

CARBONO DAS FRAÇÕES HÚMICAS DA MATÉRIA ORGÂNICA DO SOLO EM SUCESSÃO OU ROTAÇÃO DE CULTURAS PARA O CULTIVO DE CEBOLA.

CARBON IN HUMIC FRACTIONS OF SOIL ORGANIC MATTER UNDER CROP SUCCESSIONS OR ROTATIONS FOR ONION CULTIVATION.

Jefferson Tomalaque Pereira*
Arcângelo Loss**

RESUMO

O sistema plantio direto (SPD) pode melhorar a qualidade do solo, com ênfase para o carbono das frações húmicas, em comparação ao sistema de preparo convencional (SPC). O objetivo deste estudo foi quantificar o carbono das frações húmicas da matéria orgânica do solo em sucessão ou rotação de culturas para o cultivo da cebola, em Ituporanga-SC. Coletaram-se amostras de solo nas camadas de 0-5, 5-10 e 10-20 cm, após sete anos de implantação dos tratamentos: T1-SPD- sucessão milho/cebola, T2-SPD-rotação comercial e cebola bienal, T3-SPD-rotação milho/gramíneas de inverno e cebola anual, T4-SPD-sucessão mucuna e cebola anual, T5-SPD-rotação milheto e coberturas de inverno e cebola anual, T6-SPD-sucessão mucuna/centeio e cebola anual, T7-SPC-sucessão milho/cebola, T8-SPD-sucessão consórcio de coberturas de verão e cebola. Na camada superficial do solo, o SPD favoreceu o aumento do carbono das substâncias húmicas, principalmente ácido húmico (AH), humina e o carbono da matéria orgânica particulada (C-MOP) em relação ao SPC. Os tratamentos T3 e T5 aumentaram os teores de carbono dos AH e C-MOP. O T1 desfavoreceu o carbono das substâncias não-húmicas e carbono dos ácidos fúlvicos em comparação aos demais tratamentos em SPD. O SPC ocasiona menores teores das frações mais humificadas da matéria orgânica. O carbono das frações não-húmicas é favorecido nos tratamentos sem revolvimento do solo e com maior diversidade vegetal. O SPD da cebola através da sucessão e rotação de culturas de cobertura está favorecendo a formação de carbono mais estável e recalcitrante ao solo.

Palavras-chave: ácidos húmicos, ácidos fúlvicos, humina, plantas de cobertura, sistema plantio direto.

ABSTRACT

The no-tillage system (NTS) can improve soil quality, with an emphasis on carbon from humic fractions, compared to conventional tillage system (CTS). The aim of this study was to quantify the carbon in humic fractions of soil organic matter under crop succession or rotation for onion cultivation, in Ituporanga-SC. Soil samples were collected in the 0-5, 5-10 and 10-20 cm layers, after seven years of implementation of the treatments (T): maize/onion succession (NTS-T1); cover plants (winter)/onion rotation (NTS-T2); maize/winter grasses/onion rotation (NTS-T3); velvet bean/onion succession (NTS-T4); millet/cover plants (winter)/onion rotation (NTS-T5); velvet bean/rye/onion succession

*Engenheiro agrônomo – Universidade Federal da Fronteira Sul-UFFS. Pós graduando no curso de especialização em Agroecossistemas UFSC/PRONERA. Produção. Universidade Federal de Santa Catarina. E-mail: jeffersontomalaque7@gmail.com

** Professor orientador no curso de especialização. Coordenador do programa de Pós-graduação em Agroecossistemas (PGA-UFSC). Universidade Federal de Santa Catarina. PhD em agronomia-ciência do solo. Produção. Universidade Federal de Santa Catarina. E-mail: arcangelo.loss@ufsc.br

(NTS-T6); maize/onion succession (CTS-T7); intercrops cover plants (summer)/onion succession (NTS-T8). In the soil surface layer, NTS favored the increase of carbon from humic substances, mainly humic acid (HA), humin and carbon from particulate organic matter (C-POM) in relation to CTS. Treatments T3 and T5 increased the carbon contents of HA and C-POM. T1 disfavored carbon from non-humic substances and carbon from fulvic acids compared to other treatments in NTS. CTS causes lower levels of the most humified fractions of organic matter. Carbon from non-humic fractions is favored in treatments without soil disturbance and with greater plant diversity. Onion cultivation in NTS through succession and rotation of cover crops is favoring more stable and recalcitrant carbon formation in the soil.

Key words: humic acids, fulvic acids, humin, cover plants, no-tillage system.

Data de submissão ¹

Data de aprovação

Disponibilidade (endereço eletrônico do artigo, DOI ou outras informações).

1. INTRODUÇÃO

A cebola (*Allium cepa* L.) é uma hortaliça amplamente utilizada na alimentação humana. Essa cultura movimenta milhões de reais dentro da economia dos estados e municípios que abrangem sua produção. Além disso, garante renda a milhares de famílias, sendo de fundamental importância para a manutenção e liberdade econômica de agricultores de diversas regiões (EPAGRI, 2013; FOLTRAN, 2015). Segundo esses autores, a cebolicultura é a principal atividade econômica de cerca de 6.500 produtores catarinenses, girando em torno de 350 milhões de reais anualmente na economia. A cebola é considerada a terceira cultura olerácea de importância econômica para o Brasil, ficando atrás, apenas, do tomate e da batata. Ou seja, o cultivo da cebola constitui-se em atividade socioeconômica de significativa relevância, principalmente para os estados de Santa Catarina, Bahia, São Paulo e Rio Grande do Sul, nos quais se concentram aproximadamente 70% da produção nacional. (EPAGRI, 2013; DOSSA; FUCHS, 2017; IBGE, 2017).

Entretanto, no estado de Santa Catarina, parte significativa da área de produção dessa hortaliça ainda faz uso do sistema de preparo convencional (SPC) do solo, com mobilização periódica através de aração, gradagens, escarificação e enxada rotativa. Conforme destacado no trabalho de Loss et al. (2015), o cultivo da cebola no SPC do solo, que utiliza práticas de revolvimento do solo (aração e enxada rotativa), resulta em alta perturbação do solo, causando efeitos negativos nas propriedades edáficas, como a ruptura dos agregados do solo, com exposição da matéria orgânica antes protegida fisicamente no interior desses agregados. Essas práticas causam degradação física, química e biológica do solo, com consequentes perdas de produtividade da cebola (LOSS et al., 2015; COMIN et al., 2018; GIUMBELLI et al., 2020).

Dessa forma, com a utilização do SPC, tem-se menores teores de carbono orgânico total (COT), assim como redução nos teores de carbono das frações mais lábeis da matéria orgânica, como relatado por Santos et al. (2018) e Giumbelli et al. (2021). Essa redução dos teores de carbono no solo remete-nos a observar que, quando o homem altera o

equilíbrio do ecossistema ocorrem mudanças na dinâmica da matéria orgânica e os efeitos dessa perturbação são muito negativos para as propriedades físicas, químicas e biológicas dos solos (CUNHA et al., 2001). Entretanto, de acordo com Primavesi (2008), os manejos agrícolas que respeitam as características locais do ambiente, alterando-as o mínimo possível, aproveitam o potencial natural dos solos, os quais sob clima tropical tendem a apresentar uma produtividade biológica 5 a 6 vezes superior aos dos ecossistemas temperados. Portanto, os solos que não adotam o revolvimento e que mantêm uma cobertura vegetal permanente tendem a apresentar ao longo do seu perfil uma estrutura bem agregada e com poros que promovem maior capacidade de infiltração de água, minimizando assim os processos erosivos e, conseqüentemente, melhoram as demais funções ecossistêmicas deste recurso (BRADY; WEIL, 2013).

Tendo em vista esse cenário produtivo, estão sendo desenvolvidos trabalhos com a produção de cebola usando o sistema de plantio direto (SPD), sendo neste caso denominado de SPD de hortaliças (SPDH), visando melhorar a qualidade do solo, seus atributos físico, químicos e biológicos de forma sustentável e correta (FAYAD et al., 2019). O SPD de cebola altera positivamente as propriedades edáficas, tal como o incremento dos teores de COT do solo e os atributos químicos relacionados à fertilidade do solo (SOUZA et al., 2013; SANTOS et al., 2017). A melhoria expressiva dos atributos do solo contribui fortemente para a melhoria na agregação do solo, aumentando a qualidade e manutenção do sistema (LOSS et al., 2015; COMIN et al., 2018).

Os trabalhos desenvolvidos com o SPDH são realizados junto com os agricultores (as), incluem o uso de diferentes plantas de cobertura, avaliações dos efeitos dessas na qualidade do solo e nas suas propriedades, visando à melhoria constante do sistema (FAYAD et al., 2019). No SPDH, as plantas de cobertura favorecem os processos químicos, físicos e biológicos, que acarretam na formação e estabilização dos agregados do solo, com ênfase na macroagregação (LOSS et al., 2015; SANTOS et al., 2017). Assim, o solo que está com predomínio de macroagregados estáveis, também estará atuando na proteção física da matéria orgânica do solo (MOS), pois esta ficará retida no interior dos agregados (FERREIRA et al., 2018; GIUMBELLI et al., 2020).

Este contexto sugere que a substituição do SPC do solo no cultivo da cebola para SPDH pode melhorar a parte física e química do solo, que foi deteriorada durante os anos em SPC (LOSS et al., 2015; SANTOS et al., 2018; GIUMBELLI et al., 2021). Porém, estas melhorias nas propriedades edáficas dependem também do tempo de implantação do sistema e do uso de plantas de coberturas. Por isso, muitas vezes não há diferenças nos teores de COT ou MOS entre sistemas de uso do solo conduzidos no SPC ou SPD (LOSS et al., 2010). Sendo assim, faz-se necessário fracionar a MOS, uma vez que ela contém frações mais lábeis e mais estáveis, que respondem de diferentes formas em função do tempo de manejo empregado. Dentre as frações da MOS, o estudo das frações húmicas em áreas que utilizam diferentes espécies vegetais para a produção de palhada no cultivo da cebola em SPD pode ajudar a elucidar como estão distribuídos os teores de carbono dessas frações em comparação ao SPC do solo.

As frações húmicas da MOS são expressas pelo carbono das substâncias húmicas, que é subdividido em carbono das frações ácido fúlvico (C-FAF), ácido húmico (C-FAH) e húmica (C-HUM). Estas frações da MOS têm a capacidade de interagir com a fração mineral do solo (argila) e exercem papel importante na fertilidade e estrutura do solo, bem como na imobilização de metais pesados e pesticidas (STEVENSON, 1994; BAYER; MIELNICZUK, 1999; FONTANA et al., 2006; DICK et al., 2009).

A distribuição do carbono das frações húmicas da MOS pode indicar alterações dos atributos edáficos e impactos do sistema de manejo na qualidade do solo (FONTANA et

al., 2006; LOSS et al., 2010, 2013; SANTOS et al., 2018), assim como as relações calculadas entre as frações húmicas são sugeridas como indicadoras de condições ambientais ou alterações antrópicas (LEITE et al., 2003; FONTANA et al., 2006; CUNHA et al., 2007; LOSS et al., 2010).

Segundo Loss et al. (2010) e Vergutz et al. (2010), se faz necessário o fracionamento químico da MOS, para que se possa aumentar assim a sensibilidade no momento de diferenciar os sistemas de cultivos e, ou, usos do solo. Nossa hipótese é de que a maior diversidade vegetal no SPD de cebola favoreça a formação de carbono mais estável na forma de substâncias húmicas em comparação aos SPC. Dessa forma, o objetivo do trabalho foi quantificar o carbono das frações húmicas da MOS em sucessão ou rotação de culturas para o cultivo da cebola, em Ituporanga-SC.

2. MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi implantado em abril de 2007, no município de Ituporanga, SC, na Estação Experimental da EPAGRI (Empresa de Pesquisa e Extensão Agropecuária de Santa Catarina). O solo foi classificado como Cambissolo Húmico Distrófico (EMBRAPA, 2013), apresentando os seguintes atributos físicos e químicos na camada de 0-10 cm, conforme métodos descritos em Embrapa (1997): 410, 264 e 326 g kg⁻¹ de areia, silte e argila, respectivamente, pH-H₂O 6,1; Ca, Mg e Al trocáveis 6,4, 2,7 e 0,0 cmol_c dm⁻³, respectivamente (extraídos por KCl 1 mol L⁻¹); P e K disponíveis 42 e 208 mg dm⁻³, respectivamente (extraídos por Mehlich⁻¹), COT=23,08 g kg⁻¹.

O clima na região é do tipo Cfa (Köppen), subtropical úmido mesotérmico, com verões quentes e geadas pouco frequentes, sem estação seca definida, temperatura média anual de 17,6°C e precipitação pluvial anual média de 1.400 mm. O delineamento experimental adotado foi de blocos ao acaso, com oito tratamentos e cinco repetições, sendo que cada parcela possuía 8,7 m². Os tratamentos abrangeram sistemas de cultivo para a cultura da cebola, baseados em diferentes coberturas do solo utilizadas para produção de matéria seca no SPD.

Na implantação do experimento, em 2007, foi semeada, em toda a área, a cobertura de aveia/ervilhaca/nabo e, posteriormente foram implantados os oito tratamentos (T1 a T8), com as seguintes sequências de coberturas e culturas, conforme consta na Tabela 1

Tabela 1. Tratamentos implantados na rotação de culturas para cultivo de cebola sob manejo conservacionista do solo, de 2007 a 2010, Ituporanga, SC.

Trat.	2007		2008		2009		2010				
	Inverno	Verão	Inverno	Verão	Inverno	Verão	Inverno	Verão			
T1	Aveia+ Ervilhaca+ Nabo	Milho	Pousio	Cebola	Milho	Pousio Cebola	Milho	Pousio	Cebola	Milho	
T2	Aveia+ Ervilhaca+ Nabo	Milho	Aveia+ Nabo+ Centeio	Cebola	Girassol	Aveia+ Ervilhaca+ Nabo	Feijão	Centeio+ Nabo	Cebola	Milho	
T3	Aveia+ Ervilhaca+ Nabo	Milho	Aveia+ Nabo	Cebola	Milho Safrinha	Ervilhaca	Milho	Centeio	Cebola	Milho	
T4	Aveia+ Ervilhaca+ Nabo	Milho	Aveia+ Nabo+ Centeio	Cebola	Mucuna	Centeio	Milho	Nabo	Cebola	Mucuna	
T5	Aveia+ Ervilhaca+ Nabo	Cebola	Milheto	Nabo	Cebola	Milheto	Aveia+ Ervilhaca+ Nabo	Milho	Cevada	Cebola	Milheto
T6	Aveia+ Ervilhaca+ Nabo	Cebola	Feijão Porco	Centeio	Cebola	Mucuna	Cebola	Mucuna	Centeio	Cebola	Mucuna
T7	Aveia+ Ervilhaca+ Nabo	Cebola	Feijão Porco+ Milheto	Aveia	Cebola	Crotalária	Centeio	Milho	Aveia	Cebola	Crotalária
T8	Aveia+ Ervilhaca+ Nabo	Cebola	Girassol	Aveia+ Centeio	Cebola	Girassol+ Mucuna+ Milheto	Ervilhaca	Milho	Centeio+ Aveia+ Nabo	Cebola	Milheto+ Mucuna+ Girassol

Espécies vegetais: aveia preta (*Avena strigosa*), cebola (*Allium cepa* L.), centeio (*Secale cereale* L.), ervilhaca peluda (*Vicia villosa*), feijão (*Phaseolus vulgaris* L.), feijão de porco (*Canavalia ensiformis* L.), girassol (*Helianthus annuus* L.), milho (*Zea mays* L.), milheto (*Pennisetum americanum* L.), mucuna preta (*Stizolobium aterrimum*) e nabo forrageiro (*Raphanus sativus* L.). Trat=tratamentos.

A partir do ano 2011, o sistema de rotação ou sucessão e a sequência de plantas de cobertura foram modificados e foi implantado um tratamento em SPC do solo para efeito de comparação com os demais tratamentos em SPD, conforme apresentado na Tabela 2. O preparo do solo no tratamento (T7) passou a ser efetuado com uma aração e duas gradagens. A partir de 2014, repetiu-se a sequência de tratamentos conforme consta na Tabela 2 para os anos 2011, 2012 e 2013, ou seja, a cada três anos reiniciou-se a sequência de rotação ou sucessão.

O controle de plantas espontâneas, de pragas e de doenças foi efetuado por meio de pulverizações com produtos químicos registrados no Ministério da Agricultura para a cultura da cebola. Ao longo de todo o experimento, no controle de plantas espontâneas, foram efetuadas três aplicações de herbicidas (ioxynil, pendimetalina, fenoxaprop-p-ethyl + clethodim) e uma capina manual para retirada de plantas espontâneas não controladas pelos herbicidas. Para o controle de pragas, especialmente do tripses (*Thrips tabaci* Lind), foram realizadas três aplicações de inseticidas (lambda-cyhalothrin e imidacloprid). Para o controle de doenças fúngicas, principalmente de míldio (*Peronospora destructor*) e alternaria (*Alternaria solani*), foram realizadas cinco pulverizações de fungicidas (metalaxyl + clorotalonil, metalaxyl + mancozeb, iprodione, tebuconazole + trifloxistrobina).

Tabela 2. Tratamentos implantados na rotação de culturas para cultivo de cebola sob manejo conservacionista do solo, de 2011 a 2014, Ituporanga, SC.

Trat.	2011			2012			2013		
	Inverno	Verão		Inverno	Verão		Inverno	Verão	
T1	Pousio	Cebola	Milho	Pousio	Cebola	Milho	Pousio	Cebola	Milho
T2	Ervilhaca		Milho	Centeio+ Nabo	Cebola	Milho	Nabo+ Centeio		Feijão
T3	Centeio	Cebola	Milho	Aveia	Cebola	Milho	Centeio	Cebola	Milho
T4		Cebola	Mucuna		Cebola	Mucuna		Cebola	Mucuna
T5	Centeio	Cebola	Milheto	Aveia	Cebola	Centeio	Centeio	Cebola	Milheto
T6	Centeio	Cebola	Mucuna	Centeio	Cebola	Centeio	Centeio	Cebola	Mucuna
T7	Pousio	Cebola	Milho	Pousio	Cebola	Milho	Pousio	Cebola	Milho
			Milheto+			Milheto+			Milheto+
T8	Pousio	Cebola	Mucuna+ Girassol	Pousio	Cebola	Mucuna+ Girassol	Pousio	Cebola	Mucuna+ Girassol

Espécies vegetais: aveia preta (*Avena strigosa*), cebola (*Allium cepa* L.), centeio (*Secale cereale* L.), ervilhaca peluda (*Vicia villosa*), feijão (*Phaseolus vulgaris* L.), girassol (*Helianthus annuus* L.), milho (*Zea mays* L.), milheto (*Pennisetum americanum* L.), mucuna preta (*Stizolobium aterrimum*) e nabo forrageiro (*Raphanus sativus* L.). T1-sucessão cebola milho em SPD, T2-rotação comercial e cobertura de inverno e cebola bienal em SPD, T3-milho/gramíneas de inverno e cebola bienal em SPD, T4-leguminosa no verão e cebola anual em SPD, T5-gramíneas verão/inverno e cebola anual em SPD, T6-leguminosa verão/gramínea inverno e cebola anual em SPD, T7- sucessão cebola milho, porém a partir de 2011, em sistema de preparo convencional (SPC) e T8-coquetel de coberturas de verão e cebola anual em SPD. Trat=tratamentos

Para escolha das espécies (Tabelas 1 e 2) procurou-se usar plantas comerciais frequentemente usadas na região, com boa adaptação, com facilidade de encontrar sementes no mercado, de fácil manejo e com boa produção de matéria seca. Procurou-se conciliar a parte comercial com a parte técnica, através da inserção de tratamentos que possibilitassem a adoção pelos agricultores ao mesmo tempo em que pudessem elucidar as dúvidas relacionadas a aspectos químicos na adoção do SPD para a cultura da cebola.

A área de implantação do experimento vem sendo cultivada em sistema de produção conservacionista desde 1995, quando foi realizada a última correção do solo e elevou-se o pH para 6,0. Desde então, os cultivos manejados no local de instalação do experimento estão sob

SPD, sem intervenções de preparo. A única exceção é o T7, que a partir de 2011, passou a ser manejado na forma de SPC, para se ter um comparativo com os demais tratamentos em SPD.

As adubações realizadas durante o período experimental ocorreram somente nos períodos de cultivo de cebola e milho e foram feitas conforme as recomendações para essas culturas (CQFS-RS/SC, 2004). Para a cebola, a adubação foi de 75 kg ha⁻¹ de N, 120 kg ha⁻¹ de P₂O₅, e 60 kg ha⁻¹ de K₂O, do formulado 05-20-10, sendo a aplicação de P e K realizadas no plantio da cebola e a de N feita com 15 kg ha⁻¹ no plantio e o restante em cobertura aos 45, 65 e 85 dias após o transplante das mudas de cebola. Este sistema foi adotado todos os anos apenas nas safras com a cultura da cebola. Com relação ao fósforo, como os teores estavam muito altos na safra 2010, utilizou-se somente adubação com 50 kg ha⁻¹ de P e nas safras seguintes 80 kg/ha⁻¹. Para a cultura do milho não foi realizada adubação com P e K devido aos valores altos destes nutrientes. Foram realizadas adubações nitrogenadas em cobertura com 90 kg ha⁻¹ de N (fonte ureia), quando o milho tinha entre seis e oito folhas.

Antes do plantio da cebola, as plantas de cobertura são dessecadas e, posteriormente, são abertos os sulcos de semeadura com uma máquina adaptada para o plantio direto da cebola, sendo transplantadas manualmente as mudas da cv. 'Empasc 352' - Bola Precoce. O espaçamento usado é de 0,40 m entrelinhas e 0,10 m entre plantas, com sete linhas de cebola por parcela.

Em julho de 2014, sete anos após a implantação do experimento, foram coletadas amostras deformadas de solo. Para isto, foi aberta uma trincheira de 40 x 40 x 40 cm nas entrelinhas da cebola de cada parcela utilizando-se uma pá de corte para a coleta das amostras de solo nas camadas de 0-5, 5-10 e 10-20 cm. Em seguida, as amostras foram acondicionadas em sacos plásticos e encaminhadas ao Laboratório. As amostras foram secas ao ar e, posteriormente, destorroadas manualmente e passadas em peneira de 2,00 mm para obtenção da terra fina seca ao ar (TFSA). Neste material foram determinados os teores de COT em analisador elementar de combustão seca (modelo FlashEA 1112 Thermo Finnigan). E na sequência foi realizado o fracionamento químico das frações húmicas da MOS pelo método descrito por Almeida et al. (2012). Inicialmente, este método faz a remoção do carbono da matéria orgânica particulada (CMOP), que são frações com densidade <1,0 g cm³. Para isso foram adicionados 30 mL de água desmineralizada em 1,0 g de solo em tubos tipo falcon de 50 mL. As amostras foram agitadas por 2 horas e centrifugadas (10 min a 3.500 rpm) e o sobrenadante foi filtrado através de uma membrana de papel (0,45 µm) pesado previamente, sendo o procedimento repetido por três vezes. O material contido no filtro (CMOP) foi seco em estufa com ar forçado a 60°C e pesado e o sobrenadante armazenado. Em seguida, para extração das substâncias não-húmicas (CSNH), foram adicionados 30 mL e HCl 0,1 mol L⁻¹ e a suspensão foi agitada por 2 h. Posteriormente, as amostras foram centrifugadas (10 min a 3.500 rpm) e o sobrenadante foi coletado e reservado, sendo o procedimento repetido por mais duas vezes. O extrato contendo o CSNH teve seu volume quantificado e armazenado a 4°C.

Para extração das demais substâncias húmicas, foram adicionados 30 mL de solução de NaOH 0,5 mol L⁻¹ ao solo restante e a suspensão agitada por 3 h e, posteriormente, centrifugada (10 min a 3.500 rpm). Esse procedimento foi repetido até o sobrenadante ficar límpido, 3 a 4 extrações. O volume total do extrato alcalino, que contém os ácidos húmicos e fúlvicos, os quais representam o carbono das substâncias húmicas solúveis (CSHs) foi mensurado e uma alíquota (20 mL) armazenada a 4°C. O restante da solução foi acidificada até pH 2,0 com solução de HCl 4,0 mol L⁻¹ e a suspensão permaneceu em repouso por 24 h para precipitação do ácido húmico (AH). O AH precipitado foi separado do ácido fúlvico (AF) por centrifugação (10 min a 3500 rpm). A solução contendo o AF foi quantificada e armazenada a 4°C. O resíduo que ficou aderido no fundo do tubo falcon, que consiste na fração humina, foi retirado com auxílio de uma espátula e colocado em placas de pétri, sendo

posteriormente secas em estufa com ar forçado a 60°C, pesado e reservado para se quantificar o C (CHU).

O teor de CMOP foi obtido pela divisão do teor de MOP por 1,724 (fator de Van Bemmelen). Os teores de C nas frações líquidas (CSNH, CSHs e CAF) foram determinados a partir de leitura da absorbância em espectrofotômetro (modelo V1 600) no comprimento de onda de 580 nm após oxidação do carbono com dicromato de potássio em meio ácido a 60°C por 4 h (Dick et al., 1998). A curva padrão foi elaborada a partir de soluções com glicose em diferentes concentrações de 0, 5, 10, 20, 40, 80, 120 e 240 mg de C L⁻¹. O teor de CHU foi obtido via oxidação úmida conforme Yeomans e Bremner (1988). Os teores de C referente aos ácidos húmicos (CAH) foram calculados a partir da diferença entre CSHs menos o CAF (CAH=CSHs – CAF).

Os resultados foram analisados quanto à normalidade e homogeneidade dos dados por meio dos testes de Lilliefors e Cochran, respectivamente. Posteriormente, foram submetidos à análise de variância (teste F) e, quando os efeitos foram significativos, os valores foram comparados pelo teste Skott-knott a 5% de probabilidade no software estatístico Sisvar.

3. Resultados e Discussão

O maior teor de COT (36,96 g kg⁻¹), na camada de 0-5 cm, foi encontrado no T3 (rotação milho/gramíneas de inverno e cebola em SPD) e o menor valor (26,47 g kg⁻¹), no T7 (sucessão milho/cebola em SPC). Nas demais camadas (5-20 cm), não foram verificadas diferenças entre os tratamentos para os teores de COT (Tabela 1). Os maiores teores de COT nos tratamentos em SPD devem-se principalmente ao manejo adotado em cada um dos tratamentos, somado à presença de cobertura vegetal e ausência de revolvimento do solo em relação ao T7. O maior teor de COT no T3 está relacionado à rotação de culturas com plantas da família das gramíneas, que propicia aporte de material orgânico ao solo de elevada relação C/N, e com o manejo no SPD dessa cobertura, fazendo com que essa palhada seja decomposta mais lentamente, o que favorece a adição de carbono no solo. Já no SPC, a sucessão sem o uso de plantas de coberturas e a mobilização periódica do solo não permite o acúmulo de matéria orgânica no solo, levando a concentrações de COT menores em comparação a todos os demais tratamentos em SPD.

Quando a adição de resíduos orgânicos é predominantemente constituída por material de baixa taxa de decomposição, como os de elevada relação C/N do T3, ocorrerá o favorecimento do processo de humificação e, conseqüentemente, acúmulo de matéria orgânica e de nutrientes nos compartimentos protegidos do solo, tais como os agregados (MENDONÇA; LEITE, 2006, FERREIRA et al., 2019).

A presença de maiores teores de COT na superfície no SPD deve-se principalmente a manutenção dos resíduos vegetais na superfície do solo. O teor de MOS é resultado do equilíbrio recorrente entre a adição e a decomposição do material orgânico e da atividade microbiana no solo, ou seja, quanto maior a adição e maior a decomposição desse material pelos microrganismos do solo, maior o teor de COT. Isso pode ser visto e presenciado no sistema SPD. Já ao contrário disso, no SPC, Passos (2000), afirma que o preparo do solo utilizado nesse sistema, tem efeito sobre a atividade microbiana, causando uma aceleração na mineralização da matéria orgânica, fator esse que deteriora mais rapidamente a estrutura e outras características do solo, conforme também abordado por Souza et al. (2007). Ainda, o SPD pode promover um incremento nos estoques de COT, contribuindo para a retirada do mesmo da atmosfera, já que não ocorre movimentação do sistema e por conseqüente nem incorporação de resíduos, havendo dessa forma, menor taxa de decomposição (ROSCOE et al., 2006).

Tabela 3. Teores de carbono solúvel não húmico (CSNH); carbono associado a ácido fúlvico (CAF); carbono associado a ácido húmico (CAH); carbono associado a humina (CHUM); carbono da matéria orgânica particulada (CMOP); e teores de carbono orgânico total (COT) sob sistema plantio direto e convencional de cebola com rotação e sucessão de culturas, Ituporanga, SC.

Tratamentos	CSNH	CAF	CAH	CHUM	CMOP	COT
----- 0 – 5 cm -----						
T1	0,81 B	2,67 B	7,23 D	18,91 B	1,87 B	31,48 C
T2	1,30 A	3,19 A	7,92 C	21,02 A	1,40 B	34,97 B
T3	1,43 A	3,10 A	9,65 A	19,88 A	2,93 A	36,96 A
T4	1,10 A	3,11 A	6,02 E	20,38 A	1,31 B	31,91 C
T5	1,10 A	3,27 A	8,81 B	19,32 B	2,35 A	34,86 B
T6	1,58 A	3,19 A	7,78 C	19,64 B	1,68 B	33,89 B
T7	0,79 B	2,59 B	5,54 F	16,75 C	0,74 C	26,47 D
T8	1,29 A	3,05 A	6,08 E	18,57 B	1,56 B	30,55 C
CV %	11,33	7,17	4,63	5,59	15,99	3,90
----- 5 – 10 cm -----						
T1	0,66 B	2,21 A	5,35 B	15,87 B	1,19 B	25,28 A
T2	0,89 B	2,15 A	7,18 A	14,90 B	1,14 B	26,26 A
T3	1,05 B	2,23 A	5,28 B	17,83 A	1,09 B	27,48 A
T4	0,99 B	2,73 A	4,91 B	16,71 A	1,23 B	26,43 A
T5	0,96 B	2,60 A	5,24 B	17,55 A	1,36 B	27,71 A
T6	0,87 B	2,03 A	6,04 B	16,49 A	2,79 A	27,48 A
T7	1,35 A	2,48 A	5,19 B	14,53 B	1,48 B	25,02 A
T8	0,98 B	2,38 A	5,11 B	15,41 B	1,28 B	25,16 A
CV %	9,46	18,34	13,31	6,63	16,07	4,88
----- 10 – 20 cm -----						
T1	0,75 A	1,94 B	3,96 A	14,13 A	1,16 A	21,94 A
T2	0,83 A	2,06 B	4,10 A	14,96 A	1,21 A	23,16 A
T3	0,88 A	2,05 B	4,43 A	14,36 A	1,19 A	22,91 A
T4	0,91 A	2,02 B	4,65 A	14,97 A	1,32 A	23,87 A
T5	0,86 A	2,49 A	4,33 A	14,39 A	1,54 A	23,61 A
T6	0,78 A	2,05 B	4,08 A	15,15 A	1,17 A	23,23 A
T7	0,92 A	1,90 B	4,39 A	14,85 A	1,36 A	23,42 A
T8	0,78 A	2,36 A	4,38 A	13,95 A	1,45 A	22,93 A
CV %	25,68	9,15	11,34	6,84	18,50	5,21

Médias seguidas de mesma letra maiúscula na coluna não diferem significativamente entre os tratamentos pelo teste de Scott-Knott a 5%. CV=coeficiente de variação. T1 - sucessão cebola/milho em SPD; T2 - rotação comercial com cobertura de inverno e cebola bienal em SPD; T3 - rotação milho/gramíneas de inverno e cebola em SPD; T4 - sucessão leguminosa de verão e cebola anual em SPD; T5 - rotação gramíneas de verão/inverno e cebola anual em SPD; T6 - sucessão leguminosa de verão/gramínea inverno e cebola anual em SPD; T7 - sucessão milho/cebola em SPD; T8 - sucessão consórcio de coberturas de verão e cebola anual em SPD.

Os tratamentos T2, T5 e T6 apresentaram os maiores teores de COT em comparação aos tratamentos T1, T4 e T8 na camada 0 – 5 cm. Nos tratamentos T1 e T8, no inverno não há uso de plantas de cobertura, sendo o solo encontrado em pousio; e nos demais tratamentos há plantas de cobertura no inverno e verão. Isso pode ter adicionando mais C ao solo ao longo dos anos de cultivo. O T4 é o único tratamento em que somente se utiliza leguminosas como planta de cobertura de verão, o que pode favorecer a decomposição mais rápida da matéria seca, devido a menor relação C/N. E isso pode acarretar em menores teores de COT em relação aos demais tratamentos sob SPD. Loss et al. (2014) relataram que o aumento nos

teores de COT nas camadas superficiais, onde tem-se cobertura com plantas forrageiras, como as gramíneas, ocorre devido a deposição de grandes quantidades de material orgânico de maior relação C/N, por serem plantas de ciclo fotossintético C₄ e, também, por terem um sistema radicular mais profundo, favorecendo assim, o acúmulo mais rápido de biomassa no solo.

Em relação ao carbono das substâncias não húmicas (CSNH), os tratamentos com maior diversidade de plantas de cobertura na rotação ou sucessão de culturas (T2-T6; T8) apresentaram maiores teores de CSNH na camada superficial do solo em comparação aos tratamentos que não utilizam plantas de cobertura e que têm somente a sucessão milho/cebola (T1 e T7). Os teores de CSNH representam a fração orgânica hidrofílica de baixo peso molecular e solúvel em meio ácido, ligada fracamente à fração mineral (POTES et al., 2010). Sendo assim, possivelmente a maior adição de biomassa vegetal via parte aérea, assim como a liberação de exsudatos e a biomassa radicular principalmente das plantas de cobertura nos tratamentos T2-T6, e T8, pode ter incrementado a atividade microbiológica no solo, em função da ciclagem de nutrientes e aporte de carbono (FERREIRA et al., 2018, WEAVER, 1926), pois o CSNH está relacionado aos compostos orgânicos oriundos da decomposição da MOS, conforme relatam os trabalhos de Potes et al. (2010) e Zhou et al. (2010). Estes resultados são corroborados por Silva et al. (2014), que avaliaram os teores de carbono da biomassa microbiana (Cmic) do solo neste mesmo experimento em Julho de 2010. Os autores encontraram maiores valores de Cmic nos tratamentos com uso de plantas de coberturas, com valores de Cmic variando de 380 a 437 mg kg⁻¹ em comparação aos valores de Cmic do T7 (194 mg kg⁻¹) e T1 (258 mg kg⁻¹). Segundo Ros et al. (2006), os compostos orgânicos (açúcares, polifenóis, aminoácidos, carboidratos) extraídos por HCl, considerados como substâncias não-húmicas, são fontes de energia para a população microbiana, devido a sua fácil degradabilidade, contribuindo para a alta atividade microbiológica no solo.

Na camada de 5-10 cm, o T7 diferiu dos demais tratamentos, com os maiores teores de CSNH. Na última camada não foram evidenciadas diferenças entre os tratamentos. Estes resultados são decorrentes do manejo que é feito no T7 (SPC), pois as práticas de aração e gradagem fragmentam os restos culturais do milho e por meio da inversão da camada superficial do solo, incorporando os restos vegetais ao solo. Isto pode ter favorecido a atividade microbiana, assim como corrobora com os teores de CAF, CAH, CHUM e CMOP iguais aos de alguns tratamentos sob SPD nesta camada (Tabela 1).

Outros autores encontraram resultados semelhantes aos desse trabalho, em que o SPC do solo leva a uma maior incorporação e homogeneização de resíduos no solo, processo esse que pode acarretar em maiores estoques de COT no solo em profundidade no sistema SPC em relação ao SPD (LOSS et al., 2010; MACHADO et al., 2018).

Para o CAF foram verificadas diferenças entre os tratamentos na camada superficial do solo (Tabela 3). E o padrão apresentado foi semelhante ao CSNH, ou seja, os tratamentos com maior diversidade de plantas de cobertura na rotação ou sucessão de culturas (T2-T6; T8) apresentaram maiores teores de CAF em comparação aos tratamentos T1 e T7. Na camada de 10-20 cm, os tratamentos T5 e T8 apresentaram os maiores valores de C-FAF. E isto pode ser decorrente das plantas de coberturas usadas, com destaque para gramíneas, que adiciona carbono ao solo em profundidade devido ao seu sistema radicular fasciculado e volumoso. O CAF representa a fração menos evoluída das frações húmicas da MOS, sendo composta tanto pelos ácidos fúlvicos verdadeiros como os compostos de baixo peso molecular, como ácidos orgânicos, açúcares, entre outros (BENITES; MADARI; MACHADO, 2003). Sendo assim, os tratamentos que têm a presença de plantas de cobertura e adicionam biomassa ao solo, favorecem a liberação de ácidos orgânicos de baixo peso molecular quando tem-se a decomposição da palhada. Resultados semelhantes foram evidenciados por Rosa et al. (2017), que avaliaram as alterações nos teores das substâncias húmicas em um Latossolo Vermelho

cultivado com plantas de cobertura em rotação com milho e soja. Os autores encontraram maiores teores de CAF em comparação ao tratamento controle (sem plantas de cobertura) após o manejo das plantas de cobertura. O maior conteúdo de CAF contribuiu com o aumento da fertilidade do solo, devido à alta densidade de cargas que apresentam, tais como grupamentos carboxílicos e fenólicos (SILVA; MENDONÇA, 2007).

Os teores de CAH foram influenciados pelos diferentes tratamentos, pois evidenciaram-se diferenças entre quase todos os tratamentos na camada superficial do solo. Os teores de CAH variam da seguinte forma: T3>T5>T2=T6>T1>T4>T7. Na camada de 5-10 cm, apenas o T2 diferenciou-se dos demais tratamentos, apresentando os maiores valores de CAH. Na última camada, os tratamentos não diferiram entre si (Tabela 3). A deposição de resíduos vegetais ao longo dos anos favorece o aumento na concentração de CAH, que juntamente com a precipitação anual alta que ocorre na região de estudo, intensifica a biodegradação das frações da MOS instáveis, com a transformação mais rápida do CAF para CAH (Santos et al., 2014). De maneira geral, os tratamentos com predomínio de gramíneas (T5 e T3) apresentaram maiores teores de CAH que os tratamentos com predomínio de leguminosas (T4 e T6) ou presença de leguminosas na rotação (T2) ou sucessão (T8). Resultados semelhantes foram encontrados por Loss et al. (2010), que encontraram maiores teores de CAH em cultivos de frutíferas consorciada com gramíneas em comparação ao cultivo de frutíferas consorciado com leguminosas.

A ausência de plantas de cobertura e o SPC no T7 desfavoreceu a formação do CAH na superfície do solo. Estes resultados são devidos à ruptura dos agregados do solo, o que favorece o aumento da mineralização da MOS que estava protegida no interior dos agregados. Em solos cultivados e com revolvimento, a decomposição de material orgânico é facilitada, ao contrário do que ocorre em áreas não cultivadas e naquelas em que o revolvimento do solo é mínimo, como no caso do SPD (BORGES et al., 2015). Como exemplo, destaca-se o T1, que apresenta a mesma sucessão de culturas que o T7, diferindo apenas no sistema de manejo, mas que apresentou maiores teores de CAH que o T7, o que está provavelmente relacionado com o maior teor de carbono mais lábil (CMOP). O SPD aumenta a quantidade das frações mais lábeis, e estas frações irão favorecer a formação da fração ácidos húmicos, conforme relatado por Dick et al. (2009).

Os maiores teores de CAH no T2 na camada de 5-10 cm podem ser devidos aos maiores teores de massa de matéria orgânica leve (MOL) em água e aos maiores teores de C dessa MOL, conforme evidenciado por Giumbelli et al. (2021) neste mesmo experimento. E como destacado anteriormente, maiores proporções de frações mais lábeis favorecerão a formação de CAH.

Em relação ao CHUM, os tratamentos T2, T3 e T4 apresentaram os maiores valores, e o T7, os menores, na camada superficial do solo. Na camada de 5-10 cm, os tratamentos T3, T4, T5 e T6 diferiram dos demais, apresentando maiores teores. Na última camada, os tratamentos não diferiram entre si (Tabela 3). Segunda afirma Stevenson (1994), o incremento do carbono associado à humina no solo, pode estar relacionado à ligação estável dessa fração (humina) com a fase mineral do solo. Possivelmente nos tratamentos que apresentaram maiores quantidades de CHUM, o material orgânico disponibilizado ao solo no sistema SPD, fornecido através da rotação ou sucessão de culturas favorece a formação de um carbono mais estável e recalcitrante. Ao contrário do observado no T7, onde o revolvimento do solo desfavoreceu o CHUM, assim como o COT (Tabela 3). A mobilização do solo no SPC favorece a decomposição da MOS, pela maior aeração do solo e exposição da matéria orgânica que estava protegida no interior dos agregados, o que aumenta a atividade microbiana e acelera a degradação da MOS (Loss et al., 2010), com consequente redução das frações húmicas da MOS, com destaque para as frações mais humificadas (CHUM e CAH) e

lábeis (CMOP). Esses resultados são corroborados por Melo et al. (2016), que também encontraram menores teores de CHUM e CAH em SPD com repolho em comparação ao SPC.

Para os teores de CMOP, os maiores valores foram encontrados nos tratamentos T3 e T5, e os menores, no T7, na camada superficial do solo. Na camada de 5-10 cm, apenas o T6 diferiu dos demais tratamentos, apresentando os maiores valores. Na última camada os tratamentos não diferiram entre si (Tabela 3). Os menores teores de CMOP no T7 na camada de 0-5 cm devem estar ligados à ausência de plantas de cobertura, o que pode acarretar em menores aportes vegetais sobre o solo, além do revolvimento do solo que é feito neste tratamento, resultando em resíduos vegetais de menor tamanho e aumento da sua taxa de decomposição (LOSS et al., 2010). Já nos tratamentos T3 e T5, os maiores valores de CMOP estão relacionados à presença de gramíneas, o que favorece um aporte de materiais de maior relação C/N, e, possivelmente, mais tempo para decompor, permanecendo maior proporção desses resíduos vegetais no solo. Os maiores teores de CMOP no T6 na camada de 5-10 cm podem ser devidos ao balanço da relação C/N, pois este tratamento apresenta uma mistura de gramíneas e leguminosas.

De maneira geral, neste estudo evidenciou-se que a manutenção da cobertura do solo e o mínimo revolvimento favorece a formação de substâncias húmicas mais estáveis, como CAH e CHUM. Isso indica uma MOS de maior qualidade, com aumento da capacidade de troca catiônica, microrganismos benéficos ao sistema e características químicas e físicas de grande importância para o solo, o que reflete em melhorias edáficas, com consequente reflexo na produção de cebola. Segundo Ferreira et al. (2018) e Giumbelli et al. (2020), a produção de cebola neste estudo foi maior no SPD em comparação ao SPC. Segundo Pinheiro et al. (2003) e Loss et al. (2010), a presença de denso sistema radicular das plantas de cobertura que em contato com as partículas minerais do solo, promove aumento na qualidade e quantidade da matéria orgânica adicionada ao solo, favorecem um incremento de frações mais humificadas.

Os resultados deste estudo reforçam a necessidade da preservação da estrutura do solo. Nesse sentido, práticas que visam a manutenção, bem como o aporte de material orgânico sem o revolvimento do solo apresentam, de modo geral, maior concentração das frações mais reativas da matéria orgânica (ácidos fúlvicos e húmicos) e, com o aumento do revolvimento do solo, a fração mais recalcitrante (humina) se sobrepõe às demais, uma vez que os microrganismos dão preferência aos componentes mais lábeis para decomposição.

4. CONCLUSÕES

Na camada superficial do solo, o SPD favorece o aumento do COT e do CSNH, principalmente ácido húmico, humina e o carbono da matéria orgânica particulada em relação ao SPC. Dentro do sistema de plantio direto, os tratamentos T3 (rotação milho/gramíneas de inverno) e T5 (rotação gramíneas de verão/inverno) favorecem o aumento dos teores de carbono da fração ácidos húmicos e carbono da matéria orgânica particulada. O T1 (sucessão milho/cebola) desfavoreceu o carbono das substâncias não húmicas e carbono da fração ácidos fúlvicos em comparação aos demais tratamentos em SPD.

O SPC, devido à falta de biomassa disposta no solo e o manejo adotado com práticas que deterioram a estrutura do solo, ocasiona em menores teores das frações mais humificadas da matéria orgânica, como os ácidos húmicos e humina.

O carbono das frações não húmicas é favorecido nos tratamentos sem revolvimento do solo e com maior diversidade vegetal.

O SPD da cebola através da sucessão e rotação de culturas de cobertura favorece a formação de um carbono mais estável e recalcitrante ao solo, garantindo fertilidade e estabilização dos agregados do solo.

5. REFERÊNCIAS

BAYER, C.; MIELNICZUK, J. **Dinâmica e função da matéria orgânica**. In: SANTOS, G.A. & CAMARGO, F.A.O., ed. Fundamentos da matéria orgânica: Ecossistemas tropicais e subtropicais. Porto Alegre, Gênese, 1999. p.9-23.

BENITES, V.M.; MADARI, B.; MACHADO, P.L.O. A. **Extração e fracionamento quantitativo de substâncias húmicas do solo: um procedimento simplificado de baixo custo**. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2003. 7p. (Comunicado Técnico, 16).

BORGES, W. L. B.; FREITAS, R. S. D.; MATEUS, G. P.; SÁ, M. E. D.; ALVES, M. C. **Plantas de cobertura para o noroeste do estado de São Paulo**. Ciência Rural, 45(5), 799-805, 2015.

BRADY, N.C; WEIL, R, R. **Elementos da natureza e propriedades dos solos**. 3. Ed. Porto Alegre: Bookman, 2013. 704 p.

CANELLAS, L.P. **Avaliação de características físico-químicas de ácidos húmicos**. Seropédica, (Tese de Doutorado) Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, 1999. 163p.

COMIN, J. J.; FERREIRA, L. B., DOS SANTOS, L. H., DE PAULA KOUCHER, L., MACHADO, L. N., DOS SANTOS JUNIOR, E., LOSS, A. **Carbon and nitrogen contents and aggregation index of soil cultivated with onion for seven years using crop successions and rotations**. Soil and Tillage Research, 184, 195-202. 2018.

CUNHA, T. J. F.; MADARI, B. E.; BENITES, V. M.; CANELLAS, L. P.; NOVOTNY, E. H.; MOUTTA R. de O.; TROMPOWSKY, P. M.; SANTOS, G. A. **Fracionamento químico da matéria orgânica e características de ácidos húmicos de solos com horizonte A antrópico da Amazônia (Terra Preta)**. Acta Amazonica, v. 37, p. 91-98, 2007.

CUNHA, T. J. F.; MACEDO, J. R.; RIBEIRO, L. P.; PALMIERI, F.; FREITAS, P. L.; AGUIAR, A. C. **Impacto do manejo convencional sobre propriedades físicas e substâncias húmicas de solos sob Cerrado**. Ciência Rural, v.1, n.1, p. 27- 36, 2001.

DE OLIVEIRA D., B.; ALBERTO SILVA, C.; MERCÊS S. B. E. BETTIOL, W. **Estoque de carbono e quantificação de substâncias húmicas em Latossolo submetido a aplicação contínua de lodo de esgoto**. Revista Brasileira de Ciência do Solo, v.31, p 701-711, 2007.

DICK, D. P.; GOMES, J.; ROSINHA, P. B. **Caracterização de substâncias húmicas extraídas de solos e de lodo orgânico**. Revista Brasileira de Ciência do Solo, v. 22, p. 603-611, 1998.

DICK, D. P.; NOVOTNY, E. H.; DIECKOW, J.; BAYER, C. **Química da matéria orgânica do solo**. Viçosa: SBCS, 2009. p. 1-69.

DOSSA, F., FUCHS, F. **cebola: análise econômica, contribuições para a produção e os mercados mundial, brasileiro e paranaense**. Boletim Técnico 02. 5p. 2017. Disponível em: http://www.ceasa.pr.gov.br/arquivos/File/BOLETIM/Boletim_Tecnico_Cebola.pdf.

EMBRAPA - EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Manual de métodos de análise de solo**. 2. ed. (EMBRAPA-CNPS. Documentos, 1)Rio de Janeiro, 1997. 212p. .

EMBRAPA - EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. 3. ed. rev. e ampl. Brasília, DF: EMBRAPA Solos, 2013. 353p.

EPAGRI, **Sistema de produção para a cebola**: Santa Catarina (4. Revisão). Florianópolis: 2013. 106 p.

FAYAD, J. A.; ARL, V.; COMIN, J. J.; MAFRA, Á. L.; MARCHESI, D. R. (Org.). **Sistema de plantio direto de hortaliças: método de transição para um novo modo de produção**. 01ed. São Paulo: Expressão Popular, v.01 2019.

FERREIRA, G. A.; ALVES, S. J.; DE OLIVEIRA, P. S. R.; DA COSTA, A. C. T.; NOLLA, A. **Carbono orgânico e nitrogênio do solo sob alturas de pastejo da Urochloa ruziziensis em sistema agropastoril**. Revista de Ciências Agroveterinárias. v.1, p. 352-362, 2019.

Foltran, M. 2015. **Cebola**. Diário Catarinense. Disponível em: <http://www.clicrbs.com.br/sites/swf/DC_cebola/index.html>. Acesso em 26 abr. 2021.

FONTANA, A.; PEREIRA, M.G.; LOSS, A.; CUNHA, T.J.F.; SALTON, J.C. **Atributos de fertilidade e frações húmicas de um Latossolo Vermelho no Cerrado**. Pesquisa Agropecuária Brasileira, v.41, p.847-853, 2006.

GIUMBELLI, L. D.; LOSS, A.; KURTZ, C.; MAFRA, Á. L.; PICCOLO, M. De C.; TORRES, J. L. R.; LOURENZI, C. R.; BRUNETTO, G.; COMIN, J. J. **Combinations of Plant Species for Rotation With Onion Crops: Effects on the Light Fraction, Carbon, and Nitrogen Contents in Granulometric Fractions of the Soil Organic Matter**. JOURNAL OF AGRICULTURAL STUDIES, v. 9, p. 202-230, 2021.

GIUMBELLI, L. D.; LOSS, A.; VENTURA, B. S.; DOS SANTOS J. E.; ALMEIDA, J. ; PICCOLO, M. de C.; MAFRA, Á. L.; KURTZ, C.; BRUNETTO, G.; COMIN, J. J. **Aggregation index, carbon, nitrogen, and natural abundance of ¹³C and ¹⁵N in soil aggregates and bulk soil cultivated with onion under crop successions and rotations**. Soil Research, v. 58, p. 622-635, 2020.

IBGE - INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Levantamento Sistemático da Produção Agrícola**. Rio de Janeiro, 2017. v.30. n.8. 86p. Disponível em:<ftp://ftp.ibge.gov.br/Producao_Agricola/Levantamento_Sistematico_da_Producao_Agricola_[mensal]/Fasciculo/lspa_201708.pdf>.

LEITE, L.F.C.; MENDONÇA, E.S.; NEVES, J.C.L.; MACHADO, P.L.O.A.; GALVÃO, J.C.C. **Estoques totais de carbono orgânico e seus compartimentos em Argissolo sob floresta e sob milho cultivado com adubação mineral e orgânica**. Revista Brasileira de Ciência do Solo, v. 27, p. 821-832, 2003.

LOSS, A. PEREIRA, M.G.; SCHULTZ, N.; ANJOS, L. H. C.; SILVA, E. M. R. **Carbono e frações granulométricas da matéria orgânica do solo sob sistemas de produção orgânica.** Ciência Rural, v.39, n.4, p.1077-1082, 2009.

LOSS, A.; BASSO, A.; OLIVEIRA, B. S.; KOUCHER, L. P.; OLIVEIRA, R. A.; KURTZ, C.; LOVATO, P. E.; CURMI, P., BRUNETTO, G.; COMIN, J. J. **Carbono orgânico total e agregação do solo em sistema de plantio direto agroecológico e convencional de cebola.** Revista Brasileira de Ciência do Solo, v. 39, n. 4, p. 1212-1224, 2015.

LOSS, A.; MORAES, A.G. de L.; PEREIRA, M.G.; SILVA, E.M.R. da; ANJOS, L.H.C. dos. **Carbono, matéria orgânica leve e frações oxidáveis do carbono orgânico sob diferentes sistemas de produção orgânica.** Comunicata Scientiae, v.1, p.57-64, 2010.

LOSS, A.; PEREIRA, M. G.; COSTA, E. M.; BEUTLER, S. J. **Frações granulométricas e oxidáveis de matéria orgânica sob diferentes sistemas de uso do solo, no paraná, brasil.** Bioscience Journal, v. 30, n.1, p. 43-54, 2014.

LOSS, A.; PEREIRA, M. G.; PERIN, A.; BEUTLER, S. J.; ANJOS, L. H. Cunha dos . **Oxidizable carbon and humic substances in rotation systems with brachiaria/livestock and pearl millet/no livestock in the Brazilian Cerrado.** Spanish Journal of Agricultural Research, v. 11, p. 217-231, 2013.

MACHADO, L. N.; LOSS, A.; DORTZBACH, D. **Teores e Estoques de Carbono Orgânico Total do Solo Sob Diferentes Tipos de Uso das Terras.** XII Reunião Sul Brasileira de ciência do solo. Xanxerê, 2018.

MENDONÇA, E. de S.; LEITE, L. F. C. **Modelagem matemática e simulação da dinâmica da matéria orgânica do solo.** In: ROSCOE, R.; MERCANTE, F. M.; SALTON, J. C. (Ed.). **Dinâmica da matéria orgânica do solo em sistemas conservacionistas: modelagem matemática e métodos auxiliares.** Dourados: Embrapa Agropecuária Oeste, p. 75-106. 2006.

PASSOS, R. R. **Carbono Orgânico e Nitrogênio em Agregados de um Latossolo Vermelho sob Duas Coberturas Vegetais.** 89f. Tese (Doutorado em Agronomia) – Viçosa. 2000.

PINHEIRO, E.F.M.; PEREIRA, M.G.; ANJOS, L.H.C.; PALMIERI; SOUZA, R.C.; **Matéria orgânica em Latossolo Vermelho submetido a diferentes sistemas de manejo e cobertura do solo.** Revista Brasileira de Agrociência, v.9, p.53-56, 2003.

POTES, M. D. L.; DICK, D. P.; DALMOLIN, R. S. D.; KNICKER, H.; ROSA, A. S. **Matéria orgânica em Neossolo de altitude: influência do manejo da pastagem na sua composição e teor.** Revista Brasileira de Ciência do Solo, v. 34, n. 1, p. 23-32, 2010.

PRIMAVESI, Ana Maria. **Agroecologia e Manejo do Solo.** Revista Agriculturas, v.5, n.3, set. 2008. Disponível em: <<http://aspta.org.br/wp-content/uploads/2014/10/Artigo-1-Agroecologia-e-manejo-do-solo.pdf>>. Acesso em: 10 abr. 2020.

ROS, M.; GARCIA, C.; HERNÁNDEZ, T. **A full-scale study of treatment of pig slurry by composting: Kinetic changes in chemical and microbial properties.** Waste Management, v. 26, n. 10, p. 1108-1118, 2006.

ROSA, D. M.; NÓBREGA, L. H. P.; MAULI, M. M.; PICCOLO, G. De LIMA.; PACHECO, F. P. **Substâncias húmicas do solo cultivado com plantas de cobertura em rotação com milho e soja.** Revista Ciência Agronômica, v. 48, n. 2, p. 221-230. 2017.

ROSCOE R, BODDEY RM, SALTON JC. **Sistema de Manejo e Matéria Orgânica do Solo. Dinâmica da matéria orgânica do solo.** Embrapa: Dourados-MS. 281p. 2006.

SANTOS, I.L.D.; CAIXETA, C.F.; SOUSA, A.A.T.C.D.; FIGUEIREDO, C. C., RAMOS, M. L. G. & CARVALHO, A. M. D. **Cover plants and mineral nitrogen: effects on organic matter fractions in an oxisol under no-tillage in the cerrado.** Revista Brasileira de Ciência do Solo, 38(6), 1874-1881, 2014.

SANTOS, L. H.; CANTON, L.; VENTURA, B. S.; FERREIRA, G. W.; KURTZ, C; BRUNETTO, G.; COMIN, J. J.; LOVATO, P. E.; LOSS, A. **Chemical Properties in Macroaggregates of a Humic Dystrudept Cultivated with Onion under No-Till and Conventional Tillage Systems.** Revista Brasileira de Ciência do Solo, v. 41, p. e0160419, 2017.

SANTOS, L. H.; LOSS, A.; LOURENZI, C. R.; SOUZA, M.; GONZATTO, R.; KURTZ, C.; BRUNETTO, G.; COMIN, J. J. . **Nitrógeno total y sustancias húmicas em agregados del suelo cultivado con cebolla bajo siembra directa y preparación convencional.** Revista Colombiana de Ciencias Hortícolas, v. 12, p. 166-174, 2018.

SILVA, A. L.; MAFRA, A. L.; KLAUBERG FILHO, O.; KURTZ, C.; FAYAD, J. A. **Carbono e nitrogênio microbiano em sistemas de cultivo de cebola em um Cambissolo Húmico.** Revista de Ciências Agroveterinárias, v. 13, n. 2, p. 142-150, 2014.

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

SOUZA, M. A. S.; DE LIMA, L. M.; CUNHA, D. G.; JUNIOR, A. M. da S.; BORGES, E. N. **avaliação dos teores de cot (carbono orgânico total) em diferentes regiões do cafeeiro sob dois sistemas de condução na cafeicultura tecnificada do cerrado.** VII Encontro Latino Americano de Iniciação Científica e IV Encontro Americano de Pós-Graduação – Universidade do Vale do Paraíba. 2007.

SOUZA, M.; COMIN, J. J.; LEGUIZAMÓN, E. S.; KURTZ, C.; BRUNETTO, G.; JÚNIOR, V. M.; VENTURA, B.; CAMARGO, A. P. **Matéria seca de plantas de cobertura, produção de cebola e atributos químicos do solo em sistema plantio direto agroecológico.** Ciência Rural, v. 43, n. 1, p. 21-27, 2013.

STEVENSON, F.J. **Humus chemistry: genesis, composition, reactions.** New York: J. Wiley, 1994. 496p

VERGUTZ, L.; NOVAIS, R.F.; SILVA, I.R.; BARROS, N.F.; NUNES, T.N. & PIAU, A.A.M. **Mudanças na matéria orgânica do solo causadas pelo tempo de adoção de um sistema agrossilvopastoril com eucalipto.** Revista Brasileira de Ciência do Solo, 34:43-57, 2010.

WEAVER, J. E. **Root development of field crops**. 1. ed. McGraw-Hill, New York, 167p, 1926.

YEOMANS, J.C.; BREMNER, J.M. **A rapid and precise method for routine determination of organic carbon in soil**. Soil Science and Plant Analysis, v.19, p.1467-1476, 1988.

ZHOU, P., PAN, G. X.; SPACCINI, R., PICCOLO, A. **Molecular changes in particulate organic matter (POM) in a typical Chinese paddy soil under different long-term fertilizer treatments**. European journal of soil science, 61(2), 231-242, 2010.