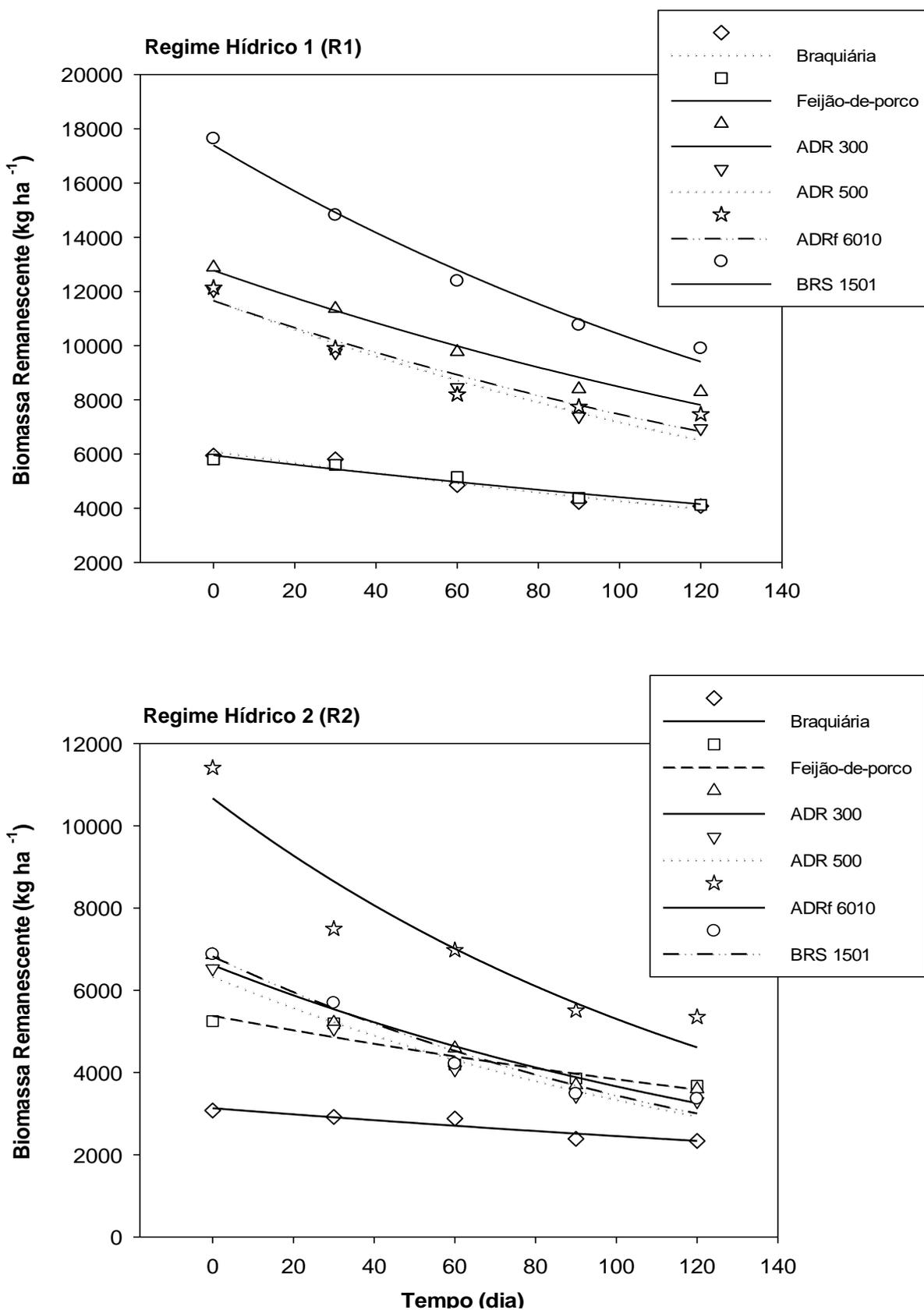


FIGURA 5. Fitomassa remanescente de plantas de cobertura em bolsas de decomposição sob dois regimes hídricos até 120 dias após o manejo.

No momento em que as bolsas de decomposição foram instaladas em campo (65 DAS), momento de manejo das plantas de cobertura, a irrigação no experimento já havia cessado. Portanto, o efeito do regime de irrigação ocorreu durante o desenvolvimento das plantas, ou seja, na formação da biomassa. Durante a avaliação da taxa de decomposição, ocorreu apenas o efeito das precipitações, que por sinal foram baixas (Figura 6), e por isso, podem ter tido pouca influência na decomposição do material vegetal inserido nas bolsas de decomposição. Durante esse período foram registrados 120 mm de chuva (Figura 6), sendo 39 mm para o 1º *litter bag* (março - abril), 19,8 mm para o 2º *litter bag* (abril - maio), 17,8 mm para o 3º *litter bag* (maio - junho) e 43,4 mm para o 4º *litter bag* (junho - julho).

A presença de água na forma líquida, “água livre”, sobre a parte aérea dos vegetais é designada pelo termo molhamento foliar e tem grande influência no processo de decomposição do material vegetal, pois, além da ação física sobre o material, no caso de precipitações, também favorece o desenvolvimentos de microrganismos decompositores (principalmente fungos). Essa presença de água pode se dar, além das precipitações, pelo molhamento por orvalho.

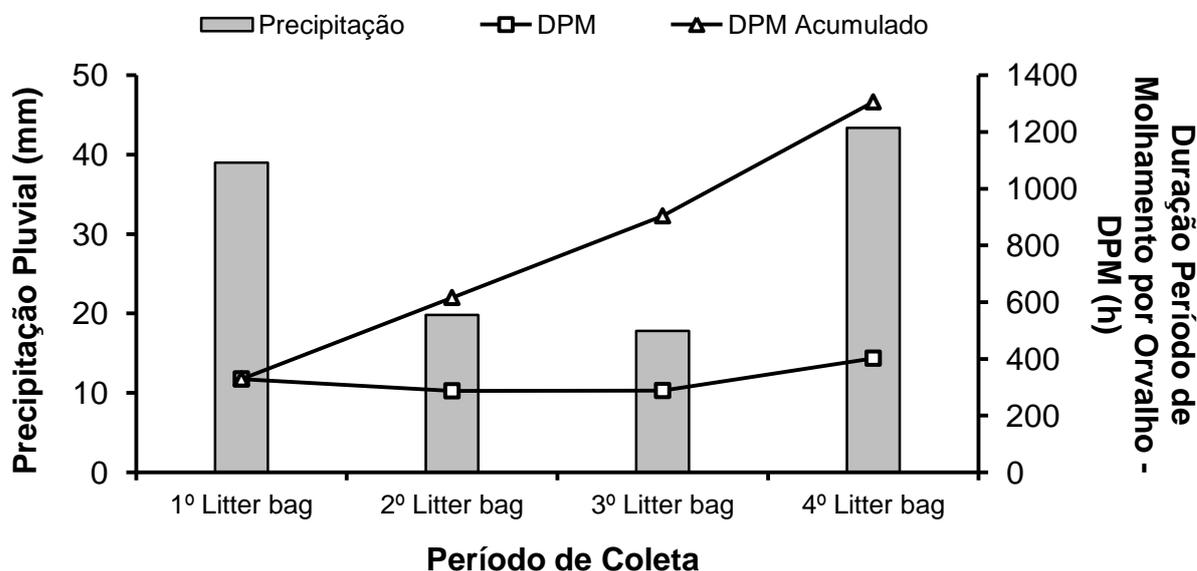


FIGURA 6. Valores de precipitação pluvial e da duração período de molhamento por orvalho (DPM) (NHUR \geq 90%), verificados durante os 120 dias de avaliação das bolsas de decomposição, obtidos na estação meteorológica automática da rede do INMET, localizada no Campus da UFES em São Mateus. Precipitação total = 120 mm.

Pesquisas já relataram a importância do molhamento foliar na decomposição do material vegetal. Leite et al. (2010) observaram que um período de estiagem de aproximadamente 60 dias prolongou o processo de decomposição da fitomassa de braquiária (*B. brizantha*) e milheto (*Pennisetum glaucum*). Em avaliação de taxas de decomposição de resíduos vegetais submetidos a diferentes regimes de irrigação, Souza et al. (2014) observaram aumento no tempo de meia-vida para todas as culturas a medida em que se reduziu o regime hídrico.

Durante os períodos de coleta das bolsas de decomposição, pode-se observar uma tendência de comportamento diferenciado quanto à taxa de decomposição do material vegetal entre as bolsas e fora das bolsas, apenas sobre a superfície do solo. Como o material vegetal não foi triturado, o mesmo foi mantido numa mesma disposição dentro das bolsas, enquanto apenas no solo, o manejo de corte e todo espaço disponível, proporcionaram diferentes disposições desse material. Isso fez com que a camada do material fosse mais espessa nas bolsas, o que pode ter dificultado ou retardado sua decomposição em comparação ao material disposto apenas sobre o solo. Além disso, é comum na região e nessa época que perfez o período de avaliação da taxa de decomposição, a ocorrência elevada da duração período de molhamento (DPM) por orvalho (Figura 6).

O molhamento por orvalho ou a deposição de orvalho sobre as plantas, como já discutido, favorece a decomposição do material vegetal. No entanto, é provável que essa deposição não tenha ocorrido de forma tão expressiva sobre as bolsas de decomposição se comparada ao material vegetal apenas sobre o solo. Isso pode ter se dado em função do material (náilon) constituinte das bolsas e a pequena abertura de 2 mm na malha, impedindo boa parte da entrada de umidade e consequentemente dificultando o molhamento e a taxa de decomposição. A bolsa também pode ter dificultado, em menor proporção, a entrada de umidade durante as precipitações.

Os autores Souza et al. (2014) observaram que o aumento do volume de água aplicada pela irrigação acelera o processo de decomposição de resíduos vegetais dispostos na superfície do solo, enquanto os *litter bags* apresentaram comportamento diferenciado. Além disso, segundo estes mesmos autores, a metodologia do *litter bag* impossibilita o acesso da macrofauna do solo aos resíduos acondicionados dentro das bolsas. Os pesquisadores Rezende et al. (1999) avaliaram a taxa de decomposição dos resíduos vegetais de *Brachiaria humidicula* e

Desmodium ovalifolium com três diferentes metodologias: “litter bag”, “covered litter” e o método de deposição-decomposição (BRUCE e EBERSOHN, 1982); e observaram resultados significativamente diferentes em cada metodologia.

Diante das constatações contrárias às esperadas neste estudo, onde o tempo de meia-vida foi maior para braquiária, em área sob menor lâmina de irrigação, diferindo de todas as outras plantas, e para o feijão-de-porco, única leguminosa estudada, que apresentou maior tempo de meia-vida em relação às poáceas; a metodologia do *litter bag* pode não ter sido eficiente para este trabalho, podendo-se fazer uso de outras metodologias sob essas mesmas condições em estudos futuros.

Conclusões

1. O regime hídrico influencia no desenvolvimento da maioria das plantas de cobertura, com exceção do feijão-de-porco e do milho ADRf 6010, que apresentam resistência à deficiência hídrica para a maioria das variáveis estudadas;
2. O maior índice de cobertura e índice de cobertura morta é proporcionado pelo milho ADRf 6010;
3. Para produção de matéria seca, em condições que permitem o uso da irrigação, o milho BRS 1501 é o mais indicado, enquanto o milho ADRf 6010 é indicado para condições de deficiência hídrica;
4. O feijão-de-porco e a *Brachiaria ruziziensis* apresentam as menores taxas de decomposição e maior tempo de meia-vida. Entre os milhos isso ocorre para a cultivar ADR 300;
5. Considerando índice de cobertura do solo, produção de matéria seca e taxa de decomposição, em média, o milho ADR 300, nos dois regimes hídricos, é a planta mais indicada para formação de palha e cobertura do solo, podendo ser utilizada na adoção do sistema de plantio direto no Norte do Espírito Santo.

Referências Bibliográficas

- AITA, C.; BASSO, C. J.; CERETTA, C. A.; GONÇALVES, C. N.; ROS, C. O. Plantas de cobertura do solo como fonte de nitrogênio ao milho. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 25, n. 1, p. 157-165, 2001.
- AITA, C.; GIACOMINI, S. J. Decomposição e liberação de nitrogênio dos resíduos culturais de plantas de cobertura de solo solteiras e consorciadas. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 27, n. 4, p. 601-612, 2003.
- ALCÂNTARA, P. B.; BUFARAH, G. **Plantas forrageiras: gramíneas e leguminosas**. São Paulo: Nobel, 1999. 163 p.
- ALVARES, C. A.; STAPE, J. L.; SENTELHAS, P. C.; GONÇALVES, J. L. M.; SPAROVEK, G. Koppen's climate classification map for Brazil. **Meteorologische Zeitschrift**, v. 22, n. 6, p. 711-728, 2013.
- ARAÚJO, L. S.; CUNHA, P. C. R.; SILVEIRA, P. M.; SOUSA NETTO, M.; OLIVEIRA, F. C. Potencial de cobertura do solo e supressão de tiririca (*Cyperus rotundus*) por resíduos culturais de plantas de cobertura. **Revista Ceres**, v. 62, n. 5, p. 483-488, 2015.
- BERTOL, I.; CIPRANDI, O.; KURTZ, C.; BAPTISTA, A. S. Persistência dos resíduos culturais de aveia e milho sobre a superfície do solo em semeadura direta. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 22, n. 4, p. 705-712, 1998.
- BOER, C. A.; ASSIS, R. L.; SILVA, G. P.; BRAZ, A. J. B. P.; BARROSO, A. L. L.; CARGNELUTTI FILHO, A.; PIRES, F. R. Ciclagem de nutrientes por plantas de cobertura na entressafra em um solo de cerrado. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 42, n. 9, p. 1269-1276, 2007.
- BOER, C. A.; ASSIS, R. L.; SILVA, G. P.; BRAZ, A. J. B. P.; BARROSO, A. L. L.; FILHO, A. C.; PIRES, F. R. Biomassa, decomposição e cobertura do solo ocasionada por resíduos culturais de três espécies vegetais na região Centro-Oeste do Brasil. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 32, n. 2, p. 843-851, 2008.
- BRUCE, R. C.; EBERSOHN, J. P. Litter measurements in two grazed pastures in south east Queensland. **Tropical Grasslands**, v. 16, n. 4, p. 180-185, 1982.
- CARDOSO, D. P.; SILVA, M. L. N.; CARVALHO, G. J. de; FREITAS, D. A. F. de; AVANZI, J. C. Plantas de cobertura no controle das perdas de solo, água e nutrientes por erosão hídrica. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 16, n. 6, p. 632-638, 2012.

CAVALCANTE, V. S.; SANTOS, V. R.; SANTOS NETO, A. L. dos; SANTOS, M. A. L. dos; SANTOS, C. G. dos; COSTA, L. C. Biomassa e extração de nutrientes por plantas de cobertura. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 16, n. 5, p. 521-528, 2012.

CEROVIC, Z. G.; SAMSON, G.; MORALES, F.; TREMBLAY, N.; MOYA, I. Ultraviolet-induced fluorescence for plant monitoring: present state and prospects. **Agronomie: Agriculture and Environment**, v. 19, n. 7, p. 543-578, 1999.

COBUCCI, T. **Manejo integrado de plantas daninhas em sistema plantio direto**. In: ZAMBOLIM, L. (Ed.). Manejo integrado fitossanidade: cultivo protegido, pivô central e plantio direto. Viçosa: UFV, 2001. p. 583-624.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA – EMBRAPA. **Manual de métodos de análise de solo**. 2 ed. Rio de Janeiro: Centro Nacional de Pesquisa de Solo, 1997. 212 p.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA – EMBRAPA MILHO E SORGO. **Milheto: tecnologias de produção e agronegócio**. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2005. 216 p.

ESPINDOLA, J. A. A.; GUERRA, J. G. M.; ALMEIDA, D. L. de; TEIXEIRA, M. G.; URQUIAGA, S. Decomposição e liberação de nutrientes acumulados em leguminosas herbáceas perenes consorciadas com bananeira. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 30, n. 2, p. 321-328, 2006.

FEITOSA, C. T.; NOGUEIRA, S. S. S.; GERIN, M. A. N.; RODRIGUES FILHO, F. S. O. Avaliação do crescimento da utilização de nutrientes pelo amendoim. **Scientia Agrícola**, v. 50, n. 3, p. 427-437, 1993.

FERNÁNDEZ, C. J.; McINNES, K. J.; COTHREN, J. T. Water status and leaf area production in water-and nitrogen-stressed cotton. **Crop Science**, v. 36, n. 5, p. 1224-1233, 1996.

FERREIRA, D. F. Análise estatística por meio do SISVAR (Sistema para Análise de Variância) para Windows versão 4.0. In: REUNIÃO ANUAL DA REGIÃO BRASILEIRA DA SOCIEDADE INTERNACIONAL DE BIOMETRIA, 45., 2000, São Carlos. **Anais...** São Carlos: UFSCar, 2000. p. 255-258.

FLOSS, E. L. Benefícios da biomassa de aveia ao sistema de semeadura direta. **Revista Plantio Direto**, v. 57, n. 1, p. 25-29, 2000.

FORCE A. **User's guide: multiplex: hand-held multi-parameter optical sensor**. Disponível em: <ftp://ftp.dynamax.com/manuals/Multiplex3_Manual.pdf>. Acesso em: 11 Jan. 2017.

GAMA-RODRIGUES, A. C.; GAMA-RODRIGUES, E. F.; BRITO, E. C. Decomposição e liberação de nutrientes de resíduos culturais de plantas de cobertura em argissolo vermelho-amarelo na região noroeste fluminense-RJ. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 31, n. 6, p. 1421-1428, 2007.

HOOGENBOOM, G.; HUCK, M. G.; PETERSON, C. M. Root growth rate of soybean as affected by drought stress. **Agronomy Journal**, v. 79, n. 4, p. 607-614, 1987.

INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA (INMET). **Estação Automática de São Mateus (ES)**. Brasília, DF, 2014. Disponível em: <<http://www3.ceunes.ufes.br/estacao/index2.asp?estacao=A616>>. Acesso em: 18 out. 2016.

JIMENEZ, R. L.; GONÇALVES, W. G.; ARAÚJO FILHO, J. V. de; ASSIS, R. L. de; PIRES, F. R.; SILVA, G. P. Crescimento de plantas de cobertura sob diferentes níveis de compactação em um Latossolo Vermelho. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 12, n. 2, p. 116-121, 2008.

JORGE, L. A. de C.; RODRIGUES, A. F. de O. **Safira: sistema de análise de fibras e raízes**. São Carlos: Embrapa Instrumentação Agropecuária, 21 p, 2008. (Embrapa Instrumentação Agropecuária. Boletim de pesquisa e desenvolvimento, 24).

JOSHI, N. L. Seedling emergence and yield of pearl millet on naturally crusted arid soils in relation to sowing and cultural methods. **Soil and Tillage Research**, v. 10, n. 2, p. 103-112, 1987.

LECOEUR, J.; SINCLAIR, R. T. Field pea transpiration and leaf growth in response to soil water deficits. **Crop Science**, v. 36, n. 2, p. 331-335, 1996.

LEITE, L. F. C.; FREITAS, R. C. A.; SAGRILO, E.; GALVÃO, S. R. S. Decomposição e liberação de nutrientes de resíduos vegetais depositados sobre Latossolo Amarelo no Cerrado Maranhense. **Revista Ciência Agronômica**, v. 41, n. 1, p. 29-35, 2010.

LIMBRUNNER, B.; MAIDL, F. X. Non-contact measurement of the actual nitrogen status of winter wheat canopies by laser induced chlorophyll fluorescence. In: EUROPEAN CONFERENCE ON PRECISION AGRICULTURE, 6., Skiathos, 2007. **Proceedings**. Wageningen: Wageningen Academic, 2007. p. 173-179.

LUDLOW, M. M.; MUCHOW, R. C. A critical evaluation of traits for improving crop yield in water limited environments. **Advances in Agronomy**, v. 43, n. 1, p. 107-153, 1990.

McCREE, K. J.; FERNÁNDEZ, C. J. Simulation model for studying physiological water stress responses of whole plants. **Crop Science**, v. 29, n. 2, p. 353-360, 1989.

MEURER, E. J. **Fatores que influenciam o crescimento e o desenvolvimento das plantas**. In: NOVAIS, R. F.; ALVAREZ V., V. H.; BARROS, N. F.; FONTES, R. L. F.; CANTARUTTI, R. B.; NEVES, J. C. L. Fertilidade do solo. 1 ed. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2007. p. 65-90.

OLIVEIRA, F. F.; GUERRA, J. G. M.; ALMEIDA, D. L.; RIBEIRO, R. L. D.; ESPINDOLA, A. A.; RICCI, M. S. F.; CEDDIA, M. B. Avaliação de coberturas mortas em cultura de alface sob manejo orgânico. **Horticultura Brasileira**, v. 26, n. 2, p. 216-220, 2008.

PACHECO, L. P.; PIRES, F. R.; MONTEIRO, F. P.; PROCÓPIO, S. de O.; ASSIS, R. L. de; CARMO, M. L. do; PETTER, F. A. Desempenho de plantas de cobertura em sobressemeadura na cultura da soja. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 43, n. 7, p. 815-823, 2008.

PAUL, E. A.; CLARK, F. E. **Soil microbiology and biochemistry**. San Diego: Academic Press, 1989. 275 p.

PEREIRA FILHO, I. A. et al. **Manejo da cultura do milheto**. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo (Circular Técnica 29), 2003. 17 p.

PIMENTEL, C. **A relação da água com a planta**. Seropédica: Edur, 2004. 191 p.

PREZOTTI, L. C.; GOMES, J. A.; DADALTO, G. G.; OLIVERIA, J. A. de. **Manual de recomendação de calagem e adubação para o estado do Espírito Santo – 5ª Aproximação**. Vitória, ES: Sociedade Espiritossantense de Engenheiros Agrônomos/Instituto Capixaba de Pesquisa, Assistência Técnica e Extensão Rural, 2007. 305 p.

QUAGGIO, J. A. **Critérios para calagem em solos no estado de São Paulo**. 1985. 76 f. Dissertação (Mestrado em Solos e Nutrição de Plantas) – Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo (ESALQ/USP), Piracicaba, 1983.

RACHIE, K. O.; MAJMUDAR, J. V. **Pearl millet**. Pennsylvania: Pennsylvania State University Press, 1980. 307 p.

RAMOS JUNIOR, E. U.; MACHADO, R. A. F.; OLIBONE, D. CASTOLDI, G; RAMOS, B. M. Crescimento de plantas de cobertura sob déficit hídrico. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 34, n. 1, p. 47-56, 2013.

REZENDE, C. P.; CANTARUTTI, R. B.; BRAGA, J. M.; GOMIDE, J. A.; PEREIRA, J. M.; FERREIRA, E.; TARRÉ, R.; MACEDO, R.; ALVES, B. J.R.; URQUIAGA, S.; CADISCH, G.; GILLER, K. E.; BODDEY, R. M. Litter deposition and disappearance

in *Brachiaria* pastures in the Atlantic forest region of the South of Bahia, Brazil. **Nutrient Cycling in Agroecosystems**, v. 54, n. 1, p. 99-112, 1999.

ROSSATO, O. B.; ANDRADE-SANCHEZ, P.; GUERRA, P. F. S.; CRUSCIOL, C. A. C. Sensores de reflectância e fluorescência na avaliação de teores de nitrogênio, produção de biomassa e produtividade do algodoeiro. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 47, n. 8, p. 1133-1141, 2012.

SALMI, G. P.; SALMI, A. P.; ABOUD, A. C. S. Dinâmica de decomposição de nutrientes de genótipos de guandu sob cultivo em aléias. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 41, n. 4, p. 676-678, 2006.

SANTOS, H. G.; JACOMINE, P. K. T.; ANJOS, L. H. C.; OLIVEIRA, V. A.; LUMBRERAS, J. F.; COELHO, M. R.; ALMEIDA, J. A.; CUNHA, T. J. F.; OLIVEIRA, J. B. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. 3ª ed Revisada e Ampliada. Brasília, DF: Embrapa, 2013, 353 p.

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

SCHUCH, L. O. B.; NEDEL, J. L.; ASSIS, F. N. de; MAIA, M. DE S. Crescimento em laboratório de plântulas de aveia-preta (*Avena Strigosa* Schreb.) em função do vigor das sementes. **Pesquisa Brasileira de Sementes**, v. 21, n. 1, p. 229-234, 1999.

SILVA, M. L. N.; CURI, N.; BLANCANEUX, P.; LIMA, J. M.; CARVALHO, A. M. Rotação adubo verde - milho e adsorção de fósforo em Latossolo Vermelho-Escuro. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 32, n. 6, p. 649-654, 1997.

SOUZA, A. P. de; CARVALHO, D. F. de; SILVA, L. B. D. da; GUERRA, J. G. M.; COSTA, J. R. Taxas de decomposição de resíduos vegetais submetidos a lâminas de irrigação. **Irriga**, v. 19, n. 3, p. 512-526, 2014.

STOCKING, M. A. **Assessing vegetative cover and management effect**. In: LAL, R. (Ed.). Soil erosion research methods. Iowa: Soil and Water Conservation Society, 1988. p. 163-167.

TAIZ, L.; ZEIGER. **Plant Physiology**. California: The Benjamin / Cummings Publishing Company, Inc., Redwood City, 1991.

THOMAS, R. J.; ASAKAWA, N. M. Decomposition of leaf litter from tropical forage grasses and legumes. **Soil Biology and Biochemistry**, v. 25, n. 10, p. 1351-1361, 1993.

TORRES, J. L. R. **Estudo de plantas de cobertura na rotação milho-soja em sistema de plantio direto no Cerrado, na região de Uberaba-MG**. 2003. 108 f. Tese (Doutorado em Agronomia) – Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal, 2003.

TORRES, J. L. R.; PEREIRA, M. G.; ANDRIOLI, I.; POLIDORO, J. C.; FABIAN, A. J. Decomposição e liberação de nitrogênio de resíduos culturais de plantas de cobertura em um solo de cerrado. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 29, n. 4, p. 609-618, 2005.

TORRES, J. L. R.; PEREIRA, M. G.; FABIAN, A. J. Produção de fitomassa por plantas de cobertura e mineralização de seus resíduos em plantio direto. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 43, n. 3, p. 421-428, 2008.

URCHEI, M. A.; RODRIGUES, J. D.; STONE, L. F. Análise de crescimento de duas cultivares de feijoeiro sob irrigação, em plantio direto e preparo convencional. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 35, n. 3, p. 497-506, 2000.

WIEDER, R. K.; LANG, G. E. A critique of the analytical methods used in examining decomposition data obtained from litter bags. **Ecology**, v. 63, n. 6, p. 1636-1642, 1982.

WUTKE, E. B.; CALEGARI, A.; WILDNER, L. do P. **Espécies de adubos verdes e plantas de cobertura e recomendação para seu uso**. In: LIMA FILHO, O. F.; AMBROSANO, E. J.; ROSSI, F.; CARLOS, J. A. D. Adubação verde e plantas de cobertura no Brasil: Fundamentos e Prática. Brasília, DF: Embrapa, v.1, 2014. 507p.

2.2. ATRIBUTOS QUÍMICOS DE UM ARGISSOLO AMARELO SOB PLANTAS DE COBERTURA SUBMETIDAS A DOIS REGIMES HÍDRICOS

Resumo

Vários estudos têm demonstrado os efeitos benéficos das plantas de cobertura nas propriedades químicas do solo. Objetivou-se avaliar os atributos químicos do solo com uso de diferentes plantas de cobertura e dois regimes hídricos, a fim de contribuir para adoção do sistema de plantio direto na região Norte do Espírito Santo. O trabalho foi conduzido a campo, em um Argissolo Amarelo distrófico, utilizando delineamento experimental em DBC, em parcelas subdivididas, em esquema fatorial 6 x 2 x 2, com quatro repetições. As plantas de cobertura avaliadas foram quatro cultivares de *Pennisetum glaucum* (ADR 300, ADR 500, ADRf 6010 e BRS 1501), *Canavalia ensiformis* e *Brachiaria ruziziensis*. Foram avaliadas amostras de solo sob *litter bag* e nas camadas 0-20 e 20-40 cm, quantificando os atributos pH, P, K⁺, Na⁺, Ca²⁺, Mg²⁺, Al³⁺, H+Al, SB, t, T, V, m e MO. O regime hídrico interfere nos atributos do solo, com maior influência em pH, K⁺, Na⁺, H+Al, V e MO, sobretudo na camada 0-20 cm. A cultivar de milho ADRf 6010 é mais eficiente em reciclar o elemento K⁺. Houve aumento da matéria orgânica na camada 0-2 cm. O maior regime hídrico resulta em maior taxa de decomposição dos resíduos vegetais. O uso de plantas de cobertura promove o incremento dos atributos químicos do solo.

Palavras-chave: milho, fertilidade do solo, manejo da irrigação.

2.2. CHEMICAL ATTRIBUTES OF A YELLOW ARGISSOL UNDER COVER CROPS SUBMITTED TO TWO WATER REGIMES

Abstract

Several studies have demonstrated the beneficial effects of cover crops on soil chemical properties. The objective of this study was to evaluate the chemical attributes of the soil with the use of different cover crops and two water regimes, in order to contribute to the adoption of the no-tillage system in the Northern region of Espírito Santo. The experiment was conducted in the field, in a dystrophic Yellow Argisol, experimental design in RBD, in subdivided plots, in factorial scheme 6 x 2 x 2, with four repetitions. The cover plants evaluated were four cultivars of *Pennisetum glaucum* (ADR 300, ADR 500, ADRf 6010 and BRS 1501), *Canavalia ensiformis* and *Brachiaria ruziziensis*. Soil samples were evaluated under the litter bag and in layers 0-20 and 20-40 cm, quantifying the attributes pH, P, K⁺, Na⁺, Ca²⁺, Mg²⁺, Al³⁺, H+Al, sum of bases, cation exchange capacity, cation exchange capacity in pH 7, base saturation, aluminium saturation and organic matter. The water regime interferes in the soil attributes, with greater influence on pH, K⁺, Na⁺, H+Al, base saturation and organic matter, especially on the 0-20 cm layer. The ADRf 6010 millet cultivar is more efficient in recycling the K⁺ element. There was an increase of organic matter in the layer 0-2 cm. The higher water regime results in a higher decomposition rate of crop residues. The use of cover crops promotes the increase of soil chemical attributes.

Key words: millet, soil fertility, irrigation management.

Introdução

O Sistema de Plantio Direto (SPD) tornou-se importante instrumento para a manutenção e recuperação da capacidade produtiva de solos manejados convencionalmente e de áreas degradadas. A eficácia desse sistema está relacionada, entre outros fatores, com a quantidade e a qualidade de resíduos produzidos por plantas de cobertura (TORRES, 2003). Vários estudos têm demonstrado os efeitos benéficos das plantas de cobertura nas propriedades do solo e no rendimento das culturas, decorrentes da produção de fitomassa, acúmulo e posterior liberação de nutrientes, pela decomposição da palhada (BERTOL et al., 1998; AITA et al., 2001; AITA e GIACOMINI, 2003; TORRES et al., 2005; ESPÍNDOLA et al., 2006; BOER et al., 2007; GAMA-RODRIGUES et al., 2007).

Para que o SPD obtenha os resultados desejados, é necessária a rotação de culturas entre gramíneas e leguminosas, uma vez que as espécies vegetais diferem entre si no que se refere à morfologia, quantidade e qualidade de resíduos remanescentes da colheita, eficiência de absorção de íons e exploração de diferentes profundidades de solo pelo sistema radicular (SANTOS et al., 2009). O uso de plantas de cobertura tende a causar importantes efeitos sobre atributos químicos do solo, podendo promover a liberação de ácidos orgânicos solúveis em água, capazes de complexar o alumínio trocável, mobilizar o cálcio e o magnésio (ZAMBROSI et al., 2008) e reter o potássio, evitando sua perda por lixiviação (ROSOLEM et al., 2003; BOER et al., 2007).

Entre os principais efeitos das culturas de cobertura sobre a fertilidade do solo, estão: aumento do teor de matéria orgânica, maior disponibilidade de nutrientes, maior capacidade de troca de cátions efetiva do solo, o favorecimento da produção de ácidos orgânicos, diminuição dos teores do alumínio trocável pela sua complexação e incremento da capacidade de reciclagem e mobilização de nutrientes lixiviados ou pouco solúveis que estejam nas camadas mais profundas do perfil do solo (CALEGARI, 2006). A presença de nutrientes e o manejo adequado do solo são aspectos fundamentais que garantem a melhoria da qualidade dos solos, principalmente no caso de agrossistemas em regiões de clima tropical (BALOTA et al., 2004).

Nessas regiões, os solos, em especial os que constituem os Tabuleiros Costeiros, podem apresentar variações na capacidade de retenção de água, fator

limitante para o potencial produtivo das plantas. Hoje, muitos estudos estão voltados para um entendimento mais completo das respostas das plantas ao déficit hídrico. O déficit hídrico é uma situação comum à produção de muitas culturas, podendo apresentar um impacto negativo substancial no crescimento e desenvolvimento das plantas (LECOEUR e SINCLAIR, 1996), as quais desenvolvem mecanismos morfofisiológicos que as conduzem a economizar água para uso em períodos posteriores (MCCREE e FERNÁNDEZ, 1989). A deficiência hídrica provoca alterações no comportamento vegetal cuja irreversibilidade vai depender de sua duração e severidade e do genótipo e estágio de desenvolvimento da planta (SANTOS e CARLESSO, 1998).

Embora com baixa fertilidade natural, os solos do estado do Espírito Santo apresentam alto potencial de produção, sendo necessária, entretanto, a utilização de práticas adequadas às suas limitações, como a correção química destes (PREZOTTI, 2007). Os indicadores químicos são normalmente agrupados em variáveis relacionadas com o teor de carbono, acidez do solo e medidas de disponibilidade de nutrientes. Para se estimar a qualidade do solo, a qual envolve uma gama de atributos, sugere-se a adoção dos seguintes indicadores químicos: capacidade de troca de cátions (CTC), disponibilidade de nutrientes, pH, matéria orgânica e carbono orgânico (DORAN, 1997).

A capacidade de troca catiônica, por exemplo, é um dos mais importantes indicadores de qualidade química do solo. A reação de troca de cátions em solução é fundamental para o solo, sendo um bom indicador da sua atividade coloidal (ARAÚJO, 2004). A presença de resíduos vegetais na superfície proporciona um aumento dos níveis de pH e dos teores de Ca e Mg trocáveis até camadas mais profundas do solo em detrimento do teor de Al trocável (CAIRES et al., 1998).

Em solos de regiões de clima tropical a matéria orgânica, principal componente da fertilidade dos solos, mesmo que em baixo teor, contribui com mais de 50% da CTC dos mesmos devido à reduzida atividade das argilas (PREZOTTI, 2007). Apesar da pouca contribuição em termos de massa total em solos minerais (podendo chegar a 5%), a matéria orgânica exerce uma grande influência nas características e processos dos solos. A taxa de decomposição da matéria orgânica é dependente do tipo de solo, clima e também do manejo (CARVALHO, 2007). De acordo com Amado et al. (1999), o uso de sistemas conservacionistas, que englobam adubação verde, rotação de culturas e plantio direto, é capaz de elevar ou

ao menos manter os teores de matéria orgânica nas camadas superficiais do solo, reduzir as perdas de nutrientes via imobilização por microrganismos e liberar gradualmente nutrientes. O efeito do manejo nas propriedades físicas e químicas do solo influenciam a biomassa e importantes processos a ela relacionados como a decomposição da matéria orgânica e a disponibilidade de nutrientes para as plantas (BALOTA et al., 2003). Por isso, nestes solos devem ser utilizadas práticas de conservação da matéria orgânica.

O Norte do Espírito Santo apresenta carência de informações sobre avaliação de plantas de cobertura e a contribuição destas na melhoria da fertilidade do solo. Nesse sentido, objetivou-se avaliar os atributos químicos de um Argissolo Amarelo distrófico com uso de diferentes plantas de cobertura e regimes hídricos, a fim de contribuir para adoção do sistema de plantio direto e elevar, futuramente, a produtividade de culturas comerciais.

Material e Métodos

O experimento foi conduzido a campo (Figura 1), na Fazenda Experimental pertencente à Universidade Federal do Espírito Santo, Campus São Mateus, no município de São Mateus, região Norte do Estado do Espírito Santo, a uma latitude de 18°40'26" Sul e longitude de 39°51'26" Oeste e a aproximadamente 39 m de altitude. O clima da região conforme classificação de Köppen é *Aw*, tropical com estação seca no inverno e verão chuvoso (ALVARES et al., 2013). O solo é classificado como Argissolo Amarelo distrófico (SANTOS et al., 2013), textura areia franca / franco-arenosa (Tabela 1), A moderado, fase relevo plano a suave ondulado. Esse solo apresenta como característica principal o horizonte superficial arenoso, seguido de maneira geral com horizonte subsuperficial com aumento significativo dos teores de argila.



FIGURA 1. Imagem aérea do Google Earth® com indicação da área utilizada no experimento e vista parcial do seu entorno.

TABELA 1. Composição físico-química do solo da área experimental. Município de São Mateus – ES.

Profundidade		Análise Granulométrica ¹										Classificação Textural		
cm		Areia	Silte		Argila									
			%											
R1 e R2	0-20	81,9	3,8		14,3							Areia franca		
	20-40	77,5	5,1		17,4							Franco-arenosa		
Prof.		Análise Química ²												
	pH	P	K ⁺	Na ⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Al ³⁺	H+Al	SB	t	T	V	m	MO
cm	H ₂ O	mg dm ⁻³			cmol _c dm ⁻³					%		g dm ⁻³		
R1 (0-20)	5,7	5,1	30,0	8,3	0,9	0,4	0,0	2,8	1,4	1,4	4,2	34,0	2,7	7,7
	(20-40)	5,6	4,3	26,0	6,8	0,8	0,3	0,0	2,7	1,2	1,2	3,9	29,8	2,8
R2 (0-20)	5,6	5,5	35,3	6,8	1,2	0,5	0,0	3,3	1,8	1,9	5,1	35,9	2,1	9,6
	(20-40)	5,4	9,4	36,5	6,8	1,1	0,4	0,2	3,5	1,6	1,8	5,2	31,1	8,7

¹Classificação adotada conforme SANTOS et al. (2013). ²Análise segundo metodologia da EMBRAPA (1997). Área sob regime hídrico 1 (R1) e área sob regime hídrico 2 (R2).

De acordo com Prezotti et al. (2007), os valores apresentados na Tabela 1 são classificados em: baixo – P (cultura anual e textura arenosa), K⁺ (cultura perene/anual), Ca²⁺, Mg²⁺, Al³⁺, SB, t, T, V, m e MO; e médio – pH, H+Al, Mg²⁺ e T.

O local utilizado para o desenvolvimento do experimento foi, por muito tempo, antes da inauguração do Campus em 2009, cultivado com a espécie do gênero *Eucalyptus* spp., e após a destoca deste, começaram a ser desenvolvidos experimentos científicos, onde ocorreu o cultivo de feijão-de-porco (*Canavalia ensiformis*) e crotalária (*Crotalaria juncea*), por um ciclo. Ainda hoje, alguns restos de

raízes de eucalipto são encontrados na área. Antes do plantio da aveia-preta, predominava a espécie *Brachiaria* sp.

Considera-se que, com base no histórico da área, havia certa heterogeneidade no solo em função daquelas culturas antecessoras. Por isso, anteriormente à introdução do plantio definitivo do experimento, realizou-se o plantio de aveia-preta (*Avena strigosa* Schreb), visando à sua homogeneização em termos de cobertura e preparo do solo. Optou-se pela aveia, pois é uma planta anual de ciclo curto e que se desenvolve bem no outono, inverno e início da primavera. Dentre as cultivares de aveia-preta, optou-se pela cultivar Embrapa 29 (Garoa) por ser uma espécie de boa produção de massa e adaptada às condições da região Sudeste.

Antes do preparo do solo para o plantio da aveia-preta, em torno de 20 dias, realizou-se a dessecação das plantas daninhas com o herbicida Glifosato (2 L ha^{-1}), adicionado do espalhante adesivo Etilenoxi ($0,5 \text{ mL L}^{-1}$). Em seguida, realizado o preparo convencional do solo com uma aração, duas gradagens e ainda o uso de uma grade niveladora. Não houve correção da acidez do solo e nem aplicação de adubos minerais ou orgânicos. O plantio da aveia-preta foi mecanizado, com sulcos espaçados de 0,30 m, e ocorreu no dia 03 de julho 2015. A cultura não foi irrigada. Aos 70 DAS (dias após a sementeira) a aveia foi manejada por meio de dessecação manual com o herbicida Glifosato (2 L ha^{-1}), em 10 de setembro de 2015 (Figura 2).

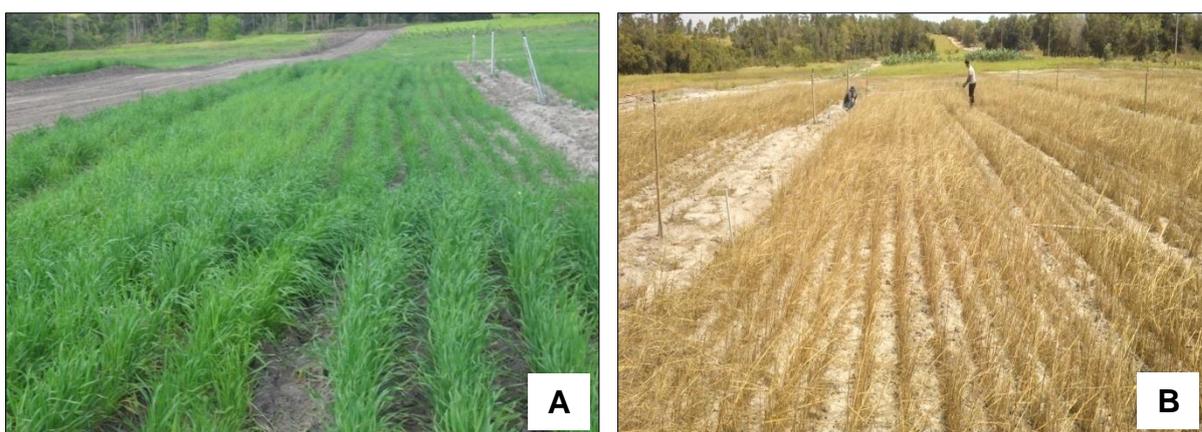


FIGURA 2. Aveia-preta antes (A) e após a dessecação (B), ocorrida aos 70 DAS.

Logo após a dessecação da aveia-preta, amostras de solo foram coletadas para caracterização química do solo (Tabela 1). Diante dos resultados, recomendou-se calagem e adubação de plantio, visando suprir as necessidades médias das espécies.

O experimento foi montado seguindo o delineamento experimental de blocos casualizados (DBC), em parcelas subdivididas, compondo um fatorial 6 x 2, com quatro repetições, totalizando 48 unidades experimentais. Os tratamentos consistiram de dois regimes suplementares de irrigação nas parcelas, regime hídrico 1 (R1) e 50% do volume de água correspondente a R1, regime hídrico 2 (R2), e nas subparcelas por seis plantas de cobertura, sendo quatro cultivares de *Pennisetum glaucum* (L.) R. Brown (Milheto - ADR 300, ADR 500, ADRf 6010 e BRS 1501), uma *Canavalia ensiformis* (L.) DC. (feijão-de-porco) e uma *Brachiaria ruziziensis* Germain & Evrard cv. Comum (braquiária).

Em função da forte estiagem ocorrida no período de estudo, não foi possível a aplicação da lâmina total de irrigação correspondente aos valores estimados pelo método do balanço hídrico baseado na evapotranspiração. As subparcelas apresentavam dimensões de 5 x 9 m (45 m²).

A aplicação de calcário dolomítico ocorreu de forma manual, sem incorporação, em 30 de novembro de 2015 (50 dias antes do plantio), com quantidades distintas de calcário para cada bloco, de acordo com o método de saturação por bases (QUAGGIO, 1983), elevando o valor de 'V' para 60%. Para área sob R1 e sob R2 aplicaram-se 23, 15, 13 e 25 kg e 4,5, 13, 19 e 12,5 kg de calcário nos blocos 1, 2, 3 e 4, respectivamente.

A abertura dos sulcos de plantio e a adubação de semeadura foram realizadas mecanicamente, com semeadora-adubadora de plantio direto, com 6 linhas, aplicando-se 500 kg ha⁻¹ do formulado 04-14-08 (15 g por metro). A semeadura foi realizada, manualmente, em 19 de janeiro de 2016 e a densidade de semeadura das plantas de cobertura foi definida em função de cada espécie, sendo para a braquiária, 100 sementes por metro (28 kg ha⁻¹), para o feijão-de-porco, 4 sementes por metro (100 kg ha⁻¹) e para o milheto, 70 sementes por metro (16 kg ha⁻¹). Não houve adubação de cobertura.

A subparcela foi composta de 16 linhas com 9 m de comprimento, espaçadas em 0,30 m de largura. Houve necessidade de realizar o replantio dos cultivares de milheto e do feijão-de-porco em 05 de fevereiro de 2016, em função da ocorrência de falhas em alguns pontos de algumas parcelas. Não houve replantio da braquiária. O plantio foi programado para o mês de novembro de 2015, no entanto, em função da forte estiagem nesta época, como pode ser observado na Figura 3

(INMET, 2016), o plantio foi então adiado. Os anos de 2015 e 2016 foram atípicos em relação à precipitação anual em todo o estado do Espírito Santo.

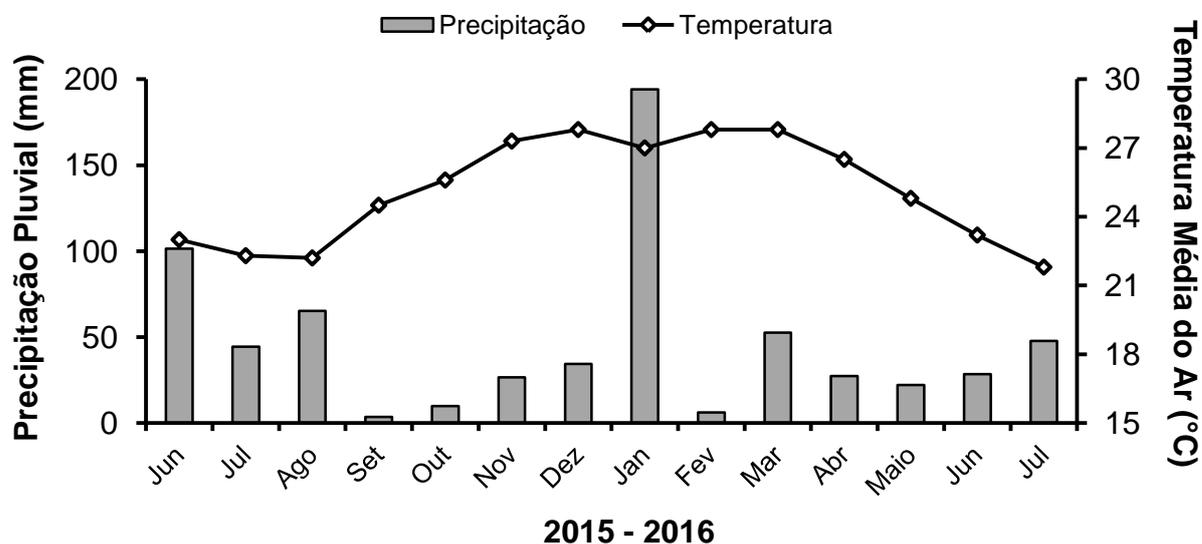


FIGURA 3. Valores de precipitação pluvial e temperatura média do ar verificados entre o período de junho de 2015 e julho de 2016, obtidos na estação meteorológica automática da rede do INMET, localizada no Campus da UFES em São Mateus.

O sistema de irrigação utilizado foi o de aspersão, com espaçamento de 12 m entre linhas e entre aspersores (12 m x 12 m). Os aspersores utilizados foram Asperjato® Júnior ¾ F, bocais 2,5 x 2,5, com vazão de 780 L h⁻¹. Dada à condição de grande escassez de água no período que antecedeu ao plantio (Figura 3), as lâminas de irrigação foram limitadas, sendo de 76 mm (R1) e 38 mm (R2), com intensidade de aplicação de água dos aspersores de 5,42 mm h⁻¹. A irrigação foi cessada aos 29 DAS na área sob R2 e aos 52 DAS na área sob R1.

São observados na Figura 4 os valores de radiação solar, temperatura do ar, precipitação pluvial, irrigação e umidade relativa (INMET, 2016), verificados durante o período de cultivo das plantas de cobertura, entre 19 de janeiro 2016 e 24 de março 2016, quando então houve o manejo (corte) das mesmas. A precipitação total foi de 153,40 mm.

Os tratos culturais referentes ao controle de plantas daninhas consistiram de capina nas unidades experimentais e do uso do herbicida Glifosato (2 L ha⁻¹) nas linhas de aspersores e no entorno da área experimental aos 40 DAS. Houve também o uso do formicida Sulfluramida (isca aplicada nos focos) aos 40 DAS e do inseticida Deltametrina (200 mL ha⁻¹) aos 45 DAS.

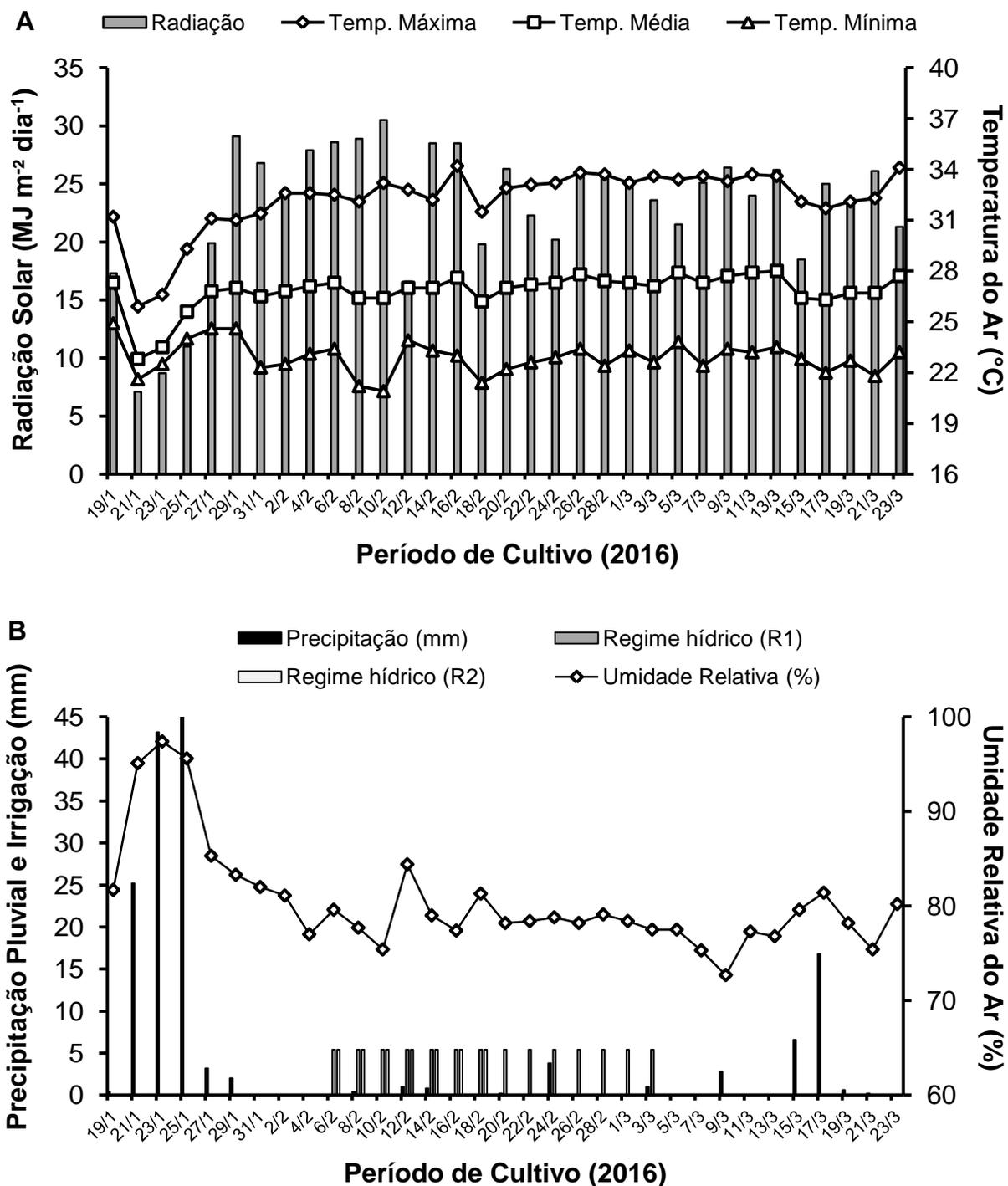


FIGURA 4. Valores de radiação solar, temperaturas máxima, média e mínima do ar (A), precipitação pluvial, irrigação e umidade relativa do ar (B), verificados durante o experimento, entre 19/01/2016 e 24/03/2016, obtidos na estação meteorológica automática da rede do INMET, localizada no Campus da UFES em São Mateus. Precipitação total = 153,40 mm.

As plantas foram conduzidas por 65 dias até o pleno florescimento, momento em que foram manejadas por atingir o ponto de corte. Optou-se por realizar o

manejo da braquiária também nesta mesma época, visando à uniformização dos procedimentos. O manejo de corte foi realizado a aproximadamente 5 cm do solo com roçadeira manual, deixando o material vegetal cortado sobre a superfície do solo.

As amostras de solo foram coletadas nas profundidades 0-20 cm e 20-40 cm, na área útil das parcelas, e também sob bolsas de decomposição na profundidade de 0-2 cm. As bolsas referem-se à metodologia empregada para avaliação da taxa de decomposição de resíduos vegetais, contendo resíduos das culturas em quantidade proporcional à da matéria seca produzida por hectare e dispostas na superfície do solo de cada subparcela, avaliação paralela tratada no primeiro capítulo dessa dissertação.

As coletas ocorreram em duas épocas, aos 30 (Época 1 – E1) e 120 (Época 2 – E2) dias após o manejo (DAM) das plantas. As amostras foram secas ao ar e passadas em peneira de malha de 2 mm para a obtenção de terra fina seca ao ar (TFSA) no laboratório de processamento de amostras. Posteriormente foram encaminhadas ao Laboratório de Análise Química do Solo Raphael M. Bloise do CCA/UFES e ao Laboratório Agrônomico de Análises de Solo, Folha e Água (LAGRO) do CEUNES/UFES.

As análises químicas foram realizadas de acordo com os métodos descritos pela Embrapa (1997). Determinaram-se os atributos químicos: pH em H₂O - relação solo-água 1:2,5; fósforo disponível (P) - extraído com Mehlich-1 e determinado por leitura de absorvância (725 nm) em espectrofotômetro; potássio e sódio (K⁺ e Na⁺) – extraído com Mehlich-1 e determinado por espectrofotometria de chama; cálcio e magnésio (Ca²⁺ e Mg²⁺) – extraídos com KCl 1 mol L⁻¹ e determinados por espectrometria de absorção atômica; acidez trocável (Al³⁺) – extraído com KCl 1 mol L⁻¹ e titulado com NaOH 0,025 mol L⁻¹, utilizando como indicador fenolftaleína; acidez potencial (H+Al) – extraído com acetato de cálcio 0,5 mol L⁻¹ em pH 7,0 e titulado com NaOH 0,0606 mol L⁻¹; soma de bases trocáveis (SB); capacidade de troca catiônica efetiva (t); capacidade de troca catiônica a pH 7 (T); índice de saturação em bases (V); índice de saturação em alumínio (m); e a matéria orgânica (MO) a partir dos resultados de carbono orgânico total (COT) - por oxidação da matéria orgânica via úmida com dicromato de potássio em meio sulfúrico, titulando com sulfato ferroso amoniacal e utilizando difenilamina como indicador.

Os dados foram submetidos à análise de variância. Para os efeitos significativos, compararam-se as médias pelo teste de Tukey ao nível de 5% de significância, com o auxílio do *software* SISVAR[®] (FERREIRA, 2000).

Resultados e Discussão

Os resultados obtidos permitem inferir que existe diferença para os atributos químicos do solo entre os regimes hídricos, as plantas de cobertura e entre as épocas de coleta do solo.

Os atributos pH e matéria orgânica (MO) apresentaram diferenças entre os regimes hídricos para todas as profundidades (Tabela 2); o pH sempre com valor superior no maior regime (R1) e a MO sempre com valor superior no menor regime (R2).

A acidez do solo é originada pela remoção dos cátions básicos (K^+ , Na^+ , Ca^{2+} e Mg^{2+}) do complexo de troca, e, conseqüentemente, pela ocupação destas cargas negativas por cátions ácidos (H^+ + Al^{3+}). A remoção destas bases pode ocorrer, por exemplo, por absorção pelas raízes das plantas, que ao absorver um cátion elas liberam H^+ para manter o equilíbrio interno, e por lixiviação por ação da água da chuva ou da própria irrigação (PREZOTTI, 2007). Dentre os cátions básicos, apenas K^+ e Na^+ diferiram entre os regimes hídricos nas maiores profundidades, resultando, deste equilíbrio ($K+Na+Ca+Mg$), valores iguais para SB. Entretanto, o Al^{3+} diferiu para a profundidade 0-20 cm e a acidez potencial ($H+Al$) para as menores profundidades, ambos com valores superiores na área sob R2, justificando o aumento da acidez do solo nesta área (Tabela 2).

Em trabalho com simulação de chuva e considerando quantidade de palha equivalente a $8,0 t ha^{-1}$, Rosolem et al. (2003) constataram que a quantidade de K^+ liberado logo após o manejo das espécies de cobertura é relativamente baixa e a taxa máxima de liberação de K^+ depende muito da espécie, variando de 200 a $650 g ha^{-1} mm^{-1}$, com lâminas de até 20 mm, decrescendo a partir desse ponto. Esses valores sugerem pequenas taxas de liberação de K^+ em função da baixa precipitação ocorrida após o manejo das plantas (Figura 3). No entanto, observou-se diferença nos teores desse elemento entre os regimes hídricos (Tabela 2), indicando a influência do fornecimento de água para incrementar a liberação de K^+ . Como o K^+ é

TABELA 2. Valores médios dos atributos químicos de um Argissolo Amarelo em três profundidades e sob dois regimes hídricos.

Tratamento	pH	P	K ⁺	Na ⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Al ³⁺	H+Al	SB	t	T	V	m	MO
	(água)	(mg dm ⁻³)			(cmol _c dm ⁻³)					(%)		(g dm ⁻³)		
0 - 2 cm⁽¹⁾														
R1	6,7 a	10,5 a	82,6 a	4,4 a	1,3 a	0,7 a	0,00 a	1,1 b	2,2 a	2,2 a	3,3 a	68,7 a	0,3 a	13,7 b
R2	6,1 b	13,6 a	89,3 a	5,1 a	1,5 a	0,6 a	0,02 a	1,9 a	2,4 a	2,4 a	4,3 a	58,2 b	1,1 a	17,6 a
0 - 20 cm														
R1	5,9 a	3,7 a	30,6 a	4,7 b	1,0 a	0,4 a	0,06 b	0,8 b	1,5 a	1,6 a	2,3 b	72,2 a	3,9 b	14,0 b
R2	5,5 b	4,4 a	23,3 b	8,2 a	1,2 a	0,5 a	0,14 a	1,8 a	1,7 a	1,9 a	3,6 a	55,4 b	8,6 a	18,4 a
20 - 40 cm														
R1	5,5 a	2,0 a	8,7 b	4,4 b	1,0 a	0,4 a	0,38 a	2,4 a	1,4 a	1,8 a	3,8 a	38,8 a	24,5 a	9,7 b
R2	5,2 b	3,4 a	14,5 a	6,4 a	0,7 a	0,4 a	0,40 a	3,2 a	1,2 a	1,6 a	4,4 a	28,7 a	28,3 a	11,70 a

¹Coleta sob bolsa de decomposição. R1 - Regime hídrico 1 (76 mm); R2 - Regime hídrico 2 (38 mm). Médias seguidas por letras iguais na coluna, dentro de uma mesma profundidade, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

móvel no solo, exibiu maior teor de 0-20 cm sob a R1. Isso não ocorreu, todavia, na profundidade de 20-40 cm e nem sob a bolsa de decomposição. Valores elevados de liberação de K^+ foram encontrados por Boer et al. (2007) em 30 dias após o manejo do milho no Cerrado.

Esperava-se maior acúmulo de MO na área com maior regime hídrico devido a maior quantidade de palha, no entanto, isso não ocorreu. Antes da introdução das plantas de cobertura estudadas, os resultados da análise química do solo revelaram valores médios de 7,7 e 9,6 $g\ dm^{-3}$ de MO para as áreas submetidas à R1 e R2, respectivamente, na profundidade 0-20 cm, e valores de 4,9 e 8,2 $g\ dm^{-3}$ de MO para as áreas submetidas à R1 e R2, respectivamente, na profundidade 20-40 cm (Tabela 1). Esses resultados podem explicar, em parte, os maiores valores de MO observados na área de menor regime (R2) nas profundidades 0-20 e 20-40 cm (Tabela 2). Além disso, a MO existente antes do manejo das culturas sob área de R1, favorecida pela maior disponibilidade hídrica no solo pode ter tido sua mineralização mais intensificada devido ao incremento da atividade biológica de microrganismos decompositores de MO.

Os maiores valores de P para R2 em todas as profundidades, em valores absolutos, também podem comprovar os maiores valores de MO para esta área. Correlações positivas e significativas entre o teor de MO do solo e adsorção de P têm sido frequentes na literatura (NOVAIS et al., 2007). Em solos tropicais, como é o caso dos Argissolos, a carga de superfície dos minerais é muito fraca. Dessa forma, a MO do solo exerce papel preponderante em razão de contribuir com a elevação da superfície específica, da capacidade de troca de cátions e do incremento de nutrientes nesses solos. Por isso, os mais baixos valores de MO na área sob R1, pode ter influenciado em parte esses fatores.

O elemento P não apresentou diferença entre os regimes hídricos em nenhuma profundidade, possivelmente por sua baixa mobilidade no solo. Essa diferença também não foi observada para a CTC efetiva do solo (t), pois praticamente não houve diferença nos teores de Al^{3+} e SB (Tabela 2).

Uma possibilidade para a ocorrência do aumento nos teores de saturação em bases (V) em relação aos valores iniciais, tanto para R1 quanto R2, é que tenha havido lixiviação de bases para camadas mais profundas do solo. Com exceção da camada mais profunda em R2, devido os menores conteúdos de água nesta profundidade.

A CTC potencial (T) apresentou diferença na profundidade 0-20 cm para área sob R2 em função do maior teor de H^+ advindo da acidez potencial (H+Al) desta área. A saturação em bases (V), nas menores profundidades sob R2, apresentou diferença em função do aumento nos teores de H+Al, acidez provavelmente advinda por menores taxas de ciclagem dos cátions básicos nesta área. A diferença observada na saturação em Al^{3+} (m) reflete, logicamente, os teores de Al^{3+} encontrados na camada 0-20 cm (Tabela 2).

A Tabela 3 apresenta os efeitos das plantas de cobertura sobre os atributos químicos do solo. Apenas os atributos pH e K^+ apresentaram diferença significativa. O atributo pH foi influenciado pelas plantas de cobertura na maior profundidade (20-40 cm). O maior valor foi observado para a cultivar de milho BRS 1501 (5,6) e o menor valor para a braquiária (5,1). Nesta mesma camada, mesmo sem a ocorrência de diferença entre os tratamentos, constataram-se menores concentrações de cátions básicos (K^+ , Na^+ , Ca^{2+} e Mg^{2+}) e maiores concentrações de Al^{3+} , se comparados às menores profundidades, confirmando a ocorrência de acidificação do solo nesta camada. O aporte da biomassa vegetal sobre a superfície do solo somado aos processos biológicos de decomposição deste material podem ter favorecido a mineralização desses elementos na camada 0-2 cm. De acordo com Paul et al. (2001), o efeito dos resíduos vegetais no aumento do pH do solo depende da quantidade de resíduos com cinzas de alta alcalinidade.

Similar ao ocorrido neste estudo, Falleiro et al. (2003) encontraram maiores valores de pH e menores valores de Al^{3+} em semeadura direta na camada superficial do solo decrescendo com a profundidade amostrada e atribuíram esses resultados às características tamponantes da matéria orgânica e/ou ao aumento da força iônica da solução do solo, devido ao incremento dos teores de Ca^{2+} , Mg^{2+} e K^+ nesta camada de solo.

As menores concentrações dos cátions básicos aliada à extração dessas bases anteriormente pelas raízes das plantas, deve ter contribuído também com a redução do pH na camada subsuperficial 20-40 cm. As raízes mantêm em seu interior um equilíbrio de cargas positivas e negativas. Ao absorver um cátion elas liberam H^+ para manter o equilíbrio interno e a presença de H^+ na solução do solo reduz o pH. Neste aspecto, durante a condução das plantas, a braquiária evidenciou

TABELA 3. Valores médios dos atributos químicos de um Argissolo Amarelo em três profundidades e sob seis plantas de cobertura.

Tratamento	pH	P	K ⁺	Na ⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Al ³⁺	H+Al	SB	t	T	V	m	MO
	(água)	(mg dm ⁻³)			(cmol _c dm ⁻³)					(%)		(g dm ⁻³)		
	0 - 2 cm⁽¹⁾													
BR	6,4	10,9	72,7 b	5,1	1,3	0,7	0,01	1,5	2,2	2,2	3,6	61,9	0,5	14,9
FP	6,6	10,9	66,1 b	4,3	1,8	0,7	0,00	1,4	2,7	2,7	4,0	67,8	0,0	16,9
ADR 300	6,3	15,9	78,6 ab	4,7	1,3	0,6	0,02	1,6	2,1	2,2	3,7	59,4	1,2	14,3
ADR 500	6,5	11,5	84,1 ab	4,9	1,4	0,6	0,01	1,2	2,2	2,3	3,5	66,0	0,6	15,8
ADRf 6010	6,3	10,6	114,8 a	4,7	1,5	0,6	0,01	1,5	2,4	2,5	4,0	62,1	1,0	16,1
BRS 1501	6,4	12,4	99,4 ab	4,7	1,4	0,6	0,01	1,6	2,3	2,3	3,9	63,2	0,7	16,1
	0 - 20 cm													
BR	5,6	3,9	23,0 b	6,5	1,0	0,4	0,13	1,3	1,6	1,7	2,9	62,9	8,3	16,4
FP	5,7	5,1	24,6 ab	6,4	1,2	0,5	0,10	1,5	1,7	1,8	3,3	60,6	5,7	17,2
ADR 300	5,7	3,9	19,6 b	6,6	0,9	0,4	0,10	1,3	1,4	1,5	2,7	61,4	6,9	15,1
ADR 500	5,8	3,8	28,0 ab	6,6	1,1	0,5	0,12	1,4	1,6	1,7	3,0	62,2	7,4	16,0
ADRf 6010	5,8	3,9	41,8 a	6,4	1,2	0,5	0,07	1,2	1,8	1,9	3,0	68,1	4,7	16,4
BRS 1501	5,8	3,9	24,7 ab	6,4	1,1	0,5	0,07	1,1	1,7	1,8	2,8	67,4	4,7	16,2
	20 - 40 cm													
BR	5,1 b	2,5	9,7	5,4	0,7	0,4	0,48	3,0 a	1,2	1,7	4,2	28,7	32,6	9,6
FP	5,3 ab	1,8	11,9	5,2	0,8	0,4	0,40	3,1 a	1,3	1,7	4,4	30,5	24,5	11,6
ADR 300	5,3 ab	3,0	11,7	5,7	0,9	0,4	0,41	3,1 a	1,4	1,8	4,5	34,1	26,2	11,9
ADR 500	5,3 ab	2,0	11,7	5,2	0,8	0,4	0,37	2,3 a	1,3	1,7	3,6	39,5	26,2	10,1
ADRf 6010	5,3 ab	2,2	15,0	5,7	0,6	0,4	0,44	3,0 a	1,1	1,5	4,0	26,4	33,0	9,7
BRS 1501	5,6 a	4,7	9,9	5,0	1,0	0,4	0,24	2,2 a	1,5	1,7	3,7	43,1	15,9	11,3

¹Coleta sob bolsa de decomposição. Médias seguidas por letras iguais na coluna, dentro de uma mesma profundidade, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

melhor exploração dos elementos do solo nesta camada, apesar de o sistema radicular secundário do milho ser abundante e poder alcançar grande profundidade em condições favoráveis. Por outro lado, analisando o material depositado sobre o solo, segundo Miyazawa et al. (2000), os resíduos vegetais do milho possuem baixa capacidade de neutralizar a acidez potencial do solo, entretanto, os valores encontrados neste estudo não condizem com esta informação.

O elemento K^+ apresentou-se diferente nas menores profundidades. O solo sob a cultivar de milho ADRf 6010 apresentou o maior índice desse elemento, com valores de 114,8 e 41,8 $mg\ dm^{-3}$ para camadas 0-2 e 0-20 cm, respectivamente. O contrário foi observado para o feijão-de-porco e a braquiária na profundidade 2 cm e para a cultivar ADR 300 e a braquiária na profundidade 0-20 cm (Tabela 3).

O K^+ é absorvido e exportado em grandes quantidades pelas plantas, sendo considerado o nutriente de maior mobilidade do sistema solo-planta-atmosfera. Esse elemento não integra nenhum composto orgânico estável, ou seja, não participa da estrutura da planta. Sendo assim, ele é lavado do material orgânico logo após a morte das células. Fato que pode ser comprovado pelos valores bem superiores observados no solo sob bolsa de decomposição, onde a proximidade com o material vegetal é maior, em comparação às demais profundidades. Além disso, o milho ADRf 6010 demonstrou, para este estudo, maior eficiência em reciclar este nutriente na camada superficial do solo. Raij et al. (1997) atribuem alta eficácia de ciclagem de K^+ às poáceas, confirmando os valores encontrados, principalmente para a cultivar ADRf 6010, comparados ao feijão-de-porco. Pacheco et al. (2011) também verificaram elevadas taxas de liberação de K^+ pelas poáceas.

O comportamento menos expressivo para a braquiária quanto a essa eficácia, pode ser explicado por sua menor biomassa, decorrente do tempo de cultivo relativamente curto para seu desenvolvimento, uma vez que se trata de uma cultura perene. Cavalcante et al. (2007) observaram, estudando a variabilidade espacial de atributos químicos sob diferentes usos e manejos, acúmulo de K^+ na camada superficial, atribuindo tal resultado ao não revolvimento do solo pelo SPD. O plantio de aveia-preta, inicialmente, e o não revolvimento do solo para a introdução das plantas de cobertura podem ter favorecido o acúmulo deste e outros nutrientes nas camadas mais superficiais. Na camada 20-40 cm não houve efeito dos diferentes tratamentos sobre este elemento químico, porém, observa-se também, em valor absoluto, maior teor desse elemento para ADRf 6010.

Em nenhuma profundidade verificou-se efeito das diferentes plantas de cobertura sobre os teores do elemento fósforo (P). Quanto maior a exploração do solo pelo sistema radicular, maior a eficiência de absorção do P pelas plantas (PREZOTTI, 2007). Em condições favoráveis, o sistema radicular do milho torna-se abundante e pode alcançar grande profundidade, entretanto, isso não foi verificado. Corrêa et al. (2004) verificaram movimentação deste elemento em profundidade, onde na camada mais profunda (15 cm), entre as espécies estudadas (milho, aveia e sorgo-de-guiné), apenas o milho proporcionou incremento nos teores de P. Esses autores concluíram que as espécies de cobertura também influenciaram na movimentação do P em profundidade e que o milho foi mais eficiente na movimentação descendente do fósforo disponível, distinguindo-se dos valores encontrados neste estudo (Tabela 3).

Os atributos Na^+ , Ca^{2+} , Mg^{2+} , Al^{3+} , H+Al, SB, t, T, V, m e MO não sofreram alteração significativa em nenhuma das profundidades. Os autores Silveira et al. (2010) em estudo com diferentes plantas de cobertura, entre elas braquiária e milho, não encontram diferenças entre plantas quanto aos atributos pH, P, K^+ , Ca^{2+} , Mg^{2+} e MO nas profundidades 5-10 e 10-20 cm, corroborando com os resultados encontrados e evidenciando pouco efeito significativo das plantas de cobertura sobre as características químicas do solo, sobretudo nas camadas subsuperficiais.

Pode-se esperar que, se cultivadas por um período sequencial maior numa mesma área ou avaliadas por mais tempo, haja contribuições significativas no aumento da fertilidade do solo em decorrência do uso de plantas de cobertura.

O tempo evidenciou mudanças nos atributos químicos do solo em todas as profundidades (Tabela 4), contudo, os atributos pH, K^+ , Mg^{2+} , Al^{3+} e m, não apresentaram diferenças entre as duas épocas de coleta em solo sob bolsa de decomposição. O mesmo foi observado para P, Ca^{2+} , Al^{3+} , SB, t e m na profundidade 0-20 cm, e para P, Al^{3+} , H+Al, T e V na profundidade 20-40 cm. Nas demais situações houve incremento ou redução nos níveis dos atributos.

Dentre os atributos do solo sob bolsa de decomposição que apresentaram diferenças (P, Na^+ , Ca^{2+} , H+Al, SB, t, T, V e MO), apenas P, V e MO, não apresentaram decréscimos nos seus teores. Os elementos Na^+ e Ca^{2+} sofreram possível lixiviação no perfil do solo, cujo aumento é observado na camada mais profunda (20-40 cm); o teor de acidez potencial (H+Al) sofreu redução aos 120 DAM

TABELA 4. Valores médios dos atributos químicos de um Argissolo Amarelo em três profundidades e duas épocas de coleta do solo.

Tratamento	pH	P	K ⁺	Na ⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Al ³⁺	H+Al	SB	t	T	V	m	MO
	(água)	(mg dm ⁻³)			(cmol _c dm ⁻³)						(%)		(g dm ⁻³)	
0 - 2 cm⁽¹⁾														
E1	6,5 a	11,0 b	102,7 a	7,2 a	1,6 a	0,7 a	0,02 a	2,0 a	2,5 a	2,6 a	4,6 a	56,3 b	1,2 a	13,5 b
E2	6,4 a	13,1 a	69,2 a	2,3 b	1,3 b	0,7 a	0,00 a	0,9 b	2,1 b	2,1 b	3,0 b	70,5 a	0,1 a	17,8 a
0 - 20 cm														
E1	5,9 a	3,7 a	35,4 a	8,3 a	1,1 a	0,3 b	0,10 a	0,5 b	1,6 a	1,7 a	2,1 b	80,0 a	6,6 a	18,8 a
E2	5,5 b	4,5 a	18,6 b	4,6 b	1,0 a	0,6 a	0,10 a	2,1 a	1,7 a	1,8 a	3,8 a	47,5 b	6,0 a	13,7 b
20 - 40 cm														
E1	5,5 a	2,9 a	12,9 a	4,7 b	0,6 b	0,2 b	0,4 a	2,7 a	0,9 b	1,4 b	3,7 a	26,8 a	33,3 a	11,9 a
E2	5,1 b	2,5 a	10,4 b	6,1 a	1,0 a	0,6 a	0,3 a	2,8 a	1,6 a	2,0 a	4,5 a	40,6 a	19,5 b	9,5 b

¹Coleta sob bolsa de decomposição. E1 – Época de coleta 1 (30 DAM); E2 – Época de coleta 2 (120 DAM). Médias seguidas por letras iguais na coluna, dentro de uma mesma profundidade, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

das plantas (E2), razão pela qual o pH se mantém inalterado nesta camada, impedindo a ocupação destes cátions ácidos no complexo de troca. Os atributos SB, t e T sofrem redução em função da remoção dos cátions básicos e H+Al desta camada superficial. Ainda na profundidade 0-2 cm há um aumento nos níveis de P e MO na época E2. Dentre os aspectos já tratados, a MO, possivelmente em função do aumento da decomposição do material vegetal manejado sobre o solo, e o P, em razão de sua adsorção junto a essa MO e à sua condição de baixa difusão no perfil do solo.

Nas maiores profundidades os valores de pH diminuíram e se apresentaram diferentes entre as épocas de coleta. Decorrido o período de 3 meses (90 dias), entre uma coleta e outra, a redução do pH acarretou aumento nos níveis de Al^{3+} e, conseqüentemente, H+Al nessas profundidades. A presença de H^+ na solução do solo reduz o pH, o que solubiliza o alumínio que passa da forma $Al(OH)_3$ (inativo) para Al^{3+} , tóxico para as plantas (PREZOTTI, 2007).

Nas camadas subsuperficiais, o P não se apresenta diferente em relação às épocas de coleta, mas reduz significativamente seus valores em profundidade. Nestas camadas, o K^+ se perde com facilidade no sistema solo, evidenciando reduções na camada 20-40 cm entre as épocas E1 e E2, passando de 12,9 para 10,4 $mg\ dm^{-3}$ (Tabela 4). Em estudo com as plantas de cobertura milheto (ADR 500), amaranto e capim-pé-de-galinha, a liberação de potássio foi a mais rápida e apresentou comportamento diferenciado entre as espécies (BOER et al., 2007). O Mg^{2+} nestas profundidades demonstra ganhos significativos entre as épocas de coleta do solo. O Ca^{2+} apenas na camada 20-40 cm. Os valores SB, t, T, V e m, refletem os atributos que os constituem, com destaque para a redução no nível de saturação de Al^{3+} (m) da camada 20-40 cm. A MO sofreu redução no seu conteúdo, evidenciando mineralização desse material no sistema solo.

Na camada mais superficial, com contribuições mais pronunciadas da decomposição do material vegetal contido na bolsa de decomposição, os atributos K^+ e V apresentaram efeito significativo entre as plantas de cobertura e os regimes hídricos (Tabela 5), enquanto Ca^{2+} , SB e T, exibiram interação entre plantas de cobertura e a época de amostragem do solo (Tabela 6). Nesta camada, os teores dos elementos, de forma geral, tendem a ser maior, o que pode ser justificado, principalmente, pela mineralização do material vegetal que já ocorria no momento de coleta do solo. Logo após a mineralização, os elementos tendem a ocupar

primeiramente as cargas mais superficiais e com o tempo, sofrem lixiviação no perfil do solo, uns com maior e outros com menor velocidade. O conteúdo de água no solo é fundamental para a ocorrência dessa lixiviação.

TABELA 5. Atributos químicos K^+ e V de um Argissolo Amarelo em função dos regimes hídricos e plantas de cobertura.

Tratamento	0 - 2 cm ⁽¹⁾			
	K^+ (mg dm ⁻³)		V (%)	
	R1	R2	R1	R2
BR	86,0 Aab	59,4 Ab	72,6 Aa	51,3 Bb
FP	53,4 Ab	78,9 Ab	67,6 Aa	68,0 Aa
ADR 300	73,1 Aab	84,0 Ab	65,7 Aa	53,2 Bab
ADR 500	78,0 Aab	90,2 Aab	69,7 Aa	62,3 Aab
ADRf 6010	92,9 Aab	136,7 Aa	63,5 Aa	60,7 Aab
BRS 1501	112,2 Aa	86,6 Aab	73,0 Aa	53,4 Bab

¹Coleta sob bolsa de decomposição. R1 – Regime hídrico 1 (76 mm); R2 – Regime hídrico 2 (38 mm). Médias seguidas por letras iguais, maiúscula na linha e minúscula na coluna, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

TABELA 6. Atributos químicos Ca^{2+} , SB e T de um Argissolo Amarelo em função de plantas de cobertura e épocas de coleta.

Tratamento	0 - 2 cm ⁽¹⁾					
	Ca^{2+} (cmol _c dm ⁻³)		SB (cmol _c dm ⁻³)		T (cmol _c dm ⁻³)	
	E1	E2	E1	E2	E1	E2
BR	1,3 Ab	1,2 Aa	2,2 Aa	2,1 Aa	2,2 Aa	2,1 Aa
FP	2,0 Aa	1,5 Ba	3,0 Aa	2,3 Ba	3,0 Aa	2,3 Ba
ADR 300	1,4 Aab	1,2 Aa	2,3 Aa	2,0 Aa	2,3 Aa	2,0 Ba
ADR 500	1,6 Aab	1,2 Ba	2,5 Aa	2,0 Ba	2,5 Aa	2,0 Ba
ADRf 6010	1,7 Aab	1,3 Ba	2,7 Aa	2,2 Ba	2,8 Aa	2,2 Ba
BRS 1501	1,7 Aab	1,1 Ba	2,6 Aa	2,0 Ba	2,6 Aa	2,0 Ba

¹Coleta sob bolsa de decomposição. E1 – Época de coleta 1 (30 DAM); E2 – Época de coleta 2 (120 DAM). Médias seguidas por letras iguais, maiúscula na linha e minúscula na coluna, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Os teores de K^+ são semelhantes entre as áreas sob R1 e R2, porém cada cultura exerce efeito sobre os níveis de K^+ nos diferentes regimes hídricos. Em R1, o solo sob a cultivar BRS 1501 apresentou maior nível desse elemento, enquanto que para R2 foi o solo sob ADRf 6010. Para a saturação em bases (V), braquiária, ADR

300 e BRS 1501 apresentaram maiores valores entre os regimes hídricos. Entre as plantas, na área sob R2, o feijão-de-porco revelou maior teor de V (Tabela 5). Como discutido acima, a liberação de K^+ pode apresentar comportamento diferenciado entre as culturas e, além disso, as respectivas biomassas dessas culturas contidas nas bolsas promovem a liberação de ácidos orgânicos solúveis em água, capazes de reter o K^+ , evitando sua perda por lixiviação (ROSOLEM et al., 2003, BOER et al., 2007). O teor de água no solo pode ter influenciado na diferente expressão das plantas quanto ao potencial de ciclagem dos elementos, influenciando consequentemente a saturação em bases (V).

Entre os atributos Ca^{2+} , SB e T, apenas Ca^{2+} , na primeira época de coleta, apresenta teores diferentes entre as plantas de cobertura, com o solo sob feijão-de-porco apresentando maior teor desse elemento. De modo geral, todos os atributos sofrem diminuição nos seus teores na época 2 (E2), com exceção do Ca^{2+} , SB e T do solo sob braquiária e Ca^{2+} e SB do solo sob ADR 300 (Tabela 6). As leguminosas tendem a apresentar maiores taxas de decomposição em função da sua menor relação C/N, tal fato pode justificar em parte o maior teor de Ca^{2+} no solo sob feijão-de-porco entre as plantas em E1. Em valor absoluto, o mesmo princípio segue para SB e T. Dessa forma, com o tempo, a mineralização da biomassa das bolsas de decomposição reduz e os atributos também, uma vez que os mesmos são distribuídos para o sistema solo.

Os atributos químicos H+Al, T e MO nas profundidades 0-2 e 0-20 cm, e os atributos pH, Al^{3+} e m na profundidade 20-40 cm, apresentam diferenças em função dos regimes hídricos e das épocas de coleta (Tabela 7).

Na profundidade 0-2 cm, a acidez potencial (H+Al) foi menor na segunda época de coleta (E2) para ambos os regimes hídricos. O oposto foi observado para a camada 0-20 cm. Como há diminuição do pH na camada 0-20 cm (Tabela 4), os cátions ácidos H^+ e Al^{3+} permanecem em solução. Para ambas as camadas, a área sob R2 apresenta maiores teores de H+Al. Menor lâmina de água pode resultar em menor e/ou mais lenta taxa de decomposição, favorecendo o predomínio de cargas H^+ e Al^{3+} no solo. Deve-se salientar que o H^+ está sendo continuamente produzido no solo como resultado, por exemplo, da mineralização de compostos orgânicos com produção de CO_2 e do intemperismo dos silicatos, que libera Al^{3+} em solução. A MO também apresenta carga, sendo responsável por parte das trocas iônicas no solo (PREZOTTI, 2007), e maiores taxas de decomposição promovem maior liberação de

TABELA 7. Atributos químicos H+Al, T, MO, pH, Al³⁺ e m de um Argissolo Amarelo em função dos regimes hídricos e épocas de coleta.

Tratamento	0 - 2 cm ⁽¹⁾		0 - 20 cm		20 - 40 cm	
	E1	E2	E1	E2	E1	E2
	H+Al (cmol_c dm⁻³)					
R1	1,4 Ab	0,7 Bb	0,3 Ba	1,2 Ab	-	-
R2	2,6 Aa	1,1 Ba	0,6 Ba	3,0 Aa	-	-
	T (cmol_c dm⁻³)					
R1	3,9 Ab	2,7 Ba	1,8 Bb	2,90 Ab	-	-
R2	5,2 Aa	3,3 Ba	2,4 Ba	4,8 Aa	-	-
	MO (g dm⁻³)					
R1	10,9 Bb	16,6 Ab	15,5 Ab	12,6 Bb	-	-
R2	16,2 Ba	19,1 Aa	22,0 Aa	14,8 Ba	-	-
	pH (água)					
R1	-	-	-	-	5,6 Aa	5,3 Ba
R2	-	-	-	-	5,4 Ab	4,9 Bb
	Al³⁺ (cmol_c dm⁻³)					
R1	-	-	-	-	0,5 Aa	0,3 Ba
R2	-	-	-	-	0,4 Aa	0,4 Aa
	m (%)					
R1	-	-	-	-	34,6 Aa	14,4 Ba
R2	-	-	-	-	32,0 Aa	24,5 Ba

¹Coleta sob bolsa de decomposição. R1 - Regime hídrico 1 (76 mm); R2 - Regime hídrico 2 (38 mm). E1 - Época de coleta 1 (30 DAM); E2 - Época de coleta 2 (120 DAM). Médias seguidas por letras iguais, maiúscula na linha e minúscula na coluna, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

ácidos orgânicos solúveis em água, capazes de complexar o alumínio trocável (ZAMBROSI et al., 2008). Para o parâmetro T, aplica-se o mesmo raciocínio.

Para a matéria orgânica (MO), nas duas camadas, os maiores teores são observados para a área sob R2. Quanto à época, há um acréscimo no teor de MO na cama 0-2 cm e um decréscimo na camada 0-20 cm. Antes da introdução do experimento, a área sob R2 apresentava-se com maiores teores de MO, o que pode ter permanecido até o momento da coleta, ou então, a área sob R1 pode ter sofrido maior mineralização em função de maior volume de água de irrigação. Para a camada mais superficial, a reposição de MO pode ter ocorrido por mais tempo, enquanto a camada de 0-20 começou a sofrer maiores perdas.

Na camada 20-40 cm o pH sofreu redução entre as épocas de coleta e apresentou menores valores sob área R2. A redução no tempo pode ser explicada pela lixiviação dos cátions básicos a maiores profundidades. Os menores valores observados na área sob R2 justificam-se, provavelmente, pela ocupação das cargas do solo predominantemente pelos cátions ácidos (H+Al). Nota-se que o Al^{3+} decresce somente para a área sob R1 e a irrigação não apresenta diferença no seu conteúdo para esta camada. Estes valores refletem os resultados para a saturação em alumínio (m), com exceção da diminuição verificada para área sob R2 entre as épocas de coleta, a qual pode ter se dado pelo aumento no conteúdo de SB, como se observa na Tabela 4.

Na Tabela 8, são apresentadas as diferenças encontradas entre os regimes hídricos, as plantas de cobertura e a época de coleta do solo para os atributos pH e SB.

O pH, na camada sob a bolsa de decomposição, em geral apresentou diferenças entre os regimes hídricos para a primeira época (E1) em todas as culturas, com valores inferiores na área sob R2. O tempo revelou maior sensibilidade de alteração do pH em braquiária e BRS 1501, para área sob R1, e em feijão-de-porco e BRS 1501, para área sob R2. Entre as espécies, observou-se diferença apenas na primeira época (E1) em área sob R2, onde o feijão-de-porco apresentou maior valor de pH e a braquiária, ADR 300 e BRS 1501, os menores valores.

Diante desses resultados, observa-se que o maior regime hídrico permitiu o maior fluxo de elementos, relacionados diretamente, neste caso, com a biomassa das bolsas de decomposição. Houve uma tendência de equilíbrio no pH do solo com

TABELA 8. Atributos químicos pH e SB de um Argissolo Amarelo em função dos regimes hídricos, plantas de cobertura e época de coleta.

Tratamento	BR		FP		ADR 300		ADR 500		ADRf 6010		BRS 1501	
	E1	E2	E1	E2	E1	E2	E1	E2	E1	E2	E1	E2
	pH (água) / 0 - 2 cm⁽¹⁾											
R1	7,0 Aa	6,6 Ba	6,7 Aa	6,7 Aa	6,6 Aa	6,6 Aa	7,0 Aa	6,6 Aa	6,7 Aa	6,6 Aa	6,9 Aa	6,6 Ba
R2	5,8 Ab	6,1 Aa	6,6 Aa	6,3 Ba	5,9 Ab	6,1 Aa	6,3 Ab	6,1 Aa	6,0 Ab	5,9 Ab	5,9 Bb	6,3 Aa
	SB (cmol_c dm⁻³) / 20 - 40 cm											
R1	0,8 Ba	1,7 Aa	1,0 Ba	1,8 Aa	1,2 Ba	2,1 Aa	0,9 Ba	1,9 Aa	0,9 Aa	1,3 Aa	1,3 Ba	2,3 Aa
R2	0,9 Aa	1,2 Aa	0,9 Ba	1,7 Aa	1,0 Aa	1,4 Aa	1,2 Aa	1,2 Aa	0,5 Ba	1,7 Aa	0,9 Aa	1,4 Aa
	R1						R2					
	E1			E2			E1			E2		
	pH (água) / 0 - 2 cm⁽¹⁾											
BR	7,0 a			6,6 a			5,8 b			6,1 a		
FP	6,7 a			6,7 a			6,6 a			6,3 a		
ADR 300	6,6 a			6,6 a			5,9 b			6,1 a		
ADR 500	7,0 a			6,6 a			6,3 ab			6,1 a		
ADRf 6010	6,7 a			6,6 a			6,0 ab			5,9 a		
BRS 1501	6,9 a			6,6 a			5,9 b			6,3 a		
	SB (cmol_c dm⁻³) / 20 - 40 cm											
BR	0,8 a			1,7 a			0,9 a			1,2 a		
FP	1,0 a			1,8 a			0,9 a			1,7 a		
ADR 300	1,2 a			2,1 a			1,0 a			1,4 a		
ADR 500	0,9 a			1,9 a			1,2 a			1,2 a		
ADRf 6010	0,9 a			1,3 a			0,5 a			1,7 a		
BRS 1501	1,3 a			2,3 a			0,9 a			1,4 a		

¹Coleta sob bolsa de decomposição. R1 - Regime hídrico 1 (76 mm); R2 - Regime hídrico 2 (38 mm). E1 – Época de coleta 1 (30 DAM); E2 – Época de coleta 2 (120 DAM). Médias seguidas por letras iguais, maiúscula na linha e minúscula na coluna, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

o tempo, resultado da decomposição do material vegetal, e o tipo de cobertura vegetal teve pouca influência sobre este atributo nesta camada.

Para soma de bases (SB), não houve mudança nos teores do solo, sob nenhuma cultura, para nenhuma época em função dos regimes hídricos. Com exceção da cultivar de milho ADRf 6010 na área sob R1, o solo sob as demais plantas de cobertura tiveram acréscimos no atributo SB. Para área sob R2, somente feijão-de-porco e ADRf 6010 tiveram acréscimos nesse atributo.

Esses valores revelam a não influência da irrigação no atributo SB nesta camada subsuperficial e que os maiores conteúdos de bases em feijão-de-porco e ADRf 6010 sob área de R2 se devem, provavelmente, pela capacidade que essas plantas tem em absorver bases em condições de menor regime hídrico.

Comparando os teores dos atributos químicos encontrados no solo anteriormente à introdução das plantas de cobertura (Tabela 1) e os teores em E2 (Tabela 4), verifica-se, na média, acréscimo em: Ca^{2+} (20-40 cm), Mg^{2+} , Al^{3+} , SB, t, V, m e MO; e decréscimo em: pH, P, K^+ , Na^+ , Ca^{2+} (0-20 cm), H+Al e T.

Conclusões

1. O regime de irrigação interfere nos atributos do solo, com maior influência em pH, K^+ , Na^+ , H+Al, V e MO, sobretudo na camada 0-20 cm. A maior disponibilidade de água resulta em maior taxa de decomposição dos resíduos vegetais;
2. A cultivar de milho ADRf 6010 é mais eficiente em reciclar o elemento K^+ ;
3. Houve acréscimo no valor de saturação por bases e decréscimo em saturação por alumínio na camada subsuperficial, em relação aos teores da primeira época de coleta;
4. Houve aumento da matéria orgânica na camada 0-2 cm;
5. O uso de plantas de cobertura promove o incremento dos atributos químicos do solo.

Referências Bibliográficas

AITA, C.; BASSO, C. J.; CERETTA, C. A.; GONÇALVES, C. N.; ROS, C. O. Plantas de cobertura do solo como fonte de nitrogênio ao milho. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 25, n. 1, p. 157-165, 2001.

AITA, C.; GIACOMINI, S. J. Decomposição e liberação de nitrogênio dos resíduos culturais de plantas de cobertura de solo solteiras e consorciadas. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 27, n. 4, p. 601-612, 2003.

ALVARES, C. A.; STAPE, J. L.; SENTELHAS, P. C.; GONÇALVES, J. L. M.; SPAROVEK, G. Koppen's climate classification map for Brazil. **Meteorologische Zeitschrift**, v. 22, n. 6, p. 711-728, 2013.

AMADO, T. J. C.; MIELNICZUK, J.; FERNANDES, S. B. V.; BAYER, C. Culturas de cobertura, acúmulo de nitrogênio total no solo e produtividade do milho. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 23, n. 3, p. 679-686, 1999.

ARAÚJO, R. **Avaliação da qualidade do solo em áreas sob diferentes usos**. 2004. 77 f. Dissertação (Mestrado) – Universidade de Brasília (UNB), Brasília, 2004.

BALOTA, E. L.; COLOZZI-FILHO, A.; ANDRADE, D. S.; DICK, R. P. Microbial biomass in soils under different tillage and crop rotation systems. **Biology and Fertility of Soils**, v. 38, n. 1, p. 15-20, 2003.

BALOTA, E. L.; KANASHIRO, M.; COLOZZI FILHO, A.; ANDRADE, D. S.; DICK, R. P. Soil enzyme activities under long-term tillage and crop rotation systems in subtropical agro-ecosystems. **Brazilian Journal of Microbiology**, v. 35, n. 4, p. 300-306, 2004.

BERTOL, I.; CIPRANDI, O.; KURTZ, C.; BAPTISTA, A. S. Persistência dos resíduos culturais de aveia e milho sobre a superfície do solo em semeadura direta. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 22, n. 4, p. 705-712, 1998.

BOER, C. A.; ASSIS, R. L.; SILVA, G. P.; BRAZ, A. J. B. P.; BARROSO, A. L. L.; CARGNELUTTI FILHO, A.; PIRES, F. R. Ciclagem de nutrientes por plantas de cobertura na entressafra em um solo de cerrado. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 42, n. 9, p. 1269-1276, 2007.

CAIRES, E. F.; CHUEIRI, W. A.; MADRUGA, E. F.; FIGUEIREDO, A. Alterações de características químicas do solo e resposta da soja ao calcário e gesso aplicados na superfície em sistema de cultivo sem preparo do solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 22, n. 1, p. 27-34, 1998.

CALEGARI, A. **Sequestro de carbono, atributos físicos e químicos em diferentes sistemas de manejo em um Latossolo argiloso do Sul do Brasil.** 2006. 191 f. Tese (Doutorado) – Universidade Estadual de Londrina (UEL), Londrina, 2006.

CARVALHO, R. **Níveis de cobertura vegetal e qualidade do solo sob pastagem em áreas de Cerrado.** 2007. 90 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Agrárias) – Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária, Universidade de Brasília (UNB), Brasília, 2007.

CAVALCANTE, E. G. S.; ALVES, M. C.; PEREIRA, G. T.; SOUZA, Z. M. Variabilidade espacial de MO, P, K e CTC do solo sob diferentes usos e manejos. **Ciência Rural**, v. 37, n. 2, p. 394-400, 2007.

CORRÊA, J. C.; MAUAD, M.; ROSOLEM, C. A. Fósforo no solo e desenvolvimento de soja influenciados pela adubação fosfatada e cobertura vegetal. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 39, n. 12, p. 1231-1237, 2004.

DORAN, J. W. Soil Quality and Sustainability. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 26., 1997, Rio de Janeiro. **Anais...** Rio de Janeiro, Comissão do “V Inventory, Genesis, Morphology and Classification of Soils”, 1997, 19 p.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA (EMBRAPA). Serviço Nacional de Levantamento e Conservação de Solos. **Manual de métodos de análise do solo.** Rio de Janeiro: Ministério da Agricultura, 1997. 212 p.

ESPINDOLA, J. A. A.; GUERRA, J. G. M.; ALMEIDA, D. L. de; TEIXEIRA, M. G.; URQUIAGA, S. Decomposição e liberação de nutrientes acumulados em leguminosas herbáceas perenes consorciadas com bananeira. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 30, n. 2, p. 321-328, 2006.

FALLEIRO, R. M.; SOUZA, C. M.; SILVA, C. S. W.; SEDIYAMA, C. S.; SILVA, A. A.; FAGUNDES, J. L. Influência dos sistemas de preparo nas propriedades químicas e físicas do solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 27, n. 6, p. 1097-1104, 2003.

FERREIRA, D. F. Análise estatística por meio do SISVAR (Sistema para Análise de Variância) para Windows versão 4.0. In: REUNIÃO ANUAL DA REGIÃO BRASILEIRA DA SOCIEDADE INTERNACIONAL DE BIOMETRIA, 45., 2000, São Carlos. **Anais...** São Carlos: UFSCar, 2000. p. 255-258.

GAMA-RODRIGUES, A. C.; GAMA-RODRIGUES, E. F.; BRITO, E. C. Decomposição e liberação de nutrientes de resíduos culturais de plantas de cobertura em argissolo vermelho-amarelo na região noroeste fluminense-RJ. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 31, n. 6, p. 1421-1428, 2007.

INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA (INMET). **Estação Automática de São Mateus (ES)**. Brasília, DF, 2014. Disponível em: <<http://www3.ceunes.ufes.br/estacao/index2.asp?estacao=A616>>. Acesso em: 18 out. 2016.

LECOEUR, J.; SINCLAIR, R. T. Field pea transpiration and leaf growth in response to soil water deficits. **Crop Science**, v. 36, n. 2, p. 331-335, 1996.

McCREE, K. J.; FERNÁNDEZ, C. J. Simulation model for studying physiological water stress responses of whole plants. **Crop Science**, v. 29, n. 2, p. 353-360, 1989.

MIYAZAWA, M.; PAVAM, M. A.; FRANCHINI, J. C. **Neutralização da acidez do perfil do solo por resíduos vegetais**. Piracicaba: Potafós, Informações Agrônomicas, 2000. 8 p. (Encarte Técnico, 92).

NOVAIS, R. F.; SMYTH, T. J.; NUNES, F. N. **Fósforo**. In: NOVAIS, R. F.; ALVAREZ V., V. H.; BARROS, N. F.; FONTES, R. L. F.; CANTARUTTI, R. B.; NEVES, J. C. L. Fertilidade do solo. 1 ed. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2007. p. 471-550.

PACHECO, L. P.; LEANDRO, W. M.; MACHADO, P. L. O. A.; ASSIS, R. L.; COBUCCI, T.; MADARI, B. E.; PETTER, F. A. Produção de fitomassa e acúmulo e liberação de nutrientes por plantas de cobertura na safrinha. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 46, n. 1, p. 17-25, 2011.

PAUL, K. I.; BLACK, A. S.; CONYERS, M. K. Effect of plant residue return on the development of surface soil pH gradients. **Biology and Fertility of Soils**, v. 33, n. 1, p. 75-82, 2001.

PREZOTTI, L. C.; GOMES, J. A.; DADALTO, G. G.; OLIVERIA, J. A. de. **Manual de recomendação de calagem e adubação para o estado do Espírito Santo – 5ª Aproximação**. Vitória, ES: Sociedade Espiritossantense de Engenheiros Agrônomos/Instituto Capixaba de Pesquisa, Assistência Técnica e Extensão Rural, 2007. 305 p.

QUAGGIO, J. A. **Critérios para calagem em solos no estado de São Paulo**. 1985. 76 f. Dissertação (Mestrado em Solos e Nutrição de Plantas) – Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo (ESALQ/USP), Piracicaba, 1983.

RAIJ, B. VAN; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J. A.; FURLANI, A. M. C. **Recomendações de adubação e calagem para o estado de São Paulo**. 2. ed. Campinas: Instituto Agrônomo de Campinas (IAC), 1997. 285 p. (Boletim Técnico, 100).

ROSOLEM, C. A.; CALONEGO, J. C.; FOLONI, J. S. S. Lixiviação de potássio da palha de espécies de cobertura de solo de acordo com a quantidade de chuva aplicada. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 27, n. 2, p. 355-362, 2003.

SANTOS, H. G.; JACOMINE, P. K. T.; ANJOS, L. H. C.; OLIVEIRA, V. A.; LUMBRERAS, J. F.; COELHO, M. R.; ALMEIDA, J. A.; CUNHA, T. J. F.; OLIVEIRA, J. B. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. 3ª ed Revisada e Ampliada. Brasília, DF: Embrapa, 2013. 353 p.

SANTOS, H. P. dos; FONTANELI, R. S.; SPERA, S. T.; TOMM, G. O. Efeito de sistemas de produção integração lavoura-pecuária (ILP) sobre a fertilidade do solo em plantio direto. **Acta Scientiarum Agronomy**, v. 31, n. 4, p. 719-727, 2009.

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

SILVEIRA, P. M.; CUNHA, P. C. R.; STONE, L. F.; SANTOS, G. G. Atributos químicos de solo cultivado com diferentes culturas de cobertura. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v. 40, n. 3, p. 283-290, 2010.

TORRES, J. L. R. **Estudo de plantas de cobertura na rotação milho-soja em sistema de plantio direto no Cerrado, na região de Uberaba-MG**. 2003. 108 f. Tese (Doutorado em Agronomia) – Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal, 2003.

TORRES, J. L. R.; PEREIRA, M. G.; ANDRIOLI, I.; POLIDORO, J. C.; FABIAN, A. J. Decomposição e liberação de nitrogênio de resíduos culturais de plantas de cobertura em um solo de cerrado. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 29, n. 4, p. 609-618, 2005.

ZAMBROSI, F. C. B.; ALLEONI, L. R. F.; CAIRES, E. F. Liming and ionic speciation of an Oxisol under no-till system. **Scientia Agricola**, v. 65, n. 2, p. 190-203, 2008.

2.3. QUALIDADE BIOLÓGICA DE UM ARGISSOLO AMARELO SOB PLANTAS DE COBERTURA SUBMETIDAS A DOIS REGIMES HÍDRICOS

Resumo

Os atributos biológicos do solo têm a capacidade de medir o nível de desequilíbrio ao qual um determinado ambiente está sujeito. Objetivou-se quantificar o efeito da palhada de plantas de cobertura, submetidas a dois regimes hídricos, na atividade microbiana e nos teores de carbono orgânico total e microbiano do solo, a fim de contribuir para adoção do sistema de plantio direto na região Norte do Espírito Santo. O trabalho foi conduzido a campo, em um Argissolo Amarelo distrófico, utilizando delineamento experimental em DBC, em parcelas subdivididas, em esquema fatorial 6 x 2 x 2, com quatro repetições. As plantas de cobertura avaliadas foram quatro cultivares de *Pennisetum glaucum* (ADR 300, ADR 500, ADRf 6010 e BRS 1501), *Canavalia ensiformis* e *Brachiaria ruziziensis*. Foram avaliadas amostras de solo sob *litter bag*, quantificando os atributos respiração basal do solo (RBS), carbono da biomassa microbiana (CBM), quociente metabólico (qCO_2) e quociente microbiano ($qMIC$). O carbono orgânico total (COT) foi determinado por análise química do solo. Maior regime hídrico promove incremento no estoque de COT do solo. O milho ADRf 6010 e a *Brachiaria ruziziensis* promovem melhoria na qualidade biológica do solo, aumentando os níveis de CBM e $qMIC$ e diminuindo qCO_2 . O acúmulo de matéria orgânica em superfície e sua conseqüente mineralização resulta em incrementos na qualidade biológica do solo.

Palavras-chave: milheto, liberação de CO₂, biomassa microbiana, quociente metabólico, quociente microbiano, manejo da irrigação.

2.3. BIOLOGICAL QUALITY OF A YELLOW ARGISSOL UNDER COVER CROPS SUBMITTED TO TWO WATER REGIMES

Abstract

The biological attributes of soil have the ability to measure the level of imbalance to which a given environment is subject. The objective of this study was to quantify the effect of straw mulch of cover crops, submitted to two water regimes, on microbial activity and total organic and microbial soil carbon content, in order to contribute to the adoption of the no-tillage system in the Northern region of Espírito Santo. The experiment was conducted in the field, in a dystrophic Yellow Argisol, experimental design in RBD, in subdivided plots, in factorial scheme 6 x 2 x 2, with four replications. The cover plants evaluated were four cultivars of *Pennisetum glaucum* (ADR 300, ADR 500, ADRf 6010 and BRS 1501), *Canavalia ensiformis* and *Brachiaria ruziziensis*. Soil samples were evaluated under the litter bag, quantifying soil basal respiration (SBR), microbial biomass carbon (MBC), metabolic quotient (qCO_2) and microbial quotient ($qMIC$). The total organic carbon (TOC) was determined by soil chemical analysis. Increased water regime promotes an increase in soil TOC stock. The millet ADRf 6010 and *Brachiaria ruziziensis* promote improvement in the biological quality of the soil, increasing the levels of MBC and $qMIC$ and decreasing qCO_2 . The accumulation of organic matter on the surface and its consequent mineralization results in increases in the biological quality of the soil.

Key words: millet, CO₂ release, microbial biomass, metabolic quotient, microbial quotient, irrigation management.

Introdução

O manejo do solo provoca variações nos estoques em várias frações orgânicas do mesmo e os processos de transformação do carbono influem diretamente na sua qualidade. Cada vez mais o carbono orgânico do solo vem sendo quantificado, tanto em termos de teores totais quanto em diferentes compartimentos no solo (LEITE et al., 2004). O teor de carbono orgânico tem sido utilizado frequentemente como indicador-chave da qualidade do solo, tanto em sistemas agrícolas como em áreas de vegetação nativa (SILVA JÚNIOR et al., 2004; JANSEN, 2005).

A eficácia do Sistema de Plantio Direto (SPD) está relacionada, entre outros fatores, com a quantidade e a qualidade de resíduos produzidos por plantas de cobertura (TORRES, 2003). Nesse sistema, geralmente, percebe-se o aumento no conteúdo de carbono do solo. De acordo com Rangel e Silva (2007), sistemas mais conservacionistas tendem, com o tempo, a apresentar incremento de matéria orgânica na superfície do solo. A matéria orgânica do solo é dividida em compartimentos lábeis e estáveis (frações húmicas). Os microrganismos, a fração leve, formas mais solúveis em água, e as substâncias não-húmicas podem ser incluídas no compartimento lábil (ROSA et al., 2003; LEITE et al., 2004). Segundo Gregorich et al. (1994) e Seybold et al. (1998), a matéria orgânica é um dos atributos do solo que pode expressar eficientemente a qualidade do solo.

Os atributos biológicos do solo têm a capacidade de medir o nível de desequilíbrio ao qual um determinado ambiente está sujeito. Atributos como a biomassa microbiana do solo fornecem informações que servirão de subsídios para avaliação da qualidade do solo (ALVAREZ et al., 1995), respondendo a possíveis modificações no mesmo, sendo por isso considerada uma boa indicadora das alterações resultantes do manejo (D'ANDREA et al., 2002; SOUZA et al., 2006). Ainda constitui a maior parte da fração ativa da matéria orgânica, sendo mais sensível que o resultado quantitativo do C orgânico e do N total para aferir alterações na matéria orgânica causadas pelo manejo do solo e pelas práticas de cultivo (SANTOS e CAMARGO, 1999). Além disso, destaca-se devido à sua relação com a ciclagem de nutrientes e fluxo de energia (DE-POLLI e GUERRA, 1999). A adoção de práticas que condicionam incrementos em atributos biológicos

associados à biomassa microbiana proporciona incremento na ciclagem de nutrientes e energia no sistema solo (SILVA e MENDONÇA, 2007).

A biomassa microbiana é considerada a parte viva da matéria orgânica do solo e inclui bactérias, fungos, microfauna, algas, actinomicetos e protozoários. A decomposição e a mineralização da matéria orgânica ocorre por processos bioquímicos devido à atividade desses microrganismos heterotróficos do solo, atuando como principais agentes na ciclagem de nutrientes e no ciclo do carbono em ecossistemas terrestres (PAUL, 2007). A atividade da microbiota, por sua vez, é regulada por uma série de fatores abióticos, tais como pH e nutrientes (VINHAL-FREITAS et al., 2012; FERREIRA et al., 2013).

Nas condições ambientais tropicais, em especial na região dos Tabuleiros Costeiros, a dinâmica da matéria orgânica e conseqüentemente a alteração dos estoques de carbono no solo são naturalmente mais rápidas. A redução no fornecimento de água afeta diretamente a produção de biomassa e indiretamente o aporte desse carbono orgânico do solo após a decomposição do material vegetal. Por isso, estudos sobre usos e manejos que visam à recuperação do carbono do solo e a sua manutenção são importantes e contribuem para a redução de problemas ambientais e para a sustentabilidade da produção agrícola.

Comparando o efeito de diferentes sistemas de manejo sobre a qualidade do solo, tendo o manejo conservacionista como padrão de comparação, relatos têm mostrado que as práticas que sustentam a matéria orgânica melhoram a qualidade do solo (ISLAM e WEIL, 2000). A respiração basal do solo (RBS), que é a liberação de C-CO₂ de amostras de solo, é um indicador da atividade heterotrófica da biomassa. A relação entre a RBS e o CBM é denominada de quociente metabólico (qCO_2), e a relação entre o CBM e o COT, quociente microbiano ($qMIC$) (ANDERSON e DOMSCH, 1993).

A adição de substratos ou resíduos de plantas no solo rapidamente estimula o crescimento de fungos e bactérias. Os resíduos orgânicos podem ser vistos como um fator relevante para atividade microbiana (GAILLARD et al., 1999). O compartimento lábil apresenta alta sensibilidade às mudanças causadas pelo uso e manejo do solo, por isso, é considerado uma alternativa interessante para avaliar os efeitos das plantas de cobertura na área em estudo.

A região Norte do Espírito Santo apresenta carência de informações sobre a avaliação de plantas de cobertura e a contribuição destas na dinâmica do carbono

no solo, principalmente no tocante ao da sua microbiota. Nesse sentido, objetivou-se quantificar o efeito da palhada de diferentes plantas de cobertura, submetidas a dois regimes hídricos, na atividade microbiana e nos teores de carbono orgânico total e microbiano de um Argissolo Amarelo distrófico, a fim de contribuir para adoção do sistema de plantio direto nesta região.

Material e Métodos

O experimento foi conduzido a campo (Figura 1), na Fazenda Experimental pertencente à Universidade Federal do Espírito Santo, Campus São Mateus, no município de São Mateus, região Norte do Estado do Espírito Santo, a uma latitude de 18°40'26" Sul e longitude de 39°51'26" Oeste e a aproximadamente 39 m de altitude. O clima da região conforme classificação de Köppen é *Aw*, tropical com estação seca no inverno e verão chuvoso (ALVARES et al., 2013). O solo é classificado como Argissolo Amarelo distrófico (SANTOS et al., 2013), textura areia franca / franco-arenosa (Tabela 1), A moderado, fase relevo plano a suave ondulado. Esse solo apresenta como característica principal o horizonte superficial arenoso, seguido de maneira geral com horizonte subsuperficial com aumento significativo dos teores de argila.



FIGURA 1. Imagem aérea do Google Earth® com indicação da área utilizada no experimento e vista parcial do seu entorno.

TABELA 1. Composição físico-química do solo da área experimental. Município de São Mateus – ES.

Profundidade		Análise Granulométrica ¹			Classificação Textural
cm		Areia	Silte	Argila	
		%			
R1 e R2	0-20	81,9	3,8	14,3	Areia franca
	20-40	77,5	5,1	17,4	Franco-arenosa

Prof.		Análise Química ²												
pH	P	K ⁺	Na ⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Al ³⁺	H+Al	SB	t	T	V	m	MO	
cm	H ₂ O	mg dm ⁻³			cmol _c dm ⁻³						%		g dm ⁻³	
R1 (0-20)	5,7	5,1	30,0	8,3	0,9	0,4	0,0	2,8	1,4	1,4	4,2	34,0	2,7	7,7
	(20-40)	5,6	4,3	26,0	6,8	0,8	0,3	0,0	2,7	1,2	1,2	3,9	29,8	2,8
R2 (0-20)	5,6	5,5	35,3	6,8	1,2	0,5	0,0	3,3	1,8	1,9	5,1	35,9	2,1	9,6
	(20-40)	5,4	9,4	36,5	6,8	1,1	0,4	0,2	3,5	1,6	1,8	5,2	31,1	8,7

¹Classificação adotada conforme SANTOS et al. (2013). ²Análise segundo metodologia da EMBRAPA (1997). Área sob regime hídrico 1 (R1) e área sob regime hídrico 2 (R2).

De acordo com Prezotti et al. (2007), os valores apresentados na Tabela 1 são classificados em: baixo – P (cultura anual e textura arenosa), K⁺ (cultura perene/anual), Ca²⁺, Mg²⁺, Al³⁺, SB, t, T, V, m e MO; e médio – pH, H+Al, Mg²⁺ e T.

O local utilizado para o desenvolvimento do experimento foi, por muito tempo, antes da inauguração do Campus em 2009, cultivado com a espécie do gênero *Eucalyptus* spp., e após a destoca deste, começaram a ser desenvolvidos experimentos científicos, onde ocorreu o cultivo de feijão-de-porco (*Canavalia ensiformis*) e crotalária (*Crotalaria juncea*), por um ciclo. Ainda hoje, alguns restos de raízes de eucalipto são encontrados na área. Antes do plantio da aveia-preta, predominava a espécie *Brachiaria* sp.

Considera-se que, com base no histórico da área, havia certa heterogeneidade no solo em função daquelas culturas antecessoras. Por isso, anteriormente à introdução do plantio definitivo do experimento, realizou-se o plantio de aveia-preta (*Avena strigosa* Schreb), visando à sua homogeneização em termos de cobertura e preparo do solo. Optou-se pela aveia, pois é uma planta anual de ciclo curto e que se desenvolve bem no outono, inverno e início da primavera. Dentre as cultivares de aveia-preta, optou-se pela cultivar Embrapa 29 (Garoa) por ser uma espécie de boa produção de massa e adaptada às condições da região Sudeste.

Antes do preparo do solo para o plantio da aveia-preta, em torno de 20 dias, realizou-se a dessecação das plantas daninhas com o herbicida Glifosato (2 L ha⁻¹),

adicionado do espalhante adesivo Etilenoxi ($0,5 \text{ mL L}^{-1}$). Em seguida, realizado o preparo convencional do solo com uma aração, duas gradagens e ainda o uso de uma grade niveladora. Não houve correção da acidez do solo e nem aplicação de adubos minerais ou orgânicos. O plantio da aveia-preta foi mecanizado, com sulcos espaçados de $0,30 \text{ m}$, e ocorreu no dia 03 de julho 2015. A cultura não foi irrigada. Aos 70 DAS (dias após a semeadura) a aveia foi manejada por meio de dessecação manual com o herbicida Glifosato (2 L ha^{-1}), em 10 de setembro de 2015 (Figura 2).

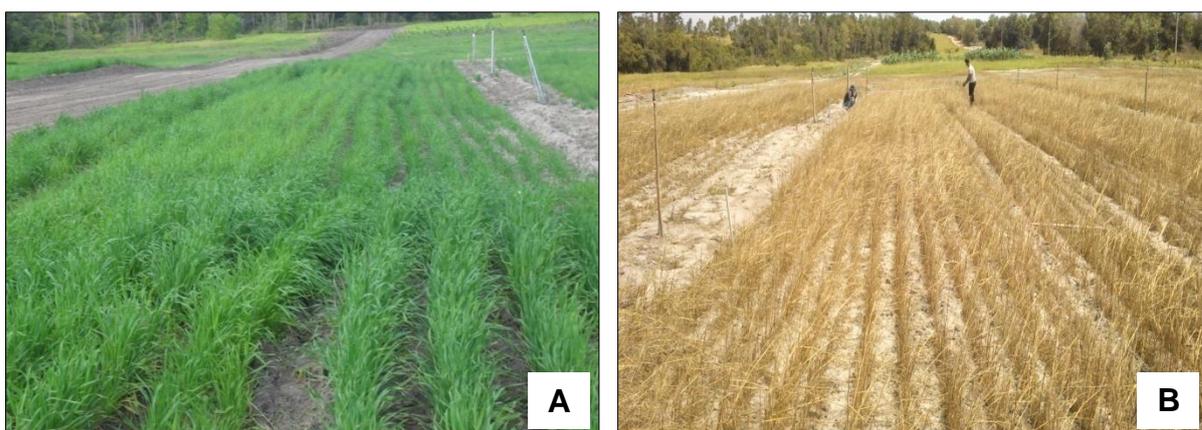


FIGURA 2. Aveia-preta antes (A) e após a dessecação (B), ocorrida aos 70 DAS.

Logo após a dessecação da aveia-preta, amostras de solo foram coletadas para caracterização química do solo (Tabela 1). Diante dos resultados, recomendou-se calagem e adubação de plantio, visando suprir as necessidades médias das espécies.

O experimento foi montado seguindo o delineamento experimental de blocos casualizados (DBC), em parcelas subdivididas, compondo um fatorial 6×2 , com quatro repetições, totalizando 48 unidades experimentais. Os tratamentos consistiram de dois regimes suplementares de irrigação nas parcelas, regime hídrico 1 (R1) e 50% do volume de água correspondente a R1, regime hídrico 2 (R2), e nas subparcelas por seis plantas de cobertura, sendo quatro cultivares de *Pennisetum glaucum* (L.) R. Brown (Milheto - ADR 300, ADR 500, ADRf 6010 e BRS 1501), uma *Canavalia ensiformis* (L.) DC. (feijão-de-porco) e uma *Brachiaria ruziziensis* Germain & Evrard cv. Comum (braquiária).

Em função da forte estiagem ocorrida no período de estudo, não foi possível a aplicação da lâmina total de irrigação correspondente aos valores estimados pelo método do balanço hídrico baseado na evapotranspiração. As subparcelas apresentavam dimensões de $5 \times 9 \text{ m}$ (45 m^2).

A aplicação de calcário dolomítico ocorreu de forma manual, sem incorporação, em 30 de novembro de 2015 (50 dias antes do plantio), com quantidades distintas de calcário para cada bloco, de acordo com o método de saturação por bases (QUAGGIO, 1983), elevando o valor de 'V' para 60%. Para área sob R1 e sob R2 aplicaram-se 23, 15, 13 e 25 kg e 4,5, 13, 19 e 12,5 kg de calcário nos blocos 1, 2, 3 e 4, respectivamente.

A abertura dos sulcos de plantio e a adubação de semeadura foram realizadas mecanicamente, com semeadora-adubadora de plantio direto, com 6 linhas, aplicando-se 500 kg ha⁻¹ do formulado 04-14-08 (15 g por metro). A semeadura foi realizada, manualmente, em 19 de janeiro de 2016 e a densidade de semeadura das plantas de cobertura foi definida em função de cada espécie, sendo para a braquiária, 100 sementes por metro (28 kg ha⁻¹), para o feijão-de-porco, 4 sementes por metro (100 kg ha⁻¹) e para o milheto, 70 sementes por metro (16 kg ha⁻¹). Não houve adubação de cobertura.

A subparcela foi composta de 16 linhas com 9 m de comprimento, espaçadas em 0,30 m de largura. Houve necessidade de realizar o replantio dos cultivares de milheto e do feijão-de-porco em 05 de fevereiro de 2016, em função da ocorrência de falhas em alguns pontos de algumas parcelas. Não houve replantio da braquiária. O plantio foi programado para o mês de novembro de 2015, no entanto, em função da forte estiagem nesta época, como pode ser observado na Figura 3 (INMET, 2016), o plantio foi então adiado. Os anos de 2015 e 2016 foram atípicos em relação à precipitação anual em todo o estado do Espírito Santo.

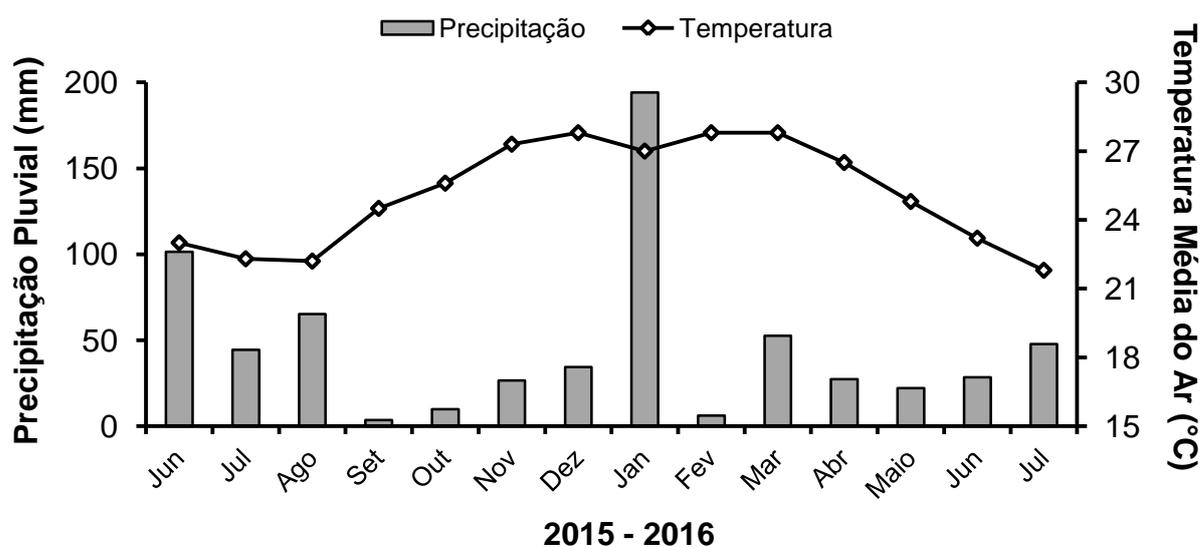


FIGURA 3. Valores de precipitação pluvial e temperatura média do ar verificados entre o período de junho de 2015 e julho de 2016, obtidos na estação meteorológica automática da rede do INMET, localizada no Campus da UFES em São Mateus.

O sistema de irrigação utilizado foi o de aspersão, com espaçamento de 12 m entre linhas e entre aspersores (12 m x 12 m). Os aspersores utilizados foram Asperjato[®] Júnior $\frac{3}{4}$ F, bocais 2,5 x 2,5, com vazão de 780 L h⁻¹. Dada à condição de grande escassez de água no período que antecedeu ao plantio (Figura 3), as lâminas de irrigação foram limitadas, sendo de 76 mm (R1) e 38 mm (R2), com intensidade de aplicação de água dos aspersores de 5,42 mm h⁻¹. A irrigação foi cessada aos 29 DAS na área sob R2 e aos 52 DAS na área sob R1.

São observados na Figura 4 os valores de radiação solar, temperatura do ar, precipitação pluvial, irrigação e umidade relativa (INMET, 2016), verificados durante o período de cultivo das plantas de cobertura, entre 19 de janeiro 2016 e 24 de março 2016, quando então houve o manejo (corte) das mesmas. A precipitação total foi de 153,40 mm.

Os tratos culturais referentes ao controle de plantas daninhas consistiram de capina nas unidades experimentais e do uso do herbicida Glifosato (2 L ha⁻¹) nas linhas de aspersores e no entorno da área experimental aos 40 DAS. Houve também o uso do formicida Sulfluramida (isca aplicada nos focos) aos 40 DAS e do inseticida Deltametrina (200 mL ha⁻¹) aos 45 DAS.

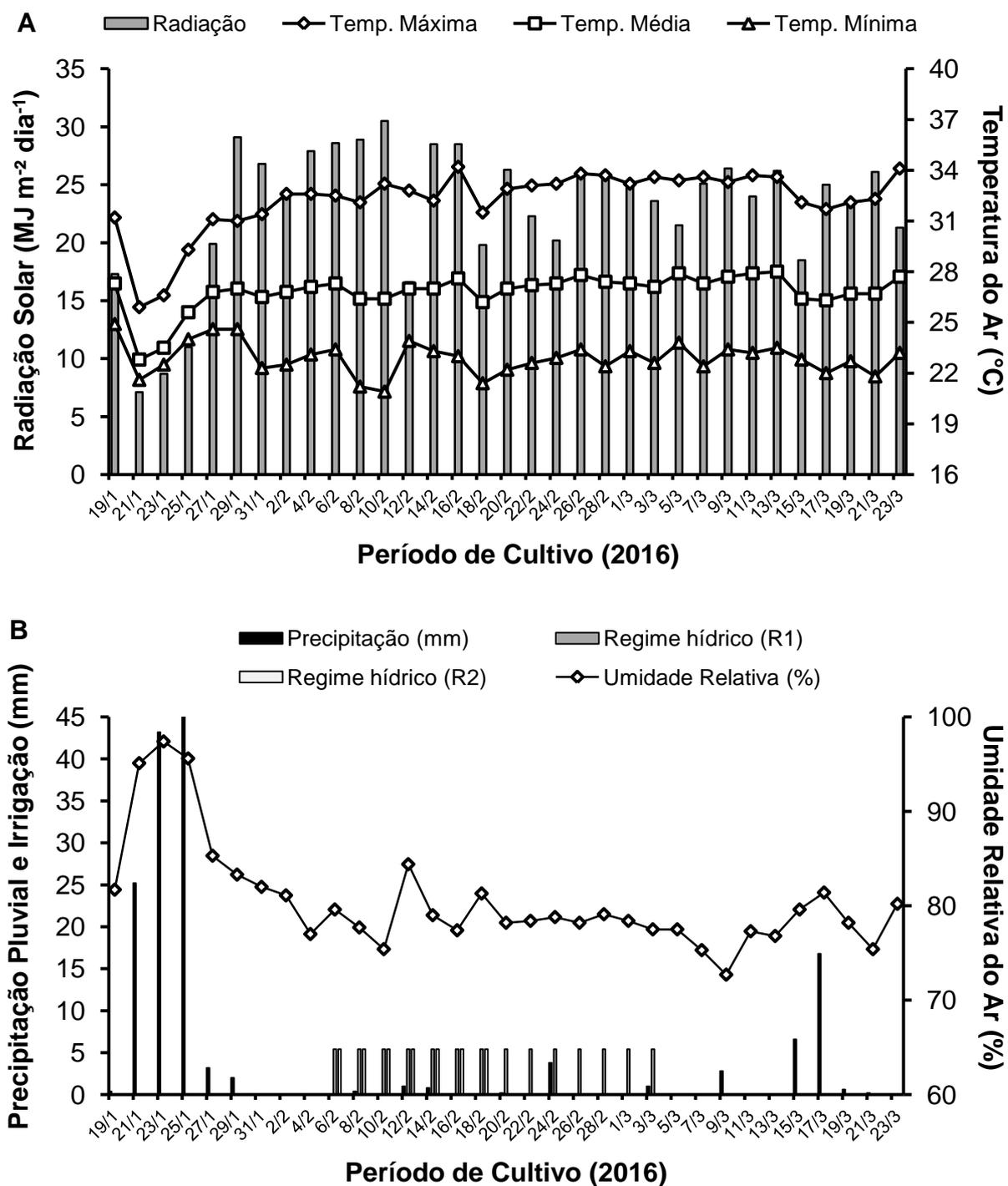


FIGURA 4. Valores de radiação solar, temperaturas máxima, média e mínima do ar (A), precipitação pluvial, irrigação e umidade relativa do ar (B), verificados durante o experimento, entre 19/01/2016 e 24/03/2016, obtidos na estação meteorológica automática da rede do INMET, localizada no Campus da UFES em São Mateus. Precipitação total = 153,40 mm.

As plantas foram conduzidas por 65 dias até o pleno florescimento, momento em que foram manejadas por atingir o ponto de corte. Optou-se por realizar o manejo da braquiária também nesta mesma época, visando à uniformização dos

procedimentos. O manejo de corte foi realizado a aproximadamente 5 cm do solo com roçadeira manual, deixando o material vegetal cortado sobre a superfície do solo.

As amostras de solo foram coletadas sob bolsas de decomposição na profundidade de 0-2 cm. As bolsas referem-se à metodologia empregada para avaliação da taxa de decomposição de resíduos vegetais, contendo resíduos das culturas em quantidade proporcional à da matéria seca produzida por hectare e dispostas na superfície do solo de cada subparcela, avaliação paralela tratada no primeiro capítulo dessa dissertação.

As coletas ocorreram em duas épocas, aos 30 (Época 1 – E1) e 120 (Época 2 – E2) dias após o manejo (DAM) das plantas. As amostras foram secas ao ar e passadas em peneira de malha de 2 mm no laboratório de processamento de amostras, sendo posteriormente acondicionadas em sacos plásticos e mantidas sob refrigeração (4-7 C°) durante trinta dias até o momento das análises.

As análises foram realizadas no laboratório de Fitotecnologia do CEUNES/UFES e as amostras foram conduzidas em duplicatas com 100 g de solo, acondicionadas em frascos de vidro de 1 L hermeticamente fechados, mantidas durante o período de incubação em umidade entre 60-70% da capacidade de campo. Os atributos biológicos do solo estudados, determinados em laboratório, foram respiração basal do solo (RBS) e carbono da biomassa microbiana (CBM).

A respiração basal do solo (RBS) foi determinada de acordo com Curl e Rodriguez-Kabana (1972) e Stotzky (1965) por um período de incubação de 45 dias; esta metodologia quantifica o dióxido de carbono (CO₂) emanado/evoluído das amostras no processo de respiração microbiana durante o período de incubação. Esse método baseia-se na captura do C-CO₂ em solução de NaOH e sua dosagem por titulação com HCl. A evolução do C-CO₂ foi quantificada nos períodos de 1, 3, 5, 7, 10, 15, 20, 25, 30, 35, 40 e 45 dias após o início da incubação. A captura do gás ocorreu em frascos contendo 10 mL de NaOH.

O carbono da biomassa microbiana (CBM) foi avaliado pelo método irradiação-extração de acordo com Vance et al. (1987) e Islam e Weil (1998), utilizando-se Kc de 0,33. A irradiação tem como objetivo promover a morte dos microrganismos através do rompimento celular (lise celular) liberando compostos intracelulares para posterior quantificação. A extração, segunda etapa, tem como objetivo quantificar a biomassa microbiana do solo através do carbono (C) liberado

na lise celular. Utilizou-se forno micro-ondas para irradiação das amostras. A determinação do carbono presente nos extratos foi feita de acordo com Tedesco (1995).

O Carbono Orgânico Total (COT) foi determinado por análise química do solo por oxidação da matéria orgânica via úmida com dicromato de potássio em meio sulfúrico, titulando com sulfato ferroso amoniacal e utilizando difenilamina como indicador (EMBRAPA, 1997).

O quociente metabólico (qCO_2) foi calculado pela razão entre a respiração basal do solo e o carbono da biomassa microbiana ($qCO_2 = RBS/CBM$) de acordo com Anderson e Domsch (1990). Essa relação representa a quantidade de CO_2 liberado por unidade de biomassa microbiana em determinado tempo. O quociente microbiano ($qMIC$) foi calculado pela relação entre o carbono da biomassa microbiana e o carbono orgânico total do solo ($qMIC = CBM/COT$) conforme Sparling (1992). Essa relação expressa a quantidade da microbiota constituinte do carbono orgânico total do solo.

Os dados foram submetidos à análise de variância. Para os efeitos significativos, comparam-se as médias pelo teste de Tukey ao nível de 5% de significância, com o auxílio do *software* SISVAR[®] (FERREIRA, 2000). As análises de regressão relativas à respiração basal do solo (taxa acumulada de CO_2) foram realizadas com o uso do *software* SigmaPlot[®] 12.0 (Jandel Scientific).

Resultados e Discussão

Em relação aos regimes hídricos, houve somente diferenças para o COT. Para este, verificou-se que houve maior concentração no solo sob R2 (Tabela 2). O resultado da análise química do solo para a camada mais superficial (Tabela 1) apresentou, anteriormente à introdução do experimento, para a área sob R2 e R1 valor médio de $9,6 \text{ g dm}^{-3}$ e $7,7 \text{ g dm}^{-3}$ para matéria orgânica do solo, o que corresponde a $5,6 \text{ g dm}^{-3}$ e $4,5 \text{ g dm}^{-3}$ de COT, respectivamente, evidenciando maiores teores iniciais de COT no solo em R2 e a manutenção dessa diferença entre as duas áreas sob bolsa de decomposição após o manejo das plantas.

TABELA 2. Respiração basal do solo (RBS), carbono da biomassa microbiana (CBM), carbono orgânico total (COT), quociente metabólico (qCO_2) e quociente microbiano ($qMIC$) de um Argissolo Amarelo em diferentes regimes hídricos, plantas de cobertura e épocas de coleta do solo.

Tratamento	RBS	CBM	COT	qCO_2	$qMIC$
	(mg C-CO ₂ g ⁻¹ solo h ⁻¹)	(µg C _{mic} g ⁻¹ solo)	(g dm ⁻³)	(mg C-CO ₂ mg ⁻¹ C _{mic} h ⁻¹)	(%)
R1	2,1	296,4	8,0 b	15,1	3,5
R2	2,0	274,8	10,2 a	12,7	2,7
BR	2,1	331,8 ab	8,7	10,0 b	3,7
FP	2,3	227,2 b	9,8	22,5 a	2,2
ADR 300	2,0	260,7 b	8,3	14,5 ab	3,0
ADR 500	2,0	237,0 b	9,2	16,2 ab	2,9
ADRf 6010	2,1	430,1 a	9,3	8,3 b	4,6
BRS 1501	2,0	226,9 b	9,3	11,8 ab	2,3
E1	1,4 b	132,2 b	7,8 b	18,7 a	1,8 b
E2	2,7 a	439,0 a	10,3 a	9,1 b	4,4 a

BR: braquiária; FP: feijão-de-porco; R1 - Regime hídrico 1 (76 mm); R2 - Regime hídrico 2 (38 mm). E1 – Época de coleta 1 (30 DAM); E2 – Época de coleta 2 (120 DAM). Médias seguidas por letras iguais não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Entre as plantas de cobertura não se observou diferença nas concentrações de COT, no entanto, em valor absoluto, maior concentração é notada no solo sob feijão-de-porco. Os autores Amado et al. (2001) verificaram que a utilização de mucuna (*Stizolobium cinereum*), também uma leguminosa, no plantio direto do milho promoveu aumento nos estoques de COT do solo.

Quanto às plantas de cobertura, os valores encontrados para CBM indicam efeito da qualidade da fitomassa de cada cultura, como é possível ser observado na Tabela 2. Uma vez que a matéria orgânica do solo (MOS) constitui-se na fonte energética dos organismos, além da quantidade, comumente alterada pelas práticas de manejo, a qualidade do material orgânico adicionado, influenciada pelas diversas espécies que compõem o sistema, terá forte influência no tamanho da população e na atividade dos organismos do solo, de modo a influenciar diferentemente a ciclagem dos nutrientes no solo. Pelo fato de a atividade e a diversidade dos microrganismos do solo dependerem, também, de outros fatores, tais como umidade e temperatura, esta fração pode ser utilizada como índice de aferição da qualidade do solo (SILVA e MENDONÇA, 2007).

A cultivar ADRf 6010 apresentou-se diferente das demais espécies, com exceção da braquiária. A ordem de decréscimo na concentração de CBM em relação a cultivar de milho ADRf 6010 é de 22,8%, 39,4%, 44,9%, 47,2% e 47,2% para braquiária, ADR 300, ADR 500, feijão-de-porco e BRS 1501, respectivamente.

Alta concentração de CBM é um fator importante, pois se tem a decomposição da matéria orgânica, com liberação de nutrientes para as plantas (SOUZA, E. et al., 2006), ou para o sistema solo, gerando reserva para culturas subsequentes. Sua mensuração é um importante indicador de mudanças química e física do solo e possibilita o monitoramento da relação entre química do solo e vegetação de cobertura, o que pode explicar os diferentes valores encontrados para as diferentes plantas de cobertura.

O plantio das coberturas sobre a palhada da aveia-preta aliado ao manejo dessas plantas sobre o solo resultou em benefícios à biomassa microbiana do solo. A biomassa microbiana imobiliza mais carbono quando resíduos são deixados na superfície (VASCONCELLOS et al., 1999). Em estudo realizado com sete sistemas de culturas, Souza L. et al. (2006) observaram que aqueles com maior produção de biomassa vegetal e acúmulo de resíduos na superfície apresentaram os maiores valores para a biomassa microbiana na camada de até 5 cm.

De acordo com Silva e Mendonça (2007), a biomassa microbiana do solo tende a ser maior em camadas mais superficiais, pela maior disponibilidade de matéria orgânica, água e nutrientes. Por esses motivos é que há uma tendência linear de crescimento da biomassa microbiana do solo, como por exemplo, em áreas sob semeadura direta.

Os autores Santos et al. (2007) verificaram que o valor da biomassa microbiana foi maior no sistema de semeadura direta em relação ao preparo convencional do solo. Outros pesquisadores, como Silva et al. (2007) e Mendes et al. (2003) constataram maiores valores de CBM em solo sob semeadura direta, o que indica que esse manejo favorece a atividade biológica do solo. Também em estudos com a adoção do sistema de plantio direto, conduzidos em solos de Cerrado, demonstram contribuição desse sistema para o aumento da biomassa microbiana quando comparado ao convencional (D'ANDRÉA et al., 2002). Estes estudos sugerem resultados positivos na adoção de uma dessas práticas nas condições ambientais estudadas, aumentando a diversidade e qualidade biológica dos solos dessa região.

O quociente metabólico (qCO_2) mostrou diferença significativa entre as plantas de cobertura (Tabela 2). Segundo Anderson e Domsh (1993), o qCO_2 é considerado importante na avaliação dos efeitos das condições ambientais sobre a população microbiana do solo. Os manejos adotados no solo devem promover menores qCO_2 , pois, neste sentido, segundo Gama-Rodrigues (1999), a biomassa microbiana está em equilíbrio e menores são as perdas de CO_2 pela respiração, e, com isso, maior é a incorporação de C à biomassa microbiana. Dessa forma, solos com baixo qCO_2 estão próximos ao estado de equilíbrio. Entretanto, não se observa isso em todos os tratamentos. A cultivar de milho ADRf 6010 e a braquiária apresentaram os menores quocientes, enquanto o feijão-de-porco apresentou o maior valor, expressando maior consumo de C pela população microbiana, promovendo, portanto, perda deste elemento no solo sob esta cultura. Em relação à cultivar ADRf 6010, os aumentos crescentes observados foram de 20,5%, 42,2%, 74,7%, 95,2% e 171,1% para as plantas braquiária, BRS 1501, ADR 300, ADR 500 e feijão-de-porco, respectivamente.

O maior valor de qCO_2 observado no solo sob feijão-de-porco pode ser em resposta a algum tipo de estresse, indicando menor qualidade desse solo no aspecto biológico. Sob essa condição a biomassa microbiana do solo apresenta RBS e qCO_2 mais altos, indicando maior consumo de energia. Todavia, além do estresse, outros fatores podem afetar a biomassa microbiana (MOREIRA e SIQUEIRA, 2006). Os resultados para época de coleta/avaliação indicaram que aos 120 DAM todas as variáveis foram incrementadas significativamente, exceto o qCO_2 (Tabela 2).

Para a respiração basal do solo (RBS), a qual mensura a atividade da microbiota do solo, esperava-se efeito significativo sob diferentes regimes hídricos em função do maior volume de biomassa gerada na área sob R1, aumentando significativamente a biomassa microbiana e conseqüentemente, aumentando sua atividade, não efetivamente pelo aumento do metabolismo da microbiota, mas sim pelo seu aumento em massa. Porém, esse aumento só foi verificado entre as duas épocas de coleta. Na segunda coleta (E2) houve um acréscimo de 92,9% na taxa de respiração, o que pode ser explicado pelo aumento da decomposição dos resíduos vegetais sobre o solo. Todavia, elevados valores de respiração nem sempre indicam condições desejáveis, em virtude de acelerar a decomposição de resíduos orgânicos e, portanto, diminuir o tempo de residência da matéria orgânica do solo (ARAÚJO et

al., 2007). Nesse sentido, somente a respiração pouco auxiliaria na explicação do comportamento das áreas em estudo.

A taxa acumulada da respiração basal do solo avaliada durante 45 dias de incubação é apresentada na Figura 5 e os coeficientes da equação de regressão ($y = y_0 + ax + bx^2$) para essa taxa de respiração, na Tabela 3.

Provavelmente, a decomposição do material vegetal contido nas bolsas de decomposição, proveniente das plantas de cobertura manejadas e deixadas sobre o solo, contribuiu para o fornecimento de carbono à microbiota e aos processos relacionados. O incremento no COT do solo, por exemplo, foi de 32%, resultando em acréscimo significativo de 232% no CBM (Tabela 2).

Diferentemente das outras variáveis, houve redução significativa de 51,3% no qCO_2 em E2, em comparação com E1. Nesta época houve aumento da RBS, porém, houve também aumento significativo no CBM, o que resultou nessa redução do qCO_2 , deixando o solo mais próximo ao estado de equilíbrio, e conseqüentemente, melhorando sua qualidade aos 120 DAM.

O quociente microbiano ($qMIC$) reflete quanto do C orgânico está imobilizado na biomassa microbiana (CBM/COT) e mostra o potencial de reserva desse elemento no solo (ANDERSON e DOMSCH, 1993). O CBM geralmente compreende 2 a 4% do COT (GAMA-RODRIGUES, 1999). Valores menores que esses indicam menor reserva de energia e de nutriente imobilizado na biomassa microbiana. Neste estudo, não houve diferença entre as áreas sob diferentes regimes hídricos e plantas de cobertura, que apresentaram níveis adequados de carbono. Diferença foi observada entre as épocas de coleta, com ganho de 144,4% de carbono na biomassa microbiana em E2 (Tabela 2).

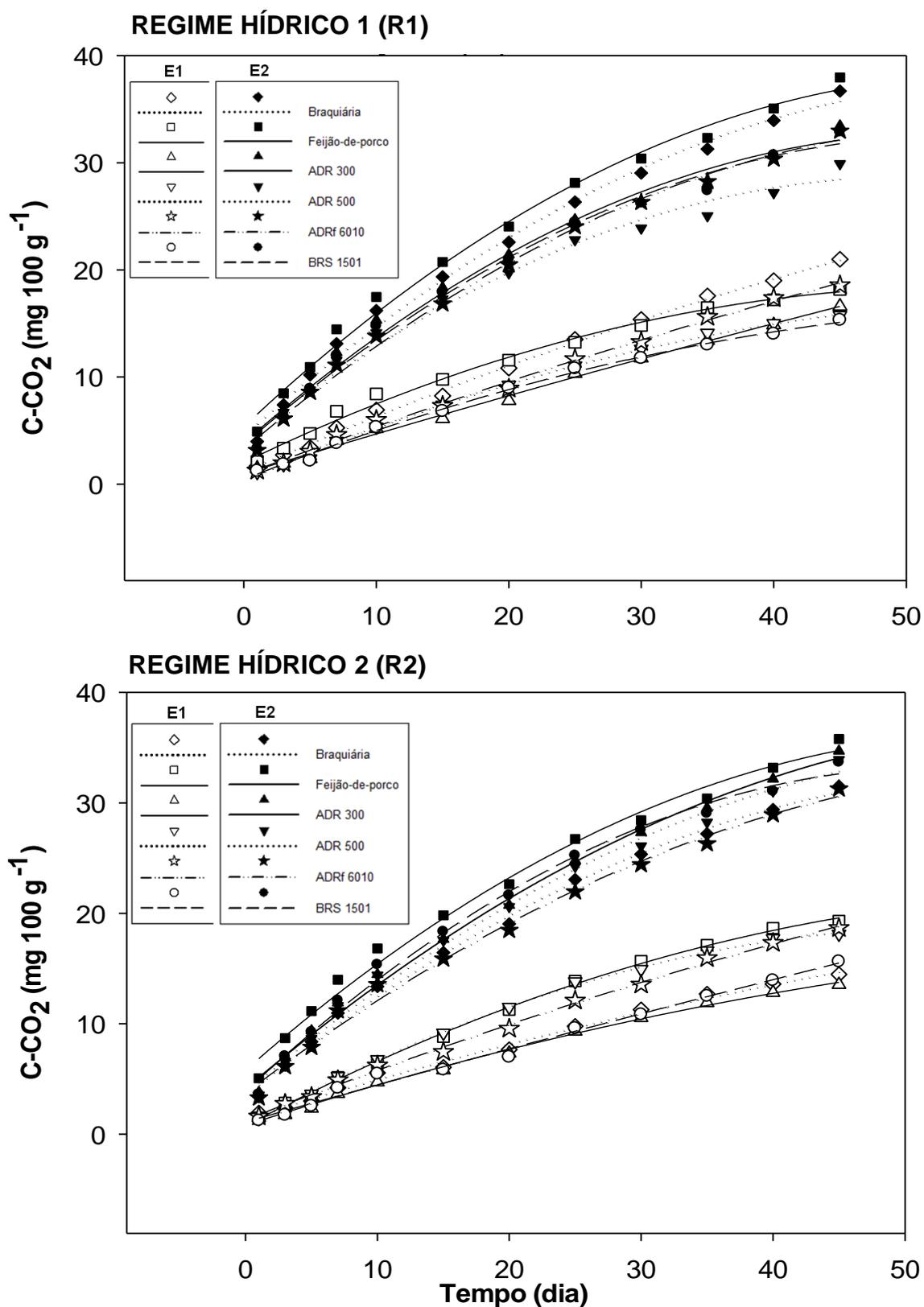


FIGURA 5. Taxa acumulada da respiração basal do solo (RBS) durante 45 dias, em amostras coletadas aos 30 (E1) e 120 (E2) dias após o manejo de plantas de cobertura, submetidas a dois regimes hídricos (R1 = 76 mm; R2 = 38 mm).

TABELA 3. Coeficientes da equação de regressão, $y = y_0 + ax + bx^2$, para a taxa acumulada da respiração basal do solo (RBS) aos 30 (E1) e 120 (E2) dias após o manejo de plantas de cobertura submetidas a dois regimes hídricos.

Tratamento	y_0		a		b		R^2
	R1	R2	R1	R2	R1	R2	
E1							
BR	1,1575	1,4196	0,5421	0,3716	-0,0023	-0,0017	0,99**
FP	2,0132	0,7418	0,6024	0,6331	-0,0055	-0,0048	0,99**
ADR 300	0,9777	0,8027	0,3768	0,3882	-0,0007	-0,0022	0,99**
ADR 500	0,2890	0,6987	0,5385	0,6666	-0,0043	-0,0061	0,99**
ADRf 6010	0,9031	1,3122	0,4614	0,4644	-0,0014	-0,0017	0,99**
BRS 1501	0,4378	1,1123	0,4934	0,3404	-0,0037	-0,0005	0,98**
E2							
BR	4,4980	3,5136	1,1164	0,9788	-0,0094	-0,0082	0,99**
FP	5,3633	5,7886	1,1649	1,0537	-0,0103	-0,0091	0,99**
ADR 300	3,8567	4,1083	1,0870	1,0177	-0,0102	-0,0078	0,99**
ADR 500	4,1441	3,8552	0,9782	1,0110	-0,0097	-0,0081	0,99**
ADRf 6010	3,2436	3,7285	1,0560	0,9069	-0,0092	-0,0069	0,99**
BRS 1501	3,6994	3,8767	1,0726	1,1174	-0,0100	-0,0106	0,99**

R1 - Regime hídrico 1 (76 mm); R2 - Regime hídrico 2 (38 mm). E1 - Época de coleta 1 (30 DAM); E2 - Época de coleta 2 (120 DAM). **Significativo a 1% de probabilidade pelo teste F. Mesmos R^2 para área sob R1 e R2.

Observou-se diferença entre as áreas para regime hídrico e época de coleta do solo para COT (Tabela 4). Maior biomassa vegetal produzida sob a área R1 contribuiu significativamente para o aporte de COT ao solo entre as duas épocas de coleta. Nesta área houve incremento de 52,4% de COT, enquanto para a área sob R2, apesar de significativo, esse incremento foi de apenas 18,1%.

Um solo de qualidade deve possuir atividade biológica intensa e conter populações microbianas balanceadas. De maneira geral, observou-se neste estudo que o manejo das plantas de cobertura e o acúmulo de matéria orgânica tiveram efeito na melhoria dos atributos biológicos do solo.

TABELA 4. Valores médios de carbono orgânico total (COT) de um Argissolo Amarelo em diferentes regimes hídricos e épocas de coleta do solo.

Tratamento	COT (mg dm ⁻³)	
	E1	E2
R1	6,3 Bb	9,6 Ab
R2	9,4 Ba	11,1 Aa

R1 - Regime hídrico 1 (76 mm); R2 - Regime hídrico 2 (38 mm). E1 - Época de coleta 1 (30 DAM); E2 - Época de coleta 2 (120 DAM). Médias seguidas por letras iguais, maiúscula na linha e minúscula na coluna, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Conclusões

1. Maior regime hídrico promove incremento no estoque de COT do solo;
2. O acúmulo de matéria orgânica em superfície, com o tempo, aumenta a microbiota do solo e conseqüentemente a RBS;
3. A cultivar de milho ADRf 6010 e a *Brachiaria ruziziensis* promovem melhoria na qualidade biológica do solo, aumentando os níveis de CBM e $qMIC$ e diminuindo qCO_2 ;
4. O acúmulo de matéria orgânica em superfície e sua conseqüente mineralização resulta em incrementos na qualidade biológica do solo.

Referências Bibliográficas

ALVARES, C. A.; STAPE, J. L.; SENTELHAS, P. C.; GONÇALVES, J. L. M.; SPAROVEK, G. Koppen's climate classification map for Brazil. **Meteorologische Zeitschrift**, v. 22, n. 6, p. 711-728, 2013.

ALVAREZ, R.; DOAZ, R. A.; BARBERO, N.; SANTANATOGLIA, O. J.; BLOTTA, L. Soil organic carbon, microbial biomass and CO_2 -C production from three tillage system. **Soil and Tillage Research**, v. 33, n. 1, p. 17-28, 1995.

AMADO, T. J. C.; BAYER, C.; ELTZ, F. L. F.; BRUM, A. C. R. Potencial de culturas de cobertura em acumular carbono e nitrogênio no solo no plantio direto e a melhoria da qualidade ambiental. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 25, n. 1, p. 189-197, 2001.

ANDERSON, J. P. E.; DOMSCH, K. H. The metabolic quotient (qCO_2) as a specific activity parameter to assess the effects of environmental conditions, such as pH, on the microbial biomass of forest soils. **Soil Biology and Biochemistry**, v. 25, n. 3, p. 393- 395, 1993.

ANDERSON, T. H.; DOMSCH, K. H. Application of eco-physiological quotients (qCO_2 and qD) on microbial biomasses from soils of different cropping histories. **Soil Biology and Biochemistry**, v. 22, n. 2, p. 251-255, 1990.

ARAÚJO, R.; GOEDERT, W. J.; LACERDA, M. P. C. Qualidade de um solo sob diferentes usos e sob cerrado nativo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 31, n. 1, p. 1099-1108, 2007.

CURL, E. A.; RODRIGUEZ-KABANA, R. **Microbial interactions**. In: WILKINSON, R. E. (Ed.). *Research methods in weed science*. Atlanta: Southern Weed Science Society, 1972. p.162-194.

D'ANDREA, A. F.; SILVA, M. L. N.; CURI, N.; SIQUEIRA, J. O.; CARNEIRO, M. A. C. Atributos biológicos indicadores da qualidade do solo em sistemas de manejo na Região do Cerrado do Sul do Estado de Goiás. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 26, n. 4, p. 913-923, 2002.

DE-POLLI, H.; GUERRA, J. G. M. **C, N e P na biomassa microbiana do solo**. In: SANTOS, G. A.; CAMARGO, F. A. O. (Ed.). *Fundamentos da matéria orgânica do solo: ecossistemas tropicais e subtropicais*. Porto Alegre: Gênese, 1999. p. 389-412.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA – EMBRAPA. **Manual de métodos de análise de solo**. 2 ed. Rio de Janeiro: Centro Nacional de Pesquisa de Solo, 1997. 212 p.

FERREIRA, A. S.; SANTOS, M. A.; CORRÊA, G. F. Soil microbial response to glucose and phosphorus addition under agricultural systems in the Brazil Cerrado. **Anais da Academia Brasileira de Ciências**, v. 85, n. 1, p. 395-403, 2013.

FERREIRA, D. F. Análise estatística por meio do SISVAR (Sistema para Análise de Variância) para Windows versão 4.0. In: REUNIÃO ANUAL DA REGIÃO BRASILEIRA DA SOCIEDADE INTERNACIONAL DE BIOMETRIA, 45., 2000, São Carlos. **Anais...** São Carlos: UFSCar, 2000. p. 255-258.

GAILLARD, V.; CHENU, C.; RECOUS, S.; RICHARD, G. Carbon, nitrogen and microbial gradients induced by plant residues decomposing in soil. **European Journal of Soil Science**, v. 50, n. 4, p. 567-578, 1999.

GAMA-RODRIGUES, E. F. **Biomassa microbiana e ciclagem de nutrientes**. In: SANTOS, G. A.; CAMARGO, F. A. O. (Ed.). *Fundamentos da matéria orgânica: ecossistemas tropicais e subtropicais*. Porto Alegre: Gênese, 1999. p. 227-244.

GREGORICH, E. G.; CARTER, M. R.; ANGERS, D. A.; MONREAL, C. M.; ELLERT, B.H. Towards a minimum data set to assess soil organic matter quality in agricultural soils. **Canadian Journal of Soil Science**, v. 74, n. 2, p. 367-375, 1994.

INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA (INMET). **Estação Automática de São Mateus (ES)**. Brasília, DF, 2014. Disponível em:

<<http://www3.ceunes.ufes.br/estacao/index2.asp?estacao=A616>>. Acesso em: 18 out. 2016.

ISLAM, K. R.; WEIL, R. R. Microwave irradiation of soil for routine measurement of microbial biomass carbon. **Biology and Fertility of Soils**, v. 27, n. 4, p. 408-416, 1998.

ISLAM, K. R.; WEIL, R. R. Soil quality indicator properties in mid-Atlantic soils as influenced by conservation management. **Journal of Soil and Water Conservation**, v. 55, n. 1, p. 69-79, 2000.

JANSEN, H. H. Soil carbon: A measure of ecosystem response in a changing world? **Canadian Journal of Science**, v. 85, n. 4, p. 467-480, 2005.

LEITE, L. F. C.; MENDONÇA, E. S.; MACHADO, P. L. O. A. Simulação pelo Modelo Century da dinâmica da matéria orgânica de um Argissolo sob adubação mineral e orgânica. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 28, n. 2, p. 347-358, 2004.

MENDES, I. C.; SOUZA, L. V.; RESCK, D. V. S.; GOMES, A. C. Propriedades biológicas em agregados de um Latossolo Vermelho-Escuro sob plantio convencional e direto no Cerrado. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 27, n. 3, p. 435-443, 2003.

MOREIRA, F. M. S.; SIQUEIRA, J. O. **Microbiologia e bioquímica do solo**. 2 ed. Lavras, Universidade Federal de Lavras, 2006. 729 p.

PAUL, E. A. **Soil microbiology, ecology and biochemistry**, Third edition. Burlington, USA: Academic Press, 2007, 532 p.

PREZOTTI, L. C.; GOMES, J. A.; DADALTO, G. G.; OLIVERIA, J. A. de. **Manual de recomendação de calagem e adubação para o estado do Espírito Santo – 5ª Aproximação**. Vitória, ES: Sociedade Espiritossantense de Engenheiros Agrônomos/Instituto Capixaba de Pesquisa, Assistência Técnica e Extensão Rural, 2007. 305 p.

QUAGGIO, J. A. **Critérios para calagem em solos no estado de São Paulo**. 1985. 76 f. Dissertação (Mestrado em Solos e Nutrição de Plantas) – Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo (ESALQ/USP), Piracicaba, 1983.

RANGEL, O. J. P.; SILVA, C. A. Estoques de carbono e nitrogênio e frações orgânicas de Latossolo submetido a diferentes sistemas de uso e manejo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 31, n. 6, p. 1609-1623, 2007.

ROSA, M. E. C.; OLSZEWSKI, N.; MENDONÇA, E. S.; COSTA, L. M.; CORREIA, J. R. Formas de carbono em Latossolo Vermelho Eutroférico sob plantio direto no sistema biogeográfico do Cerrado. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 27, n. 5, p. 911-923, 2003.

SANTOS, G. A.; CAMARGO, F. A. O. **Fundamentos da matéria orgânica do solo: Ecossistemas tropicais e subtropicais**. Porto Alegre, Gênese, 1999. 508 p.

SANTOS, H. G.; JACOMINE, P. K. T.; ANJOS, L. H. C.; OLIVEIRA, V. A.; LUMBRERAS, J. F.; COELHO, M. R.; ALMEIDA, J. A.; CUNHA, T. J. F.; OLIVEIRA, J. B. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. 3ª ed Revisada e Ampliada. Brasília, DF: Embrapa, 2013, 353 p.

SANTOS, T. E. B.; NAKAYAMA, F. T.; ARF, O.; CASSIOLATO, A. M. R. Variáveis microbiológicas e produtividade do arroz sob diferentes manejos do solo e água. **Acta Scientiarum Agronomy**, v. 29, n. 3, p. 355-366, 2007.

SEYBOLD, C. A.; HERRICK, J. E.; BREDJA, J. J. Soil resilience: A fundamental component of soil quality. **Soil Science**, v. 164, p. 224-233, 1998.

SILVA, I. R. da; MENDONÇA, E. de S. **Matéria orgânica do solo**. In: NOVAIS, R. F.; ALVAREZ V., V. H.; BARROS, N. F.; FONTES, R. L. F.; CANTARUTTI, R. B.; NEVES, J. C. L. Fertilidade do solo. 1 ed. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2007. p. 275-374.

SILVA JÚNIOR, A. M.; BORGES, E. N.; SOUZA, M. A.; SILVA SOUSA, G. M.; GUIMARÃES, E. C.; BORGES, E. V. S. Carbono orgânico em diferentes sistemas de manejo no Triângulo Mineiro. In: REUNIÃO BRASILEIRA DE MANEJO E CONSERVAÇÃO DO SOLO E DA ÁGUA, 15., 2004, Santa Maria. **Anais...** Santa Maria: Universidade de Santa Maria, 2004. CD-ROM.

SILVA, M. B.; KLIEMANN, H. J.; SILVEIRA, P. M.; LANNA, A. C. Atributos biológicos do solo sob influência da cobertura vegetal e do sistema de manejo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 42, n. 12, p. 1755-1761, 2007.

SOUZA, E. D.; CARNEIRO, M. A. C.; PAULINO, H. B.; SILVA, C. A.; BUZETTI, S. Alterações nas frações do carbono em um Neossolo Quartzarênico submetido a diferentes sistemas de uso do solo. **Acta Scientiarum Agronomy**, v. 28, n. 3, p. 305-311, 2006.

SOUZA, L. M.; CASTILHOS, D. D.; MORSELLI, T. B. G. A.; CASTILHOS, R. M. V. Influência da aplicação de diferentes vermicompostos na biomassa microbiana do solo após cultivo de alface. **Revista Brasileira de Agrociência**, v. 12, n. 4, p. 429-434, 2006.

SPARLING, G. P. Ratio of microbial biomass carbon to soil organic carbon as a sensitive indicator of changes in soil organic matter. **Australian Journal of Soil Research**, v. 30, n. 2, p. 195-207, 1992.

STOTZKY, G. **Microbial respiration**. In: BLACK, C. A. (Ed.). *Methods of soil analysis*. Madison: American Society of Agronomy, 1965. p. 1551-1572.

TEDESCO, M. J.; GIANELLO, C.; BISSANI, C. A.; BOHNEN, H.; VOLKWEISS, S. J. **Análises de solo, plantas e outros materiais**. Porto Alegre: Departamento de Solos, UFRGS, 1995. 174 p.

TORRES, J. L. R. **Estudo de plantas de cobertura na rotação milho-soja em sistema de plantio direto no Cerrado, na região de Uberaba-MG**. 2003. 108 f. Tese (Doutorado em Agronomia) – Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal, 2003.

VANCE, E. D.; BROOKES, P. C.; JENKINSON, D. S. An extraction method for measuring soil microbial biomass C. **Soil Biology and Biochemistry**, v. 19, n. 6, p. 703-707, 1987.

VASCONCELLOS, C. A.; CAMPOLINA, D. C. A.; SANTOS, F. G.; EXEL PITTA, G. V.; MARRIEL, I. E. Resposta da soja e da biomassa de carbono do solo aos resíduos de cinco genótipos de sorgo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 23, n. 1, p. 69-77, 1999.

VINHAL-FREITAS, I. C.; FERREIRA, A. S.; CORRÊA, G. F.; WENDLING, B. Influence of phosphorous and carbon on soil microbial activity in a Savannah Agroecosystem of Brazil. **Communication in Soil Science and Plant Analysis**, v. 43, p. 1291–1302, 2012.

3. CONSIDERAÇÕES FINAIS

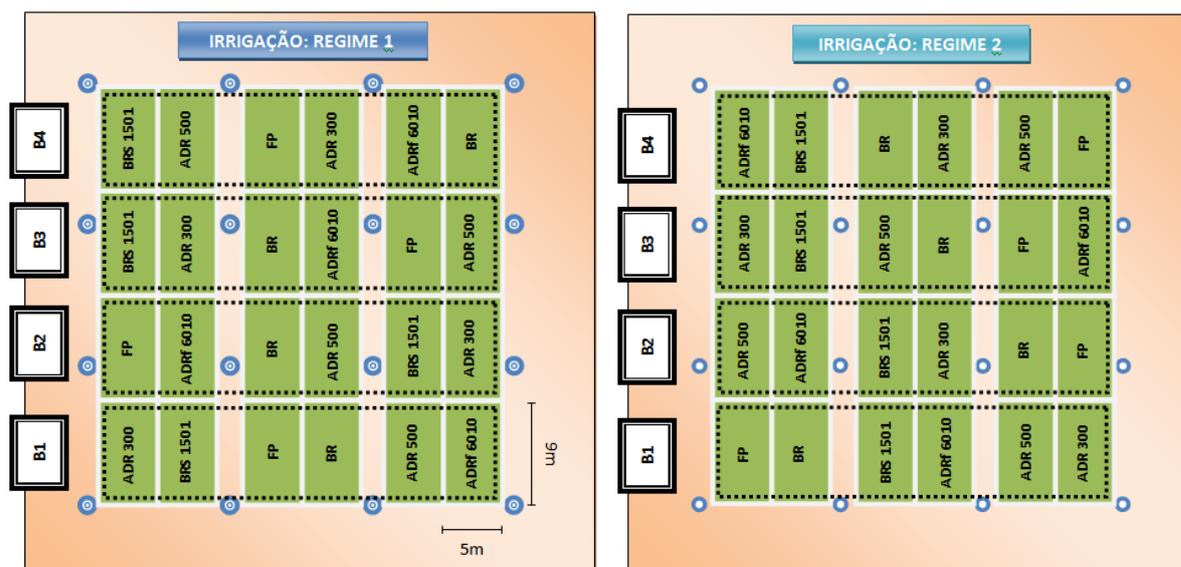
Analisando de forma geral, todas as plantas foram sensíveis às lâminas de irrigação aplicada, no entanto, vale ressaltar que o volume de água fornecido, tanto por irrigação quanto por precipitação, foi baixo. Por um lado, isso proporcionou a verificação dos efeitos da redução de água sobre as plantas, por outro, o potencial de algumas das culturas pode ter sido omitido nessas condições. Além disso, o período de avaliação também pode ter comprometido a expressão do potencial de alguma planta, como a *Brachiaria ruziziensis*, por exemplo, que é uma cultura de ciclo perene e, portanto, demandaria maior tempo de cultivo.

De modo geral, o milheto ADR 300 apresentou o maior potencial para formação de palha e cobertura do solo nos dois regimes de irrigação, considerando seus valores intermediários para índice de cobertura do solo, produção de matéria seca e taxa de decomposição. No entanto, cabe ressaltar que, o milheto ADRf 6010 apresentou o melhor desempenho agrônômico, inclusive a maior resistência à deficiência hídrica aplicada. Um requisito fundamental para o uso de planta como cobertura do solo é sua taxa de decomposição, e para este parâmetro o milheto ADRf 6010 não se sobressaiu. Englobando todas as variáveis analisadas, o ADRf 6010 apresentou-se como a planta mais promissora nas condições estudadas.

O uso de plantas de cobertura, o acúmulo de matéria orgânica em superfície e sua consequente mineralização promovem incremento dos atributos químicos e biológicos no solo.

ANEXOS

Anexo 1A – Delineamento experimental utilizado: DBC com 4 repetições em parcelas subdivididas.



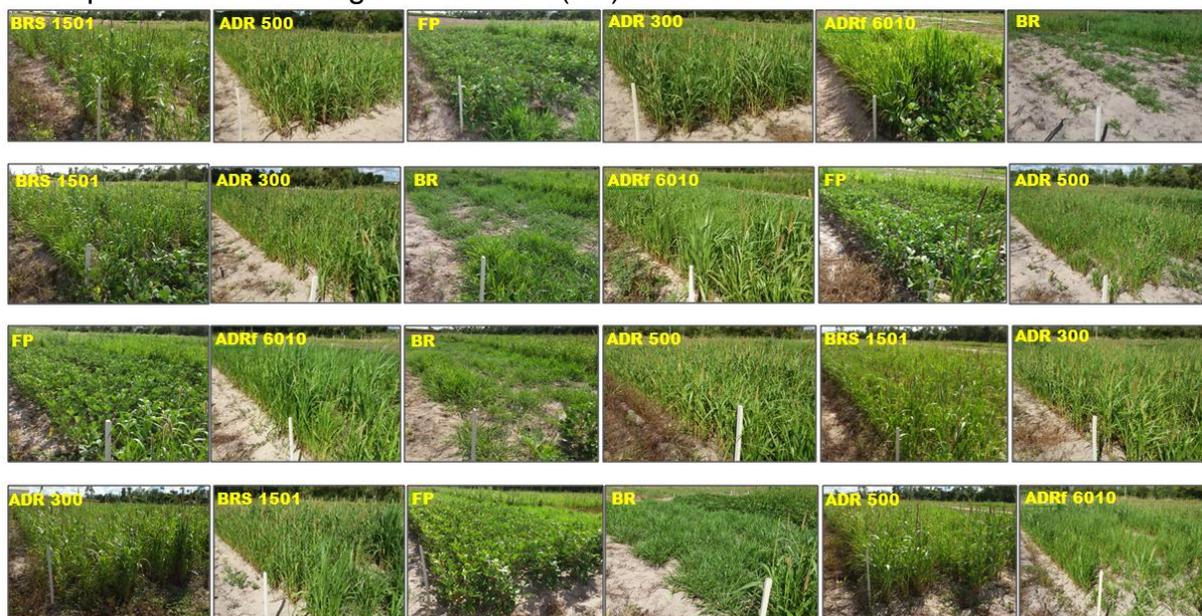
BR: braquiária; FP: feijão-de-porco. Área da unidade experimental: 45 m² (5 x 9 m).

Anexo 1B – Análise de variância dos atributos de desempenho agrônômico estudados.

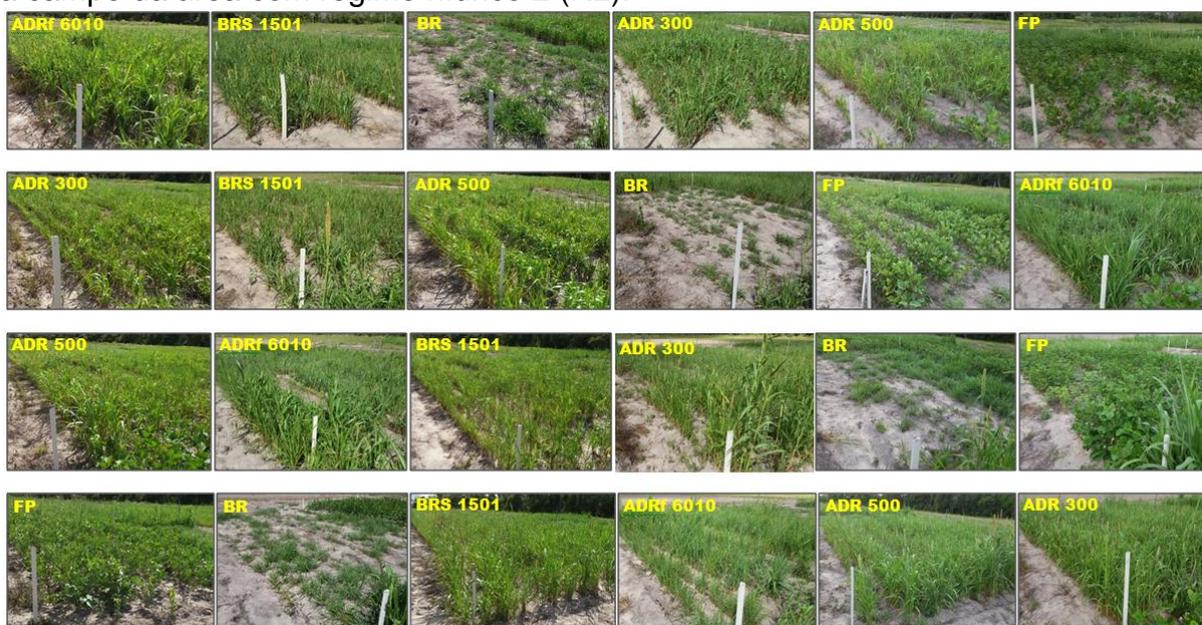
FV	Fc			CV (%)		Média Geral
	I	PC	IxPC	1	2	
AP (m)	439,278**	116,877**	15,3119**	5,70	9,91	0,7320
AF (cm ²)	123,178**	5,907**	3,195*	13,58	30,55	2844,7891
CTR (mm)	6,981 ^{ns}	4,538**	1,144 ^{ns}	49,84	50,61	3276,3044
CMR (mm)	0,512 ^{ns}	3,401*	1,030 ^{ns}	59,82	28,70	13,6040
VTR (mm ³)	0,046 ^{ns}	1,245 ^{ns}	0,935 ^{ns}	181,80	131,04	1805,7146
ASTR (mm ²)	0,257 ^{ns}	2,379 ^{ns}	1,169 ^{ns}	110,16	78,01	6138,4192
DMR (mm)	0,584 ^{ns}	0,420 ^{ns}	1,327 ^{ns}	66,52	33,88	0,4374
MFR (g)	1,073 ^{ns}	1,409 ^{ns}	0,458 ^{ns}	2,44	5,00	1,4010
MSR (g)	0,621 ^{ns}	1,239 ^{ns}	0,244 ^{ns}	1,87	5,42	1,3657
SFR_G Ad	2,022 ^{ns}	24,344**	2,165 ^{ns}	2,79	8,88	1,7417
SFR_G Ab	6,336 ^{ns}	5,673**	1,960 ^{ns}	4,16	7,52	1,3342
SFR_R Ad	4,784 ^{ns}	16,981**	2,506 ^{ns}	6,37	8,77	1,5662
SFR_R Ab	7,614 ^{ns}	6,633**	1,981 ^{ns}	3,40	6,46	1,2094
T (°C)	3,579 ^{ns}	1,100 ^{ns}	1,155 ^{ns}	8,16	2,01	37,4771
IC (35 DAS) (%)	8,661 ^{ns}	3,207*	1,259 ^{ns}	22,53	25,70	39,5250
IC (52 DAS) (%)	25,276*	1,302 ^{ns}	1,660 ^{ns}	21,17	21,43	42,8604
ICM (%)	32,280*	7,394**	0,905 ^{ns}	6,46	16,35	58,8604
MF (kg ha ⁻¹)	65,874**	4,575**	4,481**	22,58	26,18	38.137,7
MS (kg ha ⁻¹)	83,805**	24,116**	8,820**	18,81	20,79	8.872,3
R _{S/F} (%)	33,804*	51,208**	1,089 ^{ns}	5,41	10,45	23,6971
TD	Regressão					

FV: fonte de variação; Fc: F calculado; CV: coeficiente de variação; I: irrigação; PC: planta de cobertura; AP: altura de plantas; AF: área foliar; CTR: comprimento total de raízes; CMR: comprimento médio de raízes; VTR: volume total de raízes; ASTR: área superficial total de raízes; DMR: diâmetro médio de raízes; MFR: massa fresca de raízes; MSR: massa seca de raízes; SFR Ad: Simple relação de fluorescência adaxial; SFR Ab: Simple relação de fluorescência abaxial (G, verde; R, vermelho); T: temperatura; IC: índice de cobertura; DAS: dias após a semeadura; ICM: índice de cobertura morta; MF: matéria fresca; MS: matéria seca; R_{S/F}: relação MS e MF; TD: taxa de decomposição. ^{ns}Não significativo. * e **Significativo a 5 e a 1% de probabilidade, respectivamente, pelo teste F.

Anexo 1C – Vista parcial das unidades experimentais distribuídas conforme sorteio a campo da área com regime hídrico 1 (R1).



Anexo 1D – Vista parcial das unidades experimentais distribuídas conforme sorteio a campo da área com regime hídrico 2 (R2).



Anexo 2A – Análise de variância dos atributos químicos estudados.

FV	Fc							CV (%)					Média Geral
	I	PC	E	IxPC	IxE	PCxE	IxPCxE	1	2	3	4	5	
Sob Litter Bag (0 - 2 cm)													
pH (H₂O)	39,022**	1,299 ^{ns}	3,319 ^{ns}	1,087 ^{ns}	2,075 ^{ns}	1,309 ^{ns}	2,909**	7,42	6,00	3,91	6,70	3,88	6,4137
P (mg dm⁻³)	1,560 ^{ns}	0,694 ^{ns}	71,472**	0,483 ^{ns}	6,663 ^{ns}	0,951 ^{ns}	0,453 ^{ns}	99,52	79,02	10,24	18,87	45,56	12,0339
K (mg dm⁻³)	0,254 ^{ns}	4,579**	9,910 ^{ns}	2,747*	0,957 ^{ns}	0,877 ^{ns}	0,550 ^{ns}	75,93	39,41	60,50	34,22	24,42	85,9583
Na (mg dm⁻³)	4,444 ^{ns}	0,432 ^{ns}	894,318**	1,563 ^{ns}	5,465 ^{ns}	2,106 ^{ns}	0,503 ^{ns}	35,60	34,78	16,56	35,77	29,91	4,7604
Ca (cmol_c dm⁻³)	1,639 ^{ns}	1,134 ^{ns}	40,776**	1,087 ^{ns}	0,003 ^{ns}	4,664**	1,479 ^{ns}	52,25	44,23	17,76	21,96	12,64	1,4433
Mg (cmol_c dm⁻³)	0,359 ^{ns}	1,191 ^{ns}	0,024 ^{ns}	1,933 ^{ns}	0,431 ^{ns}	1,533 ^{ns}	1,612 ^{ns}	43,35	28,79	16,08	30,99	15,70	0,6521
Al (cmol_c dm⁻³)	1,058 ^{ns}	0,760 ^{ns}	5,333 ^{ns}	1,624 ^{ns}	1,000 ^{ns}	0,667 ^{ns}	1,490 ^{ns}	666,93	270,70	339,41	489,90	221,27	0,0104
H+Al (cmol_c dm⁻³)	33,081*	1,158 ^{ns}	154,302**	1,631 ^{ns}	25,604*	1,776 ^{ns}	0,680 ^{ns}	45,54	33,59	29,57	24,49	27,25	1,4670
SB (cmol_c dm⁻³)	0,606 ^{ns}	0,923 ^{ns}	33,713*	1,507 ^{ns}	0,002 ^{ns}	2,965*	1,617 ^{ns}	49,41	36,28	15,77	21,11	11,50	2,3368
t (cmol_c dm⁻³)	0,798 ^{ns}	0,909 ^{ns}	38,933**	1,468 ^{ns}	0,026 ^{ns}	3,044*	1,587 ^{ns}	46,28	35,57	15,17	19,19	11,04	2,3472
T (cmol_c dm⁻³)	6,788 ^{ns}	0,596 ^{ns}	90,365**	0,567 ^{ns}	19,092*	1,680 ^{ns}	0,540 ^{ns}	47,81	28,27	20,87	11,11	11,70	3,8021
V (%)	91,762**	1,267 ^{ns}	1113,741**	2,683*	0,792 ^{ns}	1,237 ^{ns}	0,602 ^{ns}	8,49	17,00	3,29	21,11	12,04	63,4198
M (%)	0,757 ^{ns}	0,751 ^{ns}	5,906 ^{ns}	1,622 ^{ns}	0,604 ^{ns}	0,740 ^{ns}	1,483 ^{ns}	682,85	297,03	319,19	501,77	246,91	0,6651
MO (dag kg⁻¹)	37,477**	0,783 ^{ns}	43,059**	0,326 ^{ns}	20,004*	0,459 ^{ns}	0,640 ^{ns}	19,96	27,05	20,50	9,81	15,55	1,5695
0 - 20 cm													
pH (H₂O)	2347,701**	0,963 ^{ns}	187,141**	0,753 ^{ns}	0,289 ^{ns}	0,840 ^{ns}	2,240 ^{ns}	0,73	5,52	2,54	5,32	4,14	5,7416
P (mg dm⁻³)	1,242 ^{ns}	0,348 ^{ns}	0,813 ^{ns}	0,347 ^{ns}	0,420 ^{ns}	1,449 ^{ns}	1,520 ^{ns}	76,74	81,87	106,87	55,38	77,29	4,0935
K (mg dm⁻³)	41,193**	3,299*	24,960**	0,646 ^{ns}	4,387 ^{ns}	1,504 ^{ns}	0,855 ^{ns}	20,81	63,41	61,13	24,75	66,94	26,9687
Na (mg dm⁻³)	75,227**	0,113 ^{ns}	63,720**	1,286 ^{ns}	1,152 ^{ns}	1,763 ^{ns}	1,774 ^{ns}	30,74	20,27	34,98	16,17	19,80	6,4687
Ca (cmol_c dm⁻³)	1,576 ^{ns}	0,468 ^{ns}	1,640 ^{ns}	0,815 ^{ns}	3,067 ^{ns}	1,255 ^{ns}	0,279 ^{ns}	48,42	49,93	29,27	22,68	21,79	1,0946

TABELA continuação

Mg (cmol _c dm ⁻³)	9,711 ^{ns}	1,378 ^{ns}	159,926**	0,306 ^{ns}	0,037 ^{ns}	2,519 ^{ns}	0,739 ^{ns}	28,11	31,05	21,71	35,26	16,35	0,4544
Al (cmol _c dm ⁻³)	111,293**	0,669 ^{ns}	0,000 ^{ns}	1,845 ^{ns}	1,100 ^{ns}	1,201 ^{ns}	2,102 ^{ns}	38,53	121,96	100,34	89,46	60,75	0,0979
H+Al (cmol _c dm ⁻³)	115,622**	0,915 ^{ns}	430,218**	0,912 ^{ns}	69,628**	0,900 ^{ns}	1,461 ^{ns}	35,35	46,54	29,79	33,67	29,31	1,3036
SB (cmol _c dm ⁻³)	2,498 ^{ns}	0,753 ^{ns}	1,548 ^{ns}	0,626 ^{ns}	1,419 ^{ns}	1,685 ^{ns}	0,402 ^{ns}	40,22	41,68	26,76	25,25	19,24	1,6457
t (cmol _c dm ⁻³)	4,938 ^{ns}	0,787 ^{ns}	2,021 ^{ns}	0,437 ^{ns}	1,295 ^{ns}	1,667 ^{ns}	0,288 ^{ns}	37,27	35,67	22,11	20,32	17,50	1,7436
T (cmol _c dm ⁻³)	45,681**	0,789 ^{ns}	154,248**	0,316 ^{ns}	25,434*	1,369 ^{ns}	0,460 ^{ns}	30,09	31,35	23,46	21,27	17,05	2,9481
V (%)	28,995*	0,589 ^{ns}	124,852**	1,222 ^{ns}	6,908 ^{ns}	1,695 ^{ns}	1,736 ^{ns}	24,02	25,91	22,35	14,66	15,96	63,7802
M (%)	18,025*	0,548 ^{ns}	0,221 ^{ns}	1,675 ^{ns}	0,446 ^{ns}	1,652 ^{ns}	1,777 ^{ns}	86,47	126,91	96,34	97,07	62,21	6,2881
MO (dag kg ⁻¹)	67,658**	0,431 ^{ns}	881,411**	0,061 ^{ns}	24,757*	2,361 ^{ns}	1,785 ^{ns}	16,01	25,58	5,18	12,80	16,05	1,6232
20 – 40 cm													
pH (H ₂ O)	68,829**	3,082*	32,628*	1,520 ^{ns}	12,284*	0,741 ^{ns}	0,282 ^{ns}	3,60	5,84	5,76	2,65	5,08	5,3198
P (mg dm ⁻³)	1,570 ^{ns}	0,780 ^{ns}	0,898 ^{ns}	0,570 ^{ns}	0,016 ^{ns}	1,156 ^{ns}	0,925 ^{ns}	194,03	180,71	85,20	148,50	159,23	2,7136
K (mg dm ⁻³)	10,836*	1,388 ^{ns}	14,813*	0,906 ^{ns}	0,525 ^{ns}	1,049 ^{ns}	0,122 ^{ns}	74,01	55,75	26,87	70,18	46,80	11,6458
Na (mg dm ⁻³)	29,194*	0,552 ^{ns}	16,781*	1,431 ^{ns}	5,440 ^{ns}	0,874 ^{ns}	2,348 ^{ns}	32,91	29,96	32,32	60,01	24,61	5,3958
Ca (cmol _c dm ⁻³)	2,529 ^{ns}	0,977 ^{ns}	10,734*	0,586 ^{ns}	1,457 ^{ns}	0,402 ^{ns}	2,313 ^{ns}	97,47	62,94	66,43	94,56	39,47	0,8343
Mg (cmol _c dm ⁻³)	0,710 ^{ns}	0,778 ^{ns}	254,903**	1,381 ^{ns}	1,589 ^{ns}	0,586 ^{ns}	1,881 ^{ns}	48,21	28,48	24,46	25,56	26,59	0,4119
Al (cmol _c dm ⁻³)	0,157 ^{ns}	2,137 ^{ns}	3,505 ^{ns}	0,278 ^{ns}	86,385**	0,491 ^{ns}	1,335 ^{ns}	75,64	57,32	61,85	20,86	65,09	0,3922
H+Al (cmol _c dm ⁻³)	5,011 ^{ns}	2,874*	0,050 ^{ns}	0,468 ^{ns}	0,241 ^{ns}	0,967 ^{ns}	0,474 ^{ns}	67,08	34,14	56,44	51,53	28,87	2,7852
SB (cmol _c dm ⁻³)	1,718 ^{ns}	0,936 ^{ns}	27,320*	0,666 ^{ns}	0,732 ^{ns}	0,500 ^{ns}	2,540*	79,00	46,94	50,37	69,47	29,75	1,2999
t (cmol _c dm ⁻³)	2,728 ^{ns}	0,632 ^{ns}	12,468*	0,767 ^{ns}	0,000 ^{ns}	0,502 ^{ns}	1,500 ^{ns}	43,97	28,47	49,68	49,27	21,07	1,6921
T (cmol _c dm ⁻³)	1,122 ^{ns}	2,438 ^{ns}	6,434 ^{ns}	0,640 ^{ns}	0,578 ^{ns}	0,890 ^{ns}	1,456 ^{ns}	65,62	23,21	36,34	47,51	21,94	4,0841
V (%)	7,231 ^{ns}	2,290 ^{ns}	9,756 ^{ns}	0,953 ^{ns}	0,025 ^{ns}	0,568 ^{ns}	0,622 ^{ns}	54,70	50,92	64,21	59,26	37,37	33,7249

TABELA continuação

M (%)	0,543 ^{ns}	1,964 ^{ns}	39,100**	0,212 ^{ns}	23,502*	1,162 ^{ns}	1,825 ^{ns}	94,91	67,83	41,16	24,42	64,73	26,4033
MO (dag kg⁻¹)	29,834*	2,426 ^{ns}	62,563**	2,138 ^{ns}	4,002 ^{ns}	0,891 ^{ns}	0,251 ^{ns}	16,93	24,52	14,37	14,83	21,39	1,0697

FV: fonte de variação; Fc: F calculado; CV: coeficiente de variação; I: irrigação; PC: planta de cobertura; E: época de coleta. ^{ns}Não significativo. * e **Significativo a 5 e a 1% de probabilidade, respectivamente, pelo teste F.

Anexo 3A – Análise de variância dos atributos biológicos estudados.

FV	Fc							CV (%)					Média Geral
	I	PC	E	IxPC	IxE	PCxE	IxPCxE	1	2	3	4	5	
RBS (mg C-CO₂ g⁻¹ solo h⁻¹)	0,272 ^{ns}	0,701 ^{ns}	188,051**	0,852 ^{ns}	0,068 ^{ns}	0,961 ^{ns}	0,453 ^{ns}	31,92	26,54	23,75	25,64	18,00	2,0538
CBM (µg C_{mic} g⁻¹ solo)	0,345 ^{ns}	2,461*	131,851**	0,779 ^{ns}	0,678 ^{ns}	1,403 ^{ns}	1,310 ^{ns}	62,84	72,34	45,83	41,77	65,31	285,6178
COT (g dm⁻³)	37,789**	0,766 ^{ns}	42,348**	0,316 ^{ns}	19,612*	0,476 ^{ns}	0,640 ^{ns}	19,87	27,26	20,66	9,85	15,49	9,1010
qCO₂ (mg C-CO₂ mg⁻¹ C_{mic} h⁻¹)	1,655 ^{ns}	3,327*	15,538*	0,828 ^{ns}	10,118 ^{ns}	1,895 ^{ns}	0,194 ^{ns}	67,23	80,94	86,45	36,27	93,75	13,8994
qMIC (%)	3,479 ^{ns}	2,137 ^{ns}	42,898**	1,055 ^{ns}	0,318 ^{ns}	1,351 ^{ns}	1,107 ^{ns}	72,09	77,80	62,54	43,32	62,20	3,1143

FV: fonte de variação; Fc: F calculado; CV: coeficiente de variação; I: irrigação; PC: planta de cobertura; E: época de coleta. ^{ns}Não significativo. * e **Significativo a 5 e a 1% de probabilidade, respectivamente, pelo teste F.