

UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DE PERNAMBUCO
UNIDADE ACADEMICA DE GARANHUNS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM PRODUÇÃO AGRÍCOLA

**DINÂMICA SAZONAL DO CARBONO ORGÂNICO EM SOLOS COM
DIFERENTES HISTÓRICOS DE USO NO SEMIÁRIDO DE PERNAMBUCO**

FRANCISCO FERREIRA DE LIMA

GARANHUNS
PERNAMBUCO – BRASIL
FEVEREIRO – 2017

UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DE PERNAMBUCO
UNIDADE ACADEMICA DE GARANHUNS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM PRODUÇÃO AGRÍCOLA

**DINÂMICA SAZONAL DO CARBONO ORGÂNICO EM SOLOS COM
DIFERENTES HISTÓRICOS DE USO NO SEMIÁRIDO DE PERNAMBUCO**

FRANCISCO FERREIRA DE LIMA

SOB ORIENTAÇÃO DO PROFESSOR

Dr. GUSTAVO PEREIRA DUDA

CO-ORIENTAÇÃO: **Dr^a. ÉRIKA VALENTE DE MEDEIROS**

Dr^a. MARISE CONCEIÇÃO MARQUES

Dissertação apresentada à
Universidade Federal Rural de
Pernambuco como parte das exigências
do programa de pós-graduação em
produção agrícola, para obtenção do
título de *Mestre*.

GARANHUNS
PERNAMBUCO – BRASIL
FEVEREIRO - 2017

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
Sistema Integrado de Bibliotecas da UFRPE
Biblioteca Setorial - UAG, Garanhuns-PE, Brasil

L732d Lima, Francisco Ferreira de
 Dinâmica sazonal do carbono orgânico em solos com
 diferentes históricos de uso no semiárido de Pernambuco/
 Francisco Ferreira de Lima. – 2017.
 71 f. : il.
 Orientador: Gustavo Pereira Duda
 Co-orientadoras: Erika Valente De Medeiros e Marise
 Conceição Marques
 Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal Rural de
 Pernambuco, Programa de Pós-Graduação em Produção Agrícola,
 Garanhuns, BR-PE, 2017.
 Inclui referências.
 1. Matéria Orgânica 2. Solo - Qualidade 3. CO2 - Fluxo 4.
 Mudanças Climáticas I. Duda, Gustavo Pereira. II Medeiros,
 Erika Valente De; Marques, Marise Conceição co-orient. Título.
CDD 631.4

DINÂMICA SAZONAL DO CARBONO ORGÂNICO EM SOLOS COM
DIFERENTES HISTÓRICOS DE USO NO SEMIÁRIDO DE PERNAMBUCO

FRANCISCO FERREIRA DE LIMA

APROVADA EM: 21 DE FEVEREIRO DE 2017

Dr^a. PRISCILA VANÚBIA QUEIROZ DE MEDEIROS
(MEMBRO EXTERNO)

Dr. ALEXANDRE TAVARES DA ROCHA
(MEMBRO INTERNO)

Dr. GUSTAVO PEREIRA DUDA
(Orientador)

DEDICATÓRIA

*Á meus pais **Francisca Ferreira Lima e Francisco Rodrigues de Lima** pelo amor incondicional e por serem exemplos de caráter, idoneidade, luta e perseverança. Mãe, seu cuidado e dedicação me deram a esperança para seguir. Pai, sua presença significou segurança e certeza de que não estou sozinho nessa jornada. O que seria de mim sem vocês?*

*Á minha irmã **Marinette Ferreira Lima** pelo incentivo, respaldo e auxílio durante os momentos difíceis que passei em minha vida acadêmica, principalmente durante este curso.*

AGRADECIMENTOS

A DEUS, essencial em minha vida, meu guia e socorro nas horas de angústia.

Aos meus pais Francisca Ferreira de Lima e Francisco Rodrigues de Lima, que não mediram esforços para que eu chegasse a esta etapa.

Aos meus irmãos Marinette, Arnaldo, Lucinete, Antônio e Carlos, por torcerem sempre por mim, dando apoio em todos os momentos.

Universidade Federal Rural de Pernambuco e a Unidade Acadêmica de Garanhuns pela oportunidade de formação profissional.

Ao laboratório de química agrícola e ambiental e toda sua equipe, por ajudarem e compartilharem comigo a realização das atividades necessárias para conclusão deste trabalho.

À Fundação de Amparo à Ciência e Tecnologia de Pernambuco – FACEPE e a Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – CAPES pelo financiamento deste trabalho.

Enfim, a todos aqueles que de alguma forma estiveram e estão próximos de mim.

BIOGRAFIA

FRANCISCO FERREIRA DE LIMA, filho de Francisca Ferreira Lima e Francisco Rodrigues de Lima, nascido em 09 de maio de 1991 em Chapadinha–MA.

Em março de 2010, ingressou no curso de Agronomia pela Universidade Federal do Maranhão – UFMA, Graduando-se em agosto de 2014. Em março de 2015 iniciou o curso de Mestrado pelo programa de Pós-Graduação em Produção Agrícola na Universidade Federal Rural de Pernambuco – Unidade Acadêmica de Garanhuns – UAG/UFRPE, submetendo-se a defesa pública de dissertação em fevereiro de 2016.

SUMÁRIO

DINÂMICA SAZONAL DO CARBONO ORGÂNICO EM SOLO COM DIFERENTES HISTÓRICOS DE USO NO SEMIÁRIDO DE PERNAMBUCO

RESUMO	1
ABSTRACT	2
REFERENCIAL TEÓRICO.....	3
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	7
1. INTRODUÇÃO	12
2. MATERIAIS E MÉTODOS	15
2.1 Caracterização das áreas de estudo	15
2.2 Amostragem de solo	24
2.3 Análises de solos.....	24
3. RESULTADOS E DISCUSSÃO	25
3.2 Análise multivariada	50
4. CONCLUSÃO	53
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	54

RESUMO

Eventos de seca e umedecimento do solo podem promover modificações nos processos químicos, biológicos e na fertilidade do solo, bem como, reduzir ou potencializar os efeitos de práticas de manejo e uso do solo sobre a matéria orgânica. O presente estudo analisou os impactos da conversão de florestas nativas em áreas agrícolas sobre o carbono do solo e suas relações com as variações climáticas no semiárido pernambucano. Realizou-se a coleta de amostras de solo quatro em períodos com diferentes condições climáticas ao longo de dois anos de estudo nas camadas 0-5, 5-10 e 10-20 cm de profundidade em sete áreas com diferentes coberturas vegetais e usos do solo: Caatinga preservada, mata de angico, mata de ipê, mata com vegetação capoeira e Caatinga nativa convertida em áreas de cultivo de milho irrigado, milho sequeiro e capim elefante. Avaliou-se o carbono orgânico total (COT), estoques de carbono orgânico total (ECOT), carbono solúvel em água (CSA), carbono da biomassa microbiana do solo (CBMS), Respiração microbiana (CO_2), quociente microbiano (q_{Mic}) e quociente metabólico (q_{CO_2}). Todas as áreas apresentaram variações no carbono orgânico do solo ao longo do estudo. Os maiores estoques e concentrações de COT foram encontrados na mata preservada, assim como as melhores condições para o desenvolvimento e acúmulo de carbono pela biomassa microbiana. A conversão de caatinga para cultivo de milho irrigado se mostrou promissora, contudo, com a ausência do manejo o acúmulo de carbono decaiu severamente. O capim elefante demonstrou maiores concentrações de CSA, mas foi o sistema que mais emitiu CO_2 para a atmosfera. As variações encontradas em todas as frações do carbono acompanham as mudanças climáticas, que atuam regulando suas entradas e saídas no solo e a ação dos microrganismos na mineralização da matéria orgânica.

Palavras-chave: Matéria orgânica, Qualidade do solo, Fluxos de CO_2 , Mudanças climáticas

ABSTRACT

Drying-rewetting events promote changes in chemical and biological processes and soil fertility, as well as reduce or enhance the effects of management practices and soil use on organic matter. The present study analyzed the impacts of the conversion of native forests in agricultural areas on soil carbon and its relation with climatic variations in the semi-arid region of Pernambuco. Soil samples were collected in periods with different climatic conditions during two years of study in layers 0-5, 5-10 and 10-20 cm depth in seven areas with different vegetation cover and land use: Caatinga native forest, Angico forest, Ipe forest, capoeira grass and native Caatinga converted into areas of irrigated maize crop, dry maize crop and elephant grass. Carbon stocks (CST), total organic carbon (TOC), water-soluble carbon (WSC), microbial biomass carbon (MBC), microbial respiration (CO_2), microbial quotient (qMic), and metabolic quotient (q CO_2) were evaluated. All areas showed variations in soil organic carbon throughout the study. The highest stocks and concentrations of TOC were found in the preserved forest, as well as the best conditions for the development and accumulation of carbon by the microbial biomass. The conversion of caatinga to irrigated maize crop was promising, however, with the absence of management the accumulation of carbon decayed severely. Elephant grass showed higher concentrations of WSC, but it was the system that most emitted CO_2 into the atmosphere. The variations found in all the fractions of the carbon accompany the climatic changes, which act regulating their entrances and exits in the soil and the action of the microorganisms in the mineralization of the organic matter.

Keywords: Organic matter, Soil quality, Soil CO_2 efflux, Climate change.

REFERENCIAL TEÓRICO

A parte semiárida do Nordeste brasileiro compreende uma área de cerca de 900.000 km², quase toda no embasamento cristalino e sob forte irregularidade climática. A baixa produtividade das terras deve-se, em grande parte, à deficiência hídrica, ao manejo inadequado, particularmente em terrenos de topografia acidentada, e à falta de sistemas de drenagem (MATALLO JÚNIOR, 2001).

O bioma Caatinga é o ecossistema predominante na região Nordeste, estendendo-se por todo semiárido, composto principalmente por uma vegetação seca e espinhosa com características xerófitas. Esse tipo de vegetação, aliada as condições climáticas influenciam diretamente a heterogeneidade e a decomposição do material depositado (SAURA-MAS, 2012; SALGADO et al., 2015). A degradação dos recursos naturais nesses ambientes tem ocasionado perdas muitas das vezes irreversíveis, em consequência da retirada da vegetação nativa, juntamente com o longo período de estiagem causando perdas consideráveis em sua biodiversidade, redução da produtividade e propiciando a intensificação dos processos erosivos e assoreamentos (MENEZES E SAMPAIO, 2002).

O aumento contínuo do desmatamento para a introdução da agricultura e pecuária vem reduzindo a vegetação em torno de 2,7% ao ano (ARAÚJO FILHO e BARBOSA, 2000). As áreas desmatadas em função do corte de lenha, anualmente, atingem aproximadamente 1x10⁶ ha, apenas para os estados do CE, RN, PB e PE (SAMPAIO & SALCEDO, 1997). Esta crescente exploração agrícola do solo e, consequente, redução da cobertura vegetal nativa no semiárido nordestino, tem acarretado em degradação dos recursos naturais, principalmente no que diz respeito à conservação da fertilidade natural e atenuação da matéria orgânica do solo (MOS) (MENEZES e SAMPAIO, 2002). Esses problemas se agravam, ainda mais, no bioma caatinga, devido às características de irregularidades pluviométricas e alta evaporação (PAES-SILVA, 2002).

Foi recentemente demonstrado que os ecossistemas semiáridos são muito mais importantes no balanço de carbono terrestre global do que se pensava anteriormente, determinando a variação interanual no carbono terrestre (AHLSTRÖM et al., 2015). Um importante fator que tem afetado os ecossistemas semiáridos é a degradação da terra. Diversas áreas semiáridas estão degradadas ou propensas à desertificação, e espera-se um aumento potencial, afetando a dinâmica do carbono do solo (REED et al., 2012; FENG e

FU, 2013). Assim, é importante entender como as mudanças na cobertura vegetal e empobrecimento do solo, em virtude da degradação da terra afetam este ecossistema e os fluxos de carbono no solo, bem como, para a prever mudanças na dinâmica do carbono em ecossistemas globais.

Ecossistemas semiáridos são caracterizados por uma vegetação esparsa muito heterogênea, com manchas de solo exposto e presença de crostas biológicas do solo, que são comuns em todas as regiões áridas (BELNAP e LANGE, 2003). Estas comunidades são dominadas por líquenes, musgos e cianobactérias e desempenham um papel importante nos ciclos de água, carbono e nutrientes (CASTILLO-MONROY et al., 2011; BERDUGO et al., 2014). A vegetação regula a dinâmica de umidade do solo, minimizando as perdas por evaporação, interceptando água da chuva e retendo através de raízes. A vegetação também modifica as características físico-químicas do solo, fornecendo substratos de carbono lábil como exsudatos radiculares de microrganismos heterotróficos e resíduos como entrada de matéria orgânica (CARDON e GAGE, 2006).

O clima semiárido quente com baixa pluviosidade, característico da caatinga (SAMPAIO E RODAL, 2000), promove ainda uma estreita relação entre vegetação e solo (ANDRADE-LIMA, 1981) conferindo ao bioma características como, por exemplo, a presença de serapilheira, uma fonte de matéria orgânica importante para a manutenção da fertilidade.

A matéria orgânica do solo desempenha diversas funções, tais como: impacto sobre a estrutura do solo e porosidade, a regulação da absorção de cátions e retenção de água, a regulação da solubilidade, mobilidade e disponibilidade de elementos-micro e macro, fonte de carbono para microrganismos, nutrientes para as plantas superiores e muitos outros (BIEGANOWSKI et al., 2013; PAUL, 2014)

A umidade e a temperatura do solo são os dois principais fatores climáticos que influenciam a taxa de decomposição da matéria orgânica. Em geral, as taxas de decomposição são maiores com o aumento da umidade do solo e temperatura (COSTA e SANGAKKARA, 2006).

Os impactos da gestão do uso da terra sobre o carbono orgânico do solo têm sido amplamente discutidos (BARRETO et al., 2008; GAMA-RODRIGUES et al., 2008; BINI et al., 2013; CAMPOS et al., 2013; ATICHO, 2013; VILLARINO et al., 2017).

O mau uso da terra e má gestão do solo podem causar esgotamento do estoque carbono orgânico no solo (COS), com uma emissão crescente de CO₂ para a atmosfera (REICOSKY et al., 1997, LAL de 2004 e CHEN et al., 2009). Em contraste, o uso da

terra e manejo adequado do solo podem aumentar os estoques de COS, reduzindo assim a emissão líquida de CO₂ (PAUSTIAN et al., 2000; SAMPSON e SCHOLLES, 2000).

O estoque de carbono no solo é influenciado pela adição de materiais orgânicos incluindo matéria orgânica fresca, exsudatos radiculares e pirólise de alguns materiais (WHITMAN et al., 2014). Os principais processos de troca do C entre o solo e atmosfera é realizado pela fotossíntese e a respiração (BATLLE AGUILAR et al., 2011), sendo que o C assimilado pelas plantas é transferido para o solo, através da sua decomposição, tornando-se parte da matéria orgânica do solo (MOS) (PORPORATO et al., 2003).

No solo, a transferência do C entre os compartimentos ocorre pelo processo de decomposição, que por sua vez, são regulados por fatores ambientais e composição química do material. As práticas de manejo e a mudança no uso da terra com sistemas que assegurem elevadas entradas de matéria orgânica ao solo e sua lenta decomposição podem aumentar o estoque de carbono do solo (RABBI et al., 2014), assim como as condições climáticas, topografia e propriedades do solo (DAVY e KOEN, 2013; MCLEOD et al. 2013; BADGERY et al. 2013).

Os solos representam o maior estoque de carbono orgânico (C), detendo cerca de 1500 Pg C, estimados na camada de 0-100 cm de profundidade, cerca de duas vezes a quantidade verificada na atmosfera e três vezes a quantidade contida na vegetação terrestre (KUTSCH et al., 2009). Mesmo pequenas mudanças nos estoques de carbono orgânico do solo (SOC), causadas por mudanças climáticas, atividade humana ou mudança no uso da terra podem ter um grande impacto no ciclo global do C (JOHNSON et al., 2007 e DON et al., 2009).

Alewell et al., (2008) verificou alterações significativas nos teores do carbono orgânico independentemente da cobertura do solo em diferentes períodos sazonais. Os autores atribuíram estes resultados ao fato de que a condição de anaerobiose favorece o acúmulo de matéria orgânica nos solos, porque nessa situação as taxas de decomposição são reduzidas por conta da diminuição da atividade microbiana.

Os efeitos de variações sazonais de clima podem induzir, em curto prazo, flutuações populacionais de microrganismos que, por sua vez, acionam uma série de variações no pH e conteúdo de nutrientes do solo (BREEMEN e BUURMAN, 2002). O aumento da precipitação causa diminuição do espaço poroso do solo preenchido por ar, logo ocorre redução da atividade dos microrganismos decompositores que utilizam oxigênio durante seu metabolismo (TAIZ e ZEIGER, 2006.).

Junior (2013), estudando variações nos atributos da fertilidade do solo em cultivo agrícola de palma de óleo observou mudanças no carbono da biomassa microbiana em função da sazonalidade, com elevação dos teores no período chuvoso. Aragão (2012) também constatou elevações no conteúdo de C na biomassa durante a estação chuvosa. Isto pode estar associado à elevação na disponibilidade de nutrientes com o aumento da precipitação bem como por uma diminuição da saturação por alumínio.

Em estudo sobre a atividade biológica em cultivos de maracujá, abacaxi, milho, mandioca e plantas de cobertura Neto et al., (2014) observou que durante a estação seca a atividade metabólica é baixa, indicando maior eficiência no uso do carbono e menor emissão de CO₂ do solo e em período de maior precipitação pluviométrica a biomassa microbiana é alta em solo sob plantas espontâneas e a eficiência metabólica é mais elevada.

Lopes et. al., (2012), observaram maiores teores de CBM no período seco, em comparação com o chuvoso em caatinga na serra do apodi-CE, assim como, Martins (2010) estudando o processo de desertificação do bioma caatinga no semiárido de Pernambuco.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AHLSTRÖM, A.; RAUPACH, M.R.; SCHURGERS, G. The dominant role of semi-arid ecosystems in the trend and variability of the land CO₂ sink. **Science**, v.22, p.895–899, 2015.
- ALEWELL, C. Temperature sensitivity of young and old soil carbon - same soil, slight differences in ¹³C natural abundance method, inconsistent results. **Soil Biol. Biochem.** v.40, p.2703–2705, 2008.
- ANDRADE-LIMA, D. (1981). The caatingas dominium. **Revista Brasileira de Botânica**, São Paulo, v. 4, n. 2, p. 149-153.
- ARAGÃO, D. V.; CARVALHO, C. J. R.; KATO, O. R.; ARAÚJO, C. M.; SANTOS, M. T. P.; MOURÃO JÚNIOR, M. Avaliação de indicadores de qualidade do solo sob alternativas de recuperação do solo no Nordeste Paraense. **Acta amazônica**. v. 42 . p.11-18. 2012.
- ARAÚJO FILHO, J.A.; BARBOSA, T.M.L. Manejo agroflorestal da caatinga: uma proposta de sistema de produção. In: OLIVEIRA, T.S.; ASSIS JÚNIOR, R.N.; ROMERO, R.E.; SILVA, J.R.C. (Eds). **Agricultura, sustentabilidade e o semiárido**. Fortaleza: UFC, Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, P. 47-57, 2000.
- ATICHO, A. Evaluating organic carbono storage capacity of forest soil: case stud in Kafa Zone Bitá District, Southwestern Ethiopia. *Am.-Eurasian, J. Agric. Environ. Sci.* v.13, p.95–100. 2013.
- BADGERY, W.; SIMMONS, A.; MURPHY, B.; RAWSON, A.; ANDERSSON, K.; LONERGAN, V.; VAN DE VEN, R. Relationship between environmental and land use variables on soil C levels at the regional scale in Central NSW, **Australia. Soil Research**. v.51, n.7, p.645–656. 2013. doi: 10.1071/sr12358.
- BARRETO, A.C.; FREIRE, M.B.G.S.; NACIF, P.G.S.; ARAÚJO, Q.R.; FREIRE, F.J.; INÁCIO, E.S.B. Fracionamento químico e físico do carbono orgânico total em um solo de mata submetido a diferentes usos. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 32, n.4, p.1471-1478. 2008. doi.org/10.1590/S0100-06832008000400011.
- BATLLE-AGUILAR, J.; BROVELLI, A.; PORPORATO, A.; BARRY, D. Modelling soil carbon and nitrogen cycles during land use change. **A review. Agronomy for Sustainable Development**. v.31, n.2, p.251–274. 2011. doi: 10.1051/agro/2010007.
- BELNAP, J.; LANGE, O.L. Biological soil crusts: structure, function, and management. In: Baldwin, I.T., Caldwell, M.M., Heldmaier, G., Lange, O.L., Mooney, H.A.,

- Schulze, E.-D., Sommer, U. (Eds.), **Ecological Studies Series vol. 150**. Springer-Verlag, Berlin, p. 1–503, 2003.
- BINI, D.; SANTOS, C.A.; CARMO, K.B.; KISHINO, N.; ANDRADE, G.; ZANGARO, W.; NOGUEIRA, M.A. Effects of land use on soil organic carbon and microbial processes associated with soil health in southern Brazil. **European Journal of Soil Biology**. v.55, p.117-123. 2013. doi:10.1016/j.ejsobi.2012.12.010.
- BERDUGO, M., SOLIVERES, S., MAESTRE, F.T. Vascular plants and biocrusts modulate how abiotic factors affect wetting and drying events in drylands. *Ecosyst.* 2014 <http://dx.doi.org/10.1007/s10021-014-9790-4>.
- BIEGANOWSKI, A.; WITKOWSKA-WALCZAK, B.; GLIŃSKI, J., SOKOŁOWSKA, Z.; SŁAWIŃSKI, C.; BRZEZIŃSKA, M.; WŁODARCZYK, T. Database of Polish arable mineral soils: a review. *Int. Agrophysics* 27, p.335–350, 2013 <http://dx.doi.org/10.2478/intag-2013-0003>.
- BREEMEN, N.V.; BUURMAN, P. **Soil formation**. 2d. Moscow: Laboratory of Soil Science and Geology. 2002. 419p.
- CAMPOS, L.P.; LEITE, L.F.C.; MACIEL, G.A.; BRASIL, E.L.; IWATA, B.F. Estoques e frações de carbono orgânico em Latossolo Amarelo submetido a diferentes sistemas de manejo. **Pesquisa agropecuária brasileira**, Brasília, v.48, n.3, p.304-312. 2013. doi: 10.1590/s0100-204x2013000300009.
- CARDON, Z.G.; GAGE, D.J. Resource exchange in the rhizosphere: molecular tools and the microbial perspective. **Annu. Rev. Ecol. Evol. Syst.** v.37, p.459–488, 2006.
- CASTILLO-MONROY, A.P.; MAESTRE, F.T.; REY, A. Biological soil crusts are a key contributor to soil respiration, and modulate its spatio-temporal variability in a semi-arid Mediterranean ecosystem. **Ecosyst.** v.14, p.835–847, 2011.
- CHEN, H.; MARHAN, S.; BILLEN, N.; STAHL, K. Soil organic carbon and total nitrogen stocks as affected by different land uses in Baden-Württemberg (southwest Germany). **J. Plant Nutr. Soil Sci.** v.172, p.32–42, 2009.
- COSTA, W.A.J.M.D.; SANGAKKARA, U.R. Agronomic regeneration of soil fertility in tropical Asian smallholder uplands for sustainable food production. **Journal of Agricultural Science**, v.144, p.111-133, 2006.
- DAVY, M.C.; KOEN, T.B. Variations in soil organic carbon for two soil types and six land uses in the Murray catchment, New South Wales, **Australia. Soil Research**. v.51, n.8, p.631–644. 2013. doi: 10.1071/sr12353.

- DON, A.; SCHOLTEN, T.; SCHULZE, E.D. Conversion of cropland into grassland: implications for soil organic-carbon stocks in two soils with different texture. **J. Plant Nutr. Soil Sci.** v.172, p.53–62, 2009
- FENG, S.; FU, K. Expansion of global drylands under a warming climate. *Atmos. Chem. Phys.* v.13, p.10081–10094, 2013.
- GAMA-RODRIGUES, E.F.; A.C. PAULINO, G.M.; FRANCO, A.A. Atributos Químicos e microbianos de solos sob diferentes coberturas vegetais no Norte do Estado Rio Janeiro. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.32, n.4, p.1521-1530. 2008. doi.org/10.1590/S0100-06832008000400016.
- JOHNSON, D.W.; TODD, D.E.; TRETTIN, C.F.; SEDINGER, J.S. Soil carbon and nitrogen changes in forests of walker branch watershed, 1972 to 2004. **Soil Sci. Soc. Am. J.** 71, 1639–1646, 2007.
- JUNIOR, A. C. S. **Influência da variação sazonal de atributos de fertilidade do solo sobre a biomassa microbiana em uma cronosseguencia de plantio de palma de óleo (elaeis oleifera (kunth) cortés) no nordeste paraense.** Belém: Universidade Federal do Pará, 2013. 67p. Dissertação de Mestrado.
- KUTSCH, W.L.; BAHN, M., HEINEMEYER, A. Soil carbon relations: an overview. In:Kutsch, W.L., Bahn, M., Heinemeyer, A. (Eds.), **Soil Carbon Dynamics: An Integrated Methodology.** Cambridge University Press, Cambridge, p. 1–15. 2009.
- LAL, R. Soil Carbon sequestration impacts on global climate change and food security. **Science**, v.304, p.1623–1627, 2004.
- LOPES, A. A. C.; SOUSA, D. M. G.; CHAER, G. M.; GOEDERT, W. J.; MENDES, I. C. Interpretation of microbial soil indicators as a function of crop yield an organic carbon. **Soil Science Society of America Journal**, v. 77, n. 2, p. 461-472, 2012.
- MATALLO JÚNIOR, Heitor. **Indicadores de desertificação: histórico e perspectiva.** Brasília: UNESCO, 2001.
- MCLEOD, M.; SCHWENKE, G.; COWIE, A.; HARDEN, S. Soil carbon is only higher in the surface soil under minimum tillage in Vertosols and Chromosols of NSW North-West Slopes and Plains, **Australia. Soil Research.** v.51, n.8, p.680–694. 2013. doi.org/10.1071/SR13032.
- MENEZES, R.S.C.; SAMPAIO, E.V.S.B. Simulação dos fluxos e balanços de fósforo em uma unidade de produção agrícola familiar no semi-árido paraibano. In: SILVEIRA, L.M.; PETERSEN, P. & SABOURIN, E., orgs. **Agricultura familiar e**

- agroecologia no semi-árido: Avanços a partir do agreste da Paraíba.** Rio de Janeiro, AS-PTA, 2002. p.249-260.
- NETO, S. E. A.; SILVA, A. N.; KUSDRA J. F.; KOLLN, F. T.; NETO, R. C. A. *Rev. Ciênc. Agron.*, v. 45, n. 4, p. 650-658, out-dez, 2014
- PAES-SILVA, A.P. **Cobertura vegetal da bacia hidrográfica do Açude do Namorado no Cariri Oriental Paraibano.** Areia, Universidade Federal da Paraíba, 2002. 107p. (Tese de Doutorado).
- PAUL, E.A. **Soil Microbiology, Ecology and Biochemistry.** 4th ed. Academic Press, 2004.
- PAUSTIAN, K.; SIX, J.; ELLIOTT, E.T.; HUNT, H.W. Management options for reducing CO₂ emissions from agricultural soils. **Biogeochem.** v.48, p.147–163, 2000.
- PORPORATO, A., P. D'ODORICO, F. LAIO AND I. RODRIGUEZ, I. turbe, Hydrologic controls on soil carbon and nitrogen cycles. I. Modeling scheme, **Advances in Water Resources**, v.26, p.45-58, 2003
- RABBI, S.M.F.; TIGHE, M.; COWIE, A.; WILSON, B.R.; SCHWENKE, G.; MCLEOD, M.; BADGERY, W.; BALDOCK, J. The relationships between land uses, soil management practices, and soil carbon fractions in South Eastern Australia. **Agriculture, Ecosystems and Environment.** v.197, p.41–52. 2014. doi:10.1016/j.agee.2014.06.020.
- REED, S.C., COE, K.K., SPARKS, J.P., et al. Changes to dryland rainfall result in rapid moss mortality and altered soil fertility. **Nat. Clim. Chang.** v.2, p.752–755, 2012.
- REICOSKY, D. C., DUGAS, W. A., TORBERT, H. A. Tillage induced soil carbono dioxide loss from diferente cropping systems. **Soil Till. Res.** v.41, p.105–108, 1997
- SALGADO, E.V.; ANDRADE, E.M.; HEVIA, J.N.; NUNES, E.P.; RODRIGUES, M.M.A. Rainfall patterns and the contribution of litter in the caatinga dry tropical forest. **Revista Ciência Agronômica**, v. 46, n. 2, p. 299-309. 2015.
- SAMPAIO, E.V. S. B.; SALCEDO, I. H. Diretrizes para o manejo sustentável dos solos brasileiros: região semiárida. In. **CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO**, 26. Mesa Redonda. Anais..., Rio de Janeiro, 1997. CD-ROM, 1997.
- SAMPAIO, E.; RODAL, M.D.J.: Fitofisionomias da caatinga. (Documento para discussão no GT Botânica). In: **Avaliação e identificação de ações prioritárias para a conservação, utilização sustentável e repartição de benefícios da biodiversidade do bioma Caatinga.** Petrolina, 2000. Disponível em:

- <http://www.biodiversitas.org/caatinga/relatorios/fitofisionomias.pdf>>. Acesso em: 10 set. 2014.
- SAMPSON, R.N., SCHOLLES, R.J. Additional human induced activities, in Article 3, 4. In: Watson, R.T., Noble, I.R., Bolin, B., Ravindranath, N.H., Verardo, D.J., Dokken, D.J. (Eds.), **Land Use, Land Use Change, and Forestry: A Special Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC)**. Cambridge University Press, New York, p. 181–281, 2000
- SAURA-MAS, S.; ESTIARTE, M.; PEÑUELAS, J.; LLORET, F. Effects of climate change on leaf litter decomposition across post-fire plant regenerative groups. **Environmental and Experimental Botany**, v. 77, p. 274–282, 2012. doi:10.1016/j.envexpbot.2011.11.014
- TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal**. 3Ed. Porto Alegre – RS: Artmed. Cap.5, 2006. 820p.
- VILLARINO, S.H.; STUDDERT G. A.; BALDASSINI, P.; CENDOYA, M. G. CIUFFOLI, L; MASTRÁNGELO, M. PIÑERO, G. Deforestation impacts on soil organic carbon stocks in the Semiarid Chaco Region, Argentina. **Science of the Total Environment**, v.575, p.1056–1065. 2017
- WHITMAN, T.; ZHU, Z.; LEHMANN, J. Carbon Mineralizability Determines Interactive Effects on Mineralization of Pyrogenic Organic Matter and Soil Organic Carbon. **Environmental Science Technology**. v.48, n.23, p. 13727–13734. 2014. doi: 10.1021/es503331y.

1. INTRODUÇÃO

A conversão de florestas nativas em áreas de intensa exploração agrícola tem afetado os ecossistemas semiáridos (VILLARINO et al., 2017). A Caatinga, predominante no semiárido brasileiro, constitui uma das mais importantes florestas tropicais secas do mundo (QUEIROZ, 2009). Único bioma exclusivamente brasileiro, com uma área de aproximadamente 844.453 km² (MMA, 2017), já se encontra com grande parte de sua área profundamente antropizada, devido a práticas inadequadas como atividade agropastoril extensiva associada ao superpastejo, implantação de monoculturas e cultivos irrigados de forma inadequada (GIONGO et al., 2011). A retirada da vegetação caatingueira impacta diretamente sobre produção de serapilheira e, conseqüentemente, no COS.

Diversos autores têm avaliado o impacto da conversão de florestas nativas em áreas de intensa exploração agrícola sobre o COS (WANG et al., 2012; ATICHO, 2013; VILLARINO et al., 2017). Contudo, esses estudos ainda são insipientes no bioma Caatinga, principalmente avaliando estes efeitos a longo prazo. A compreensão da dinâmica dos estoques de COS também é importante para melhor entendimento do ciclo do C e para avaliar as relações entre o COS e as mudanças climáticas (SMITH et al., 2012).

De fato, a dinâmica de secagem e umedecimento impactam fortemente a decomposição da matéria orgânica do solo (REY et al., 2005) e dessa forma, mesmo pequenas alterações nos componentes da MOS em resposta à mudanças na temperatura e umidade podem influenciar fortemente o ciclo C entre a atmosfera e o solo (LAIK et al., 2009).

Os impactos das alterações climáticas sobre o COS ainda não estão claros a níveis de ecossistema (XIONG et al., 2014 e VAN GROENIGEN et al., 2014). A temperatura aumenta a fixação e a decomposição do COS em zonas de clima úmido, enquanto a precipitação restringe o crescimento das plantas e a decomposição do COS em regiões áridas. (WANG et al., 2017)

Em estudo realizado no semiárido de Pernambuco, Martins et al., (2010) observou teores de COT mais elevados no período seco em comparação com período úmido. Possivelmente, devido à deposição de folheto e morte de raízes finas que ocorrem durante o período de estiagem, enquanto que, com o início das chuvas, a maior umidade

no solo determina um forte aumento da atividade biológica, com a consequente mineralização de parte do carbono.

Recentemente, Rey et al., (2017) estudando variações na umidade do solo no semiárido da Espanha verificou que períodos de seca mais longos e chuvas mais fortes promovem perdas significativas de carbono e que estas mudanças podem ter consequências importantes para a degradação de terras semiáridas. Desse modo, as mudanças nas frações da matéria orgânica do solo em função do uso da terra e condições climáticas têm sido ferramentas de estudo para se avaliar a dinâmica da matéria orgânica e o estoque de carbono do solo (LOZANO-GARCÍA et al., 2017).

A biomassa microbiana é o principal componente da matéria orgânica viva do solo e vem sendo utilizada, associada ao carbono orgânico, como indicador de alterações e de qualidade do solo (SILVA et al., 2012). Vários estudos relatam que a biomassa microbiana se mostrou mais sensível do que o carbono orgânico total à perturbação do solo resultante de práticas intensivas de manejo (GEISSELER e HORWATH, 2009 e LAUDICINA et al., 2011). Respiração do solo e quociente metabólico também são indicadores robustos e sensíveis que podem ser usados para medir variações de longo prazo na qualidade do solo devido a mudanças no uso da terra (DINESH e CHAUDHURI, 2013).

Estudos recentes têm demonstrados que a biomassa microbiana do solo responde significativamente à produtividade vegetal alterada (CHEN et al., 2015 e DENG et al., 2016), textura de solo (WU et al., 2013), umidade (PORET-PETERSON et al., 2007) e temperatura (ZHANG et al., 2015). Da mesma forma, Bell et al., (2008) verificou que variações sazonais de temperatura e umidade do solo controlam diretamente as flutuações temporais na biomassa e atividade microbiana do solo.

De acordo com Peterson et al., (2013), o carbono solúvel em água corresponde à apenas uma pequena parte da matéria orgânica total do solo, mas ainda assim, desempenha papéis importantes em muitas atividades relacionadas aos microbianas do solo. Dessa forma, O C e N orgânicos extraíveis de solo servem de indicadores para as reservas orgânicas lábeis de C e N, que são as frações mais ativas da matéria orgânica do solo, uma vez que estas são sensíveis às mudanças nas práticas de manejo (ZHOU et al., 2011). O aumento das atividades microbianas do solo também pode aumentar a produção de moléculas solúveis em água (GUGGENBERGER e ZECH, 1994).

As mudanças nos níveis de alteração do C armazenado no solo em razão da gestão e uso da terra no semiárido brasileiro ainda não são bem compreendidas (BEUCHLE et al., 2015), bem como, a influência dos fatores climáticos nessas condições. Assim sendo, este estudo objetiva verificar os impactos da conversão de florestas nativas em áreas agrícolas sobre o carbono orgânico do solo e suas relações com as variações climáticas no semiárido pernambucano.

2. MATERIAIS E MÉTODOS

2.1 Caracterização das áreas de estudo

O estudo foi realizado no período de abril de 2014 a abril de 2016 na fazenda Buenos Aires, município de Serra Talhada (7°59'31" S e 38°17'59" O, 430 m), situado no sertão do Estado de Pernambuco.

O clima predominante na região é classificado conforme Köppen como Bsh, semiárido e quente, com chuvas de verão iniciando em dezembro e terminando em maio, período que concentra 85% das ocorrências. A média anual de precipitação corresponde a aproximadamente 600 mm. Os dados meteorológicos de temperatura e precipitação durante a realização do estudo estão presentes na figura 1.

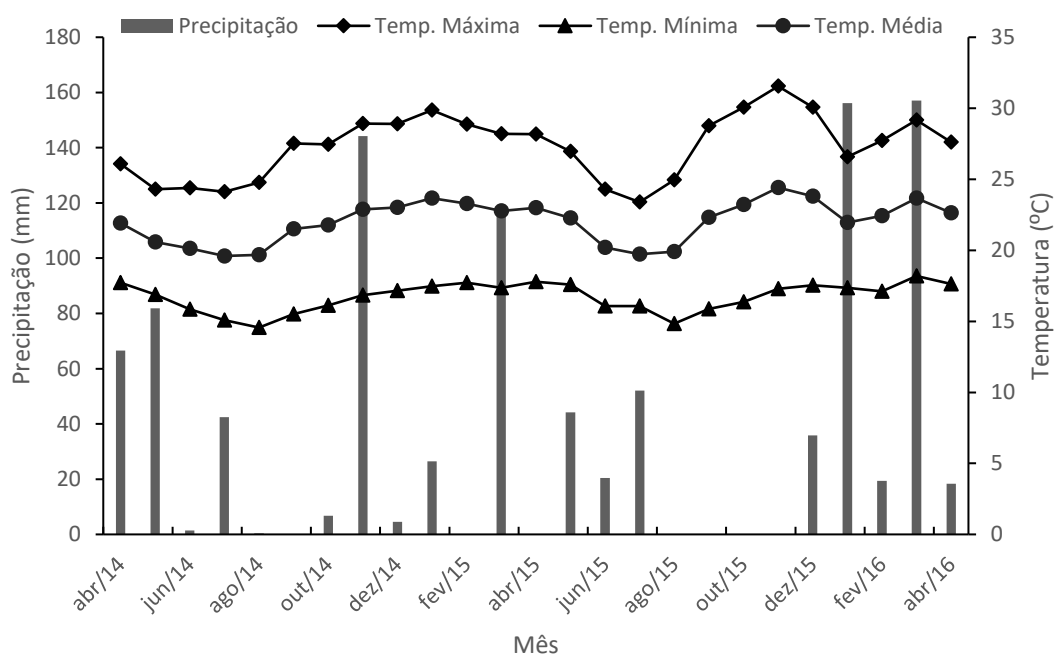


Figura 1. Precipitação acumulada e temperaturas máxima, média e mínima durante o estudo em Serra Talhada, Pernambuco. Fonte: Agência Pernambucana de Águas e Clima - APAC

O solo estudado encontra-se em áreas onde as classes de solos predominantes são os Luvisolos (SILVA et al., 2001), caracterizando-se por apresentarem profundidade reduzida, pH normalmente ácidos ou neutros e elevada saturação por bases (GALINDO,

2007). Os atributos químicos e físicos das áreas experimentais estão expressos nas tabelas 1 e 2.

Tabela 1. Atributos químicos de solos com diferentes históricos de uso em serra Talhada, Pernambuco, 2014-2016.

Áreas	pH	P	Ca ²⁺	Mg ²⁺	K ⁺	Na ⁺	Al ³⁺	H+Al	SB	CTC
	H ₂ O	mg dm ⁻³								
Abril 2014										
0-5 cm										
Preservada	7,40	7,30	6,30	2,90	0,30	0,01	0,00	0,74	9,50	10,23
Angico	6,60	34,53	3,64	3,50	0,30	0,01	0,10	1,50	7,43	8,90
Capoeira	6,80	14,22	4,70	3,10	0,40	0,00	0,00	1,32	8,14	9,50
Ipê	6,92	30,30	5,70	3,70	0,42	0,02	0,05	1,40	9,8	11,20
Milho Irrigado	8,00	40,82	5,80	5,20	0,40	0,33	0,10	0,62	11,70	12,30
Milho Sequeiro	7,20	21,81	6,02	4,80	0,50	0,11	0,05	1,02	11,40	12,40
Capim Elefante	8,41	24,40	7,24	6,02	0,30	0,64	0,00	0,24	14,20	14,45
5-10 cm										
Preservada	7,32	2,50	5,22	2,42	0,30	0,03	0,00	0,70	7,93	8,60
Angico	6,43	32,53	3,80	3,42	0,24	0,02	0,10	1,34	7,50	8,81
Capoeira	6,70	2,00	5,00	3,42	0,34	0,00	0,00	1,42	8,80	10,20
Ipê	7,00	32,70	6,50	3,70	0,42	0,10	0,00	1,24	10,7	12,00
Milho Irrigado	8,11	26,50	6,12	4,32	0,40	0,40	0,10	0,42	11,21	11,63
Milho Sequeiro	7,20	24,30	6,02	4,80	0,34	0,20	0,05	1,20	11,30	12,50
Capim Elefante	8,60	21,20	6,50	5,80	0,20	0,84	0,05	0,50	13,23	13,71
10-20 cm										
Preservada	7,10	0,34	5,04	2,92	0,20	0,01	0,00	1,20	8,20	9,40
Angico	6,50	29,90	4,20	3,90	0,20	0,03	0,10	1,64	8,32	10,00
Capoeira	6,70	3,94	5,70	4,10	0,30	0,00	0,00	1,40	10,10	11,50
Ipê	7,03	14,43	6,50	3,90	0,31	0,10	0,00	1,20	10,7	12,00
Milho Irrigado	8,40	12,90	6,70	7,50	0,21	0,81	0,10	0,40	15,22	15,60
Milho Sequeiro	6,84	18,21	6,20	4,70	0,30	0,00	0,05	1,10	11,13	12,20
Capim Elefante	8,64	17,42	6,70	6,30	0,13	1,10	0,05	0,40	14,20	14,52
Outubro 2015										
0-5 cm										
Preservada	7,67	30,13	8,26	3,03	1,26	0,28	0,05	1,65	12,84	14,5
Angico	6,70	90,44	6,58	2,51	1,92	0,32	0,07	3,40	11,34	14,7
Capoeira	7,02	35,95	4,55	2,41	0,71	0,15	0,06	0,96	7,83	8,79
Ipê	7,05	79,75	8,45	2,53	0,53	0,09	0,05	2,90	11,62	14,5
Milho Irrigado	7,90	41,61	8,99	4,87	1,01	0,35	0,05	1,71	15,22	16,9
Milho Sequeiro	6,74	46,75	8,32	3,46	0,68	0,15	0,05	2,21	12,62	14,8
Capim Elefante	9,03	45,37	7,16	4,85	0,61	1,43	0,05	0,63	14,06	14,9
5-10 cm										
Preservada	7,30	15,49	6,81	2,90	0,71	0,33	0,06	2,04	10,76	12,8
Angico	6,46	108,27	6,35	2,73	0,93	0,20	0,06	2,18	10,21	12,3
Capoeira	6,87	13,81	5,97	2,87	0,42	0,10	0,05	1,38	9,38	10,7
Ipê	6,99	51,32	8,79	2,35	0,73	0,18	0,05	3,10	12,06	15,1
Milho Irrigado	7,99	26,52	9,14	4,85	0,53	0,68	0,06	1,09	15,21	16,3
Milho Sequeiro	6,74	54,17	9,22	3,60	0,52	0,13	0,05	1,88	13,48	15,3
Capim Elefante	8,42	25,79	6,89	4,72	0,34	1,08	0,05	1,22	13,05	14,2
10-20 cm										
Preservada	6,84	11,19	6,70	3,21	0,55	0,22	0,05	1,91	10,69	12,6
Angico	6,51	82,47	5,67	2,59	0,92	0,25	0,06	2,54	9,45	11,9
Capoeira	6,89	8,39	6,82	3,05	0,44	0,09	0,05	2,90	10,42	13,3
Ipê	6,99	70,07	11,07	2,18	0,71	0,27	0,05	4,09	14,25	18,3
Milho Irrigado	7,70	25,46	10,39	5,06	0,23	0,84	0,05	1,68	16,54	18,2

Continuação

Milho Sequeiro	6,76	23,31	10,04	3,79	0,42	0,15	0,05	2,70	14,42	17,1
Capim Elefante	8,65	20,47	7,22	3,74	0,42	1,12	0,05	0,86	12,51	13,3
Fevereiro 2016										
0-5 cm										
Preservada	7,86	31,94	11,28	2,28	0,62	0,17	0,05	2,11	14,35	16,4
Angico	7,21	114,03	9,90	1,93	0,50	0,15	0,05	2,38	12,49	14,8
Capoeira	6,77	36,70	4,65	1,89	0,76	0,07	0,05	1,58	7,39	8,97
Ipê	6,47	80,63	7,34	2,67	0,75	0,17	0,05	1,91	10,93	12,8
Milho Irrigado	7,22	60,20	8,03	4,14	0,55	0,19	0,07	1,42	12,93	14,3
Milho Sequeiro	6,63	72,71	6,25	2,55	0,66	0,13	0,06	1,32	9,62	10,9
Capim Elefante	8,44	52,99	8,66	4,54	0,70	1,01	0,05	1,19	14,93	16,1
5-10 cm										
Preservada	7,38	12,88	10,99	2,24	0,50	0,14	0,05	1,65	13,89	15,5
Angico	6,71	81,10	8,53	2,13	0,37	0,13	0,05	2,04	12,18	14,2
Capoeira	6,63	18,26	5,11	2,06	0,52	0,09	0,05	1,15	7,79	8,94
Ipê	6,06	66,75	8,33	2,82	0,56	0,21	0,06	1,35	11,94	13,2
Milho Irrigado	7,64	31,87	8,52	4,06	0,40	0,59	0,05	1,02	13,58	14,6
Milho Sequeiro	7,64	68,58	7,11	2,74	0,48	0,18	0,06	1,61	10,53	12,1
Capim Elefante	8,55	51,43	7,65	4,365	0,48	1,19	0,05	1,48	13,70	15,1
10-20 cm										
Preservada	7,02	11,95	6,93	2,68	0,47	0,22	0,05	1,52	10,31	11,8
Angico	6,81	64,02	9,15	2,04	0,32	0,22	0,05	1,81	11,74	13,5
Capoeira	6,64	15,26	5,89	2,36	0,56	0,09	0,05	1,78	8,91	10,6
Ipê	6,76	69,67	8,19	2,67	0,54	0,25	0,05	1,52	11,65	13,1
Milho Irrigado	7,92	26,37	9,34	4,09	0,27	0,94	0,05	1,81	14,66	16,4
Milho Sequeiro	6,46	57,63	8,22	3,13	0,41	0,20	0,05	1,45	11,97	13,5
Capim Elefante	8,57	31,83	7,72	4,26	0,27	1,09	0,05	0,92	13,35	14,2
Abril 2016										
0-5 cm										
Preservada	7,29	34,62	10,07	2,10	0,66	0,13	0,05	2,09	12,96	15,0
Angico	6,25	105,82	6,57	1,99	0,59	0,12	0,06	1,63	9,28	11,0
Capoeira	6,85	28,53	5,40	1,95	0,60	0,22	0,05	1,33	8,19	9,83
Ipê	7,05	102,22	8,25	2,49	0,82	0,16	0,05	1,66	11,74	13,4
Milho Irrigado	7,17	43,43	9,50	4,84	0,56	0,40	0,05	1,33	15,31	16,6
Milho Sequeiro	6,55	79,59	8,01	2,92	0,69	0,28	0,05	1,37	11,92	13,2
Capim Elefante	7,89	72,94	10,23	4,10	0,67	0,51	0,05	0,67	15,52	16,2
5-10 cm										
Preservada	7,18	48,41	7,99	2,52	0,80	0,15	0,05	2,06	11,46	15,1
Angico	6,59	112,79	5,53	1,94	0,57	0,13	0,05	2,47	8,17	10,6
Capoeira	6,72	13,67	6,04	2,22	0,56	0,12	0,05	3,35	8,95	12,3
Ipê	7,00	72,50	9,36	2,92	0,66	0,15	0,05	2,09	13,09	15,1
Milho Irrigado	7,54	44,16	9,54	4,69	0,47	0,67	0,05	1,53	15,39	16,9
Milho Sequeiro	6,67	70,51	9,52	3,16	0,63	0,17	0,05	2,03	13,48	15,5
Capim Elefante	8,16	45,16	9,13	4,67	0,32	0,59	0,05	0,38	14,72	15,1
10-20 cm										
Preservada	7,05	11,64	7,43	2,05	0,47	0,12	0,05	1,86	10,08	11,9
Angico	6,59	95,71	6,03	2,38	0,44	0,13	0,07	1,56	8,99	10,5
Capoeira	6,19	8,73	7,40	2,76	0,34	0,10	0,05	2,59	10,61	13,2
Ipê	7,16	65,65	9,30	2,70	0,55	0,17	0,05	1,69	12,72	14,4
Milho Irrigado	7,68	50,13	10,29	4,49	0,27	1,18	0,05	1,04	16,24	17,28
Milho Sequeiro	6,72	66,79	10,33	3,31	0,44	0,22	0,05	1,73	14,31	16,0
Capim Elefante	8,28	34,16	9,62	4,67	0,31	1,17	0,05	0,48	15,78	16,2
CV (%)	5,24	39,9	23,6	27,8	44,7	79,9	32,1	36,3	19,83	18,63

Tabela 2. Caracterização física de solos com diferentes históricos de uso em Serra Talhada, Pernambuco.

Áreas	Densidade				Areia (%)	Silte (%)	Argila (%)	Textura
	A14	O15	F16	A16				
0-5 cm								
Preservada	1,42	1,57	1,31	1,36	58,97	25,38	15,63	Franco Arenosa
Angico	1,49	1,46	1,52	1,48	76,54	15,35	8,10	Franco Arenosa
Capoeira	1,60	1,51	1,59	1,67	68,53	17,92	13,54	Franco Arenosa
Ipê	1,33	1,25	1,43	1,30	59,80	24,92	15,27	Franco Arenosa
Milho Irrigado	1,37	1,18	1,50	1,41	61,41	23,79	14,79	Franco Arenosa
Milho Sequeiro	1,52	1,42	1,65	1,49	53,79	30,54	15,66	Franco Arenosa
Capim Elefante	1,53	1,54	1,51	1,52	61,73	23,93	14,33	Franco Arenosa
5-10 cm								
Preservada	1,39	1,59	1,35	1,16	58,38	23,25	18,35	Franco Arenosa
Angico	1,28	1,27	1,39	1,17	72,10	17,11	10,78	Franco Arenosa
Capoeira	1,50	1,36	1,53	1,59	62,32	16,52	21,15	Franco Argilosa Arenosa
Ipê	1,16	0,95	1,05	1,45	56,39	26,22	17,37	Franco Arenosa
Milho Irrigado	1,30	1,20	1,10	1,57	61,34	24,48	14,17	Franco Arenosa
Milho Sequeiro	1,40	1,19	1,40	1,58	51,72	30,57	17,69	Franco Arenosa
Capim Elefante	1,50	1,61	0,90	1,64	63,25	20,66	16,07	Franco Arenosa
10-20 cm								
Preservada	1,37	1,43	1,10	1,28	56,17	20,66	23,16	Franco Argilosa Arenosa
Angico	1,18	1,19	1,08	1,26	71,01	16,80	12,18	Franco Arenosa
Capoeira	1,27	1,04	1,10	1,67	61,71	16,92	21,35	Franco Argilosa Arenosa
Ipê	1,08	0,83	1,07	1,32	54,70	27,62	17,37	Franco Arenosa
Milho Irrigado	1,14	0,98	0,92	1,50	57,10	30,39	12,49	Franco Arenosa
Milho Sequeiro	1,25	1,09	1,25	1,41	55,13	25,77	19,09	Franco Arenosa
Capim Elefante	1,47	1,45	0,97	1,67	60,50	22,78	16,70	Franco Arenosa

A14 - abril de 2014; O15 - outubro de 2015; F16 - fevereiro de 2016; A16 - abril de 2016

A vegetação natural da região é de caatinga composta por flora e vegetação características de Floresta estacional caducifolia espinhosa e fitofisionomia arbustiva-arbórea a arbórea. Para condução do experimento, foram selecionadas áreas com diferentes históricos de uso, tipo de manejo adotado e cobertura do solo (Tabela 3).

Tabela 3. Históricos de uso, posição e localização geográfica das áreas experimentais.

Áreas	Históricos de uso	Altitude (m)	Coordenadas Geográficas
Caatinga	Preservada com diversas espécies da fauna catingueira. Utilizada para Pastejo de gado.	474	7°57'47.0"S 38°23'01.5"W
Angico	Utilizada para o cultivo de algodão (<i>Gossypium hirsutum</i>) e palma (<i>Opuntia spp.</i>) até 1978. Atualmente coberta com angico (<i>Anadenanthera sp.</i>)	444	7°57'07.5"S 38°23'56.1"W
Capoeira	Área com predominância de jurema branca (<i>Stipulacea piptadenia</i>), jurema preta (<i>Mimosa tenuiflora</i>), ameixa (<i>Eriobotrya japonica</i>), marmelo (<i>Croton sonderianus</i>), malva (<i>Waltheria indica</i>), juá (<i>Zizyphus joazeiro</i>) e diversas plantas herbáceas. Coberta com capoeira há 20 anos.	450	7°57'16.2"S 38°23'45.4"W
Ipê	Cultivada com capim buffel (<i>Cenchrus ciliaries</i>) e algodão (<i>Gossypium hirsutum</i>) desde 1998. Após esse período, sofreu aração proporcionando a germinação de sementes de ipê quiescentes. Atualmente coberta com ipê.	456	7°57'10.1"S 38°23'45.5"W
Milho Irrigado	Caatinga preservada até 1960, utilizada para o cultivo de milho com aplicação de arado e esterco de ovelha desde 2005.	450	7°57'11.4"S 38°23'52.3"W
Milho Sequeiro	Caatinga preservada até 1960, posteriormente utilizada para o cultivo de milho com aplicação de arado e esterco de ovelha. Permaneceu em pousio de 2011 a 2013, com retomada do cultivo de milho, após esse período.	444	7°57'15.4"S 38°23'49.1"W
Capim Elefante	Caatinga preservada até 1960, em seguida cultivada com milho e posteriormente capim elefante irrigado (<i>Pennisetum purpureum</i>).	440	7°57'12.8"S 38°23'51.4"W

As coletas de solo foram realizadas nos meses de abril de 2014, outubro de 2015, fevereiro e abril de 2016, compreendendo dois anos, levando-se em consideração as variações climáticas, para obtenção de mudanças na vegetação e diferentes níveis de umidade do solo.

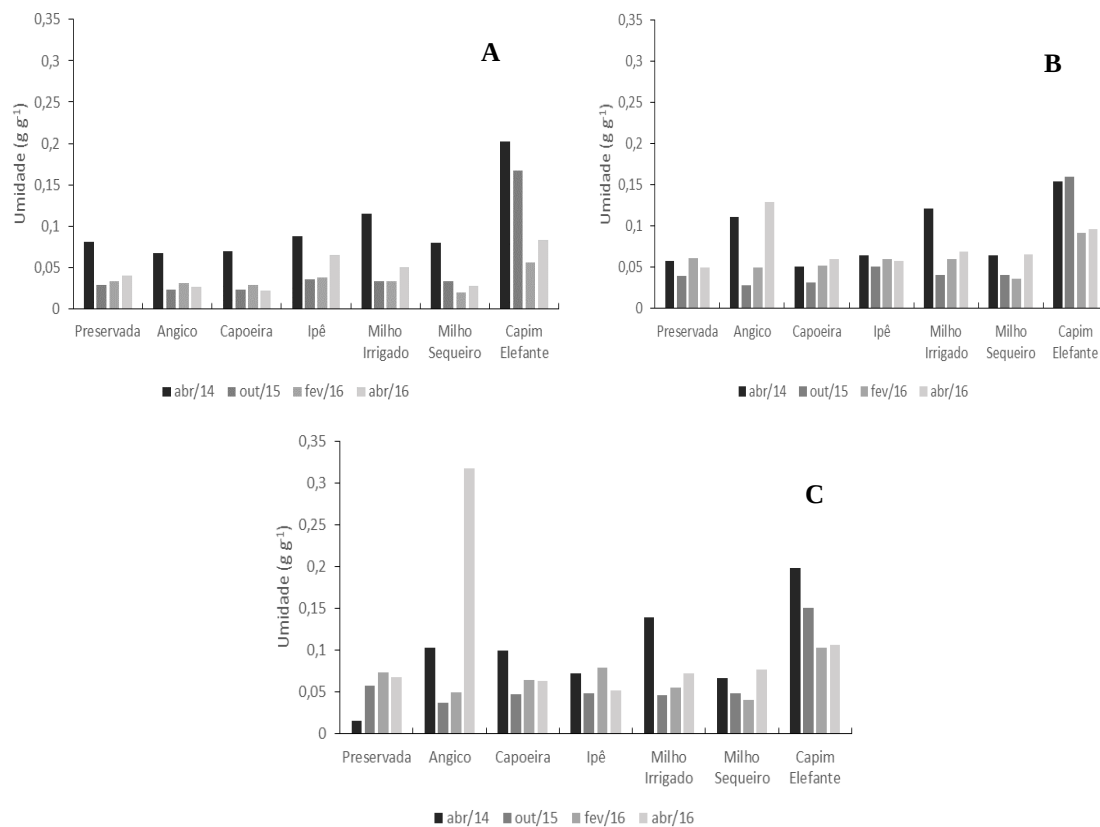


Figura 2. Variação sazonal na umidade em solos com diferentes históricos de uso em Serra Talhada, Pernambuco, 2014-2016. Camada 0-5 cm (A); Camada 5-10 cm (B); Camada 10-20 cm (C)

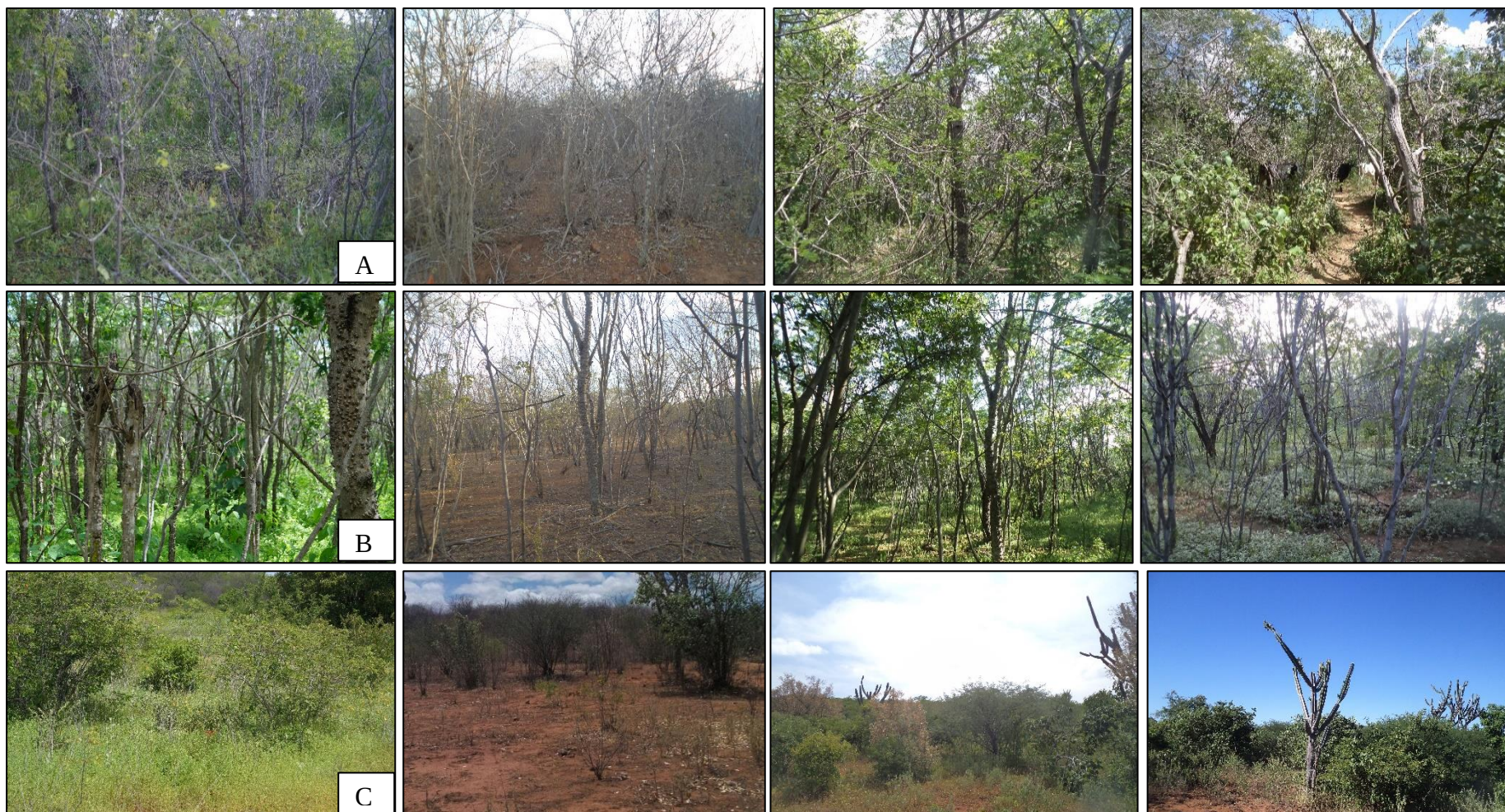


Figura 3. Variações na vegetação das áreas Mata preservada (A), Angico (B) e Capoeira (C) em Serra Talhada, Pernambuco, 2014-2016.



Figura 4. Variações na vegetação da área Ipê (D) e coberturas do solo nas áreas Milho irrigado (E); Milho Sequeiro (F) em Serra Talhada, Pernambuco, 2014-2016.

Continuação



Figura 5. Variações na cobertura do solo em área de Capim elefante (G) em Serra Talhada, Pernambuco, 2014-2016.

2.2 Amostragem de solo

A amostragem foi realizada nas camadas 0-5, 5-10 e 10-20 cm de profundidade em parcela de 100 m² (20x10) demarcada em cada área de estudo, através da abertura de cinco mini trincheiras alocadas imediatamente próximas ao mesmo ponto em todos os períodos coletados. Para determinação da densidade do solo, foram coletadas amostras indeformadas com utilização de anel volumétrico denominado “anel de *kopecky*”. As amostras microbiológicas foram imediatamente refrigeradas e acondicionadas a temperatura de 4 °C, enquanto as amostras destinadas a análises químicas foram secas ao ar, destorroadas e peneiradas em malha de 2 mm (TFSA).

2.3 Análises de solos

Os atributos químicos e físicos do solo foram determinados utilizando-se a metodologia proposta pela Embrapa (2011).

Para verificação da dinâmica do carbono orgânico do solo, foram analisados: o carbono orgânico do total do solo (COT), empregando-se o método de oxidação úmida, utilizando solução de dicromato de potássio (K₂Cr₂O₇) em meio sulfúrico 0,0667 mol L⁻¹ (EMBRAPA, 2011); carbono solúvel em água (CSA), determinado a partir de extrato obtido através de centrifugação (1500 rpm durante 10 minutos). Carbono da biomassa microbiana do solo (CBMS), determinado pelo método de irradiação-extração (MENDONÇA E MATOS 2005), utilizando-se sulfato de potássio (K₂SO₄) 0,5 mol L⁻¹ como extrator, aplicado em relação 8:2 (extrator:solo). A mensuração do CSA, bem como, o C dos estratos irradiados e não irradiados foi efetuada por colorimetria, em comprimento de onda de 495 nm, como sugerido por Bartlett e Ross (1988).

A respiração microbiana foi determinada utilizando-se a metodologia descrita por Mendonça e Matos (2005), adaptada por Loss et al., (2013). Utilizou-se frascos de 500 cm³ hermeticamente fechados, contendo 10 ml de hidróxido de sódio (NaOH) 0,5 mol para captura do CO₂ e 30 g de solo umedecido a 65% da capacidade de campo. Para quantificar o C-CO₂ foram realizadas avaliações 72 horas após a incubação.

O quociente (qMIC) foi obtido por meio relação entre os tores do carbono da biomassa microbiana (CBMS) e carbono orgânico total (COT) através da razão

(CBM/COT)/10 (SPARLING, 1992). Da mesma forma, o quociente metabólico (qCO_2), foi obtido pela razão entre a respiração microbiana e o carbono da biomassa microbiana do solo (SILVA et al., 2007)

Os estoques de carbono foram calculados, utilizando-se o carbono orgânico total (COT), densidade do solo e a espessura da camada amostrada, de acordo com a expressão:

$$\text{Estoque (t ha}^{-1}\text{)} = (C \times Ds \times e)/10$$

Onde:

C= carbono orgânico total em $g\ kg^{-1}$

Ds= densidade do solo em $g\ cm^{-3}$

e= espessura da camada amostrada em cm

Os dados referentes às frações do carbono orgânico do solo foram submetidos à análise de variância e a comparação das médias pelo teste Scott-Nott a 5% de significância com auxílio do software computacional Sistema para Análise de Variância - SISVAR (FERREIRA, 2003) e análise multivariada de componentes principais (PCA) por meio do software STATISTICA 8.0.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os diferentes usos do solo influenciaram significativamente o carbono orgânico total (COT), nos períodos avaliados (Tabela 4). De modo geral, os maiores teores foram encontrados na camada 0-5 cm, concordando com diversos estudos que verificaram maiores concentrações desse elemento nas camadas superficiais (PORTUGAL et al., 2008; GALDOS et al., 2009) e sua redução em profundidade (MEDRADO, 2008; NEUMANN-COSEL et al., 2011).

Analizando-se esta camada, verificou-se maiores teores de COT no milho irrigado, mata preservada e angico durante a primeira coleta (abril de 2014). As atuações combinadas da irrigação com o esterco aplicado explicam os resultados encontrados no milho irrigado. Em regiões semiáridas a precipitação apresenta grande variabilidade espaço temporal afetando a produção das culturas em decorrência dos longos e críticos

períodos intra-estacionais (BIAZIN e STERK, 2013). Além disso, nessas regiões o balanço hidrológico pode apresentar um déficit negativo de até 50%, devido à evaporação do solo (BIAZIN e STROOSNIJDER, 2012), demonstrando o papel essencial da irrigação.

Tabela 4. Carbono orgânico total em solos com diferentes históricos de uso em Serra Talhada, Pernambuco, 2014-2016.

Áreas	0-5 cm	5-10 cm	10-20 cm
COT (g kg ⁻¹)			
Abril 2014			
Preservada	18,46 a	13,58 b	12,83 a
Angico	18,33 a	14,74 a	13,69 a
Capoeira	14,98 b	10,60 b	9,22 b
Ipê	13,87 b	13,36 b	11,22 b
Milho irrigado	19,95 a	17,80 a	14,42 a
Milho Sequeiro	11,87 b	12,19 b	8,67 b
Capim elefante	15,98 b	11,04 b	9,24 b
Outubro 2015			
Preservada	19,96 a	11,95 a	9,30 a
Angico	17,15 a	12,17 a	8,51 a
Capoeira	10,46 b	6,32 b	5,32 a
Ipê	22,78 a	14,08 a	8,58 a
Milho irrigado	13,97 b	11,62 a	8,45 a
Milho Sequeiro	13,93 b	10,81 a	7,05 a
Capim elefante	9,45 b	8,20 b	6,31 a
Fevereiro 2016			
Preservada	22,68 a	14,17 a	12,49 a
Angico	19,65 a	8,13 c	5,72 b
Capoeira	6,48 d	7,15 c	5,91 b
Ipê	8,08 d	8,65 b	6,86 b
Milho irrigado	15,64 b	10,22 b	6,95 b
Milho Sequeiro	7,83 d	6,01 c	5,80 b
Capim elefante	12,76 c	10,38 b	6,01 b
Abril 2016			
Preservada	24,83 a	15,58 a	8,27 a
Angico	13,14 c	10,57 b	8,76 a
Capoeira	8,35 d	5,11 c	4,70 a
Ipê	11,93 c	9,89 b	7,68 a
Milho irrigado	12,25 c	10,85 b	7,84 a
Milho Sequeiro	7,31 d	7,91 c	5,73 a
Capim elefante	18,85 b	11,89 b	7,88 a
C.V. (%)	27,11		

Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste Scott-Knott a 5% de significância

O esterco ovino consiste numa importante forma de entrada de matéria orgânica no solo e, em condições de maior umidade sua mineralização é mais rápida, fazendo-se necessárias mais aplicações, indicando maior quantidade adicionada em comparação com o sistema em sequeiro. No que se refere a mata preservada e angico, a mineralização do carbono presente na matéria orgânica, oriunda da biomassa vegetal acumulada sobre o solo justificam os resultados. Os baixos teores encontrados nas coberturas com ipê e capoeira indicam baixo aporte de matéria orgânica via deposição de resíduos vegetais nesta época.

Durante a segunda coleta (outubro de 2015), mata preservada, angico e ipê diferiram das demais áreas. Nota-se redução na área com milho irrigado, possivelmente, em razão da interrupção do cultivo, o que ocasiona falta da irrigação e entrada de matéria orgânica. Por outro lado, durante esta estação seca, há um aumento no aporte de matéria orgânica no solo devido à queda de toda a folhagem presente nas áreas sob cobertura vegetal como mecanismo para evitar a perda de água.

Observou-se reduções no COT nas áreas ipê após a transição da segunda para a terceira coleta (fevereiro de 2016) e angico na quarta coleta (abril de 2016), permanecendo a mata preservada com os maiores valores. Este resultado indica que a quantidade de material orgânico depositado é mais elevada na mata preservada, seguida do angico e ipê, respectivamente. A queda de toda a folhagem presente nas áreas sob cobertura vegetal durante a época de estiagem limita a oferta de matéria orgânica os períodos seguintes.

O uso da terra e o manejo adequado do solo podem aumentar estoque de carbono orgânico do solo (COS) em ecossistemas áridos e semiáridos (ÁLVARO-FUENTES et al., 2013 e ABDULLAH, 2014), podendo reduzir assim a emissão líquida de CO₂ para a atmosfera. Em contraste, o mau uso da terra e gestão do solo pode causar esgotamento de (COS), com uma emissão atendente de CO₂ para a atmosfera (CHEN et al., 2009). Para as condições deste estudo, pode-se verificar que a manutenção dos teores do carbono orgânico do solo após a conversão para o cultivo agrícola está condicionada a escolha da cultura, neste caso, o milho e a manutenção da irrigação associada a adição de substrato orgânico. A atuação de umas dessas práticas de forma isolada se mostrou

ineficaz tanto no cultivo do milho em sequeiro onde se aplicou apenas o esterco, quanto no capim elefante onde utilizou-se somente a irrigação.

Em profundidade, observou-se maiores teores de COT no milho irrigado e angico a 5-10 cm na primeira coleta. Comparando-se áreas de agricultura com coberturas vegetais, dependendo da intensidade, o revolvimento do solo pode distribuir a matéria orgânica por toda a camada arável, igualando ou apresentando maiores concentrações de COT nas camadas mais profundas do solo. Durante a segunda coleta, os teores de COT foram estatisticamente iguais nas áreas sob cobertura vegetal e agricultura, à exceção da capoeira e capim elefante. Na terceira e quarta coleta, a mata preservada apresentou os maiores teores, diferindo das demais. Este resultado provavelmente é reflexo do maior acúmulo de matéria orgânica ocorrido na estação seca.

Em relação à camada 10-20 cm, pode-se observar na primeira coleta (abril de 2014) que os efeitos do preparo do solo se estendem até esta profundidade, igualando o milho irrigado, angico e mata preservada. Não se observou diferenças entre as áreas durante a segunda e quarta coleta. Na terceira coleta a mata preservada foi superior as demais áreas.

A sazonalidade também influenciou os teores de COT (Figura 6). Considerando-se toda a camada arável (0-20 cm), observou-se reduções significativas na maioria das áreas, ao longo de todo o tempo de estudo, principalmente da segunda para a terceira coleta, período que representa a transição da estação seca para a chuvosa. A pluviosidade promove aumento da atividade microbológica e consequentemente maiores perdas de carbono na forma de CO₂. No capim elefante, interrompeu-se a retirada de biomassa vegetal a partir da segunda coleta, aumentando gradativamente o aporte de resíduos e, consequentemente o carbono no solo, mesmo em condições de maior precipitação e umidade.

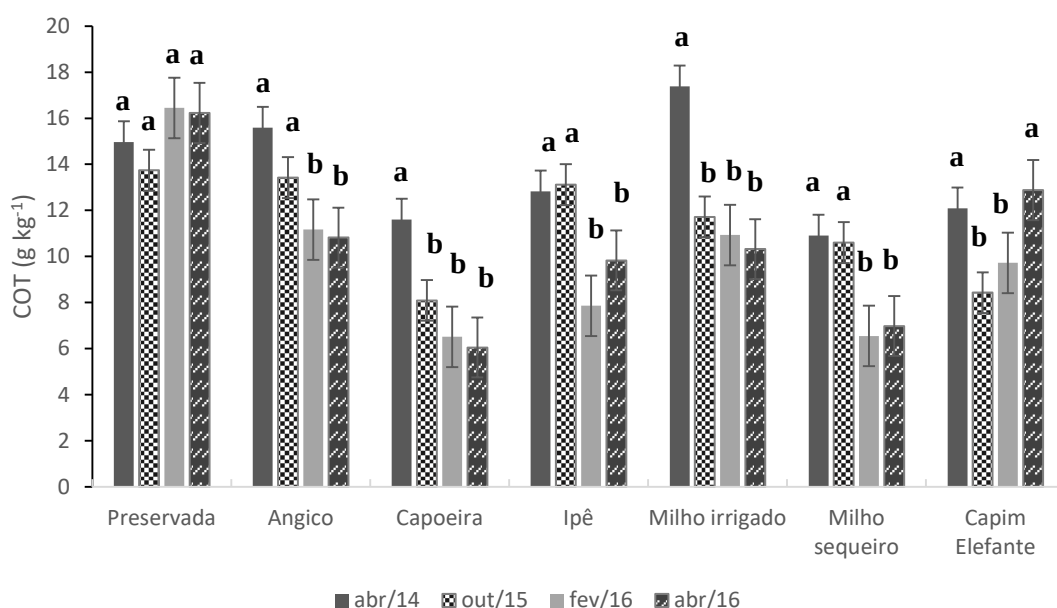


Figura 6. Variação sazonal no carbono orgânico total em solos com diferentes históricos de uso em Serra Talhada, Pernambuco, 2014-2016.

Os estoques de carbono orgânico total (ECOT) demonstraram-se superiores na camada 0-5 cm em comparação com a camada 5-10 cm, confirmando a relação do C com a maior deposição de resíduos na superfície do solo. Analisando-se a primeira coleta, observou-se que as áreas ipê e milho sequeiro foram inferiores as demais na camada 0-5 cm (Figura 7). Esta igualdade entre a maioria das áreas de estudo pode estar relacionada a densidade do solo nesta camada, uma vez que, as maiores concentrações de COT foram observadas nas áreas milho irrigado, mata preservada e angico. As camadas mais profundas 5-10 e 10-20 cm apresentaram maiores ECOT nessas áreas. A partir da segunda coleta, a mata preservada demonstrou os maiores estoques na maioria das profundidades nos períodos avaliados, com exceção para a camada 5-10 na segunda e 10-20 cm na quarta coleta. Este resultado está diretamente relacionado ao acúmulo de serapilheira e à entrada de material orgânico em grandes quantidades no sistema solo-planta.

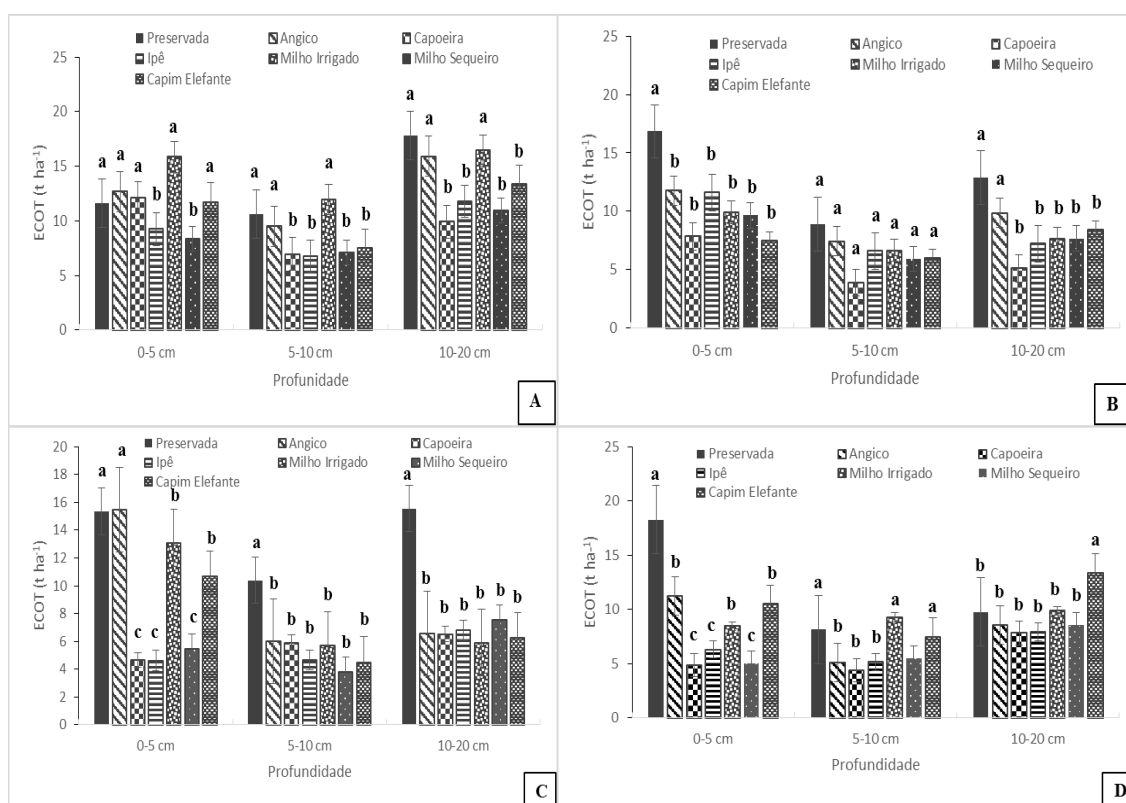


Figura 7. Estoques de Carbono Orgânico Total em Serra Talhada Pernambuco. Abril/2014 (a); Outubro/2015 (B); Fevereiro/2016 (C); Abril/2016 (D).

A partir da terceira coleta, verificou-se elevação nos ECOT das áreas milho irrigado e capim elefante, sendo estas superiores as coberturas com ipê e capoeira, além do milho sequeiro (Figura 4C). No capim elefante, estes resultados podem ser explicados pelo aumento no aporte de resíduos orgânicos em virtude da interrupção do manejo e pelo intenso efeito rizosférico causado pelo sistema radicular das gramíneas, que no seu processo de decomposição libera nutrientes e contribui para a formação da matéria orgânica do solo (ROSENZWEIG et al, 2016). Quanto ao milho irrigado, este aumento pode estar relacionado a aplicações eventuais de esterco para retomada do cultivo em razão da volta das chuvas. A camada 5-10 cm apresentou variações na terceira coleta, com a mata preservada apresentando os maiores teores de forma isolada e em conjunto com o milho irrigado e capim elefante na quarta coleta.

A camada 10-20 foi superior a 0-5 cm na primeira coleta e semelhante nas demais, quanto aos ECOT. Esse aumento em profundidade, pode ser explicado pela diferença na espessura das camadas de solo avaliadas, como observado por Costa et al.,

(2009). O menor efeito dos fatores climáticos e menor perturbação do solo também contribui para o acúmulo do C em profundidade (OLIVEIRA et al., 2008). Os teores apresentados pela mata preservada nesta camada durante todo o estudo, aliada a coberturas com angico nas primeiras coletas demonstram que a atuação de resíduos vegetais na disponibilização de matéria orgânica pode se estender até maiores profundidades.

O ECOT apresentou variações em função da sazonalidade na maioria das áreas estudadas, com exceção da mata preservada (Figura 8). De modo geral, as maiores concentrações foram observadas na primeira coleta. Os teores obtidos variaram entre 8,79 e 14,74 mg ha⁻¹ na primeira coleta, 7,82 e 15,61 mg ha⁻¹ na segunda, 8,02 e 16,86 na terceira e 9,56 e 13,71 mg ha⁻¹ na quarta coleta.

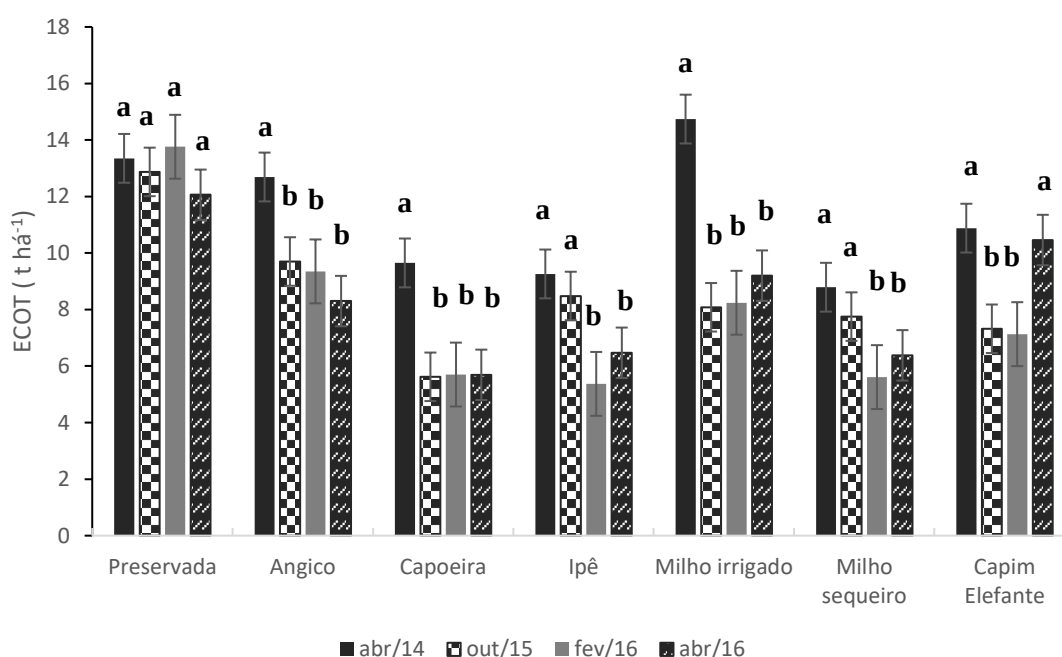


Figura 8. Variação sazonal no ECOT em solos com diferentes históricos de uso em Serra Talhada, Pernambuco, 2014-2016.

Analisando-se somente as áreas sob cobertura vegetal, verificou-se que apenas a mata preservada não apresentou reduções durante o estudo. De acordo com Costa et al., (2008) e Alves et al., (2008), em áreas de floresta ocorre maior estabilidade dos estoques de C devido a adição contínua de resíduos orgânicos ao solo. Estes resíduos

tendem a ser estáveis, assim como a ação microbiana, sofrendo alterações em condições como secas, mas cujos efeitos, pela periodicidade e/ou intensidade, normalmente, não se manifestam nos níveis de C estocados no solo.

Por sua vez, as variações verificadas nas áreas sob agricultura decorrem em função das mudanças no manejo. As reduções nas entradas de carbono no solo devido a paralisação do cultivo de milho irrigado após a primeira coleta refletem-se nos estoques. O aumento observado no capim elefante durante a quarta coleta, está diretamente relacionado a interrupção do corte no capim e retirada de biomassa vegetal da área, promovendo aumentos gradativos na matéria orgânica depositada.

Comparando-se a mata preservada com as demais, verificou-se ao longo dos anos de estudo, reduções médias de 3,00; 6,54; 5,80; 3,11; 6,03 e 3,84 t há⁻¹ na acumulação de C no angico, capoeira, ipê, milho irrigado, milho sequeiro e capim elefante, respectivamente (Figura 9). Estes resultados evidenciam os efeitos negativos do uso agrícola sobre a matéria orgânica do solo (MOS) e, conseqüentemente, sobre a qualidade do solo, bem como a sua permanência mesmo após anos sem cultivo, como demonstrado nas áreas sob cobertura vegetal.

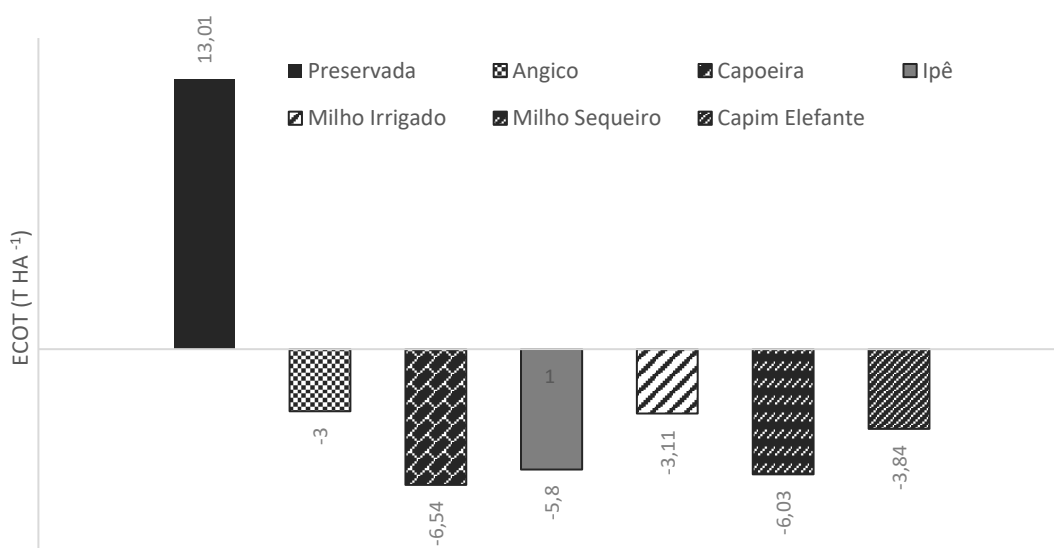


Figura 9. Reduções médias no ECOT em solos com diferentes históricos de uso em Serra Talhada, Pernambuco, 2014-2016.

Aticho (2013), em estudo conduzido no sudoeste da Etiópia, relata uma perda de 32,98 a 36,63% no carbono orgânico do solo (COS) devido à conversão de áreas florestais para cultivo contínuo. Do mesmo modo, Smith et al., (2016), relata que a substituição de floresta por culturas é a mudança no uso da terra que tem o maior impacto sobre as perdas COS causando entre 24 e 52%, dependendo principalmente do local e das condições climáticas. No semiárido da Argentina, Villarino et al., (2017) verificou reduções acentuadas no estoque de COS após a conversão de florestas em áreas de cultivo agrícola.

As moléculas de carbono solúveis em água constituem uma pequena parte da MOS total, mas desempenham papéis importantes no solo, principalmente os relacionados a atividade microbiana (PETERSON et al., 2013). Os teores verificados foram mais elevados na camada 0-5 cm, concordando com Zhang et al. (2011), que encontraram maior acumulação do CSA nas camadas de 0-2,5 e 2,5-5,0 cm de profundidade (Tabela 5).

Avaliando-se a primeira coleta, observou-se maiores teores de CSA no capim elefante na camada 0-5 cm, sendo semelhante ao milho irrigado nas camadas 5-10 e 10-20 cm. De acordo com Kalbitz et al. (2000), serrapilheira, biomassa microbiana e raízes são fontes potenciais de CSA. Dentre esses atributos, a presença de raízes e seus exsudados é muito expressiva no capim. Além disso, o capim elefante apresenta grande aporte de biomassa vegetal, que é consequentemente depositada sobre o solo, favorecendo o desenvolvimento da população microbiana e a solubilização de compostos que contêm carbono (KANCHIKERIMATH e SINGH, 2001).

Os resultados apresentados pelo milho irrigado justificam-se em virtude da combinação irrigação/esterco. A irrigação pode promover aumentos na quantidade de exsudatos devido ao maior desenvolvimento das raízes na cultura, como observado por (CHILUNDO et al., 2017) em seu estudo sobre a resposta do crescimento de raízes na cultura do milho à irrigação. O desenvolvimento de sistemas radiculares é crítico para a absorção de água e nutrientes pelas plantas (NACRY et al., 2013), contribuindo para aumentar a acumulação de biomassa acima do solo (LI et al., 2009). O esterco além de disponibilizar nutrientes para a cultura, favorece a ação da biomassa microbiana, também estimulada pela maior umidade do solo promovida pela irrigação.

Na segunda coleta, as áreas sob cobertura vegetal igualaram-se ao capim elefante camada 0-5 cm. Neste período houve um aumento na deposição de resíduos nestas áreas devido às condições de seca, o que por sua vez, promove maior oferta de matéria orgânica, cobertura e maior retenção de umidade no solo. No que se refere às camadas mais profundas, o capim elefante demonstrou os melhores resultados na camada 5-10 e 10-20 cm onde combinou com o milho irrigado.

Tabela 5. Carbono solúvel em água em solos com diferentes históricos de uso em Serra Talhada, Pernambuco, 2014-2016.

Áreas	0-5 cm	5-10 cm	10-20 cm
CSA (mg kg ⁻¹)			
Abril 2014			
Preservada	26,35 b	18,66 b	20,51 b
Angico	17,74 c	21,23 b	19,38 b
Capoeira	20,71 c	15,79 b	14,05 b
Ipê	13,64 c	17,53 b	16,00 b
Milho irrigado	30,05 b	36,30 a	30,05 a
Milho Sequeiro	18,25 c	23,58 b	16,82 b
Capim elefante	41,12 a	30,35 a	36,30 a
Outubro 2015			
Preservada	45,00 a	37,10 b	25,54 b
Angico	46,47 a	41,35 b	33,83 b
Capoeira	29,19 b	22,32 c	30,20 b
Ipê	43,22 a	29,68 c	32,93 b
Milho irrigado	43,02 a	39,61 b	40,76 a
Milho Sequeiro	27,79 b	33,81 c	30,08 b
Capim elefante	50,13 a	53,11 a	45,58 a
Fevereiro 2016			
Preservada	36,13 b	31,80 b	9,53 b
Angico	41,47 b	20,95 c	8,16 b
Capoeira	27,40 c	30,85 b	9,29 b
Ipê	22,25 c	15,61 c	10,58 b
Milho irrigado	35,12 b	33,23 b	25,85 a
Milho Sequeiro	28,50 c	30,19 b	11,71 b
Capim elefante	64,45 a	62,66 a	28,92 a
Abril 2016			
Caatinga	58,15 b	28,48 b	29,89 b
Angico	40,94 c	18,98 c	19,16 c
Capoeira	34,83 c	22,24 c	16,79 c
Ipê	37,41 c	10,46 d	17,23 c
Milho irrigado	52,30 b	32,00 b	30,06 b
Milho Sequeiro	37,24 c	29,01 b	14,85 c
Capim elefante	65,80 a	45,18 a	41,05 a
C.V. (%)		26,54	

Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste Scott-Knott a 5% de significância

Com a presença de precipitação na terceira coleta, o capim elefante voltou a demonstrar os melhores resultados nas camadas 0-5, 5-10, combinado ao milho irrigado na camada 10-20 cm e na quarta coleta nas três camadas avaliadas. Estes resultados são corroborados por (MACDONALD et al., 2011), que verificou maiores concentrações de C solúvel em gramíneas, indicando que o suporte de grama contribuiu com quantidades importantes de CSA, na forma de exsudatos radiculares e / ou metabolitos microbianos da rizosfera.

As variações climáticas influenciaram significativamente os CSA (Figura 10). Observou-se redução nos teores nos períodos com presença de chuvas e maior umidade do solo. Os valores obtidos variaram de 15,92 a 35,93 mg kg⁻¹ na primeira coleta, 27,24 a 49,61 na segunda, 16,15 a 52,01 na terceira e 21,70 a 50,68 mg.kg⁻¹ na quarta coleta.

O CSA reflete a fração da matéria orgânica mais suscetível a lixiviação (VAN HEES et al. 2005), sendo verificada neste estudo, a potencialização deste efeito em virtude da ação das chuvas promovendo maior movimentação dos compostos orgânicos solúveis no perfil do solo e, conseqüentemente, sua perda através desse processo. Ademais, ciclos húmidos-secos mais frequentes, influenciarão por sua vez a lixiviação dos nutrientes do solo (BLOOR e BARDGETT, 2012), a estabilidade da matéria orgânica do solo (SCHMITT e GLASER, 2011). O aumento do material orgânico depositado sobre o solo a partir da segunda coleta, possivelmente, minimizou os efeitos climáticos no capim elefante.

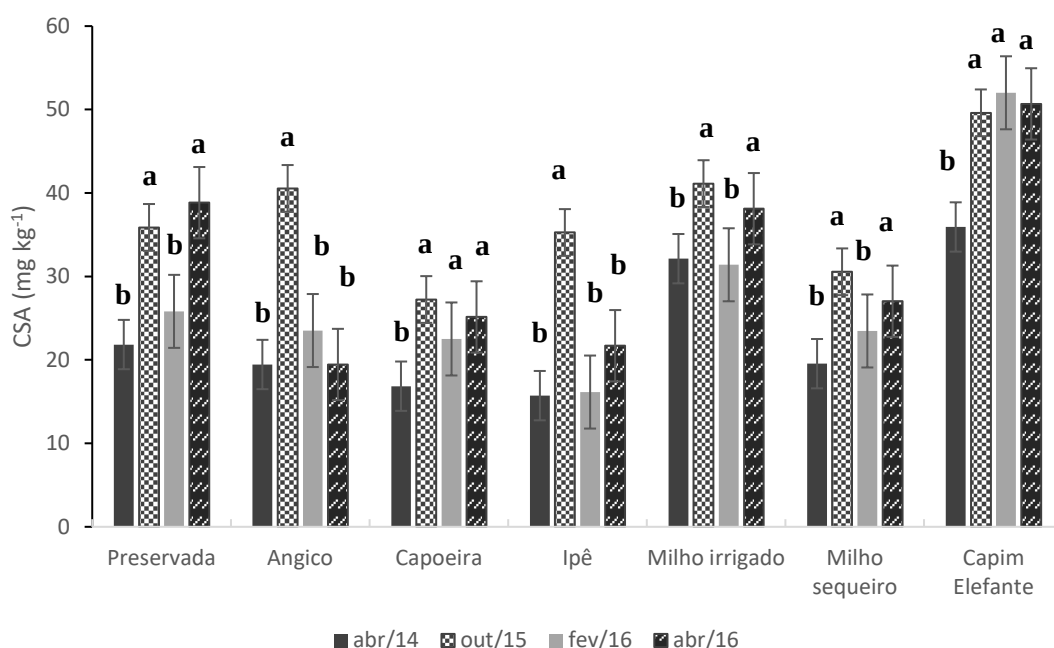


Figura 10. Variação sazonal no CSA em solos com diferentes históricos de uso em Serra Talhada, Pernambuco, 2014-2016.

A mata preservada apresentou melhores condições para o desenvolvimento da biomassa microbiana do solo na camada 0-5 cm independentemente do período avaliado (Tabela 6). Esse resultado justifica-se em virtude do aporte de matéria orgânica incorporada ao solo, principalmente via deposição pelas plantas (SILVA et al., 2010). A grande diversidade florística e presença de vegetação durante todo o ano influenciam a quantidade e qualidade da serrapilheira, contribuindo, dessa forma, para um maior acúmulo de carbono pela biomassa microbiana e, melhores condições de desenvolvimento da microbiota.

Esperava-se essa tendência também nas áreas sob cobertura vegetal, entretanto, comparando-se com o uso agrícola, milho irrigado e capim elefante apresentaram melhores valores de CBM, principalmente na primeira e quarta coleta. O efeito da aplicação do esterco ovino combinada a restos culturais incorporados ao solo, favorecendo o aumento da população microbiana, aliados à ótima condição de umidade do solo, proporcionada pela irrigação, provavelmente, justificam os resultados no milho irrigado. Em estudo realizado com lotação de ovinos, Garcia e Nahas (2007), concluíram que o aumento da população microbiana, pode ser atribuído aos excrementos desses animais. A quantidade de água é um fator forte que influencia a comunidade microbiana

(PLACELLA et al., 2012). Bastida et al., (2017) observou que irrigação restrita tem um impacto negativo na biomassa microbiana do solo, na diversidade microbiana e nas atividades enzimáticas. Além disso, a irrigação restrita altera a estrutura das comunidades microbianas.

Tabela 6. Carbono da biomassa microbiana em solos com diferentes históricos de uso em Serra Talhada, Pernambuco, 2014-2016.

Áreas	0-5 cm	5-10 cm	10-20 cm
CBMS (mg kg ⁻¹)			
Abril 2014			
Preservada	804,73 a	258,50 b	300,55 b
Angico	263,47 d	297,79 a	412,15 a
Capoeira	259,18 d	257,26 b	245,39 b
Ipê	336,11 c	174,39 b	283,29 b
Milho irrigado	510,28 b	374,11 a	300,78 b
Milho Sequeiro	395,06 c	356,15 a	281,33 b
Capim elefante	479,29 b	314,25 a	282,24 b
Outubro 2015			
Preservada	576,16 a	572,59 a	458,22 a
Angico	334,16 c	386,45 b	357,92 b
Capoeira	327,73 c	208,05 c	283,37 b
Ipê	322,82 c	266,97 c	368,95 b
Milho irrigado	363,97 c	420,87 b	499,93 a
Milho Sequeiro	330,79 c	382,37 b	293,77 b
Capim elefante	475,36 b	418,57 b	286,09 b
Fevereiro 2016			
Preservada	492,86 a	140,47 b	290,60 a
Angico	151,43 c	208,09 a	53,03 b
Capoeira	222,85 c	75,93 b	271,18 a
Ipê	286,11 b	288,04 a	183,91 b
Milho irrigado	395,87 b	239,99 a	151,25 b
Milho Sequeiro	278,16 b	199,41 a	162,86 b
Capim elefante	308,80 b	276,71 a	323,09 a
Abril 2016			
Preservada	604,68 a	326,18 a	243,12 b
Angico	294,76 c	263,53 a	46,67 c
Capoeira	145,31 d	60,60 b	68,26 c
Ipê	252,09 c	271,70 a	332,31 a
Milho irrigado	372,66 b	302,34 a	374,78 a
Milho Sequeiro	161,83 d	128,02 b	127,34 c
Capim elefante	339,53 b	311,88 a	319,74 a
C.V. (%)	23,77		

Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste Scott-Knott a 5% de significância

Em se tratando do capim elefante, segundo (ALVARENGA et al., 1999), dependendo do manejo, gramíneas podem apresentar alto conteúdo de matéria orgânica e densa massa radicular, contribuindo para a existência de grande efeito rizosférico sobre a biomassa microbiana na rizosfera. Essa massa aumenta o seu potencial qualitativo no processo de mineralização. Os resultados deste estudo ainda são corroborados por Oliveira et al., (2015) que encontram valores significativamente maiores de CBM em áreas agrícolas quando comparadas a mata preservada no semiárido.

Durante a estação seca, os resultados indicam que houve maior acúmulo de resíduos na mata preservada e capim elefante, conservando a umidade e promovendo maior cobertura do solo, assim minimizando os efeitos das temperaturas elevadas sobre a biomassa microbiana.

Em geral, a camada 0-5 cm demonstrou-se mais favorável ao crescimento da biomassa microbiana, fato que provavelmente está associado à maior disponibilidade de recursos (MOS) nas camadas superficiais do solo (SIX et al., 2006). Ferreira et al. (2007), verificaram teores de carbono da biomassa microbiana significativamente maiores na camada de 0 a 0,10 cm, independentemente das características das áreas estudadas. Da mesma forma, Medeiros et al., (2017) em estudos realizados no semiárido de Pernambuco, observou teores mais elevados de CBM nas camadas mais superficiais e sua redução em profundidade.

Na camada 5-10 cm, as áreas sob cultivo agrícola foram superiores a mata preservada na primeira coleta e semelhantes na terceira e quarta coleta, o que é condizente com os efeitos do preparo do solo, distribuindo a matéria orgânica entre as camadas. Na segunda coleta, o maior CBM na mata preservada indica que a proteção promovida pela maior deposição de resíduos se estende até esta camada. Na camada 10-20 os melhores resultados foram variados, nas diferentes coletas. O angico diferiu das demais áreas na primeira, mata preservada e milho irrigado foram superiores na segunda, mata preservada, capoeira e capim elefante na terceira e ipê, milho irrigado e capim elefante na quarta coleta.

O Carbono da biomassa microbiana do solo também demonstrou sensibilidade aos efeitos climáticos (Figura 11). Observou-se elevação nos teores durante a estação seca, com redução expressiva após a transição para o período com chuvas. Somando-se as profundidades avaliadas e tomando a mata preservada como referência,

verificou-se reduções de 13,1; 21,11; 28,62; 24,1; 39,55 e 44,13% na primeira coleta, 20,05; 26,56; 32,89; 33,20; 37,33; 40,33 e 49,02% na segunda coleta, 14,80; 1,65; 55,34; 30,68; 17,95 e 38,31% na terceira coleta e 10,57; 17,27; 27,07; 48,46; 64,46 e 76,64% na quarta coleta para as áreas milho irrigado, pastagem, angico, milho sequeiro, ipê e capoeira, respectivamente.

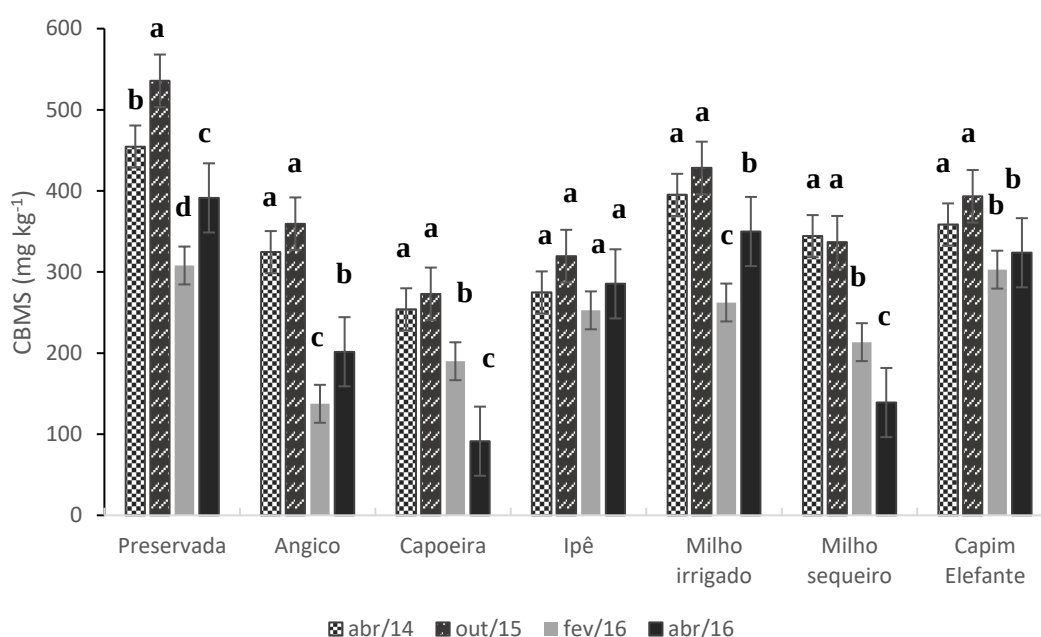


Figura 11. Variação sazonal no CBMS em solos com diferentes históricos de uso em Serra Talhada, Pernambuco, 2014-2016.

No que se refere à dinâmica sazonal, observou-se redução no CBM durante as chuvas, principalmente na transição da estação seca para a chuvosa na maioria áreas estudadas, à exceção do ipê. As condições de temperaturas mais amenas e umidade do solo elevada, proporcionadas pela precipitação, elevaram substancialmente a atividade microbiana, causando perdas do carbono retido pelos microrganismos, na forma de CO₂.

Estes resultados são corroborados por estudos anteriores realizados no semiárido brasileiro. Lopes et. al., (2012), observaram maiores teores de CBM no período seco, em comparação com o chuvoso em caatinga na serra do Apodi-CE, assim como, Martins et al., (2010) estudando o processo de desertificação do bioma caatinga no semiárido de Pernambuco. Moreira e Siqueira (2002) relatam que os microrganismos do

solo são dependentes da água para absorção de nutrientes e integridade da sua superfície celular. Da mesma forma, Berg (2000), constatou que a precipitação pluviométrica é um componente que controla o processo de decomposição da matéria orgânica e a atividade dos microrganismos. Ainda, Segundo Wardle (1994) a distribuição das chuvas e a umidade do solo são os principais fatores na regulação da biomassa microbiana do solo.

Avaliando-se os estoques do carbono acumulado pela biomassa microbiana, verificou-se valores que variaram de 210 a 327 kg há⁻¹ na primeira coleta, 210 a 520 kg ha⁻¹ na segunda, 109 a 267 kg ha⁻¹ na terceira e 92 a 363 kg.ha⁻¹ quarta coleta. De modo geral, a mata preservada apresentou os maiores estoques, tendo sido observado reduções de 4,62; 18,73; 32,86; 43,15; 43,48; e 54,18% para as áreas capim elefante, milho irrigado, ipê, milho sequeiro, angico e capoeira (Figura 12). Diferenças na disponibilidade de recursos, resultantes das diferenças na composição da vegetação e nas práticas agrícolas, incluindo o preparo do solo, causam uma baixa biomassa microbiana (VAN LEEUWEN et al., 2017). Esta constatação foi confirmada pelos nossos resultados

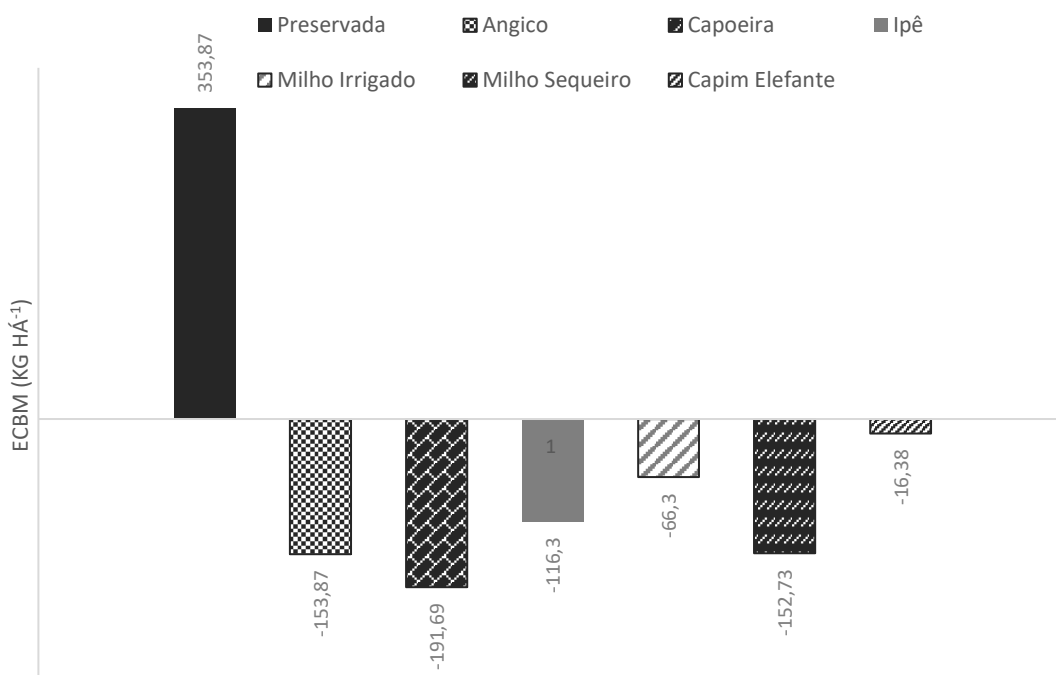


Figura 12. Reduções médias no ECBM em solos com diferentes históricos de uso em Serra Talhada, Pernambuco, 2014-2016.

Considerando-se somente áreas que se sofreram algum grau de antropização, o capim elefante foi o que promoveu menores perdas no CBM. Existe vasta literatura demonstrando que pastagens bem manejadas têm potencial para acumular carbono microbiano no solo (WU et al., 2014; ROSENZWEIG et al, 2016). Neste sentido, este resultado confirma que a implantação de outras gramíneas, como capim elefante, em antigos campos agrícolas também pode promover aumentos nos teores de C incorporado pela biomassa microbiana.

O quociente microbiano (qmic) apresentou variações significativas em função dos diferentes usos do solo (Tabela 7). Analisando-se a camada 0-5 cm, verificou-se na primeira coleta que as áreas angico e capoeira foram inferiores as demais. Estes resultados indicam que a biomassa microbiana está tendo dificuldade na decomposição do material orgânico ou sofrendo algum tipo de estresse (GAMA-RODRIGUES, 2008), provavelmente em função da natureza do material aportado. Também é importante destacar que a área com capoeira, apresentou uma pequena quantidade de resíduos depositados, refletidos em baixos teores de COT, que por sua vez, oferecem pouco estímulo aos microrganismos do solo. Nas camadas 5-10 e 10-20 cm não houve diferenças entre as áreas.

Na segunda coleta, o capim elefante foi superior as demais áreas, as quais não diferiram entre si, indicando elevada ciclagem de nutrientes e disponibilidade do carbono orgânico para os microrganismos (PRAGANA et al., 2012). Nesta estação, ocorre uma redução na atividade microbiana devido as temperaturas elevadas, de modo que, a biomassa vegetal do capim elefante além de oferecer boa cobertura do solo e proteção aos microrganismos, se mostra de fácil decomposição. Na Camada 5-10 cm a mata preservada foi semelhante ao capim elefante. Possivelmente, houve melhora na eficiência da biomassa microbiana na mata preservada devido a menor susceptibilidade a intemperes climáticas como temperaturas elevadas e radiação. Na camada 10-20 não houve diferenças entre as áreas.

Tabela 7. qMicrobiano em solos com diferentes históricos de uso em Serra Talhada, Pernambuco, 2014-2016.

Áreas	0-5 cm	5-10 cm	10-20 cm
qMic (%)			
Abril 2014			
Preservada	4,50 a	1,95 a	2,66 a
Angico	1,44 c	2,08 a	3,05 a
Capoeira	1,88 c	2,72 a	2,73 a
Ipê	2,79 b	1,46 a	3,68 a
Milho irrigado	2,78 b	2,19 a	2,09 a
Milho Sequeiro	3,54 b	3,07 a	3,23 a
Capim elefante	3,07 b	2,85 a	3,22 a
Outubro 2015			
Caatinga	2,93 b	4,86 a	4,93 a
Angico	1,73 b	4,74 b	4,31 a
Capoeira	2,85 b	2,32 b	5,13 a
Ipê	2,00 b	4,31 c	4,36 a
Milho irrigado	2,42 b	3,61 b	6,08 a
Milho Sequeiro	2,37 b	4,62 b	4,20 a
Capim elefante	4,63 a	5,16 a	4,59 a
Fevereiro 2016			
Preservada	2,14 b	1,00 b	2,38 b
Angico	0,76 c	2,57 a	0,95 c
Capoeira	3,84 a	1,08 b	4,82 a
Ipê	3,80 a	3,37 a	2,82 b
Milho irrigado	2,94 a	2,34 a	2,25 b
Milho Sequeiro	3,69 a	3,37 a	2,83 b
Capim elefante	2,46 b	2,69 a	5,54 a
Abril 2016			
Preservada	2,52 a	2,42 a	3,03 b
Angico	2,67 a	2,77 a	0,56 c
Capoeira	1,90 a	1,23 b	1,48 c
Ipê	2,21 a	3,16 a	5,07 a
Milho irrigado	3,46 a	3,00 a	5,04 a
Milho Sequeiro	2,27 a	1,72 b	2,30 b
Capim elefante	1,93 a	3,30 a	4,25 a
C.V. (%)	35,92		

Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste Scott-Knott a 5% de significância

Por outro lado, na terceira coleta, o impulso na atividade microbiana com o início das chuvas promoveu reduções na mata preservada e capim elefante, ocasionando baixas na incorporação do C pela biomassa e maiores perdas na forma de CO₂ na camada 0-5 cm. Este resultado demonstra que a presença da precipitação diminui a eficiência da biomassa microbiana mesmo em substrato de melhor qualidade. Na camada 5-10 cm as

áreas foram estatisticamente iguais à exceção da mata preservada e capoeira. Na camada 10-20 cm capoeira e capim elefante foram superiores as demais. Contudo, com a manutenção das chuvas e condições de umidade na quarta coleta, o qmic demonstrou estabilidade, não sendo observado diferenças entre as áreas estudadas na camada 0-5 e igualdade entre áreas na camada 5-10 cm à exceção de capoeira e milho sequeiro que foram inferiores aos demais. Na camada mais profunda, 10-20 cm, ipê, milho irrigado demonstraram os melhores resultados.

Estudos têm demonstrado que os quocientes microbianos (qmic) e metabólicos (qCO₂) são sensíveis aos efeitos ambientais e antropogênicos sobre a comunidade microbiana do solo, podendo-se constituir indicadores das perturbações dos ecossistemas (ANDRÉA et al., 2004).

Analisando-se a sazonalidade, o qmic foi demonstrou elevação com a transição da primeira para a segunda coleta, período de estação seca e reduziu novamente com a volta das chuvas na terceira coleta. (Figura 13). Esse comportamento foi observado na maioria das áreas estudadas com exceção para o ipê. As médias variaram de 2,12 a 3,05% na primeira coleta, 2,76 a 4,79% na segunda, 1,43 a 3,56% na terceira e 1,53 a 3,83 % na quarta coleta.

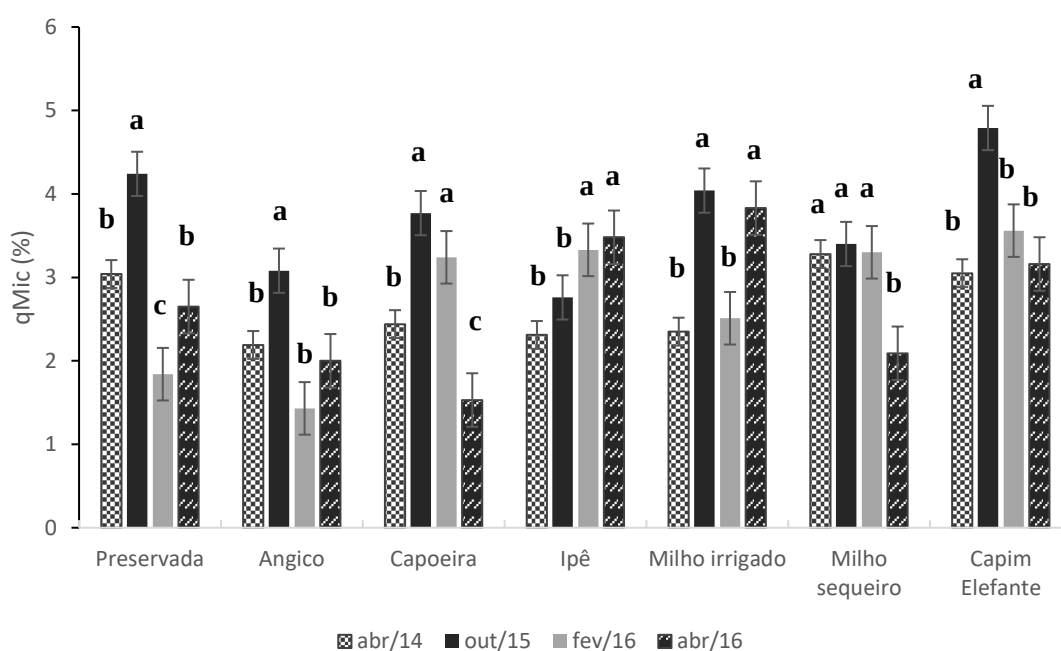


Figura 13. Variação sazonal no qMic em solos com diferentes históricos de uso em Serra Talhada, Pernambuco, 2014-2016.

As variações no q_{mic} , possivelmente decorrem de fatores como maior disponibilidade de oxigênio no solo, alta biomassa microbiana na estação seca, mineralização do carbono resultante de deposição de resíduos acumulados e da própria biomassa microbiana, reduzindo assim sua comunidade no período chuvoso (Martins et al., 2010). O baixo q_{mic} , ainda se constitui um indicativo de que o COT está sendo mais facilmente perdido na forma de CO_2 no período chuvoso. Estes resultados são corroborados por Martins et al., (2010), que verificaram maiores porcentagens de q_{mic} no período seco em ambientes conservado e degradado no semiárido pernambucano.

A liberação de CO_2 na camada 0-5 cm demonstrou efeito significativo apenas nas estações chuvosas. Durante a primeira coleta, as maiores perdas foram observadas na mata preservada e capim elefante (Tabela 8). Esse resultado pode ser atribuído a rápida ciclagem de nutrientes promovida pela alta renovação de biomassa vegetal e pela atividade biológica mais intensa, na área de capim.

Quanto a mata preservada, esse resultado pode estar relacionado ao acúmulo de matéria orgânica decorrente da constante incorporação de resíduos, promovendo dessa forma, elevada biomassa e atividade biológica sobre esse material (ISLABÃO et al., 2011). Também se observou valores intermediários no milho irrigado. Os efeitos do preparo do solo, promovendo perturbações na população microbiana (NASCIMENTO et al., 2009) e a aplicação de esterco ovino (YAZDANPANA et al., 2016), associado a irrigação explicam estes resultados. Os maiores teores, observados nas áreas de capim e milho irrigado nas camadas 5-10 e 10-20 cm onde combinam com o milho safrinha e ipê, demonstram o estímulo a biomassa microbiana e, conseqüente aumento na taxa de respiração decorrentes da distribuição da matéria orgânica entre até maiores profundidades.

A segunda coleta apresentou igualdade entre as áreas quanto as emissões de CO_2 nas camadas 0-5 e 10-20 cm. Nesta época, as elevadas temperaturas e falta de precipitação promovem reduções na atividade microbiana, o que tende a igualar perdas. O capim elefante foi superior aos demais na camada 5-10 cm, provavelmente devido aos níveis mais elevados de umidade do solo. Com a retomada das chuvas na terceira coleta, capim elefante, mata preservada e milho irrigado voltaram a se destacar, com o capim sendo superior aos demais em todas as profundidades. Estudos tem relatado maiores emissões de CO_2 em áreas sob uso agrícola quando comparadas a florestas nativas

(ARAÚJO et al., 2007; CARNEIRO et al., 2008). A redução na oferta de matéria orgânica nessa estação pode ter limitado a mata preservada a teores intermediários, também apresentados pelo milho irrigado. Repetindo a terceira, o capim elefante foi superior as demais áreas na quarta coleta na camada 0-5 cm, combinou com o milho irrigado a 5-10 e angico, milho irrigado e sequeiro a 10-20 cm para as maiores emissões.

Tabela 8. Respiração microbiana em solos com diferentes históricos de uso em Serra Talhada, Pernambuco, 2014-2016.

Áreas	0-5 cm	5-10 cm	10-20 cm
CO ₂ (mg kg ⁻¹)			
Abril 2014			
Preservada	309,51 a	168,33 b	146,61 b
Angico	168,33 c	103,17 c	135,75 b
Capoeira	190,05 c	157,47 b	124,89 b
Ipê	157,47 c	179,19 b	168,33 a
Milho irrigado	233,49 b	222,63 a	179,19 a
Milho Sequeiro	179,19 c	168,33 b	168,33 a
Capim elefante	309,51 a	211,77 a	179,19 a
Outubro 2015			
Preservada	45,61 a	73,68 b	31,57 a
Angico	73,68 a	38,59 b	35,08 a
Capoeira	49,12 a	31,57 b	45,10 a
Ipê	73,68 a	52,63 b	52,63 a
Milho irrigado	63,15 a	59,64 b	49,12 a
Milho Sequeiro	63,15 a	52,63 b	35,08 a
Capim elefante	77,19 a	129,82 a	63,15 a
Fevereiro 2016			
Preservada	204,29 b	100,35 b	96,77 b
Angico	89,60 e	82,43 c	50,17 c
Capoeira	96,77 e	57,34 c	86,01 b
Ipê	78,84 e	103,93 b	68,09 c
Milho irrigado	161,28 c	103,93 b	93,18 b
Milho Sequeiro	139,78 d	68,09 c	64,51 c
Capim elefante	243,72 a	168,45 a	129,02 a
Abril 2016			
Preservada	107,51 b	68,09 b	60,82 a
Angico	64,50 c	43,00 b	28,66 b
Capoeira	64,50 c	50,17 b	35,83 b
Ipê	57,34 c	53,75 b	50,17 b
Milho irrigado	111,10 b	96,76 a	64,50 a
Milho Sequeiro	71,67 c	64,50 b	75,26 a
Capim elefante	168,45 a	114,68 a	89,59 a
C.V. (%)	18,85		

Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste Scott-Knott a 5% de significância

Roscoe et al. (2006) afirmam que uma alta taxa de respiração pode ser interpretada como característica desejável quando se considera que a decomposição dos resíduos orgânicos irá disponibilizar nutrientes para a planta. Entretanto, à medida que a biomassa microbiana se torna mais eficiente, menos carbono é perdido como CO₂ pela respiração e incorporado aos microrganismos de forma mais significativa (CUNHA et al., 2011).

Os efeitos climáticos influenciaram significativamente as emissões de CO₂. As maiores perdas foram observadas durante a época chuvosa, principalmente na primeira coleta (Figura 14). Notadamente, houve reduções em todas as áreas durante a segunda coleta, realizada na estação seca e posteriormente um forte impulso na atividade microbiana com o início das chuvas. Entretanto, observou-se redução dos valores na quarta coleta, o que indica uma redução e estabilidade na atividade microbiana, após a decomposição da matéria orgânica acumulada durante a estação seca, mesmo com a manutenção das condições no período chuvoso.

Verificou-se perdas que variaram de 117,33 a 209,55 kg.ha⁻¹ na primeira coleta, 26,88 a 70,55 na segunda, 60,11 a 125,66 na terceira e 36,55 a 123,77 kg.ha⁻¹ na quarta coleta. Estes resultados evidenciam uma forte relação entre a disponibilidade de água e temperatura do solo com a atividade microbiana, de modo que, o aumento na perda de carbono na forma de CO₂ está condicionado à presença desses fatores.

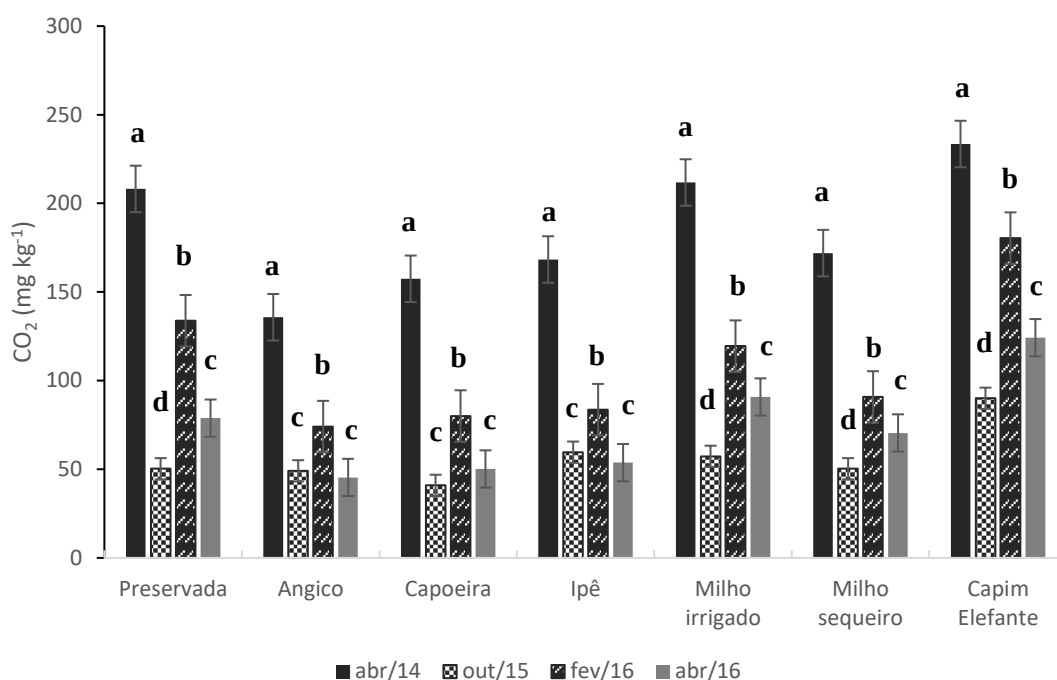


Figura 14. Variação sazonal na respiração microbiana em solos com diferentes históricos de uso em Serra Talhada, Pernambuco, 2014-2016.

Dias (2006), constatou influência da sazonalidade na dinâmica do fluxo de CO_2 do solo, sendo os maiores fluxos obtidos no período chuvoso, corroborando os resultados obtidos neste estudo. López-Ballesteros et al. (2015) estimam que pulsos de chuvas após a estação seca, podem contribuir para perdas de carbono na forma de CO_2 em torno de 40% em ecossistemas semiáridos. Recentemente, Rey et al. (2017), verificou perdas crescentes de C- CO_2 com os aumentos da pluviosidade nesses ecossistemas. Estudando emissões de gases de efeito estufa em diferentes coberturas no semiárido de Pernambuco, Ribeiro et al., (2016), constatou maiores emissões de CO_2 em condições de maior precipitação e umidade do solo.

Os incrementos nas concentrações de qCO_2 na primeira coleta foram significativos nas áreas angico capoeira e capim elefante na camada 0-5 cm (Tabela 9). Este resultado significa, possivelmente, uma condição de estresse ou distúrbio, em decorrência da ação da população microbiana em oxidar o carbono de suas próprias células para sua manutenção e adaptação ao solo (ISLAM e WEIL, 2000). Na camada 5-10, destaca-se o ipê com os maiores valores. Na camada 10-20 não foram observadas diferenças.

Tabela 9. Quociente metabólico em solos com diferentes históricos de uso em Serra Talhada, Pernambuco, 2014-2016.

Áreas	0-5 cm		5-10 cm		10-20 cm	
	qCO ₂ (mg CO ₂ mg ⁻¹ CMS)					
Abril 2014						
Preservada	0,432	b	0,650	b	0,541	a
Angico	0,715	a	0,434	b	0,373	a
Capoeira	0,790	a	0,595	b	0,546	a
Ipê	0,445	b	1,034	a	0,532	a
Milho irrigado	0,459	b	0,651	b	0,526	a
Milho Sequeiro	0,478	b	0,503	b	0,601	a
Capim elefante	0,659	a	0,720	b	0,753	a
Outubro 2015						
Preservada	0,085	a	0,129	a	0,069	a
Angico	0,287	a	0,094	a	0,093	a
Capoeira	0,148	a	0,161	a	0,157	a
Ipê	0,221	a	0,204	a	0,144	a
Milho irrigado	0,209	a	0,164	a	0,103	a
Milho Sequeiro	0,209	a	0,136	a	0,124	a
Capim elefante	0,157	a	0,318	a	0,226	a
Fevereiro 2016						
Preservada	0,363	b	0,624	b	0,342	c
Angico	0,675	a	0,382	c	0,985	a
Capoeira	0,428	b	0,808	a	0,298	c
Ipê	0,324	b	0,351	c	0,352	c
Milho irrigado	0,402	b	0,363	c	0,708	b
Milho Sequeiro	0,512	b	0,349	c	0,424	c
Capim elefante	0,710	a	0,612	b	0,389	c
Abril 2016						
Preservada	0,195	b	0,196	c	0,278	b
Angico	0,222	b	0,169	c	0,656	a
Capoeira	0,419	a	0,958	a	0,557	a
Ipê	0,249	b	0,203	c	0,138	b
Milho irrigado	0,307	b	0,339	b	0,227	b
Milho Sequeiro	0,465	a	0,486	b	0,540	a
Capim elefante	0,583	a	0,386	b	0,252	b
C.V. (%)			34,49			

Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste Scott-Knott a 5% de significância

Não se observou diferenças nas três profundidades avaliadas, durante segunda coleta, possivelmente em virtude das reduções na atividade microbiana nesta época. Estimulado pelos impulsos na atividade dos microrganismos na terceira coleta o qCO₂ volta a se elevar nas áreas angico e capim elefante a 0-5 cm. Capoeira a 5-10 e angico a 10-20 cm, destacam nas camadas mais profundadas

Em se tratando da quarta coleta, as áreas capoeiras, milho sequeiro e capim elefante foram superiores as demais na camada 0-5 cm. Possivelmente, a manutenção das chuvas, estimulou a atividade microbiana na capoeira e milho sequeiro, promovendo estresse aos microrganismos devido à ausência de matéria orgânica nessas áreas. Em maiores profundidades, a capoeira atingiu valores significativos na camada 5-10 e 10-20 combinado ao angico e milho sequeiro.

Cabe destacar que, incorporação de resíduos de culturas ao solo aumenta o quociente metabólico (OCIO e BROOKES, 1990). Neste estudo verificou-se um aumento significativo na deposição de biomassa vegetal, refletido no COT, bem como elevada eficiência na incorporação desse carbono pela biomassa microbiana (q_{mic}) no capim elefante. Por sua vez, os menores valores de q_{CO_2} encontrados nas demais áreas, reflete uma condição de maior eficiência na utilização de energia, indicando o estado de equilíbrio (ANDERSON e DUMSCH, 2010).

Estudos demonstram que a quantidade de CO_2 liberada por unidade de biomassa microbiana em determinado tempo, têm apresentado variações sensíveis, podendo ser utilizados como indicadores da qualidade do solo, em razão dos diferentes sistemas de uso e manejo do solo (DINESH e CHAUDHURI, 2013; JIA e LIU, 2017).

Considerando os períodos avaliados, verificou-se aumentos significativos do q_{CO_2} durante as coletas realizadas nas estações chuvosas, quando comparadas com a estação seca. Também houve diferenças entre as coletas realizadas no período com chuvas, sendo a terceira superior a quarta coleta (Figura 13). Esse comportamento, foi característico na maioria das áreas.

Os valores obtidos variaram de 0,50 a 0,71 na primeira, 0,09 a 0,23 na segunda, 0,34 a 0,68 na terceira e 0,19 a 0,64 na quarta coleta. O elevado q_{CO_2} durante os períodos chuvosos pode ser explicado pela intensa atividade microbiana promovida pelas condições de alta precipitação pluviométrica manutenção da umidade do solo.

No bioma caatinga, Martins et al., (2010) verificaram maiores incrementos no q_{CO_2} no período chuvoso em ambiente conservado. Contudo, os autores não verificaram variações significativas em função dos efeitos climáticos em ambientes degradados.

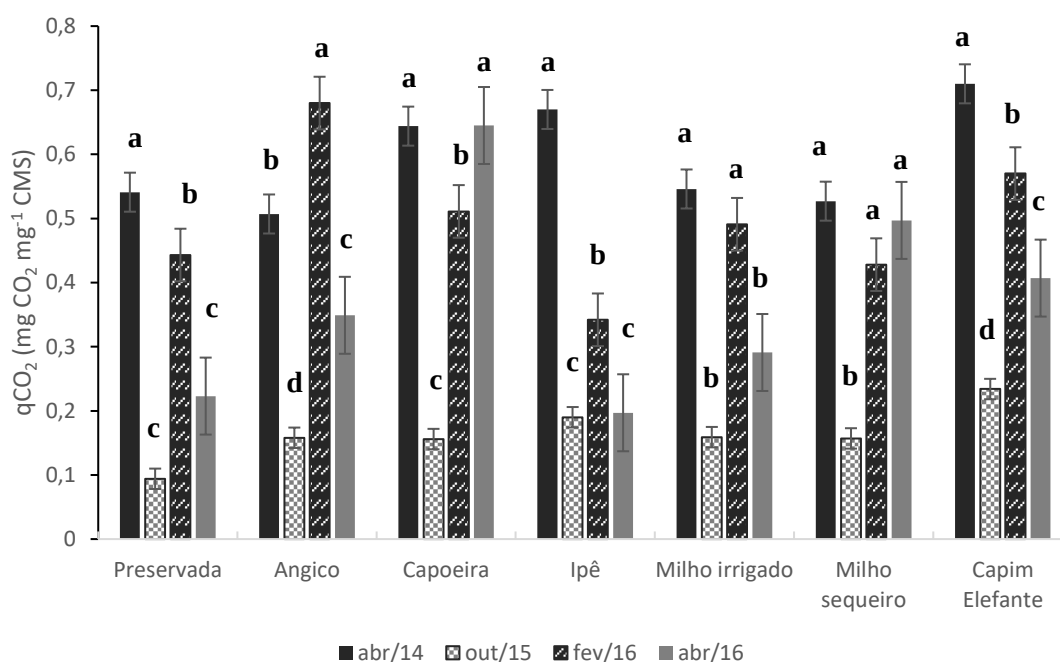


Figura 15. Variação sazonal no qCO_2 em solos com diferentes históricos de uso em Serra Talhada, Pernambuco, 2014-2016.

3.2 Análise multivariada

Para melhor entendimento dos efeitos dos usos do solo e períodos de coleta efetuou-se análise de componentes principais (PCA, fator 1 e fator 2), para o carbono orgânico total (COT), estoques de carbono (ECOT), carbono solúvel em água (CSA), carbono da biomassa microbiana do solo (CBMS), emissões de carbono (CO_2), umidade (UM) e armazenamento de água no solo (ARM) nas camadas 0-5, 5-10 e 10-20 cm de profundidade (Tabela 10).

A PCA considerou os dois primeiros fatores com um valor cumulativo de 70% para essas variáveis na camada 0-5, 64% na camada 5-10 e 68% na camada 10-20 cm. Observa-se na camada mais superficial que a PC1 explica 44% das variações, seguindo a ordem de importância $CO_2 > CBMS > UM > ARM > COT > ECOT$. Já a PC2 explica 26%, com maior sensibilidade para o CSA. A camada 5-10 cm teve 41% das suas variações explicadas pela PC1, onde se observou sensibilidade em todas as variáveis, na

ordem ECOT > UM > CO₂ > COT > CBMS > CSA. A PC2 explica 23% da variação. Na camada 10-20 cm observou-se 40% das variações explicadas pela PC1, com a COT, ECOT, CSA e CO₂ demonstrando-se mais sensíveis. 28% das variações são explicadas pela PC2. Neste fator as variáveis mais importantes foram UM, ARM e CBMS. Essas correlações também podem ser observadas na figura 13A,C,E.

Tabela 10. Correlação entre as frações do carbono orgânico, umidade e armazenamento de água em solos com diferentes históricos de uso em Serra talhada, Pernambuco, 2014-2016.

	Camada 0-5 cm		Camada 5-10 cm		Camada 10-20 cm	
	PC1	PC2	PC1	PC2	PC1	PC2
COT	-0.71	-0.62	-0.68	-0.66	-0.82	-0.42
ECOT	-0.71	-0.62	-0.72	-0.53	-0.86	-0.29
CSA	-0.17	-0.47	-0.40	0.29	-0.39	0.06
CBMS	-0.74	-0.18	-0.59	-0.17	-0.41	-0.59
CO ₂	-0.78	0.40	-0.68	-0.09	-0.69	-0.15
UM	-0.72	0.58	-0.69	0.64	-0.56	0.82
ARM	-0.62	0.59	-0.67	0.64	-0.56	0.82
Eigenvalue	3.09	1.88	2.87	1.66	2.83	1.98
% Total	44.15	26.79	41.03	23.73	40.39	28.31
Cumulative	3.09	4.97	2.87	4.53	2.83	4.81
Cumulative	44.15	70.95	41.03	64.76	40.39	68.70

Embora tenha apresentado sobreposição, verifica-se na figura 16b (0-5 cm) que as variáveis influenciaram os diferentes usos do solo em épocas distintas. Posicionadas no quadrante superior e inferior esquerdo, as coletas realizadas em abril de 2014 e abril de 2016 tiveram maior correlação com as variáveis estudadas. Resultados semelhantes também foram observados nas camadas 5-10 (Figura 16D) e 10-20 cm (Figura 16F). Assim sendo, pode-se confirmar que as coletas foram realizadas em períodos com características distintas, principalmente no que se refere aos períodos de transição e que mesmo pequenas variações nas condições climáticas, como as verificadas nas coletas três e quatro, realizadas na mesma estação chuvosa influenciam na dinâmica do carbono orgânico do solo.

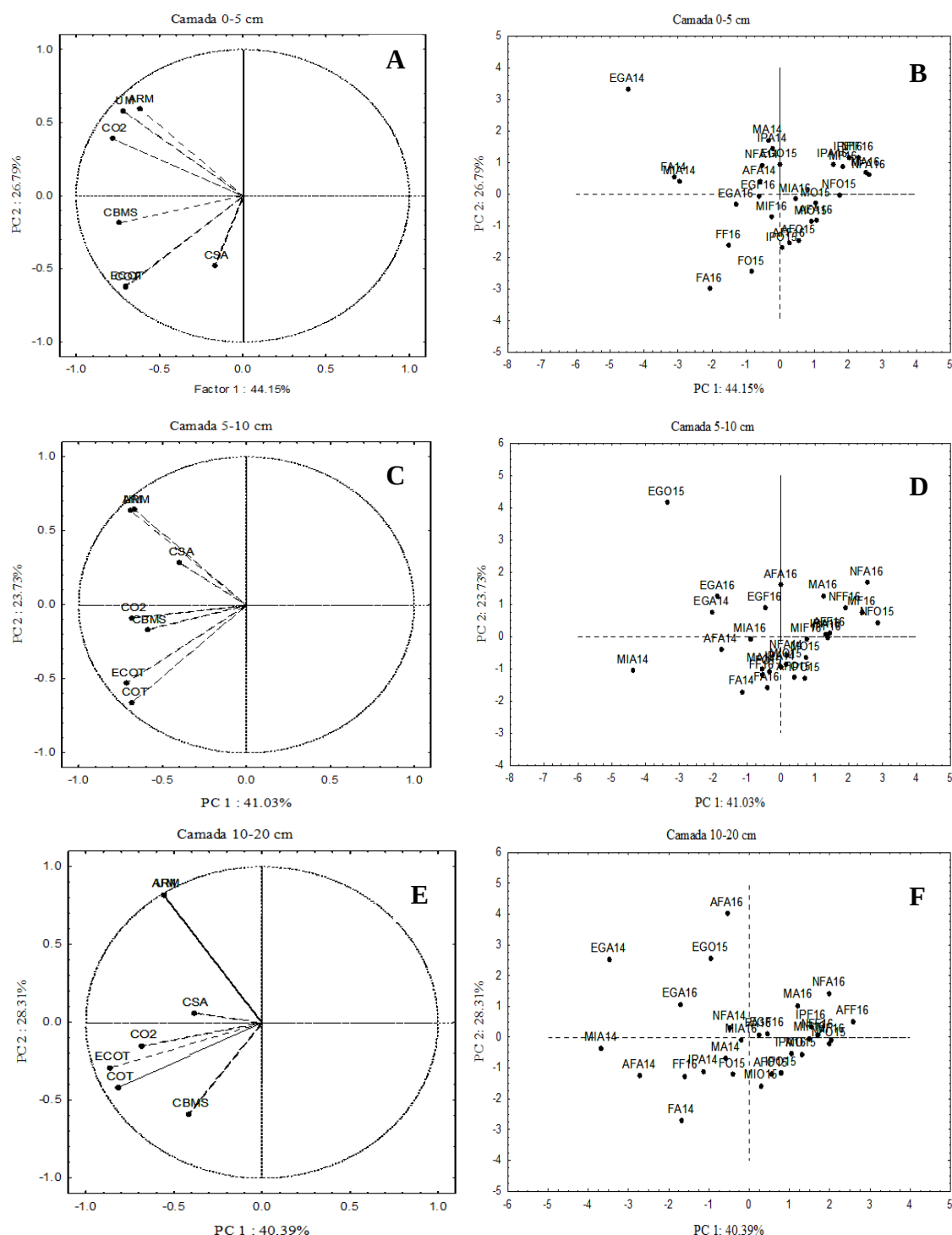


Figura 16. Diagrama de projeção de vetores das frações do carbono orgânico, umidade e armazenamento de água no solo obtidos pela análise de componentes principais (PCA) nas camadas 0-5 cm (A), 5-10 cm (C), 10-20 cm (E) e diagramas de ordenação dos principais componentes nas camadas 0-5 cm (B), 5-10 cm (D) e 10-20 cm (F) em solos com diferentes históricos de uso no semiárido de Pernambuco. F=Mata preservada; AF=angico; NF=capoeira; IP= ipê; MI= milho irrigado; M= milho sequeiro; EG= capim elefante.

4. CONCLUSÃO

As variações climáticas têm forte influência sobre a dinâmica do carbono orgânico, regulando as entradas e saídas da matéria orgânica do solo e sua mineralização.

Dependendo do manejo, florestas convertidas em áreas de exploração agrícola podem manter ou reduzir os níveis de carbono orgânico no solo.

A manutenção do carbono orgânico do solo com a implantação do cultivo de milho irrigado se mostrou pouco resiliente, reduzindo acentuadamente a longo prazo.

A combinação do uso da terra com as condições climáticas potencializa as perdas do carbono orgânico do solo, contribuindo com os aumentos de CO₂ na atmosfera.

Todas as frações do carbono orgânico estudadas se mostraram sensíveis aos efeitos do uso agrícola e condições climáticas, principalmente as relacionadas aos microrganismos do solo.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABDULLAH, A.S. Minimum tillage and residue management increase soil water content, soil organic matter and canola seed yield and seed oil content in the semiarid areas of Northern Iraq. **Soil Tillage Res.**, v.144, p.150–155, 2014.
- ÁLVARO-FUENTES, J.; MORELL, F.J.; MADEJÓN, E.; LAMPURLANÉS, J.; ARRÚE, J.L.; CANTERO-MARTÍNEZ, C. Soil biochemical properties in a semiarid Mediterranean agroecosystem as affected by long-term tillage and N fertilization. **Soil Tillage Res.**, v.129, p.69–74, 2013.
- ALVES, B. J. R. et al. Dinâmica de carbono em solos sob pastagens. In: SANTOS, G. de A. et al. (eds.). **Fundamentos da matéria orgânica do solo: Ecossistemas tropicais e subtropicais**. 2. ed. Porto Alegre: Metrópole, 2008. 654 p.
- ALVARENGA, M. I. N.; SIQUEIRA, J. O.; DAVIDE, A. C. Teor de Carbono, biomassa microbiana, agregação e micorriza em solos de cerrado com diferentes usos. **Ciênc Agrotéc**, Lavras, v.23, n.3, p. 617-625, 1999.
- ANDERSON, T.H.; DOMSCH, K.H.; Soil microbial biomass: the eco-physiological approach. **Soil Biology Biochemistry**, 42 (12), p. 2039–2043, 2010.
- ANDRÉA, A.F. d'; SILVA, M.L.N.; CURI, N.; GUILHERME, L.R.G. Estoque de carbono e nitrogênio e formas de nitrogênio mineral em um solo submetido a diferentes sistemas de manejo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 39, n. 2, p. 179-186, 2004.
- 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, p.1099-1108, 2007.
- ATICHO, A.; Evaluating organic carbono storage capacity of forest soil: case stud in Kafa Zone Bitá District, Southwestern Ethiopia. *Am.-Eurasian J. Agric. Environ. Sci.* v.13, p.95–100, 2013
- BARTLETT, R.J; ROSS, D.S. Colorimetric determination of oxidizable carbono in acid soil solutions. **Soil Scienc Society of American Journal, Madison**, v. 52, n.4, p. 1191-1192. 1988. doi:10.2136/sssaj1988.03615995005200040055x.

- BELL, C.; MCINTYRE, N.; COX, S.; TISSUE, D.; ZAK, J. Soil microbial responses to temporal variations of moisture and temperature in a Chihuahuan Desert Grassland. **Microbial Ecology**, 56, p. 153–167, 2008
- BERG, B. Litter decomposition and organic matter turnover in northern forest soils. **Forest Ecology and Management**, v. 133, n. 1, p. 13–22, 2000.
- BEUCHLE, R.; GRECCHI, R.C.; SHIMABUKURO, Y.E.; SELIGER, R.; EVA, H.D.; SANO, E.; ACHARD, F. Land cover changes in the Brazilian Cerrado and Caatinga biomes from 1990 to 2010. based on a systematic remote sensing sampling approach. **Appl. Geogr.**, 58 (2), pp. 116–127, 2015 <http://dx.doi.org/10.1016/j.apgeog.2015.01.017>
- BASTIDA, F.; TORRES, I.F.; ROMERO-TRIGUEROS, C.; BALDRIAN, P.; VETROVSKÝ, T.; BAYONA, J.M.; ALARCON, J.J.; HERNANDEZ, T.; GARCÍA, C.; NICOLAS, E. Combined effects of reduced irrigation and water quality on the soil microbial community of a citrus orchard under semi-arid conditions. **Soil Biology & Biochemistry**. 104, p.226–237, 2017.
- BIAZIN, B.; STERK, G. Drought vulnerability drives land-use and land cover changes in the Rift Valley dry lands of Ethiopia. **Agric. Ecosyst. Environ.**, 164, p. 100–113, 2013
- BIAZIN, B.; STROOSNIJDER, L. To tie or not to tie ridges for water conservation in the Rift Valley dry lands of Ethiopia. **Soil Tillage Res.**, 124, p. 83–89, 2012.
- BLOOR, J.M.G.; BARDGETT, R.D. Stability of above-ground and below-ground processes to extreme drought in model grassland ecosystems: interactions with plant species diversity and soil nitrogen availability. *Perspect.* **Plant Ecol. Evol. Syst.**, 14, p. 193–204, 2012.
- CARNEIRO, M. A. C.; ASSIS, P. C. R.; MELO, L. B. de C.; PEREIRA, H. S.; PAULINO, H. B.; SILVEIRA NETO, A. N. da. Atributos bioquímicos em dois solos de cerrado sob diferentes sistemas de manejo e uso. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v.38, p.276–283, 2008.
- CHEN, H., MARHAN, S., BILLEN, N., STAHL, K. Soil organic carbon and total nitrogen stocks as affected by diferente land uses in Baden-Wurttemberg (southwest Germany). **J. Plant Nutr. Soil Sci.** 172, 32–42, 2009.
- CHEN, X.L.; WANG, D.; CHEN, X.; WANG, J.; DIAO, J.J.; ZHANG, J.Y.; GUAN, Q.W. Soil microbial functional diversity and biomass as affected by different thinning intensities in a Chinese fir plantation. **Appl. Soil Ecol.**, 92, p. 35–44, 2015.

- CHILUNDO, M.; JOEL, A.; WESSTRÖMB, I.; BRITOA, R.; MESSING, I. Response of maize root growth to irrigation and nitrogen management strategies in semi-arid loamy sandy soil. **Field Crops Research**, v.200, p.143–162, 2017.
- COSTA, F. S.; BAYER, C.; ZANATTA, J. A.; MIELNICZUK, J. Estoque de carbono orgânico no solo e emissões de dióxido de carbono influenciadas por sistemas de manejo no sul do Brasil. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.32, p.323-332, 2008. doi.org/10.1590/S0100-06832008000100030
- CUNHA, E. D. Q.; STONE, L. F.; FERREIRA, E. P. D. B.; DIDONET, A. D.; MOREIRA, J. A. A.; LEANDRO, W. M. Sistemas de preparo do solo e culturas de cobertura na Produção orgânica de feijão e milho: II - atributos biológicos do solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, MG, v. 35, p. 603-611, 2011.
- DENG, Q.; CHENG, X.L.; HUI, D.F.; ZHANG, Q.; LI, M.; Q.F. Soil microbial community and its interaction with soil carbon and nitrogen dynamics following afforestation in central China. **Sci. Total Environ.**, v. 541, p. 230–237, 2016.
- DIAS, J. **Fluxo de CO₂ Proveniente da Respiração do solo em áreas de floresta nativa da Amazônia**. Piracicaba: Universidade de São Paulo, 2006. 88p. Dissertação de Mestrado.
- DINESH, R. S.; CHAUDHURI, G. Soil biochemical/microbial indices as ecological indicators of land use change in mangrove forests. **Ecological Indicators**, v.32, p.253–258, 2013.
- EMBRAPA – CENTRO NACIONAL DE PESQUISA DE SOLO. **Manual de métodos e análises de solo**. 2.ed. Rio de Janeiro, RJ: EMBRAPA Solos, 2011. 230p. - (Documentos/Embrapa Solos, ISSN 1517-2627;132)
- FERREIRA, E. A. B.; RESCK, D. V. S.; GOMES, A. C.; RAMOS, M. L. G. Dinâmica do carbono da biomassa microbiana em cinco épocas do ano em diferentes sistemas de manejo do solo no cerrado. **R. Bras. Ci. Solo**, v.31, p.1625-1635, 2007.
- FERREIRA, D. F. **Sisvar: sistema de análise de variância para dados balanceados**, versão 5.1 Build 72. Lavras: DEX/ UFLA, 2003
- GALDOS, M. V.; CERRI, C. C.; CERRI, C. E. P. Soil carbon stocks under burned and unburned sugarcane in Brazil. **Geoderma**, v.153, p.347-352, 2009.

- GALINDO, I.C.L. **Relações solo-vegetação em áreas sob processo de desertificação no Estado de Pernambuco**. Recife, Universidade Federal de Pernambuco, 2007. 255p. (Tese de Doutorado)
- GAMA-RODRIGUES, E.F. da; A.C. da. Biomassa microbiana e ciclagem de nutrientes. In: SANTOS, G. A.; SILVA, L.S. CANELLAS, L.P.; CAMARGO, F.A. O. (Ed.). Fundamentos da matéria orgânica do solo: ecossistemas tropicais e subtropicais. 2.ed. rev. e atual. Porto Alegre: Metrópole, 2008. p.159-170
- GARCIA, M. R. L.; NAHAS, E. Biomassa e atividades microbianas em solo sob pastagem com diferentes lotações de ovinos. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 31, n. 2, p. 269-276, 2007.
- GEISSELER, D.; HORWATH, W.R. Short-term dynamics of soil carbon, microbial biomass, and soil enzyme activities as compared to longer-term effects of tillage in irrigated row crops. **Biol. Fertil. Soils**, v.46, p. 65–72, 2009.
- GIONGO, V.; CUNHA, T. J. F.; MENDES, A. S. M.; GAVA, C. A. T. Carbono no Sistema Solo-Planta no Semiárido Brasileiro. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v.06, p.1233-1253, 2011.
- GUGGENBERGER, G.; ZECH, W. Composition and dynamics of dissolved carbohydrates and lignin-degradation products in two coniferous forests, N.E. Bavaria, Germany. **Soil Biol. Biochem.**, v.26, p. 19–27, 1994.
- ISLABÃO, G.O.; TIMM, L.C.; CASTILHOS, D.D.; PRESTES, R.B. & BAMBERG, A.L. Carbono da biomassa e atividade microbiana em solos cultivados com morango no município de Turuçu/RS. Disponível em: <http://www.ufpel.edu.br/cic/2008/cd/pages/pdf/CA/CA_00507.pdf>. Acesso em 02 maio de 2011.
- ISLAM, K. R.; WEIL, R. R. Land use effects on soil quality in a tropical forest ecosystem of Bangladesh. **Agriculture Ecosystems and Environment**, v.79, p.9-16, 2000.
- JIA, G.; LIU, X. Soil microbial biomass and metabolic quotient across a gradient of the duration of annually cyclic drainage of hillslope riparian zone in the three gorges reservoir área. **Ecological Engineering**, v.99, p.366–373, 2017.
- KALBITZ, K.; SOLINGER, S.; PARK, J. H.; MICHALZIK, B.; MATZNER, E. Controls on the dynamics of dissolved organic matter in soils: a review. **Soil Science**, v. 165, p.

277-304, 2000.

- KANCHIKERIMATH, M.; SINGH, D. Soil organic matter and biological properties after 26 years of maize-wheat-cowpea cropping as affected by manure and fertilization in a Cambisol in semiarid region of India. **Agric. Ecosys. Environ.**, v.86, p. 155-162, 2001.
- LAIK, R.; KUMAR, K.; DAS, D.K.; O.P. Chaturvedi. Labile soil organic matter pools in a calciorthent after 18 years of afforestation by different plantations. **Appl. Soil Ecol.**, v.42, p. 71–78, 2009.
- LAUDICINA, V.A.; BADALUCCO, L.; PALAZZOLO, E. Effects of compost input and tillage intensity on soil microbial biomass and activity under Mediterranean conditions. **Biol. Fertil. Soils**, v.47, p. 63–70, 2011.
- LI, S.-X.; WANG, Z.-H.; MALHI, S.S.; LI, S.-Q.; GAO, Y.; TIAN, X.-H. Nutrient and water management effects on crop production, and nutrient and water use efficiency in dryland areas of China. **Adv. Agron.**, v.102, p. 223–265, 2009. [http://dx.doi.org/10.1016/S0065-2113\(09\)01007-4](http://dx.doi.org/10.1016/S0065-2113(09)01007-4)
- LOPES, A. A. C.; SOUSA, D. M. G.; CHAER, G. M.; GOEDERT, W. J.; MENDES, I. C. Interpretation of microbial soil indicators as a function of crop yield and organic carbon. *Soil Science Society of America Journal*, v. 77, n. 2, p. 461-472, 2012.
- LÓPEZ-BALLESTEROS, A., SERRANO-ORTIZ, P., SÁNCHEZ-CAÑETE, E.P., ET AL. Enhancement of the net CO₂ release of a semiarid grassland in SE Spain by rain pulses. **J. Geophys. Res. Biogeosci.** 121, 2015. <http://dx.doi.org/10.1002/2015JG003091>.
- LOSS, A.; PEREIRA, M.G.; BEUTLER, S.J.; PERIN, A.; ANJOS, L.H.C. Carbono mineralizável, carbono orgânico e nitrogênio em macroagregados de Latossolo sob diferentes sistemas de uso do solo no Cerrado Goiano. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v.34, n.5, p.2153-2168. 2013. doi.org/10.5433/1679-0359.2013v34n5p2153.
- LOZANO-GARCÍA, B.; MUÑOZ-ROJAS, M. PARRAS-ALCÁNTA, L. Climate and land use changes effects on soil organic carbon stocks in a Mediterranean semi-natural area. **Science of the Total Environment**, v.579, p.1249–1259, 2017.
- MACDONALD, J. D.; CHANTIGNY, M. H.; ANGERS, D. A.; ROCHETTE, P.; ROYER, I.; GASSER, M. Soil soluble carbon dynamics of manured and unmanured grasslands following chemical kill and ploughing. **Geoderma**, v.164, p.64–72, 2011.

- MARTINS, C.M.; GALINDO, I. C. L.; SOUZA, E. R. POROCA, H. A. Atributos químicos e microbianos do solo de áreas em processo de desertificação no semiárido de Pernambuco. **R. Bras. Ci. Solo**, v.34, p.1883-1890, 2010
- MEDRADO, R.D. **Alternativas de manejo de coberturas de solo no inverno: decomposição e qualidade da matéria orgânica**. Curitiba: Universidade Federal do Paraná, 2008, 206p. Dissertação de Mestrado.
- MEDEIROS, E. V.; DUDA, G. P.; SANTOS, L. A. R.; LIMA, J. R. S.; Almeida-Cortêz, J. S.; Hammecker, C.; Lardy, L.; Cournac, L. Soil organic carbon, microbial biomass and enzyme activities responses to natural regeneration in a tropical dry region in Northeast Brazil. **Catena**, v.151, p. 137–146, 2017.
- MENDONÇA, E. S.; MATOS, E. S. **Matéria orgânica do solo: Métodos de análises**. Viçosa: UFV. 2005, p.86-92.
- MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE. Secretaria de Biodiversidade e Florestas. (2017) Caatinga. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/biomas/caatinga>>. Acesso em: 05 abr
- MOREIRA, F.M.S; SIQUEIRA, J.O. **Microbiologia e bioquímica do solo**. Editora UFLA, Lavras. 2002. 626p.
- NACRY, P.; BOUGUYON, E.; GOJON, A. Nitrogen acquisition by roots: physiological and developmental mechanisms ensuring plant adaptation to a fluctuating resource. **Plant Soil**, v.370, p. 1–29, 2013. <http://dx.doi.org/10.1007/s00374-015-1069-1>
- NASCIMENTO, J. B.; CARVALHO, G. D.; CUNHA, E. Q.; FERREIRA, E. P. D. B.; LEANDRO, W. M.; DIDONET, A. Determinação da biomassa e atividade microbiana do solo sob cultivo orgânico do feijoeiro-comum em sistemas de plantio direto e convencional após cultivo de diferentes espécies de adubos verdes. **Revista Brasileira de Agroecologia**, Porto Alegre, v. 4, n. 2, 2009.
- NEUMANN-COSEL, L.; ZIMMERMANN, B.; HALL, J.S.; BREUGEL, M.; VAN ELSSENBEER, H. Soil carbon dynamics under young tropical secondary forests on former pastures – A case study from Panama. **Forest Ecology and Management**, v.261, p.1625-1633, 2011.
- OCIO, J. A.; BROOKES, P. C. An evaluation of methods for measuring the microbial biomass in soils following recent additions of wheat straw and characterization of the biomass that develops. **Soil Biology and Biochemistry**, v. 22, n. 5, p. 685-694, 1990.

- OLIVEIRA J.T.; MOREAU A.M.S.S.; PAIVA A.Q.; MENEZES A.A.; COSTA O.V.;
Características físicas e carbono orgânico de solos sob diferentes tipos de uso da terra. **R. Bras. Ci. Solo.** 32:2821-9, 2008
- OLIVEIRA, S.P.; LACERDA, N.B.; BLUM, S.C.; ESCOBAR, M.O.P.; OLIVEIRA, T.S. Organic carbon and nitrogen stocks in soils of northeastern brazil converted to irrigated agriculture. **Land Degradation & Development.** v.26, p. 9–21. 2015. doi: 10.1002/ldr.2264
- PETERSON, M.E.; CURTIN, D.; THOMAS, S.; CLOUGH, T.J.; E.D. Meenken. Denitrification in vadose zone material amended with dissolved organic matter from topsoil and subsoil. **Soil Biol. Biochem.**, v.61, p. 96–104, 2013.
- PLACELLA, S.; BRODIE, E.L.; M.K. Firestone, Rainfall-induced carbon dioxide pulses result from sequential resuscitation of phylogenetically clustered microbial groups. **Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America**, v.109, p. 10931–10936, 2012.
- PORTUGAL, A.F.; JUCKSCH, I.; SCHAEFER, C.E. G.R.; WENDLING, B.
Determinação de estoques totais de carbono e nitrogênio e suas frações em sistemas agrícolas implantados em argissolo vermelho-amarelo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo** [online]. v. 32, n.5, p.2091-2100. 2008. doi.org/10.1590/S0100-06832008000500030.
- PORET-PETERSON, A.T.; JI, B.M.; ENGELHAUPT, E.; GULLEDGE, J. Soil microbial biomass along a hydrologic gradient in a subsiding coastal bottomland forest: implications for future subsidence and sea-level rise. **Soil Biol. Biochem.**, v.39, n.2, p. 641–645, 2007
- PRAGANA, R.B.; RIBEIRO, M.R.; NÓBREGA, J.C.A.; RIBEIRO FILHO, M.R.; COSTA, J.A. Qualidade física de Latossolos Amarelos sob plantio direto na região do Cerrado piauiense. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v.36, p.1591-1600, 2012. <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-06832012000500023>.
- QUEIROZ, L.P. **Leguminosas da Caatinga**. Feira de Santana: Universidade Estadual de Feira de Santana, p.467, 2009
- REY, A.; PETSIKOS, C.; JARVIS, P.G.; GRACE, J. Effect of temperature and moisture on rates of carbon mineralization in a Mediterranean oak forest soil under controlled and field conditions. **European Journal of Soil Science**, v.56, p. 589–599, 2005.

- REY, A.; OYONARTE, C.; MORÁN-LÓPEZ, T.; RAIMUNDO, J. Changes in soil moisture predict soil carbon losses upon rewetting in a perennial semiarid steppe in SE Spain Pegoraro, E. **Geoderma**, v.287, p.135–146, 2017.
- RIBEIRO, K.; SOUSA-NETO, E. R.; JUNIOR, J. A. C.; LIMA, J. R. S.; MENEZES, R. S. C.; DUARTE-NETO, P. J.; GUERRA, G. S.; OMETTO, J. P. H. B. Land cover changes and greenhouse gas emissions in two different soil covers in the Brazilian Caatinga. **Science of the Total Environment**, v. 571, p.1048–1057, 2016.
- ROSCOE, R.; MERCANTE, F. M.; SALTON, J. C. Dinâmica da matéria orgânica do solo em sistemas conservacionistas: modelagem matemática e métodos auxiliares. Dourados: **Embrapa Agropecuária Oeste**, 2006.
- ROSENZWEIG, S. T.; CARSON, M. A.; BAER, S. G.; BLAIR, J. M. Changes in soil properties, microbial biomass, and fluxes of C and N in soil following postagricultural grassland restoration. **Applied Soil Ecology**. v. 100, p. 186-194, 2016.
- SCHMITT, A.; GLASER, B. Organic matter dynamics in a temperate forest soil following enhanced drying. **Soil Biol. Biochem.**, v.43, p. 478–489, 2011.
- SILVA, E.E.; AZEVEDO, P.H.S.; DE-POLLI, H. **Determinação da respiração basal (RBS) e quociente metabólico do solo (qCO₂)**. EMBRAPA Agrobiologia, Seropédica, RJ. Comunicado Técnico 99, 2007. p:1-4.
- SILVA et al.; **Zoneamento Agroecológico de Pernambuco – ZAPE**. Embrapa Solos. UEP Recife. 2001.
- SILVA, R.R.; SILVA, M.L.N.; CARDOSO, E.L.; MOREIRA, F.M.S.; CURI, N. & ALOVISI, A.M.T. Biomassa e atividade microbiana em solo sob diferentes sistemas de manejo na região fisiográfica Campos das Vertentes - MG. **R. Bras. Ci. Solo**, 34:1585-1592, 2010.
- SILVAI, C. F.; PEREIRA, M. G.; MIGUEL, D. L.; FEITORA, J. C. F.; LOSS, A.; MENEZES, C. E. G.; SILVA, E. M. R. Carbono orgânico total, biomassa microbiana e atividade enzimática do solo de áreas agrícolas, florestais e pastagem no médio Vale do Paraíba do Sul (RJ). **Rev. Bras. Ciênc. Solo**, v.36 n.6, 2012.
- SIX, J.; FREY, S.D.; THIET, R.K.; BATTEN, K.M. Bacterial and fungal contributions to carbon sequestration in agroecosystems. **Soil Sci. Soc. Am. J.**, v.70, p. 555, 2006.
- SMITH, P.; DAVIES, C.A.; OGLE, S.; ZANCHI, G.; BELLARBY, J.; BIRD, N.; BODDEY, R.M.; MCNAMARA, N.P.; POWLSON, D.; COWIE, A.; NOORDWIJK,

- M.; DAVIS, S.C.; RICHTER, D.D.E.B; KRYZANOWSKI, L.; WIJK, M.T.; STUART, J.; KIRTON, A.; EGGAR, D.; NEWTON-CROSS, G.; ADHYA, T.K; A.K. Braimoh
Towards an integrated global framework to assess the impacts of land use and management change on soil carbon: current capability and future vision. **Glob. Chang. Biol.**, v., p. 2089–2101, 2012.
- SMITH, P., HOUSE, J.I., BUSTAMANTE, M., SOBOCKÁ, J., HARPER, R., PAN, G., WEST, P.C., CLARK, J.M.; ADHYA, T., RUMPEL, C. Global change pressures on soils from land use and management. **Glob. Chang. Biol.** v.22, p.1008–1028, 2016.
- 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. doi:10.1071/SR9920195.
- VAN GROENIGEN, K.J., QI, X., OSENBURG, C.W., LUO, Y.Q., HUNGATE, B.A. Faster decomposition under increased atmospheric CO₂ limits soil carbon storage. **Science**, v.344, p.508–509, 2014.
- VAN HESS, P. A. W.; JONES D. L.; FINLAY, R.; GODBOLD, D. L.; LUNDSTRÖM, U. S.The carbon we do not see – the impact of low molecular weight compounds on carbon dynamics and respiration in forest soils: A review. **Soil Biology and Biochemistry**, v. 37, p. 1-13. 2005.
- VAN LEEUWEN, J.P.; DJUKIC, I.; BLOEM, J.; LEHTINEN, T.; HEMERIK, L.; RUITER, P.C.; LAIR, G.J. Effects of land use on soil microbial biomass, activity and community structure at different soil depths in the Danube floodplain. **European Journal of Soil Biology**, v.79, p.14-20, 2017.
- VILLARINO, S.H.; STUDDERT G. A.; BALDASSINI, P.; CENDOYA, M. G. CIUFFOLI, L; MASTRÁNGELO, M. PIÑERO, G. Deforestation impacts on soil organic carbon stocks in the Semiarid Chaco Region, Argentina. **Science of the Total Environment**, v.575, p.1056–1065, 2017
- XIONG, X., GRUNWALD, S., MYERS, D.B., ROSS, C.W., HARRIS, W.G., COMERFORD, N.B. Interaction effects of climate and land use/land cover change on soil organic carbon sequestration. **Sci. Total Environ.** v.493, p.974–982. 2014
- WANG, Z.; LIU, S.; HUANG, H.; LIU, Y.;BU, Z. Impact of land use change on profile distributions of organic carbon fractions in peat and mineral soils in Northeast China. **Catena**, v.152, p.1–8, 2017. <http://dx.doi.org/10.1016/j.catena.2016.12.022>

- WANG, B., XUE, S., LIU, G.B., ZHANG, G.H., LI, G., REN, Z.P. Changes in soil nutrient and enzyme activities under different vegetation in the Loess Plateau area, Northwest China. **Catena**, v.92, p.186–195, 2012. <http://dx.doi.org/10.1016/j.catena.2011.12.004>.
- WARDLE, D. A.; HUNGRIA, M. A. A biomassa microbiana do solo e sua importância nos ecossistemas terrestres. In: ARAÚJO, R. S.; HUNGRIA, M. A. (Eds.). **Microorganismos de importância agrícola**. Brasília, DF: Embrapa-SPI, p. 193-216, 1994.
- WU, H.P.; ZENG, G.M.; LIANG, J.; ZHANG, J.C.; CAI, Q.; HUANG, L.; LI, X.D.; ZHU, H.N.; HU, C.X.; SHEN, S. Changes of soil microbial biomass and bacterial community structure in Dongting Lake: impacts of 50,000 dams of Yangtze River. **Ecol. Eng.**, v.57, p.72–78, 2013.
- WU, X.; LI, Z.; FU, B.; ZHOU, W.; LIU, H.; LIU, G. Restoration of ecosystem carbon and nitrogen storage and microbial biomass after grazing exclusion in semi-arid grasslands of Inner Mongolia. **Ecological Engineering**, v.73, p.395–403, 2014.
- YAZDANPANA, N.; MAHMOODABADI, M.; CERDÀ, A. The impact of organic amendments on soil hydrology, structure and microbial respiration in semiarid lands. **Geoderma**, v.266, p. 58–65, 2016.
- ZHANG, B.; CHEN, S.Y.; ZHANG, J.F.; HE, X.Y.; LIU, W.J. ZHAO, Q. ZHAO, L.; TIAN, C.J. Depth-related responses of soil microbial communities to experimental warming in an alpine meadow on the Qinghai-Tibet plateau. **Eur. J. Soil Sci.**, v.66, n.3, p. 496–504, 2015.
- ZHANG, M.; HE, Z.; ZHAO, A.; ZHANG, H.; ENDALE, D.M. & SCHOMBERG, H.H. Water-Extractable soil organic carbon and nitrogen affected by tillage and manure application. **Soil Sci.**, v.176, p.307-312, 2011.
- ZHOU, Z., LI, F., CHEN, S., ZHANG, H., LI, G. Dynamics of vegetation and soil carbon and nitrogen accumulation over 26 years under controlled grazing in a desert shrubland. **Plant Soil** v.341, p.257–268, 2011