

## Índice de agregação e atributos químicos dos agregados do solo sob sistemas plantio direto e convencional de cebola em Ituporanga, SC

Lucas Borges Ferreira<sup>(1)</sup>, Arcângelo Loss<sup>(2)</sup>

<sup>(1)</sup>Acadêmico do curso de Agronomia do Centro de Ciências Agrárias (CCA) da Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC). Rod. Admar Gonzaga, 1346, Itacorubi, Florianópolis, SC, 88040-900. Email: [lucasagronomia\\_ufsc@hotmail.com](mailto:lucasagronomia_ufsc@hotmail.com)

<sup>(2)</sup>Professor Adjunto II, Departamento de Engenharia Rural, CCA, UFSC. Rod. Admar Gonzaga, 1346, Itacorubi, Florianópolis, SC, 88040-900. Email: [arcangelo.loss@ufsc.br](mailto:arcangelo.loss@ufsc.br)

### Resumo

Objetivou-se avaliar a agregação e os atributos químicos dos agregados do solo sob sistemas plantio direto (SPD) e preparo convencional (SPC) de cebola em Ituporanga, SC. O experimento foi implantado em abril/2007, e estabelecido oito tratamentos: T1-sucessão de milho e cebola, T2- rotação comercial e cebola bienal, T3- milho e cebola bienal, T4- milho-mucuna e cebola bienal, T5- gramíneas de cobertura e cebola anual, T6- leguminosas de cobertura e cebola anual, T7- rotação de coberturas e cebola anual, T8- consórcio de cobertura e cebola anual. A partir de 2011 o T7 passou a ser manejado em SPC do solo e os demais sempre em SPD. Em 2014, coletaram-se amostras de solo nas profundidades de 0-5, 5-10 e 10-20 cm. Os agregados foram separados e nestes quantificados o diâmetro médio ponderado (DMP), carbono orgânico total (COT), nitrogênio total (NT), relação C/N, pH,  $\text{Ca}^{+2}$ ,  $\text{Mg}^{+2}$ ,  $\text{Al}^{+3}$ ,  $\text{K}^{+}$ ,  $\text{H}^{+} + \text{Al}^{+3}$  e P. O SPD de cebola em comparação ao SPC aumenta os teores de COT e NT (0-5 cm) e DMP (5-10 cm). O T6 incrementa os teores de NT (0-5 e 10-20 cm) e diminui a relação C/N do solo (0-5 cm) e o DMP (5-10 cm) em comparação aos demais tratamentos. Porém, o T5 aumenta os teores de COT (0-5 cm) e NT (10-20 cm). Os tratamentos com maior diversidade vegetal, seja com plantas de coberturas em rotação ou consorciação, favorecem o aumento dos teores de Ca, Mg, K, P, em comparação ao tratamento com sucessão de milho-cebola.

**Palavras-chave:** *Allium cepa* L., rotação de culturas, carbono orgânico do solo, diâmetro médio ponderado, fertilidade no solo.

## **Aggregation index and chemical properties of soil aggregates under no-tillage and conventional tillage systems of onion in Ituporanga, Santa Catarina State**

### **Abstract**

Aimed to evaluate the aggregation and chemical properties of soil aggregates under no-tillage (NT) and conventional tillage (CT) of onion in Ituporanga, Santa Catarina State, Brazil. The experiment was established in April/2007, and established eight treatments: T1- succession corn and onion, T2- commercial rotation and biennial onion, T3- corn and biennial onion, T4- corn-mucuna and biennial onion, T5- coverage grasses and annual onion, T6- coverage legumes and annual onion, T7- rotation covers plants and annual onion, T8- consortium of cover plants and annual onion. The T7, from 2011, is now handled in CT and the others were always in NT. In 2014, they collected up soil samples at 0-5, 5-10 and 10-20 cm of depths. Aggregates were separated and these quantified the mean weight diameter (MWD), total organic carbon (TOC), total nitrogen (TN), C/N ratio, pH,  $\text{Ca}^{+2}$ ,  $\text{Mg}^{+2}$ ,  $\text{Al}^{+3}$ ,  $\text{K}^{+}$ ,  $\text{H}+\text{Al}$  and P. The NT of onion compared to the CT, increases TOC and TN (0-5 cm) and MWD (5-10 cm). The T6 increases the TN levels (0-5 and 10-20 cm) and decreases the C/N ratio of soil (0-5 cm) and MWD (5-10 cm) in comparison to the other treatments. However, the T5 increases TOC (0-5 cm) and TN (10-20 cm). The treatments with higher plant diversity, either with cover plants in rotation and intercropping favor the increases Ca, Mg, K, P, compared to treatment with succession corn-onion.

**Keywords:** *Allium cepa* L., crop rotation, soil organic carbon, mean weight diameter, fertility in soil.

### **Introdução**

A cebola (*Allium cepa* L.) é uma espécie da família Amaryllidaceae amplamente utilizada na alimentação humana (Souza & Lorenzi, 2012). Segundo estimativas, a produção mundial desta cultura em 2013 foi de 85,79 milhões de toneladas (FAOSTAT, 2013). No Brasil, a estimativa de produção em 2014 foi de 1,65 milhões de toneladas de cebola, destacando-se o estado de Santa Catarina como maior produtor nacional, com uma produção em torno de 414 mil toneladas (ACATE, 2014). Sendo o maior produtor nacional da cultura o município de Ituporanga (ACATE, 2014; EPAGRI, 2013). Esta hortaliça tem

importância econômica e social para o estado, devido ao número de empregos e renda gerada em toda a sua cadeia produtiva (IBGE, 2013).

Em Santa Catarina tradicionalmente utiliza-se o sistema preparo convencional (SPC) do solo no cultivo da cebola caracterizado pelo revolvimento (aração, subsolagem, escarificação ou enxada rotativa) numa profundidade de 20 cm do solo antes do transplante das mudas de cebola, sendo no momento do transplante realizada uma gradagem (EPAGRI, 2013). Este manejo vem causando a degradação física do solo, fazendo com que se buscasse como alternativa de manejo do solo o sistema plantio direto (SPD) (Luciano et al., 2010). Neste sistema realiza-se o transplante das mudas de cebola através de abertura, com implementos adaptados, de pequenos sulcos (10 cm) na linha de transplante mantendo-se o restante da área com matéria seca oriunda de plantas de cobertura (EPAGRI, 2013). Além do SPD, outras práticas conservacionistas do solo são utilizadas, tais como: sistema cultivo mínimo (SCM), rotação de culturas, consórcio de espécies vegetais, adubação verde e uso de plantas de cobertura (Luciano et al., 2010; EPAGRI, 2013; Silva et al., 2014; Loss et al., 2015). Todas estas práticas de manejo alteram positivamente as propriedades edáficas (Loss et al., 2009; 2015; Souza et al., 2013), tal como o incremento dos teores de matéria orgânica do solo (MOS). A MOS afeta a disponibilidade de nutrientes, a capacidade de troca catiônica (CTC) do solo, a complexação de elementos tóxicos e micronutrientes, a agregação das partículas, a infiltração e a retenção de água, a aeração e a atividade e biomassa microbiana do solo (Pereira et al., 2013; Vezzani & Mielniczuk, 2009).

Estudos de longo prazo vêm abordando a utilização do sistema plantio direto com diferentes espécies vegetais, destacando-se as plantas de cobertura associadas em rotação e/ou sucessão de culturas, com o intuito de demonstrar os benefícios desta prática de manejo do solo e destas espécies nas propriedades físicas (Loss et al., 2009; 2015; Luciano et al., 2010), químicas (Pinheiro et al., 2003; Silva et al., 2014; Souza et al., 2013;) e biológicas do solo (Silva et al., 2014). As espécies de plantas de cobertura apresentam diferentes composições (relação carbono nitrogênio – C/N, nutrientes) e estas características que determinam a dinâmica de produção e decomposição do material vegetal e a cobertura do solo ao longo do tempo no SPD (Ambrosano et al., 2005). As leguminosas produzem uma fitomassa rica em nitrogênio (N) e com baixa relação C/N, o que favorece a rápida decomposição da matéria seca pelos microrganismos do solo. Já as gramíneas, produzem uma fitomassa com alta relação C/N, fato que retarda a

decomposição da matéria seca pela microbiota do solo (Lima Filho et al., 2014). O consórcio de gramíneas e leguminosas como plantas de cobertura em SPD pode proporcionar uma relação C/N intermediária com maior persistência no solo possibilitando o incremento dos teores de MOS e fornecendo gradativamente nutrientes, principalmente N, às culturas de interesse (Giacomini et al., 2003; Calegari, 2008). As plantas de cobertura também interferem nos atributos físicos do solo, com destaque para a agregação do solo, onde as gramíneas, que apresentam sistema radicular extenso e renovado constantemente são mais eficientes em aumentar e manter a estabilidade dos agregados em comparação às leguminosas, que têm sistema radicular pivotante (Lima Filho et al., 2014).

Ainda são poucos os trabalhos que avaliaram os atributos edáficos em relação ao SPD de cebola, sendo necessários mais estudos sobre as modificações que este sistema promove aos atributos físicos e químicos do solo, assim como qual a melhor composição de plantas de cobertura que favorece a cobertura do solo para o desenvolvimento desta cultura. O objetivo deste trabalho foi avaliar a agregação e os atributos químicos dos agregados do solo sob sistema plantio direto e convencional de cebola em Ituporanga, SC.

## **Material e métodos**

O experimento foi implantado em abril de 2007, no município de Ituporanga, SC, na Estação Experimental da Empresa de Pesquisa Agropecuária e Extensão Rural de Santa Catarina (EPAGRI) (S 27° 24' 52" e W 49° 36' 9", 475 m de altitude). O solo foi classificado como Cambissolo Húmico Distrófico (Embrapa, 2013), apresentando na camada de 0-20 cm 410, 264 e 326 g kg<sup>-1</sup> de areia, silte e argila, respectivamente. O clima da região é do tipo mesotérmico úmido com verões quentes, Cfa, segundo a classificação de Köppen. O delineamento experimental adotado foi em blocos ao acaso, com oito tratamentos e cinco repetições. Cada unidade experimental possuía 8,7 m<sup>2</sup> cada e constituídas de sete fileiras com 30 plantas de cebola por fileira. 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, caracterizado pela abertura de sulco para o transplante das mudas de cebola. O plantio das mudas de cebola cultivar Crioula Alto Vale foi feito no espaçamento de 40 x 10 cm. As plantas de cobertura foram acamadas com rolo-faca.

Na implantação do experimento foi semeada em todas as parcelas as espécies aveia/ervilhaca/nabo e, posteriormente nos demais anos, foram implantados os tratamentos

(Tabela 1): T1 - sucessão de milho e cebola; T2 - rotação comercial e cebola bienal; T3 - milho e cebola bienal; T4 - milho-mucuna e cebola bienal; T5 - gramíneas de cobertura e cebola anual; T6 - leguminosas de cobertura e cebola anual; T7 - rotação de coberturas e cebola anual; e T8 - consórcio de coberturas e cebola anual. Para escolha das espécies procurou-se utilizar plantas de cobertura e 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.

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 do solo, e a partir de 2011, o tratamento sete (T7) passou a ser manejado sob SPC do solo, caracterizado pela utilização de escarificador e enxada rotativa, para se ter um comparativo com os demais tratamentos em SPD. Além do T7 alguns tratamentos também tiveram a sua composição alterada a partir de 2011 (Tabela 1).

As adubações realizadas durante o período experimental ocorreram somente nos períodos de cultivo de cebola e milho, sendo feitas conforme as recomendações para essas culturas (CQFSRS/SC, 2004). Para a cebola, a adubação foi de 120 kg ha<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, 60 kg ha<sup>-1</sup> de K<sub>2</sub>O, e 75 kg ha<sup>-1</sup> de N, sendo a aplicação de P e K realizadas no plantio das mudas de cebola e, o N, parte aplicado no plantio (15 kg ha<sup>-1</sup>) e o restante (60 kg ha<sup>-1</sup>) em cobertura aos 45, 65 e 85 dias após o transplante das mudas. Aplicou-se também após 45 dias do transplante das mudas, 30 kg ha<sup>-1</sup> de S na forma de gesso agrícola. Esta adubação foi realizada todos os anos 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<sup>-1</sup> de P e, nas safras seguintes, 80 kg ha<sup>-1</sup>. Para a cultura do milho não foi realizada adubação com P e K devido aos valores altos destes nutrientes no solo. Foram realizadas adubações nitrogenadas em cobertura, com 90 kg ha<sup>-1</sup> de N (ureia), quando o milho apresentava entre seis e oito folhas.

**Tabela 1.** Composição dos tratamentos implantados na rotação de culturas para cultivo de cebola sob manejo conservacionista do solo, de 2007 a 2014, Ituporanga, SC.

Trat	2007			2008			2009			2010		
	Inverno	Verão		Inverno	Verão		Inverno	Verão		Inverno	Verão	
<b>T1</b>	Aveia+ Ervilhaca+ Nabo	Milho		Pousio	Cebola	Milho	Pousio	Cebola	Milho	Pousio	Cebola	Milho
<b>T2</b>	Aveia+ Ervilhaca+ Nabo	Milho		Aveia+ Nabo+ Centeio	Cebola	Girassol	Aveia+ Ervilhaca+ Nabo	Feijão		Centeio+ Nabo	Cebola	Milho
<b>T3</b>	Aveia+ Ervilhaca+ Nabo	Milho		Aveia+ Nabo	Cebola	Milho Safrinha	Ervilhaca	Milho		Centeio	Cebola	Milho
<b>T4</b>	Aveia+ Ervilhaca+ Nabo	Milho		Aveia+ Nabo+ Centeio	Cebola	Mucuna	Centeio	Milho		Nabo	Cebola	Mucuna
<b>T5</b>	Aveia+ Ervilhaca+ Nabo	Cebola	Milheto	Nabo	Cebola	Milheto	Aveia+ Ervilhaca+ Nabo	Milho		Cevada	Cebola	Milheto
<b>T6</b>	Aveia+ Ervilhaca+ Nabo	Cebola	Feijão Porco	Centeio	Cebola	Mucuna	Cebola	Mucuna		Centeio	Cebola	Mucuna
<b>T7</b>	Aveia+ Ervilhaca+ Nabo	Cebola	Feijão Porco+ Milheto	Aveia	Cebola	Crotalária	Centeio	Milho		Aveia	Cebola	Crotalária
<b>T8</b>	Aveia+ Ervilhaca+ Nabo	Cebola	Girassol	Aveia+ Centeio	Cebola	Girassol+ Mucuna+ Milheto	Ervilhaca	Milho		Centeio+ Aveia+ Nabo	Cebola	Milheto+ Mucuna+ Girassol
Trat	2011			2012			2013			2014		
	Inverno	Verão		Inverno	Verão		Inverno	Verão		Inverno	Verão	
<b>T1</b>	Pousio	Cebola	Milho	Pousio	Cebola	Milho	Pousio	Cebola	Milho	Pousio	Cebola	Milho
<b>T2</b>	Ervilhaca	Milho		Centeio+ Nabo	Cebola	Milho	Nabo+ Centeio	Feijão		Ervilhaca		Milho
<b>T3</b>	Centeio	Cebola	Milho	Aveia	Cebola	Milho	Centeio	Cebola	Milho	Centeio	Cebola	Milho
<b>T4</b>	Cebola	Mucuna		Cebola	Mucuna		Cebola	Mucuna		Cebola		Mucuna
<b>T5</b>	Centeio	Cebola	Milheto	Aveia	Cebola	Centeio	Centeio	Cebola	Milheto	Centeio	Cebola	Milheto
<b>T6</b>	Centeio	Cebola	Mucuna	Centeio	Cebola	Centeio	Centeio	Cebola	Mucuna	Centeio	Cebola	Mucuna
<b>T7*</b>	Pousio	Cebola	Milho	Pousio	Cebola	Milho	Pousio	Cebola	Milho	Pousio	Cebola	Milho
<b>T8</b>	Pousio	Cebola	Milheto+ Mucuna+ Girassol	Pousio	Cebola	Milheto+ Mucuna+ Girassol	Pousio	Cebola	Milheto+ Mucuna+ Girassol	Pousio	Cebola	Milheto+ Mucuna+ Girassol

Trat = Tratamentos. Espécies vegetais: aveia preta (*Avena strigosa*), cebola (*Allium cepa* L.), centeio (*Secale cereale* L.), crotalária (*Crotalaria spectabilis*) 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.). \*O Tratamento 7 (T7) a partir de 2011 passou a ser manejado na forma de SPC.

As produções de matéria seca ( $\text{kg ha}^{-1}$ ) das plantas de cobertura de inverno e verão dos oito tratamentos nas safras 2008, 2009 e 2010 constam na Tabela 2, assim como as produtividades dos bulbos de cebola contam na Tabela 3.

**Tabela 2.** Produção de massa seca ( $\text{kg ha}^{-1}$ ) da parte aérea de plantas de cobertura de inverno e verão, sob diferentes tratamentos nos anos de 2008, 2009 e 2010, em Ituporanga, SC.

Produção de massa seca	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8
----- (kg/ha) -----								
Plantas de cobertura Inverno 2008	-	5.104	3.532	3.133	4.037	4.548	3.992	4.648
Plantas de cobertura Verão 2008	3.085	870	1.019	1.152	2.849	943	1.185	1.093
Plantas de cobertura Verão 2009	16.286	6.200	16.522	7.417	10.278	6.828	10.524	16.082
Plantas de cobertura Inverno 2010	841	5.615	4.425	5.267	2.978	4.768	4.436	5.441

T1 – sucessão de milho e cebola, T2- rotação comercial e cebola bienal, T3- milho e cebola bienal, T4- milho-mucuna e cebola bienal, T5- gramíneas de cobertura e cebola anual, T6- leguminosas de cobertura e cebola anual, T7- SPC (rotação de coberturas e cebola anual), T8- consórcio de cobertura e cebola anual.

**Tabela 3.** Produtividade ( $\text{Mg ha}^{-1}$ ) de bulbos de cebola sob diferentes tratamentos nas safras 2007 a 2014, em Ituporanga, SC.

Tratamentos	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	Média
----- (Mg ha <sup>-1</sup> ) -----									
T1	-	14,2	18,2	38,6	35,8	24,7	32,4	18,4	26,0
T2	-	25,9	-	43,5	-	26,3	-	-	31,9
T3	-	25,9	-	39,1	39,8	-	30,5	22,1	31,5
T4	-	28,0	-	44,2	39,9	19,7	36,9	19,6	31,4
T5	31,6	28,4	-	40,0	42,0	24,9	34,4	22,5	32,0
T6	31,9	28,8	22,7	39,1	41,2	20,1	32,3	23,4	29,9
T7	30,3	26,1	-	37,3	37,8	23,6	34,7	16,5	29,5
T8	32,0	23,0	-	42,6	44,4	24,3	36,2	20,4	32,0

T1 – sucessão de milho e cebola, T2- rotação comercial e cebola bienal, T3- milho e cebola bienal, T4- milho-mucuna e cebola bienal, T5- gramíneas de cobertura e cebola anual, T6- leguminosas de cobertura e cebola anual, T7- SPC (rotação de coberturas e cebola anual), T8- consórcio de cobertura e cebola anual.

Em agosto de 2014, sete anos após a implantação do experimento, foram coletadas amostras indeformadas de solo nas profundidades de 0-5 cm, 5-10 cm e 10-20 cm, com quatro repetições por tratamento. Foi aberta em cada parcela uma mini-trincheira de 40 x 40 x 40 cm nas entrelinhas da cebola e coletaram-se as amostras indeformadas de solo com uma pá de corte. Em seguida, as amostras foram acondicionadas em sacos plásticos e encaminhadas ao Laboratório de Manejo e Classificação de Solos da Universidade Federal de Santa Catarina. As amostras foram secas ao ar e, posteriormente, destorroadas

manualmente, para avaliar a estabilidade dos agregados e, posteriormente, realizar a caracterização química dos agregados. A obtenção dos agregados do solo foi feita seguindo fendas ou pontos de fraqueza e passadas em um conjunto de peneiras de malha 8,00 mm e 4,00 mm, conforme Embrapa (1997).

Dos agregados retidos na peneira de 4,00 mm, pesaram-se 25 g que foram transferidos para uma peneira de 2,00 mm, que compõe um conjunto de peneiras com diâmetro de malha decrescente de: 2,00; 1,00; 0,50; 0,25 e 0,105 mm, conforme Embrapa (1997). Os agregados inicialmente colocados na peneira de 2,00 mm foram umedecidos com borrifador de água e, posteriormente, o conjunto de peneiras foi submetido à tamisação vertical via úmida por 15 minutos no aparelho de Yoder (Yoder, 1936). Transcorrido esse tempo, o material retido em cada peneira foi retirado, separado com jato d'água, colocado em placas de pétri previamente pesadas e identificadas e encaminhadas à estufa até a obtenção de massa seca constante. A partir da massa de agregados foi calculado o diâmetro médio ponderado (DMP) dos agregados, segundo Embrapa (1997).

O diâmetro médio ponderado (DMP) foi calculado conforme a seguinte expressão:  $DMP = \sum_{i=1}^n (p_i * d_i)$ , onde  $i$  é o intervalo de classe  $8 \text{ mm} \geq X > 2 \text{ mm}$ , de  $2 \text{ mm} \geq X > 1 \text{ mm}$ , de  $1 \text{ mm} \geq X > 0,5 \text{ mm}$ , de  $0,5 \text{ mm} \geq X > 0,25 \text{ mm}$  e de  $0,25 \text{ mm} \geq X > 0,105 \text{ mm}$ ;  $x_i$  é o diâmetro do centro de classe (mm);  $y_i$  é a razão entre a massa de agregados dentro da classe  $x_i$  e a massa total de agregados.

Para a avaliação dos atributos químicos, o restante dos agregados retidos na peneira de 4,00 mm foi destorroado e passado por peneira de 2,00 mm de malha para obtenção da terra fina seca ao ar (TFSA). Neste material foram determinados o pH em água (acidez ativa), pH SMP (acidez potencial), cálcio ( $\text{Ca}^{+2}$ ), magnésio ( $\text{Mg}^{+2}$ ), alumínio ( $\text{Al}^{+3}$ ), potássio ( $\text{K}^{+}$ ),  $\text{H}^{+} + \text{Al}^{+3}$  (acidez titulável ou neutralizável) e fósforo disponível (P), segundo Tedesco et al. (1995). O carbono orgânico total (COT) foi quantificado segundo Yeomans e Bremner (1988) e o teor de nitrogênio total (NT) foi determinado conforme metodologia descrita em Tedesco et al. (1995). Após a obtenção dos teores de COT e de NT, calculou-se a relação carbono/nitrogênio (C/N) dos agregados.

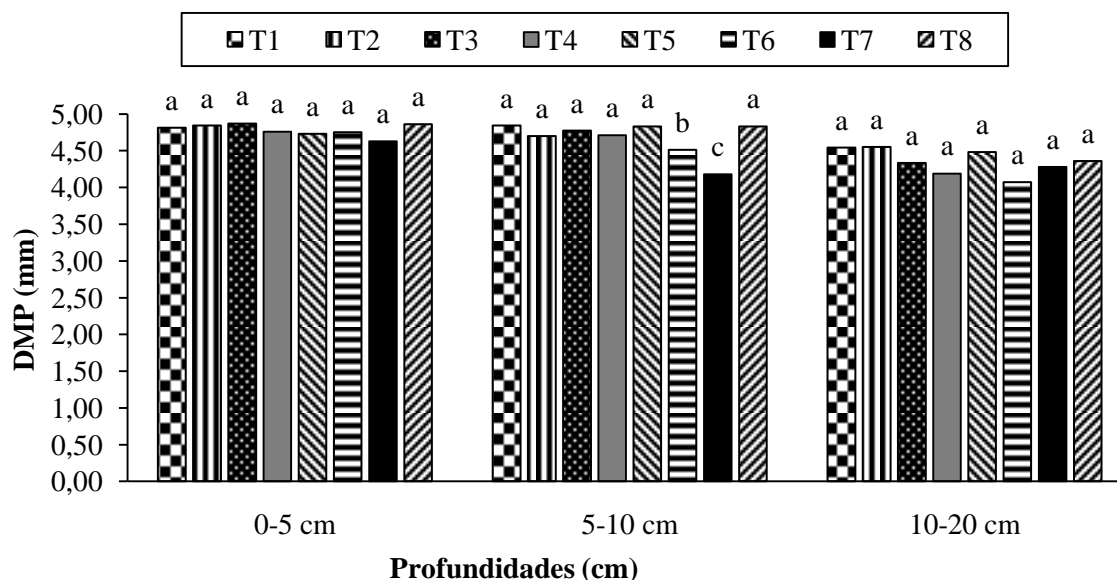
Os resultados foram analisados quanto à normalidade e homogeneidade dos dados por meio dos testes de Lilliefors e Cochran, respectivamente. Posteriormente, foi analisado como delineamento em blocos casualizados, com oito tratamentos e quatro repetições cada. Os resultados foram submetidos à análise de variância com aplicação do teste F e os valores médios, quando significativos, comparados entre si pelo teste Skott-knott a 5%.



## Resultados e discussão

### Agregação do solo

Quanto ao DMP dos agregados observaram-se diferenças entre os tratamentos apenas na profundidade de 5-10 cm. Nesta profundidade, o T7 (SPC) apresentou o menor valor de DMP, seguido pelo T6 (leguminosas de cobertura e cebola anual), enquanto os demais tratamentos apresentaram os maiores valores (Figura 1). Maiores valores de DMP dos agregados estão relacionados à maior proporção de macroagregados presentes no solo (Calonego & Rosolem, 2008). Os macroagregados são estruturas complexas e diversificadas (Vezzani & Mielniczuk, 2009), contudo são menos estáveis e mais sensíveis a perturbações devidas ao manejo intensivo do solo do que os microagregados, e, portanto, são mais suscetíveis a perda de nutrientes intra-agregados (Burak et al., 2011).



**Figura 1.** Valores médios de diâmetro médio ponderado DMP (mm) em agregados do solo em sistemas de uso com cultivo de cebola nas profundidades de 0-5 cm, 5-10 cm e 10-20 cm. T1 – sucessão de milho e cebola, T2- rotação comercial e cebola bienal, T3- milho e cebola bienal, T4- milho-mucuna e cebola bienal, T5- gramíneas de cobertura e cebola anual, T6- leguminosas de cobertura e cebola anual, T7- SPC (rotação de coberturas e cebola anual), T8- consórcio de cobertura e cebola anual. Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott a 5%.

Neste mesmo estudo, Comin et al. (2015) avaliaram a distribuição dos macro ( $8,00 < \varnothing \leq 2,00$  mm) e microagregados ( $\varnothing < 0,25$  mm) e encontraram menores proporções de macro e maiores de microagregados no SPC em comparação aos demais tratamentos para 0-5 e 5-10 cm. Estes resultados coincidem com os menores valores de DMP verificados no SPC em comparação aos demais tratamentos na profundidade de 5-10 cm, pois devido ao manejo adotado no T7, caracterizado pela utilização de escarificação e enxada rotativa,

tem-se a ruptura e posterior fragmentação dos agregados. Dessa forma, diminui-se a proporção de macroagregados e aumenta-se a de microagregados, além de expor a MOS que estava protegida no interior dos agregados à atividade microbiana e acelerando a sua decomposição (Meurer, 2012). Isto foi corroborado pelos baixos valores de COT encontrados no T7, nas profundidades de 0-5 cm e 5-10 cm do solo (Tabela 2), o que confirma que o manejo no SPC do solo desfavorece a agregação do solo e aumenta a taxa de decomposição da MOS.

Resultados semelhantes foram relatados por Loss et al. (2015), ao avaliarem os teores de COT e os índices de agregação do solo sob cultivo de cebola em SPD agroecológico e SPC do solo, em Ituporanga, SC. Os autores encontraram menores valores de COT (0-5 cm) e DMP (0-5 cm, 5-10 cm e 10-20 cm) dos agregados no tratamento em SPC. D'Andréa et al. (2002), Calonego & Rosolem (2008), Sousa Neto et al. (2008), Loss et al. (2009; 2014) também observaram menores valores de COT e DMP dos agregados do solo em tratamentos em SPC quando comparado à sistemas de manejo conservacionista do solo, tais como o SPD e áreas de vegetação natural, como pastagens e florestas nativas.

O menor valor de DMP na profundidade de 5-10 cm no T6 (leguminosas de cobertura e cebola anual), assim como os maiores valores de microagregados (5-10 cm; Comin et al., 2015), quando comparado com tratamentos T1, T2, T3, T4, T5 e T8, podem ser explicados pelo uso de leguminosas para cobertura do solo em relação aos demais tratamentos com plantas de cobertura com gramíneas, solteiras ou consorciadas ou em rotação com plantas de cobertura. No T6 destaca-se a presença da mucuna preta que é uma leguminosa com grande capacidade de fixação de nitrogênio e de ciclagem de outros nutrientes (Lima Filho et al., 2014) favorecendo a atividade da microbiota do solo e, por consequência, a decomposição da MOS, acarretando na menor proporção de macroagregados estáveis em água, com menor valor de DMP neste tratamento. Estes fatos são constatados pelos baixos valores de COT, relação C/N e alto valor de N encontrados no T6 na profundidade de 5-10 cm do solo (Tabela 2). Nos tratamentos T1, T2, T3, T4, T5 e T8, o uso de espécies de plantas de cobertura com gramíneas, que apresentam sistema radicular fasciculado e renovado constantemente, são mais eficientes em aumentar e manter a estabilidade de agregados em comparação às leguminosas. Estas, por sua vez, têm sistema radicular pivotante e incrementam o conteúdo de nitrogênio do solo (Nascimento et al., 2005; Coutinho et al., 2010; Comin et al., 2015).

A ausência de diferenças entre os tratamentos para o DMP dos agregados nas profundidades de 0-5 cm e 10-20 cm pode ser explicada pelos diferentes arranjos de rotações, sucessões e/ou consórcios com diferentes espécies vegetais, com predomínio de gramíneas e leguminosas (Tabela 1), os quais conferiram valores de DMP altos e semelhantes para a estabilidade dos agregados, uma vez, que segundo o método utilizado para o DMP (Embrapa, 1997), o valor máximo encontrado é de 5,00 mm. Segundo Vezzani e Mielniczuk (2009), os sistemas agrícolas que favorecem a agregação do solo são aqueles que cultivam diferentes espécies vegetais sem o revolvimento do solo. Sousa Neto et al. (2008) e Loss et al. (2015) ao avaliarem os efeitos de diferentes plantas de cobertura (crotalária - *Crotalaria juncea*, milho - *Pennisetum americanum* sin. *tiphoides*, lab-lab - *Dolichus lablab*, aveia - *Avena strigosa* Schreb., centeio - *Secale cereale* L., nabo-forrageiro - *Raphanus sativus* L., cevada - *Hordeum vulgare* L.) sobre a estabilidade dos agregados, destacaram a influência positiva destas espécies na estabilidade dos agregados em relação ao SPC, fato que também foi observado no presente experimento na profundidade de 5-10 cm do solo.

### **Carbono orgânico e nitrogênio totais dos agregados do solo**

O maior e menor teor de COT na profundidade de 0-5 cm foram observados nos tratamentos 5 e 7, respectivamente. Para os teores de NT, o tratamento 6 apresentou o maior teor, seguido pelos tratamentos 2, 3 e 5, sendo o menor teor de NT também verificado no tratamento 7. Para a relação C/N, os maiores valores foram observados nos tratamentos 7 e 8, já os menores valores foram verificados nos tratamentos dois e seis (Tabela 4).

Na profundidade de 5-10 cm, em relação ao COT, o tratamento 4 apresentou o maior valor, seguido pelos tratamentos 2, 3 e 5 e nos tratamentos 1, 6, 7 e 8, verificaram-se os menores valores. Para o NT não foram verificadas diferenças significativas entre os tratamentos. Já para a relação C/N, os tratamentos 1 e 4 diferiram dos demais, apresentando os maiores valores. Na profundidade de 10-20 cm, não foram verificadas diferenças para o COT e a relação C/N. Para o NT, os tratamentos 1, 5 e 6 apresentaram os maiores valores em comparação aos demais (Tabela 4).

**Tabela 4.** Valores médios de carbono orgânico total (COT,  $\text{g kg}^{-1}$ ), nitrogênio total (NT,  $\text{g kg}^{-1}$ ) e relação C/N em agregados do solo em sistemas de uso do solo com cultivo de cebola em Ituporanga, SC.

Trat.	COT	NT	C/N	COT	NT	C/N	COT	NT	C/N
	0-5 cm			5-10 cm			10-20 cm		
T1	55,89b	2,47c	22,71b	53,09c	1,77a	29,98a	50,30a	1,62a	31,09a
T2	57,13b	2,77b	20,62c	53,57b	1,92a	27,88b	49,95a	1,50b	33,35a
T3	56,44b	2,62b	21,58b	53,85b	1,87a	28,79b	51,30a	1,47b	34,92a
T4	57,05b	2,55c	22,47b	56,19a	1,85a	30,40a	50,04a	1,37b	36,62a
T5	59,55a	2,70b	22,09b	54,03b	1,95a	27,74b	50,91a	1,53a	33,46a
T6	57,41b	3,07a	18,81c	51,54c	1,87a	27,52b	51,61a	1,60a	32,34a
T7	53,17c	2,05d	25,98a	52,63c	1,92a	27,38b	50,87a	1,47b	34,51a
T8	56,90b	2,40c	23,88a	51,62c	1,82a	28,34b	51,09a	1,40b	36,62a
<b>CV%</b>	<b>1,86</b>	<b>7,87</b>	<b>7,54</b>	<b>1,95</b>	<b>4,68</b>	<b>4,98</b>	<b>2,66</b>	<b>6,36</b>	<b>7,00</b>

Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott a 5%. Trat = Tratamento. CV=coeficiente de variação. T1 – sucessão de milho e cebola, T2- rotação comercial e cebola bienal, T3- milho e cebola bienal, T4- milho-mucuna e cebola bienal, T5- gramíneas de cobertura e cebola anual, T6- leguminosas de cobertura e cebola anual, T7- SPC (rotação de coberturas e cebola anual), T8- consórcio de cobertura e cebola anual.

O maior valor de COT observado no tratamento 5 (gramíneas de cobertura e cebola anual), na profundidade de 0-5 cm, pode ser explicado pela presença das gramíneas, milho e centeio, que se destacam por produzirem grandes quantidades de fitomassa, pela alta eficiência na ciclagem de nutrientes e por terem sistemas radiculares fasciculados, densos e de rápido estabelecimento com grande exploração do perfil do solo (Suzuki & Alves, 2006; Calegari, 2008; Torres et al., 2008; Lima Filho et al., 2014). O maior valor de COT no tratamento 4 (milho-mucuna e cebola bienal), na profundidade de 5-10 cm, pode ser explicado pela presença da mucuna, que é uma leguminosa caracterizada pela alta taxa de fixação de N atmosférico ( $120 \text{ a } 157 \text{ kg ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$  de N), pela alta ciclagem de nutrientes e produção de matéria seca (Lima Filho et al., 2014; Loss et al., 2015).

Os menores valores de COT e NT na profundidade de 0-5 cm no tratamento 7 estão associados ao SPC do solo, no qual se tem o rompimento dos agregados do solo e, também, a fragmentação dos resíduos vegetais deixados na superfície do solo. Dessa forma, o COT e NT que estavam protegidos no interior dos agregados são expostos ao ataque dos microrganismos, acelerando a sua decomposição, com posterior decréscimo dos seus teores (Loss et al., 2014). Resultados semelhantes foram encontrados por Silva et al. (2014) que, ao avaliarem num Cambissolo Húmico os efeitos de diferentes sistemas de cultivo de cebola (sistema de cultivo mínimo com diferentes plantas de cobertura em rotação ou sucessão de culturas e um SPC) sobre os teores de COT e NT na profundidade de 0-10 cm, concluíram que os valores de COT e NT do SPC foram inferiores aos outros

sistemas. Lovato et al. (2004) e Loss et al. (2014; 2015) também relataram que o SPC reduziu os teores de COT do solo em relação ao SPD.

Nos demais tratamentos em SPD têm-se a manutenção constante dos resíduos vegetais na superfície do solo, o que favorece a manutenção e o incremento dos teores de COT e, conseqüentemente, interferem positivamente nos níveis de NT (Silva et al., 2014; Loss et al., 2009). Os maiores valores de NT (0-5 cm e 10 -20 cm) e menores de relação C/N (0-5 cm e 5-10 cm) no T6, rotação centeio-cebola-mucuna, são decorrentes do uso da mucuna, que por ser uma leguminosa, realiza a fixação biológica do nitrogênio (FBN) e, por consequência, seus resíduos vegetais apresentam altos teores de nitrogênio, acarretando em menor relação C/N.

A ausência de diferença nos teores de COT (10-20 cm) e NT (5-10 cm) entre os tratamentos em SPD e SPC deve-se ao revolvimento do solo no SPC que faz uma inversão das camadas do solo, incorporando assim os resíduos vegetais presentes na camada superficial, que apresenta maiores teores de MOS, para as camadas mais profundas do solo (Loss et al., 2015). Com isso, se alteram os teores de NT e COT no perfil do solo, que se assemelham aos encontrados nos tratamentos em SPD. Na camada de 10-20 cm, além do T6, os maiores valores de NT do T1 e T5 podem ser devidos a maior exploração do solo via sistema radicular fasciculado das gramíneas (milho e milheto), incrementando os teores de NT no solo via rizodeposição.

### **Atributos químicos nos agregados do solo**

Em relação ao pH e H+Al não foram observadas diferenças entre os tratamentos em todas as profundidades avaliadas (0-5 cm, 5-10 cm e 10-20 cm). Em geral, todos os tratamentos, com destaque para a profundidade de 0-5 cm, apresentaram pH muito ácido (abaixo de 5,5), com exceção do tratamento 7 na profundidade de 10-20 cm que apresentou pH 5,65. Os tratamentos T1, T2 e T7 apresentaram os menores valores de Al nas três profundidades, além do T4 para 5-10 cm, em comparação aos demais tratamentos (Tabela 5).

**Tabela 5.** Valores médios de pH, H+Al, Al, Ca, Mg, em cmol<sub>c</sub> kg<sup>-1</sup>, K e P, em mg kg<sup>-1</sup>, em agregados do solo sob sistemas de uso com cultivo de cebola, Ituporanga, SC.

<b>Sistemas</b>	<b>pH</b>	<b>H+Al</b>	<b>Al</b>	<b>Ca</b>	<b>K</b>	<b>Mg</b>	<b>P</b>
<b>Avaliados</b>	<b>0-5 cm</b>						
T1	4,80a	9,51a	0,39b	4,74b	246,22b	2,89a	145,78a
T2	4,99a	8,04a	0,17b	13,61a	188,67b	3,37a	131,71a
T3	4,86a	9,20a	0,52a	9,67a	368,37a	2,45a	124,50b
T4	4,84a	9,11a	0,47a	10,78a	189,73b	2,89a	134,95a
T5	4,91a	8,96a	0,66a	8,11a	177,60b	3,09a	149,74a
T6	4,84a	9,90a	0,53a	3,93b	290,44a	2,54a	159,71a
T7	5,33a	7,53a	0,24b	8,56a	313,95a	2,71a	104,06b
T8	4,79a	9,00a	0,81a	11,53a	287,04a	2,72a	102,93b
<b>CV%</b>	<b>5,48</b>	<b>17,30</b>	<b>44,66</b>	<b>30,01</b>	<b>21,98</b>	<b>14,14</b>	<b>12,75</b>
	<b>5-10 cm</b>						
T1	5,34a	7,16a	0,24b	7,44b	83,11b	2,41c	102,90a
T2	5,30a	6,50a	0,20b	10,84a	183,12a	3,05b	115,89a
T3	5,16a	6,88a	0,49a	7,36b	95,38b	2,08c	95,81a
T4	5,19a	7,91a	0,39b	10,27a	115,20b	2,54c	60,96b
T5	5,03a	9,18a	0,87a	9,21a	97,30b	2,56c	115,10a
T6	4,97a	7,85a	0,56a	8,42b	142,85a	2,27c	101,28a
T7	5,19a	6,06a	0,16b	12,21a	154,83a	3,69a	105,04a
T8	4,97a	7,80a	0,64a	5,98b	148,91a	2,02c	92,77a
<b>CV%</b>	<b>5,48</b>	<b>22,80</b>	<b>56,44</b>	<b>25,51</b>	<b>30,02</b>	<b>12,13</b>	<b>18,30</b>
	<b>10-20 cm</b>						
T1	5,38a	7,21a	0,31b	7,15b	59,89b	2,58a	34,71b
T2	5,45a	7,54a	0,16b	4,93c	103,96a	2,70a	49,46a
T3	5,22a	8,39a	0,68a	8,59b	117,41a	2,08b	41,80a
T4	5,27a	6,61a	0,49a	10,90a	47,32b	2,70a	17,96b
T5	5,24a	7,76a	0,67a	1,80c	35,34b	2,44a	63,84a
T6	5,14a	8,83a	0,49a	9,83a	94,49a	2,18b	56,00a
T7	5,65a	5,33a	0,19b	10,86a	125,84a	2,99a	51,49a
T8	5,17a	7,50a	0,91a	3,26c	128,95a	2,01b	30,46b
<b>CV%</b>	<b>4,93</b>	<b>19,47</b>	<b>49,04</b>	<b>24,87</b>	<b>27,06</b>	<b>17,01</b>	<b>28,61</b>

Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott a 5 %. Trat = Tratamento. CV=coeficiente de variação. T1 – sucessão de milho e cebola, T2- rotação comercial e cebola bienal, T3- milho e cebola bienal, T4- milho-mucuna e cebola bienal, T5- gramíneas de cobertura e cebola anual, T6- leguminosas de cobertura e cebola anual, T7- SPC (rotação de coberturas e cebola anual), T8- consórcio de cobertura e cebola anual.

Sistemas que não revolvem o solo, tais como o SPD, tendem a acumular material orgânico na superfície do solo, que ao ser decomposto pelos microrganismos, podem acidificar o solo (Meurer, 2012), o que pode explicar os baixos valores de pH, assim como os altos valores de H+Al, principalmente na camada superficial, observados nos tratamentos do presente experimento. Segundo Lima Filho et al. (2014), em geral, a adição de material orgânico vegetal ao solo diminui a acidez através da adsorção de íons H<sup>+</sup> e

$\text{Al}^{3+}$ , no entanto, a MOS tem caráter anfótero, ou seja, favorece a acidificação em solos ácidos e a alcalinização em solos alcalinos, portanto, não há um consenso em relação ao efeito dos resíduos vegetais sobre o pH do solo. CIOTTA et al. (2002), ao avaliarem o efeito de um plantio direto (PD) em comparação ao preparo convencional (PC) nas características químicas de um Latossolo, concluíram que no PD ocorreu acidificação do solo na camada superficial em relação ao PC. De acordo com estes autores, os baixos valores de pH no PD deve-se à aplicação de fertilizantes de reação ácida e ao longo período de cultivo sem calagem, fatos que também podem explicar os resultados observados no presente experimento.

Para o Ca, os tratamentos T1 e T6 (0-5 cm); T1, T6, T3 e T8 (5-10 cm) e T1, T2, T3, T5 e T8 (10-20 cm) apresentaram os menores valores em comparação aos demais tratamentos nas profundidades citadas. Para o K, os tratamentos T1, T2, T4 e T5 (0-5 cm), T1, T3, T4 e T5 (5-10 cm) e T1, T4 e T5 (10-20 cm) apresentaram os menores valores em relação aos demais. Para o Mg, os tratamentos T1, T3, T4, T5, T6 e T8 (5-10 cm) e T3, T6 e T8 (10-20 cm) apresentaram os menores valores em relação aos demais. Para o P, os tratamentos T3, T7 e T8 (0-5 cm), T4 (5-10 cm) e T1, T4 e T8 (10-20 cm) apresentaram os menores valores em relação aos demais (Tabela 5).

O tratamento T1 (sucessão milho-cebola) teve em todas as profundidades os menores teores de Ca e K, e para o Mg, em 5-10 cm, e para o P, em 10-20 cm. Não se observou um padrão semelhante ao T1. Assim, pode-se inferir que a sucessão milho-cebola é menos eficiente em aumentar os elementos Ca, Mg, K e P em comparação aos demais tratamentos. Os menores teores dos nutrientes Ca, Mg, K e P no T1 são corroborados também pelos menores valores de NT (0-5 cm) e COT (5-10 cm) neste tratamento em comparação aos tratamentos T2, T3, T5 e T6 para NT e T2, T3, T4 e T5 para o COT (Tabela 4). Estes resultados explicam as baixas produtividades dos bulbos de cebola no T1 nos anos de 2008, 2009, 2011 e na média dos oito anos de experimento (Tabela 3) em relação aos demais tratamentos. Essas diferenças são decorrentes da menor diversidade vegetal que se tem no T1 (sucessão milho-cebola) em comparação aos demais tratamentos (T2 a T8) com rotação e consorciação de culturas de coberturas. No T7, as práticas do SPC incorporam os resíduos vegetais da rotação de coberturas, o que ocasiona os valores similares encontrados entre os demais tratamentos. Porém, para o P, na profundidade de 0-5 cm, os tratamentos T1, T2, T4, T5 e T6 são mais eficientes em aumentar os seus teores em comparação ao T7, o que provavelmente está associado ao P orgânico liberado mais

gradativamente dos resíduos vegetais dos tratamentos em comparação ao T7, no qual os resíduos vegetais são fragmentados pelas práticas de escarificação e rotativa. Além disso, o T7 apresentou menor produtividade dos bulbos de cebola em 2014 e segunda menor média de produtividade nos oito anos de experimento (Tabela 3), se comparado aos demais tratamentos.

De acordo com o manual de adubação e calagem para os estados do Rio Grande do Sul e Santa Catarina (CQFSRS/SC, 2004), os teores de Mg, em todos os tratamentos e profundidades, estão altos (maiores que  $1,0 \text{ cmol}_c/\text{dm}^3$ ). Para o P, em todos os tratamentos, os teores variaram de alto (entre  $12,0$  e  $24 \text{ mg}/\text{dm}^3$ ) a muito alto (maiores que  $24,0 \text{ mg}/\text{dm}^3$ ) nas três profundidades. Em relação ao Ca, na profundidade de 0-5 cm, apenas o tratamento seis foi considerado médio (entre  $2,1$  e  $4,0 \text{ cmol}_c/\text{dm}^3$ ), sendo nos demais encontrados altos valores (maiores que  $4,0 \text{ cmol}_c/\text{dm}^3$ ), na profundidade de 5-10 cm, todos os tratamentos obtiveram teores altos e para 10-20 cm, o tratamento cinco obteve valor baixo (menor ou igual a  $2,0 \text{ cmol}_c/\text{dm}^3$ ), o tratamento oito apresentou valor médio e os demais tratamentos valores altos. Para o K, na profundidade de 0-5 cm, todos os tratamentos apresentaram teores muito altos (maiores que  $120,0 \text{ cmol}_c/\text{dm}^3$ ), em 5-10 cm, os teores variaram de alto (entre  $60,0$  e  $120,0 \text{ cmol}_c/\text{dm}^3$ ) a muito alto, para 10-20 cm, o tratamento cinco apresentou valor baixo (entre  $20,0$  e  $40,0 \text{ cmol}_c/\text{dm}^3$ ), e os tratamentos quatro e um, valores médios (entre  $40,0$  e  $60,0 \text{ cmol}_c/\text{dm}^3$ ), os tratamentos seis, dois e três apresentaram valores altos e os tratamentos sete e oito, valores muito altos.

Os altos teores de P, K (com exceção do T5, T4 e T1 na profundidade de 10-20 cm) e Ca (com exceção do T6 em 0-5 cm, T5 e T8 em 10-20 cm) e a ausência de diferenças destes nutrientes nesses tratamentos, nas três profundidades, além das sequências de culturas e plantas de coberturas, também podem ser explicados pelas adubações de P ( $\text{P}_2\text{O}_5$ ), K ( $\text{K}_2\text{O}$ ) e de gesso agrícola ( $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ ) realizadas para a cebola. O gesso agrícola é utilizado como adubo fonte de enxofre (S) para a cebola e além de apresentar S em sua composição, tem também o Ca (cerca de 16%) (CQFSRS/SC, 2004).

Muetanene (2015), avaliando os atributos químicos em amostras deformadas de solo neste mesmo experimento e nas mesmas profundidades, encontrou teores de Ca variando de  $5,0$  a  $6,9 \text{ cmol}_c \text{ kg}^{-1}$ ; Mg, de  $1,9$  a  $2,7 \text{ cmol}_c \text{ kg}^{-1}$ ; K, de  $121$  a  $222 \text{ mg kg}^{-1}$ ; P, de  $24,4$  a  $90 \text{ mg kg}^{-1}$ ; N, de  $0,58$  a  $1,2 \text{ g kg}^{-1}$  e COT, de  $2,6$  a  $35,9 \text{ g kg}^{-1}$ . Estes resultados são inferiores aos encontrados nos agregados do solo do presente trabalho. Percebe-se portanto, a importância dos agregados do solo como estruturas de proteção física dos



nutrientes e MOS, assim como são potenciais indicadores de reservas de nutrientes em relação ao solo (desagregado).

### **Conclusões**

O sistema plantio direto (SPD) de cebola em comparação ao sistema de preparo convencional (SPC) aumenta os teores de COT e NT na camada de 0-5 cm e DMP na camada de 5-10 cm dos agregados do solo.

O uso de leguminosas (mucuna) como plantas de cobertura e cebola anual (T6) incrementa os teores de NT (0-5 e 10-20 cm) e diminui a relação C/N do solo (0-5 cm) e o DMP dos agregados (5-10 cm) em comparação aos demais tratamentos. Porém, o tratamento com espécies vegetais gramíneas de cobertura (centeio, milheto, aveia) e cebola anual (T5) aumenta os teores de COT (0-5 cm) e NT (10-20 cm).

Os tratamentos com maior diversidade vegetal, com plantas de coberturas em rotação, solteiras e/ou consorciadas, favorecem o aumento da fertilidade dos agregados do solo, com ênfase para os teores de Ca, Mg, K trocável, P disponível, em comparação ao tratamento com sucessão de milho-cebola.

### **Referências**

- ACATE - ASSOCIAÇÃO CATARINENSE DE EMPRESAS DE TECNOLOGIA. **Agronegócio e tecnologia. Santa Catarina. Anuário 2014**, 96p. Disponível em: <[http://www.acate.com.br/sites/default/files/anuarioacate\\_0.pdf](http://www.acate.com.br/sites/default/files/anuarioacate_0.pdf)>. Acesso em 09 fev. 2015.
- AMBROSANO, E. J.; GUIRADO, N.; CANTARELLA, H.; ROSSETTO, R.; MENDES, P. C. D.; ROSSI, F.; AMBROSANO, G. M. B.; ARÉVALO, R. A.; SCHAMMAS, E. A.; ARCARO JUNIOR, I.; FOLTRAN, D. E. Plantas para cobertura do solo e adubação verde aplicadas ao plantio direto. **Informações Agronômicas**, v. 112, p. 1-16, 2005. (Boletim técnico, n. 112).
- BURAK, D. L.; FONTES, M. P. F.; BECQUER, T. Microagregados estáveis e reserva de nutrientes em latossolo vermelho sob pastagem em região de cerrado. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v. 41, n. 2, p. 229-241, 2011.
- CALEGARI, A. Plantas de cobertura e rotação de culturas no sistema plantio direto. **Informações Agronômicas**, v. 122, p. 18-21, 2008.

CALONEGO, J. C.; ROSOLEM, C. A. Estabilidade de agregados do solo após manejo com rotações de culturas e escarificação. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 32, n. 4, p. 1399-1407, 2008.

CIOTTA, M. N.; BAYER, C.; ERNANI, P. R.; FONTOURA, S. M. V.; ALBUQUERQUE, J. A.; WOBETO, C. Acidificação de um latossolo sob plantio direto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 26, p. 1055-1064, 2002.

COMIN, J. J.; LOSS, A.; KOUCHER, L. P.; MACHADO, L. N.; KURTZ, C.; MAFRA, A. L. Índice de Agregação e Distribuição de Agregados por Diâmetro em Sistema de Cultivo Mínimo e Convencional da Cebola. In: **XXXV Congresso Brasileiro de Ciência do Solo, 2015, Natal**. XXXV Congresso Brasileiro de Ciência do Solo, 2015.

COUTINHO, F. S.; LOSS, A.; PEREIRA, M. G.; RODRIGUS JÚNIOR, D. J.; TORRES, J. L. R. Estabilidade de agregados e distribuição do carbono em Latossolo sob sistema plantio direto em Uberaba, Minas Gerais. **Comunicata Scientiae**, v. 1, n. 2, p. 100-105, 2010.

CQFSRS/SC - COMISSÃO DE QUÍMICA E FERTILIDADE DO SOLO. **Manual de adubação e calagem para os estados do Rio Grande do Sul e Santa Catarina**. 10. ed. Porto Alegre, 2004. 400p.

D'ANDREA, A. F.; SILVA, M. L. N.; CURI, N.; FERREIRA, M. M. Atributos de agregação indicadores da qualidade do solo em sistemas de manejo na região dos cerrados no sul do estado de Goiás. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 26, n. 4, p. 1047-1054, 2002.

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

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 - Empresa de Pesquisa Agropecuária e Extensão Rural de Santa Catarina. **Sistema de produção para a cebola: Santa Catarina**. 4. ed. rev. Florianópolis: EPAGRI, 2013. 106 p. (Sistemas de produção; nº 46).

FAOSTAT. FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS. **Área colhida, rendimento e produção mundial da cultura da cebola em**

**2013.** Disponível em: <<http://faostat3.fao.org/download/Q/QC/S>>. Acesso em 09 fev. 2015.

GIACOMINI, S.J.; AITA, C.; VENDRUSCOLO, E.R.O.; CUBILLA, M.; NICOLOSO, R.S.; FRIES, M.R. Matéria seca, relação C/N e acúmulo de nitrogênio, fósforo e potássio em mistura de plantas de cobertura de solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 27, n. 2, p. 325-334, 2003.

IBGE - INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Levantamento Sistemático da Produção Agrícola**. Rio de Janeiro, 2013. v.26, 83p. Disponível em: <[http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/indicadores/agropecuaria/lspa/lspa\\_201301.pdf](http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/indicadores/agropecuaria/lspa/lspa_201301.pdf)>. Acesso em 23 abr. 2013.

LIMA FILHO, O.F.; AMBROSANO, E.J.; ROSSI, F.; CARLOS, J.A.D, organizadores. **Adubação verde e plantas de cobertura no Brasil: fundamentos e prática**. Brasília, DF: EMBRAPA; v.1, 2014. 507p.

LOSS, A.; PEREIRA, M. G.; SCHULTZ, N.; ANJOS, L. D.; SILVA, E. M. R. D. Atributos químicos e físicos de um Argissolo Vermelho-Amarelo em sistema integrado de produção agroecológica. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 44, n. 1, p. 68-75, 2009.

LOSS, A.; COSTA, E. M.; PEREIRA, M. G.; BEUTLER, S. J. Agregação, matéria orgânica leve e carbono mineralizável em agregados do solo. **Revista de la Facultad de Agronomía**, v. 113, n. 1, p. 1-8, 2014.

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.

LOVATO, T.; MIELNICZUK, J.; BAYER, C.; VEZZANI, F. Adição de carbono e nitrogênio e sua relação com os estoques no solo e com o rendimento do milho em sistemas de manejo. **Revista Brasileira de ciência do solo**, v. 28, n. 1, p. 175-187, 2004.

LUCIANO, R. V.; BERTOL, I.; BARBOSA, F. T.; KURTZ, C.; FAYAD, J. A. Propriedades físicas e carbono orgânico do solo sob plantio direto comparados à mata natural, num Cambissolo Háplico. **Revista de Ciências Agroveterinárias**, v. 9, n. 1, p. 9-19, 2010.

MEURER, E. J. (Ed.). **Fundamentos de química do solo**. 5. ed. Porto Alegre: Evangraf, 2012. 275 p.

- MUETANENE, B. A. **Atributos físicos e químicos de um cambissolo húmico em plantio direto de cebola**. 2015. 101 p. (Mestrado em Ciência do Solo). Universidade do Estado de Santa Catarina – UDESC. Programa de Pós-Graduação em Ciência do Solo, Lages.
- NASCIMENTO, J. T.; SILVA, I. F.; SANTIAGO, R. D.; SILVA NETO, L. F. Efeito de leguminosas nos atributos físicos e carbono orgânico de um Luvisolo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 29, n. 5, p. 825-831, 2005.
- PEREIRA, M. F. S.; JÚNIOR, J. N.; SÁ, J. R.; LINHARES, P. C. F.; BEZERRA NETO, F.; PINTO, J. R. D. S. Ciclagem do carbono do solo nos sistemas de plantio direto e convencional. **Revista Agropecuária Científica no Semiárido**, v. 9, n. 2, p. 21-32, 2013.
- PINHEIRO, E.F.M.; PEREIRA, M.G.; ANJOS, L.H.C.; PALMIERI, F.; SOUZA, R.C. Matéria orgânica em Latossolo vermelho submetido a diferentes sistemas de manejo e cobertura do solo. **Revista Brasileira Agrocência**, v. 9, n. 1, p. 53-56, 2003.
- 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.
- SOUSA NETO, E. L.; ANDRIOLI, I.; BEUTLER, A. N.; CENTURION, J. F. Atributos físicos do solo e produtividade de milho em resposta a culturas de pré-safra. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 43, n. 2, p. 255-260, 2008.
- SOUZA, V. C.; LORENZI, H. **Botânica sistemática: guia ilustrado para identificação das famílias de fanerógamas nativas e exóticas no Brasil, baseado em APG III**. 3. ed. Nova Odessa: Instituto Plantarum de Estudos da Flora, 2012. 768 p.
- 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.
- SUZUKI, L. E. A. S.; ALVES, M. C. Fitomassa de plantas de cobertura em diferentes sucessões de culturas e sistemas de cultivo. **Bragantia**, v. 65, n. 1, p. 121-127, 2006.
- TEDESCO, M. J.; GIANELLO, C.; BISSANI, C. A.; BOHNEN, H.; VOLKWEISS, S. J. **Análises de solo, plantas e outros materiais**. Porto Alegre: Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Faculdade de Agronomia, 1995. 174p. (Boletim Técnico de Solos, 5).

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

VEZZANI, F. M.; MIELNICZUK, J. Uma visão sobre qualidade do solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.33, n. 4, p.743-755, 2009.

YEOMANS, J. C.; BREMNER, J. M. A rapid and precise method for routine determination of organic carbon in soil 1. **Communications in Soil Science & Plant Analysis**, v. 19, n. 13, p. 1467-1476, 1988.

YODER, R.E. A direct method of aggregate analysis of soil and a study of the physical nature of erosion losses. **Journal of the American Society Agronomy**, v. 28, n.5, p. 337-351, 1936.