

UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA DO SOLO

MARCELO SILVERIO

**AGREGAÇÃO DO SOLO EM SISTEMAS ORGÂNICOS MONO E
POLICULTIVADOS APÓS PREPARO CONVENCIONAL**

CURITIBA

2011

MARCELO SILVERIO

**AGREGAÇÃO DO SOLO EM SISTEMAS ORGÂNICOS MONO E
POLICULTIVADOS APÓS PREPARO CONVENCIONAL**

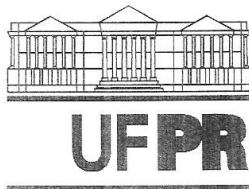
Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciência do Solo, Área de Concentração em Qualidade e Sustentabilidade Ambiental, Departamento de Solos e Engenharia Agrícola, Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná, como requisito parcial à obtenção do título de Mestre em Ciência do Solo.

Orientadora: Prof^a. Dr^a. Fabiane Machado Vezzani

Co-orientador: Prof. Dr. Jeferson Dieckow

CURITIBA

2011





MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ
SETOR DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
DEPARTAMENTO DE SOLOS E ENGENHARIA AGRÍCOLA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA DO SOLO(MESTRADO)
Rua dos Funcionários, 1540-Curitiba/PR-80035-050-Fone/Fax 41-3350-5648
Página: www.pgcsolo.agrarias.ufpr.br/
E-mail: pgcsolo@ufpr.br

PARECER


Os Membros da Comissão Examinadora, designados pelo Colegiado do Programa de Pós-Graduação em Ciência do Solo, para realizar a argüição da Dissertação de Mestrado, apresentada pelo candidato **MARCELO SILVÉRIO**, sob o título: "**Agregação do solo em sistemas orgânicos mono e policultivados após preparo convencional**", requisito parcial para a obtenção do grau de Mestre em Ciência do Solo – Área de Concentração: Qualidade e Sustentabilidade Ambiental, do Setor de Ciências Agrárias da Universidade Federal do Paraná, após haverem analisado o referido trabalho e argüido o candidato, são de Parecer pela "**APROVAÇÃO**" da Dissertação, completando assim, os requisitos necessários para receber o diploma de **Mestre em Ciência do Solo - Área de Concentração: "Qualidade e Sustentabilidade Ambiental"**.

Secretaria do Programa de Pós-Graduação em Ciência do Solo, em Curitiba, 25 de março de 2011.


Prof. Dra. Fabiane Machado Vezzani, Presidente


Prof. Dr. Paulo César Conceição, I°. Examinador


Prof. Dr. Jeferson Dieckow, II°. Examinador


Prof. Dr. Volnei Pauletti, III°. Examinador



DEDICATÓRIA

A DEUS, meus pais Maria Jesus de Oliveira e Adolar Silverio, meu irmão Aderlan Silverio e sua linda família, Minha amada Mariane Gioppo Marques da Cruz e amado Caetano Gioppo Marques Cambri, e toda minha família de sangue e de coração, incentivadores, parceiros e companheiros de luta e de vitórias, façamos deste um pedaço de cada um de nós.

AGRADECIMENTOS

Agradeço a DEUS pela vida e generosidade de me conceder mais esta oportunidade.

A minha orientadora, Prof^a Dr^a Fabiane Machado Vezzani, pela amizade, orientação, ensinamentos, confiança, paciência e fundamental colaboração para minha formação pessoal e contribuição inestimável para a elaboração desta dissertação.

A todos os professores do Programa de Pós Graduação em Ciência do Solo, com os quais tive o privilegio de conviver, aprender e construir este trabalho, dedicando seus tempos valiosos à pesquisa e evolução do conhecimento humano.

A todos os meus colegas e amigos que direta ou indiretamente muito colaboraram para a realização deste trabalho, em especial a turma de Mestrado de 2009, em que convivemos muito tempo juntos e dividimos os problemas e soluções em que encontramos,

Aos colegas da turma 2010, cujas sugestões e críticas construtivas durante as aulas de Seminário foram essenciais para a conclusão deste trabalho.

Aos funcionários do Departamento de Solos e Engenharia Agrícola, Gerson, Elda, Roberto Aldair e a Maria, pela presteza e amizade.

Aos estagiários Fernando e Débora que ajudaram muito na rotina de laboratório.

A minha família e amigos mais próximos que me agüentaram este tempo todo sempre me dedicando amor e amizade, e contribuindo muito para que chegássemos a este ponto, nossa parceria continuará por muito tempo.

À Universidade Federal do Paraná, pela oportunidade de realizar este trabalho e ao programa REUNI, pela concessão da bolsa de estudos.

Ao Centro Paranaense de Referência em Agroecologia (CPRA), em especial a Julio Carlos Bittencourt Veiga Silva, pelo ideal agroecológico e pela ajuda no trabalho de campo, os parabênzios pela força, iniciativa e responsabilidade de carregar a bandeira da Agroecologia como ciência séria e revolucionária.

E a todas as pessoas que de alguma forma contribuíram no desenvolvimento deste trabalho, Muito Obrigado!

Não precisamos ter a pretensão de mudar o mundo,
Precisamos deixar que o mundo nos mude.

SUMÁRIO

Conteúdo	Página
RESUMO.....	08
ABSTRACT	09
LISTA DE FIGURAS.....	10
LISTA DE QUADROS.....	11
LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS.....	12
INTRODUÇÃO.....	13
MATERIAL E MÉTODOS.....	15
RESULTADOS E DISCUSSÃO	19
CONCLUSÕES	27
LITERATURA CITADA	27
APÊNDICES	32

AGREGAÇÃO DO SOLO EM SISTEMAS ORGÂNICOS MONO E POLICULTIVADOS APÓS PREPARO CONVENCIONAL

RESUMO

Em sistemas orgânicos de produção, foi estudada a dinâmica de agregação de um solo durante um ciclo de culturas em mono e policultivos, a fim de avaliar a capacidade das plantas, em sistemas com diferentes riquezas vegetais, recuperar a macroagregação do solo após preparo convencional. Os tratamentos foram monocultivos de milho (M), feijão (F) e abóbora (A); e policultivos com duas espécies (MF), e com três espécies (MFA) sobre Gleissolo Melânico em delineamento experimental de blocos ao acaso com três repetições. Área de campo nativo adjacente à área experimental foi avaliada como sistema referência da condição original. A dinâmica de agregação do solo foi avaliada pela distribuição dos agregados em classes de diâmetro e pelo diâmetro médio ponderado úmido (DMPu) por meio de amostras de solo na profundidade de 0 a 10 cm, em três tempos: t1) antes do preparo convencional do solo; t2) após o preparo convencional do solo, e t3) no final do ciclo das culturas, 94 dias após a semeadura. A distribuição dos agregados do solo nas classes de diâmetro 8-4; 4-2; 2-0,25; e <0,25 mm foi determinada por uma sequência de peneiramentos via seca e via úmida e calculado o diâmetro médio ponderado úmido. Para analisar a contribuição das plantas na recuperação dos macroagregados foram determinadas a matéria seca da parte aérea e a densidade de raízes no ponto de maturação fisiológica do feijão e do milho e na maturação de pelo menos um fruto em 50% das parcelas de abóbora. O carbono orgânico total (COT) e o nitrogênio total (NT) do solo foram determinados, a fim de analisar a sua relação com a agregação do solo. Os resultados foram corrigidos quanto à normalidade e submetidos à análise de variância e teste de médias Tukey a 10% de significância. Os sistemas de culturas não apresentaram diferença significativa para as classes de diâmetro dos agregados e no DMPu nos três tempos avaliados, ficando em patamar distinto do sistema referência campo nativo. Porém, a avaliação no tempo foi significativa e mostrou o efeito negativo do preparo do solo no rompimento dos macroagregados e a recuperação dos mesmos pela ação das plantas durante o seu desenvolvimento. A falta de diferença entre sistemas de culturas pode ter relação com a matéria seca da parte aérea e a densidade de raízes das plantas cultivadas, que não diferiram estatisticamente entre sistemas mono e policultivos. Da mesma forma, os teores de COT e NT não diferiram entre os sistemas de culturas, mas ficaram menores em relação ao campo nativo. A dinâmica de agregação do solo em sistema orgânico de produção agrícola evidenciou que o preparo convencional do solo foi determinante para conduzir a massa de agregados para as classes de diâmetro menor. As raízes das plantas durante um ciclo de 94 dias auxiliaram na recuperação dos macroagregados do solo após preparo convencional, independente da riqueza de espécies vegetais cultivadas.

Termos de indexação: diâmetro médio ponderado úmido, preparo do solo, riqueza de espécies cultivadas; densidade de raízes.

SOIL AGGREGATION IN MONO AND POLICULTIVATING ORGANIC SYSTEMS AFTER CONVENTIONAL TILLAGE

SUMMARY

In organic production systems, the dynamics of soil aggregation was studied during a crop cycle in mono and polyculture in order to assess the ability of plants in systems with different vegetable riches to recover soil macroaggregation after conventional tillage. The treatments were monoculture of maize (M), bean (F), and pumpkin (A), and polyculture with two species (MF), and three species (MFA) on Melanic Gleisil in experimental design of randomized blocks with three repetitions. Native area adjacent experimental area was evaluated as a reference the original condition. The dynamics of soil aggregation was assessed by the aggregate diameter classes distribution and the mean weight wet diameter (DMPu) by soil samples in depth from 0 to 10 cm in three times: t1) before the conventional soil tillage; t2) after conventional soil tillage, and t3) at the end of the crop cycle, 94 days after sowing. The distribution of soil aggregation in diameter classes 8-4, 4-2, 2 to 0.25, and <0.25 mm was determined by a sequence of dry and wet sieving and calculated the mean weight wet diameter. To analyze the contribution of plants in to recover the macroaggregates were determined the dry matter of shoot and density roots at the point of physiological maturity of the corn and beans and ripening fruit in at least 50% of the plots of pumpkin. The total organic carbon (COT) and the total nitrogen (NT) soil were determined in order to analyze its relationship with soil aggregation. The results were corrected for normality and subjected to analysis of variance and Tukey's test average (10% significance). The culture systems showed no significant difference in aggregate diameter classes and DMPu in the three times. However, the evaluation time was significant and showed the negative effect of tillage in the disruption of macroaggregates and recovery of them by the action of plants during their development. The lack of difference between culture systems can be related to dry matter of shoot and density root of crops, which did not differ between mono and polyculture systems. Likewise, the levels of COT and NT did not differ between cropping systems, but were minor compared to the native. The dynamics of soil aggregation in organic farming systems showed that conventional tillage was crucial to conduct the mass of aggregates of smaller diameter classes. The roots of plants during a cycle of 94 days helped in the recovery of soil macroaggregates after conventional tillage, regardless of cultivated plant species richness.

Index terms: mean weight wet diameter, soil tillage, crop richness, roots density.

LISTA DE FIGURAS

<i>Figuras</i>		<i>Página</i>
Figura 1	Classes de diâmetro dos agregados (em g kg^{-1} de solo) de um Gleissolo Melânico sob sistemas de culturas no tempo, e distribuição dos agregados nas classes de diâmetro do mesmo solo sob campo nativo (símbolos cinza) na profundidade de 0-10 cm. Tempo: t1 – antes do preparo convencional do solo; t2 – após o preparo convencional do solo, t3 – final do ciclo das culturas, 94 dias após a semeadura. CN = campo nativo, sistema referência. Dados são médias dos cinco tratamentos e três repetições. Barras verticais representam a Diferença Mínima Significativa (DMS) para cada classe de diâmetro no tempo pelo Teste de Tukey a 10%; ns = não significativo. Coeficiente de variação = 42%.	19
Figura 2	Diâmetro médio ponderado de agregados por peneiramento via úmida (DMPu) de um Gleissolo Melânico sob sistemas orgânicos de culturas no tempo, na profundidade de 0-10 cm. Tempo: t1 – antes do preparo convencional do solo; t2 – após o preparo convencional do solo, t3 – final do ciclo das culturas, 94 dias após a semeadura. CN = campo nativo, sistema de referência. Dados são médias dos cinco tratamentos e três repetições. Barra vertical representa a Diferença Mínima Significativa (DMS) para o DMPu no tempo pelo Teste de Tukey a 10%. Coeficiente de variação = 28,5%.	22
Figura 3	Matéria seca da parte aérea de feijão (F), milho (M) e abóbora (A) em monocultivo e policultivo com duas espécies (MF) e com três espécies (MFA), em Gleissolo Melânico. Dados são médias de três repetições. Coeficiente de variação (CV) e diferença mínima significativa (DMS) para o milho: 20,27%, 1120,24 kg ha^{-1} ; CV e DMS para o feijão: 55,42%, 342,77 kg ha^{-1} ; CV e DMS para abóbora: 47,9%, 411,34 kg ha^{-1}	24

LISTA DE QUADROS

<i>Quadros</i>		<i>Página</i>
Quadro 1	Indicadores químicos e granulometria do Gleissolo Melânico deste estudo no ano de 2006, na profundidade de 0 a 15 cm. Dados em Veiga Silva (2008).....	16
Quadro 2	Densidade de raízes de feijão (F), milho (M) e abóbora (A) em monocultivo e policultivo com duas espécies (MF) e com três espécies (MFA) em Gleissolo Melânico, e os respectivos coeficientes de variação (CV) e diferença mínima significativa pelo Teste de Tukey a 10% significância. Dados são médias de três repetições.	23
Quadro 3	Carbono orgânico total (COT), nitrogênio total (NT) e relação C/N do solo sob de feijão (F), milho (M) e abóbora (A) em monocultivo e policultivo com duas espécies (MF) e com três espécies (MFA), e Campo Nativo (CN) como sistema referência em Gleissolo Melânico. Média de dois tempos e três repetições.	25

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

M	- Milho
F	- Feijão
A	- Abóbora
MF	- Milho + Feijão
MFA	- Milho + Feijão + Abóbora
t1	- Tempo antes do preparo do solo
t2	- Tempo após o preparo do solo
t3	- Tempo final do ciclo das culturas, 94 dias após a semeadura
DMPu	- Diâmetro médio ponderado úmido
DR	- Densidade de Raízes
COT	- Carbono Orgânico Total do solo
NT	- Nitrogênio Total do solo

INTRODUÇÃO

A agricultura orgânica vem se destacando no cenário mundial. O Estado do Paraná, como grande produtor de grãos do Brasil, também está consciente da importância da transição do sistema convencional de produção para um sistema com menor uso de agrotóxicos. Até o momento, a tecnologia para o controle de plantas espontâneas em sistemas de produção orgânica de grãos se dá por meio do preparo convencional do solo. Neste sentido, há preocupação, pois sabe-se que esta prática compromete a dinâmica de agregação do solo e as propriedades que conferem sustentabilidade ao sistema, como a de regular o fluxo de água no ambiente (Karlen et al., 1997), por exemplo, ficam comprometidas.

A estrutura do solo evolui na medida em que partículas orgânicas e minerais combinam-se, formando unidades compostas e estáveis, numa escala de tamanho que vai desde microestruturas até macroagregados (Tisdall & Oades, 1982; Oades & Waters, 1991; Jastrow & Miller, 1998). A dinâmica da formação dos agregados é resultante da interação de diversas variáveis, como ambiente, manejo e tipo de cobertura do solo, reserva de nutrientes e umidade, teor de carbono orgânico e atividade microbiana, além das características intrínsecas do solo, como composição mineral, textura e processos pedogenéticos (Tisdall & Oades, 1982; Beare et al., 1995; Bronick & Lal, 2005).

A dinâmica de agregação é conduzida por agentes ligantes que atuam em diferentes fases da organização estrutural dos agregados, sendo classificados, segundo Tisdall & Oades (1982), em transitórios, temporários e persistentes com relação ao tempo em que perduram no sistema.

Os polissacarídeos e substâncias húmicas, provenientes da decomposição dos resíduos vegetais e exsudatos das raízes, atuam como agentes ligantes transitórios e persistentes, respectivamente, na formação de agregados (Munier & Oades, 1989; Jastrow, 1996; Bronick & Lal, 2005). Estes compostos ficam adsorvidos na superfície de minerais da fração argila, fazendo uma ponte entre os minerais, e, assim, formam microagregados de até 0,25mm de diâmetro (Edwards & Bremner, 1967; Tisdall, 1996; Jastrow & Miller, 1998; Silva et al., 2006).

As raízes de plantas e as hifas de fungos associados atuam no processo de agregação do solo como agentes temporários, pois contribuem durante o ciclo das culturas e sofrem alterações com a renovação vegetal e o manejo do solo (Tisdall & Oades, 1982; Munier & Oades, 1989; Jastrow & Miller, 1998; Six et al., 1999). Estes agentes constroem redes extensas no solo que unem mecanicamente microagregados e partículas organominerais,

formando macroagregados com diâmetro maior que 0,25mm (Tisdall & Oades, 1982; Oades & Waters, 1991; Haynes & Beare, 1996). Esses agregados formados tem propriedades capazes de exercerem as funções do solo na natureza (Karlen et al., 1997), pois possuem poros capazes de exercer drenagem e retenção de água; são meio para ocorrer as transformações químicas da ciclagem de nutrientes; retenção de carbono, nutrientes e compostos que podem ser prejudiciais ao ambiente.

As interações dinâmicas entre os fatores de formação de agregados e a atividade dos agentes ligantes são afetadas pelas práticas de manejo agrícola. Os sistemas de manejo do solo e culturas com o menor revolvimento do solo proporcionam o aporte de energia e matéria por meio de resíduos vegetais, além da ação benéfica das raízes (Silva & Mielniczuk, 1997a; Wohlenberg et al., 2004; Vezzani & Mielniczuk, 2011a). Estes sistemas podem evoluir para o aumento do diâmetro dos agregados, formando estruturas mais complexas e diversificadas, aumentando o nível de complexidade (Vezzani & Mielniczuk, 2009; 2011b). Por consequência, melhoram a qualidade estrutural de solos cultivados, além de contribuírem na recuperação dos solos que já foram degradados (Campos et al., 1995).

O revolvimento do solo por aração e gradagem influencia negativamente na agregação do solo (Silva & Mielniczuk, 1998; Silva et al., 2006) e conduz o sistema para um nível de menor complexidade (Vezzani & Mielniczuk, 2009; 2011b). Isto ocorre pelo efeito direto do preparo convencional do solo sobre os agentes de ligação temporários (Bronick & Lal, 2005; Lima et al., 2008), ou seja, ocorre o rompimento das redes de raízes e hifas, a quebra dos macroagregados e a conseqüente formação de microagregados com liberação da matéria orgânica retida (Six et al., 1999; Pinheiro et al., 2004; Bertol et al., 2004). Six et al. (1999) sugerem que há formação de macroagregados entre as práticas de revolvimento do solo em sistemas com preparo convencional. Porém, o rompimento dos macroagregados acontece a cada operação de preparo.

A diversidade vegetal influencia diretamente na dinâmica de agregação e na elevação do nível de complexidade do sistema (Beare et al., 1995; Vezzani & Mielniczuk, 2011b). A complexidade das relações ecológicas no solo entre sistemas radiculares de diferentes espécies promove interações de competição ou facilitação interespecíficas, além das interações intraespecíficas existentes nos sistemas de culturas (Sammul et al., 2000; Maina et al., 2002; Li et al., 2005). O aumento da riqueza vegetal, promovido por policultivos, promove a diversificação dos sistemas radiculares que variam amplamente em magnitude, fisiologia, compostos exsudatos, arquitetura e associações com micorrizas, os quais podem

atuar na dinâmica de agregação de maneira diferenciada (Oades & Waters, 1991; Beare et al., 1995; Wohlenberg et al., 2004; Bronick & Lal, 2005).

Porém, a grande maioria dos sistemas agrícolas são monocultivados. Associado a isto, os sistemas agrícolas orgânicos tem o revolvimento do solo como prática comum. Nesta condição, a dinâmica de agregação é influenciada pelo preparo, com efeito direto, principalmente, sobre os agentes ligantes temporários, raízes e hifas de fungos, que desenvolvem durante o ciclo das culturas, responsáveis pela formação de macroagregados (Tisdall & Oades, 1982; Silva & Mielniczuk, 1997a; Loss et al., 2009; Vezzani & Mielniczuk, 2011b). Resta saber, se as culturas em sistemas orgânicos de produção tem capacidade de recuperar a macroagregação entre as operações de preparo.

Este trabalho teve o objetivo de estudar a dinâmica de agregação durante um ciclo de culturas em sistemas orgânicos com diferentes riquezas vegetais, a fim de avaliar a capacidade das plantas recuperar a macroagregação do solo após preparo convencional.

MATERIAL E MÉTODOS

Área Experimental

O trabalho foi conduzido em área experimental no Centro Paranaense de Referência em Agroecologia (CPRA), no município de Pinhais - PR, nas coordenadas 25° 25' de latitude sul e 49° 08' de longitude oeste, com altitude de 930 m. O clima é o *Cfb*, classificado segundo Köppen, com temperaturas médias anuais entre 17°C e 20°C e pluviosidade média de 1.200 mm anuais.

A área experimental está em Gleissolo Melânico com textura muito argilosa, com estrutura bastante alterada, em função do uso anterior da área: entre os anos de 1997 a 2002 foram cultivadas hortaliças em sistema orgânico de produção com revolvimento intensivo do solo com aração e gradagem; entre os anos de 2002 a 2006, a área foi cultivada com adubos verdes de inverno em preparo convencional e pousio no verão. O Quadro 1 apresenta a caracterização química e granulométrica do solo da área experimental, na profundidade de 0 a 15 cm, no ano de 2006 (Veiga Silva, 2008).

Quadro 1. Indicadores químicos e granulometria do Gleissolo Melânico deste estudo no ano de 2006, na profundidade de 0 a 15 cm. Dados em Veiga Silva (2008).

Indicadores químicos										Granulometria			
pH	Al ⁺³	H ⁺ +Al ⁺³	Ca	Mg	K	SB	T	P	C	V	Areia	Silte	Argila
CaCl ₂ cmol _c dm ⁻³						mg dm ⁻³	g dm ⁻³	% g kg ⁻¹			
6,33	0,00	3,24	12,55	6,54	1,22	20,31	23,56	82,27	61,49	86,21	185,5	202,0	612,5

Delineamento Experimental e Tratamentos

O experimento iniciou no ano de 2006 com o delineamento experimental de blocos ao acaso com três repetições e cinco tratamentos: monocultivos de milho (M), feijão (F) e abóbora (A); policultivos com duas espécies milho+feijão (MF) e com três espécies milho+feijão+abóbora (MFA). Todos os tratamentos seguiram o sistema orgânico de produção: sem adição de fertilizantes minerais e agrocidas.

As culturas de verão: milho (*Zea mays* L.), feijão (*Phaseolus vulgaris* L.) e abóbora (*Cucurbita maxima*) estiveram em alternância nos invernos com aveia (*Avena strigosa*), em 2007, e com pousio, em 2008 e 2009.

Neste trabalho, foi avaliada a safra agrícola 2009/2010. O preparo do solo consistiu em uma aração e três gradagens antes da semeadura das culturas de verão, no intuito de controlar a brotação de plantas espontâneas, sendo que a última operação de gradagem foi realizada no dia 22 de outubro de 2009. A semeadura das culturas de milho e feijão em todos os tratamentos foi realizada no dia 30 de outubro de 2009, e da abóbora, no dia 31 de outubro de 2009.

Nos tratamentos monocultivados, os espaçamentos entre linhas foram de 0,90 m para o M, 0,45 m para o F e 3,0 m para a A. Nos tratamentos policultivados MFA e MF, a disposição das culturas seguiu duas linhas de feijão para uma linha de milho, sendo o espaçamento entre linhas de feijão de 0,45 m, e o de milho, de 1,35 m. No policultivo MFA detalhado no croqui do apêndice 2, a abóbora foi inserida com espaçamento de 3,0 x 3,0 m. Detalhes do procedimento experimental encontram-se em Veiga Silva (2008).

Dinâmica de Agregação do Solo

A dinâmica de agregação do solo nos sistemas de culturas foi avaliada por meio da distribuição dos agregados em classes de diâmetro e do diâmetro médio ponderado obtido por via úmida (DMPu) em três tempos: (t1) antes do preparo convencional do solo, no dia 21 de

setembro de 2009; (t2) após o preparo convencional do solo, no dia 23 de outubro de 2009; e (t3) no final do ciclo das culturas milho, feijão e abóbora, no dia 12 de fevereiro de 2010. O campo nativo (CN) em uma área adjacente, sem a interferência antrópica há pelo menos 30 anos, também foi amostrado como referência da condição original do ecossistema nativo.

A coleta de solo foi realizada em amostras indeformadas em dois pontos por parcela para compor a média de cada parcela, na profundidade de 0-10 cm.

As amostras de solo foram destorroadas levemente com os dedos, respeitando os pontos de fraqueza, fracionando os torrões sobre peneira de malha 8 mm, sendo, posteriormente, secas ao ar e na sombra. A distribuição dos agregados em classes de diâmetro ocorreu em três etapas. A primeira etapa consistiu na peneiragem manual via seca de uma amostra de peso conhecido dos agregados secos ao ar, utilizando um conjunto de peneiras com as malhas de 4; 2; 1; 0,50 e 0,25 mm, obtendo-se a proporção de agregados nas classes de diâmetro de 8-4; 4-2; 2-1; 1-0,50; 0,50-0,25 e < 0,25 mm. A segunda etapa consistiu na composição de uma amostra de 50g de agregados, a partir de subamostras obtidas pela proporção de cada classe determinada na primeira etapa. As subamostras foram umedecidas separadamente por capilaridade por 12 horas. Após, as subamostras foram colocadas no conjunto de peneiras nas suas respectivas malhas, e procedeu-se o peneiramento úmido em aparelho do tipo Yoder, ajustado para 36 oscilações por minuto, com amplitude de 25 mm, durante 20 minutos. Após este processo, os agregados retidos em cada peneira foram secos em estufa a 60°C por 24 horas. A terceira etapa consistiu em recompor a amostra no conjunto de peneiras com as classes de agregados separados no procedimento via úmida, e, novamente, procedeu-se a peneiragem manual via seca para obtenção da massa de agregados das classes. Esta última etapa teve o objetivo de separar os agregados menores que a respectiva classe, que ficaram retidos na borda das peneiras ou se desprenderam dos agregados maiores durante seu manuseio. A classe < 0,25 mm foi obtida por diferença.

A massa de agregados das classes obtidas por peneiramento foi utilizada para o cálculo do DMPu, por meio da equação: $DMP = \sum_{i=1}^n (x_i \cdot w_i)$, em que x_i = diâmetro médio da classe; e w_i = proporção (%) de cada classe em relação ao total.

Densidade de raízes (DR) e Matéria Seca da Parte Aérea

As coletas de raízes e matéria seca da parte aérea foram realizadas por cultura principal, quando as culturas de feijão e milho apresentaram pleno florescimento, respectivamente nos dias 28 de dezembro de 2009, nos tratamentos MFA, MF e F; e 20 de

janeiro de 2010, nos tratamentos MFA, MF e M. As coletas para a cultura de abóbora, nos tratamentos MFA e A, foram realizadas no dia 8 de fevereiro de 2010, quando houve a ocorrência de pelo menos um fruto maduro em 50% das parcelas.

Foram coletadas duas amostras de raízes por parcela, que compuseram a média de cada parcela, retiradas nas entrelinhas das culturas, a partir de 12 cm do caule da planta principal. Utilizou-se um cilindro de metal com 5 cm de raio e 10 cm de altura e volume de 785 cm³. Posteriormente, cada amostra de solo contendo raízes foi imersa em um litro de solução de hexametáfosfato de sódio - Na₁₆P₁₄O₃ (calgon) 1 mol L⁻¹ + Na₂CO₃ 1 mol L⁻¹ (adaptado de Sousa Neto et al., 2009), por 24 horas para dispersão do solo. As raízes foram lavadas em água corrente sobre peneira de malha 0,25 mm para a retirada do solo e partículas orgânicas e minerais. Após este procedimento, com auxílio de lupa binocular, foi realizada a toaleta das raízes, utilizando pinças de ponta fina para a retirada de eventuais materiais que não saíram na lavagem (Böhm, 1979). As raízes limpas e separadas do solo foram secas em estufa a 60°C por 24 horas para determinação da massa seca de raízes por volume de solo coletado, obtendo-se a densidade de raízes.

Para a determinação da matéria seca da parte aérea do milho e do feijão, foram coletadas as plantas contidas em um metro de duas linhas, obtendo-se a matéria seca de 2 m lineares. Para a abóbora, foi coletada a matéria seca contida em uma área de 3 m². O material coletado foi seco em estufa a 60°C por 48 horas e, posteriormente, determinada a sua massa por área.

Carbono orgânico total (COT) e nitrogênio total (NT) do solo

O carbono orgânico total e o nitrogênio total do solo foram determinados nas amostras de solo coletas nos tempos (t2) logo após o preparo convencional do solo e (t3) no final do ciclo das culturas, na profundidade de 0 a 10cm. O método utilizado foi o de combustão a seco (975°C) no analisador Vario El III CHNOS Elementar Analyzer.

Análises Estatísticas

As análises estatísticas foram realizadas com auxílio do software R. Os resultados foram corrigidos quanto à normalidade e submetidos à análise de variância (ANOVA) e teste de Tukey a 10% de significância. A variável “tempo” foi analisada como subparcela.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A dinâmica de agregação avaliada pela distribuição dos agregados em classes de diâmetro e Diâmetro Médio Ponderado obtido via úmida (DMPu) entre os sistemas orgânicos de culturas não houve diferença significativa. Por este motivo, os tratamentos foram agrupados por classe de diâmetro para analisar os resultados no tempo.

Na Figura 1, estão apresentados os dados médios da massa de agregados do solo de todos os tratamentos nas diferentes classes de diâmetro, em três tempos: (t1) antes do preparo do solo, (t2) logo após o preparo, e (t3) no final do ciclo das culturas.

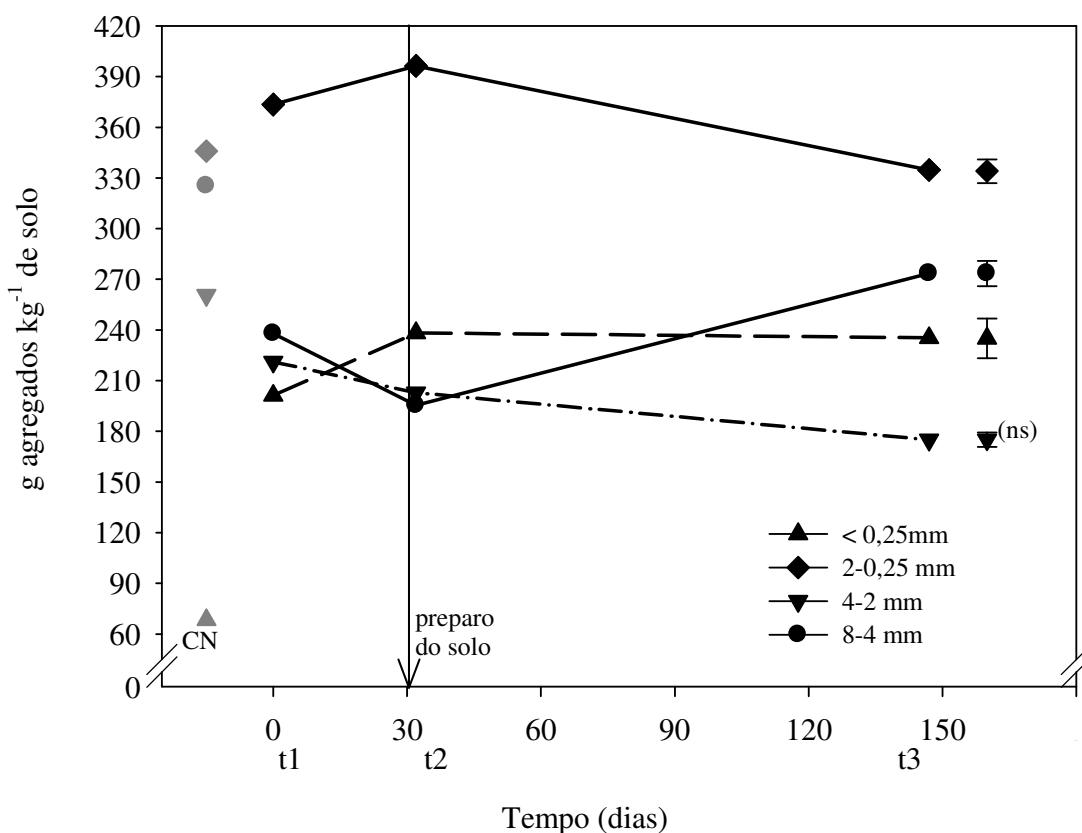


Figura 1. Classes de diâmetro dos agregados (em g kg⁻¹ de solo) de um Gleissolo Melânico sob sistemas de culturas no tempo, e distribuição dos agregados nas classes de diâmetro do mesmo solo sob campo nativo (símbolos cinza) na profundidade de 0-10 cm. Tempo: t1 – antes do preparo convencional do solo; t2 – após o preparo convencional do solo, t3 – final do ciclo das culturas, 94 dias após a sementeira. CN = campo nativo, sistema referência. Dados são médias dos cinco tratamentos e três repetições. Barras verticais representam a Diferença Mínima Significativa (DMS) para cada classe de diâmetro no tempo pelo Teste de Tukey a 10%; ns = não significativo. Coeficiente de variação classes de agregados: 8-4 mm = 43%, 4-2 mm = 30%, 2-0,25 mm = 28%, <0,25 mm = 22%.

Todas as classes de diâmetro dos agregados do solo foram afetadas pelo preparo convencional, como mostram os dados na Figura 1. Entre os tempos t1 e t2, houve redução significativa na massa de agregados da classe de 8-4 mm, ao passo que houve aumento significativo na massa dos agregados menores que 2 mm.

Estes dados concordam com os trabalhos conduzidos por Campos et al. (1995) em Latossolo Vermelho Escuro Distrófico e por Cruz et al. (2003) em Argissolo Vermelho sob diferentes sistemas de manejo em que o preparo convencional diminuiu a massa de agregados de maior diâmetro. O efeito do preparo do solo se dá na exposição da matéria orgânica particulada, na oxigenação que favorece a atividade microbiana na decomposição de compostos orgânicos ligantes dos agregados. E, neste processo, os macroagregados se desfazem (Six et al., 1999).

Os macroagregados das classes de 8-2 mm ao serem destruídos na prática do preparo convencional do solo geraram o aumento da massa de agregados com diâmetro entre 2-0,25 mm e de microagregados (< 0,25 mm), observado na Figura 1 entre os tempos t1 e t2. A maior massa de agregados com diâmetro menor que 2 mm no solo é freqüente em áreas sob preparo convencional (Silva et al., 2000; Pinheiro et al., 2004; Loss et al., 2009). À medida que a proporção dos macroagregados diminuem e simultaneamente os microagregados aumentam com o preparo do solo, as funções do solo na natureza (Karlen et al., 1997) ficam comprometidas. Mais relevante ainda, quando se trata de sistemas orgânicos de produção, que tem, por princípio, a busca da sustentabilidade ambiental.

Ao comparar as classes de diâmetro dos sistemas cultivados no tempo com o sistema referência campo nativo (Figura 1), observa-se que os sistemas cultivados estão organizados em outro patamar de agregação, principalmente as duas classes extremas 8-4 e < 0,25 mm. A diferença do campo nativo para os sistemas em cultivo no t1 foi 137 % superior para a classe 8-4 mm, e 294 % inferior para a classe < 0,25mm. O revolvimento do solo nos sistemas agrícolas é, portanto, determinante para redistribuir as classes de agregados de um solo, podendo comprometer a execução de suas funções na natureza.

Por outro lado, os sistemas de culturas mono e policultivados, durante um ciclo de 94 dias, interferiram positivamente na agregação, levando o sistema a evoluir para um estado de complexidade superior ao observado logo após o preparo do solo. Esta evolução dos sistemas foi observada pelo aumento significativo da massa dos agregados da classe de 8-4 mm durante o período de cultivo, dados entre t2 e t3 na Figura 1. O aumento quantitativo desta

classe deu-se pela união das classes inferiores a 2 mm, especialmente a classe de 2-0,25 mm, que decresceu significativamente neste mesmo período (Figura 1).

A formação de macroagregados do solo sob cultivo é atribuído à união de microagregados e partículas orgânicas e minerais promovida pelas raízes das plantas cultivadas e aos fungos rizosféricos. As plantas através de suas raízes promovem o enredamento destas unidades na medida em que se desenvolvem (Tisdall & Oades, 1982; Silva & Mielniczuk, 1997a), além de secretarem compostos orgânicos que atuam na ligação e estabilização dos agregados (Oades, 1978; Oades & Waters, 1991; Castro Filho et al., 2002). O desenvolvimento de fungos rizosféricos, principalmente, os micorrízicos (Miller & Jastrow, 1992), podem ter efeito na formação dos macroagregados do solo superior à ação das raízes (Miller & Jastrow, 1990). Os macroagregados formados, neste estudo, sofreram influência direta das raízes das plantas presentes. Os dados entre t2 e t3 na Figura 1 demonstram que este agente ligante foi determinante para a organização do sistema a um nível de complexidade superior em relação ao estado do solo logo após o preparo convencional.

Os sistemas radiculares das plantas de milho, feijão e abóbora, possuem diferenças em função das características de cada espécie (Beare et al., 1995; Bronick & Lal, 2005). No entanto, independente da espécie e da riqueza dos sistemas de culturas avaliados, a dinâmica de agregação seguiu o mesmo padrão. Esta resposta demonstra que os sistemas de culturas com diferentes espécies e riqueza vegetal podem ter atuado na dinâmica de agregação de maneira diferente, porém com o mesmo potencial de agregação do solo. Entretanto, um dos fundamentos do sistema orgânico de produção é a promoção da agrobiodiversidade, no tempo e no espaço, com o intuito de manter ou melhorar os ciclos biológicos na unidade produtiva (Pereira & Melo, 2008; Loss et al., 2009). A riqueza de espécies vegetais traz benefícios para todos os nichos ecológicos que ocorrem no solo (Beare et al., 1995) pela influência que as plantas exercem sobre os componentes do solo e suas complexas interações (Vezzani & Mielniczuk, 2011b). Neste sentido, ressalta-se a importância dos sistemas orgânicos policultivados em promover funções determinantes na qualidade do solo e do ambiente.

A avaliação da dinâmica da agregação por meio do comportamento do diâmetro médio ponderado pelo peneiramento úmido (DMPu) no tempo refletiu o que ocorreu com a distribuição dos agregados em classes de diâmetro (Figura 2). Da mesma forma, os diferentes tipos de culturas e riqueza de espécies não diferiram quanto ao DMPu pela análise de variância (ANOVA), portanto os dados apresentados na Figura 2 são a média de todos os tratamentos.

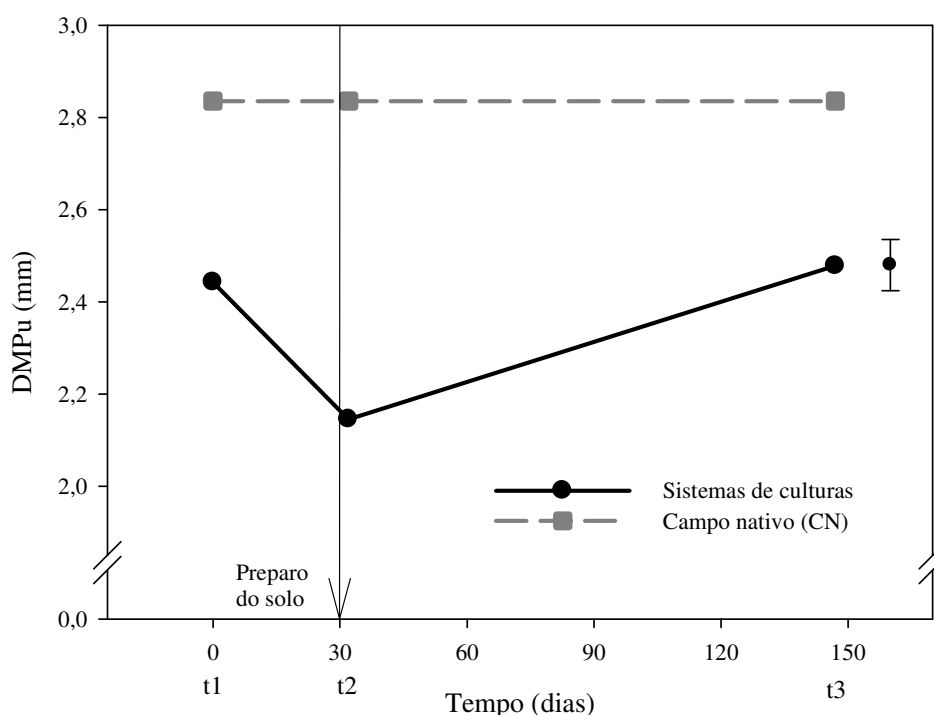


Figura 2. Diâmetro médio ponderado de agregados por peneiramento via úmida (DMPu) de um Gleissolo Melânico sob sistemas orgânicos de culturas no tempo, na profundidade de 0-10 cm. Tempo: t1 – antes do preparo convencional do solo; t2 – após o preparo convencional do solo, t3 – final do ciclo das culturas, 94 dias após a semeadura. CN = campo nativo, sistema de referência. Dados são médias dos cinco tratamentos e três repetições. Barra vertical representa a Diferença Mínima Significativa (DMS) para o DMPu no tempo pelo Teste de Tukey a 10%. Coeficiente de variação = 28,5%.

O preparo convencional do solo reduziu o DMPu, como é observado nos valores decrescentes entre o t1 e t2 na Figura 2. Este resultado está relacionado com o aumento proporcional dos agregados menores que 2 mm, destacando a grande influência do preparo do solo sobre os macroagregados da classe de 8-4 mm (Figura 1). Esse efeito do revolvimento sobre o DMPu está em conformidade com trabalhos conduzidos por Carpenedo & Mielniczuk (1990); Silva & Mielniczuk (1997b); Lima et al. (2003) e Loss et al. (2009).

Em todos os sistemas de culturas com diferentes riquezas vegetais, o DMPu aumentou significativamente em um ciclo de 94 dias de cultivo (período entre t2 e t3 na Figura 2), alcançando valores semelhantes ao estado do solo antes do preparo (t1 na Figura 2). Esse resultado confirma que o diâmetro médio dos agregados rompido pelo preparo, evoluiu para um valor maior, em função da ação das raízes das plantas em formar macroagregados, conforme teoria proposta por Tisdall & Oades (1982) e confirmada por Jastrow & Miller (1998) e Vezzani & Mielniczuk, 2011a. Não obstante, os resultados demonstraram que

mesmo com efeito positivo das raízes na recuperação dos macroagregados do solo, os sistemas de culturas não puderam alcançar o DMPu do sistema referência campo nativo, sugerindo um estado de depressão do diâmetro dos agregados sob o manejo do solo e culturas utilizado (Figura 2). Trabalhos demonstram que manejos de solo e culturas tem capacidade de manter ou até melhorar a agregação de solo, desde que cessem o revolvimento e introduzam-se espécies com alta produção de matéria seca da parte aérea e das raízes (Silva & Mielniczuk, 1998; Loss et al. 2009). Paladini & Mielniczuk (1991) observaram que um sistema com gramínea perene sobre Argissolo, em apenas cinco anos, atingiu o estado de agregação do ecossistema nativo, devido ao sistema radicular. E, neste mesmo solo, Vezzani & Mielniczuk (2011a) observaram que, em 15 anos, sistemas de culturas com adição de 6,9 kg de carbono da matéria seca ha⁻¹ ano⁻¹ e sem revolvimento alcançaram o patamar de agregados > 4 mm do ecossistema nativo do solo.

Em função de resultados que ressaltam o papel das raízes na agregação (Tisdall & Oades, 1982; Silva & Mielniczuk, 1997a; Vezzani & Mielniczuk, 2011a), a expectativa deste estudo era que os tipos e a riqueza de espécies vegetais exerceriam efeitos distintos na agregação. Porém, os sistemas de culturas foram equivalentes em recompor o DMPu do solo após o preparo. Este resultado pode estar baseado na densidade de raízes (DR), que também demonstrou comportamento equivalente das culturas entre os sistemas mono e policultivados, apesar de diferenças na magnitude de 54,5% entre mono e policultivo com três espécies, no caso do milho, como demonstrado no Quadro 2.

Quadro 2. Densidade de raízes de feijão (F), milho (M) e abóbora (A) em monocultivo e policultivo com duas espécies (MF) e com três espécies (MFA) em Gleissolo Melânico, e os respectivos coeficientes de variação (CV) e diferença mínima significativa pelo Teste de Tukey a 10% significância. Dados são médias de três repetições.

Cultura	monocultivo	policultivo		CV	DMS
		2 espécies	3 espécies		
		MF	MFA		
		g dm ⁻³		%	g dm ⁻³
Milho (M)	0,85	0,65	0,46	54	0,66
Feijão (F)	0,44	0,65	0,54	69	0,60
Abóbora (A)	0,62	-	0,56	67	0,45

Pela avaliação da matéria seca da parte aérea das culturas principais também não foi observada diferença significativa entre sistemas mono e policultivados (Figura 3). Os resultados indicam que a adição de compostos orgânicos foi equivalente entre os sistemas de

culturas, independente da riqueza de espécies cultivadas. Contudo, observa-se na Figura 3 que, os sistemas estão em patamares diferentes em relação à produção de matéria seca, e, por isso, era esperado que os sistemas com maior produção de matéria seca e conseqüente adição de carbono ao solo resultassem em dinâmica de agregação diferente. Segundo Vezzani & Mielniczuk (2011b), o fluxo de energia e matéria na forma de compostos orgânicos oriundos da planta conduz o sistema a um nível de maior ou menor complexidade, dependendo do aporte de carbono no sistema. A produção e deposição de compostos orgânicos e resíduos vegetais, proveniente da senescência das plantas, desencadeia os processos ecológicos responsáveis pela formação e estabilização de agregados (Tisdall & Oades, 1982; Beare et al., 1995; Vezzani & Mielniczuk, 2011b).

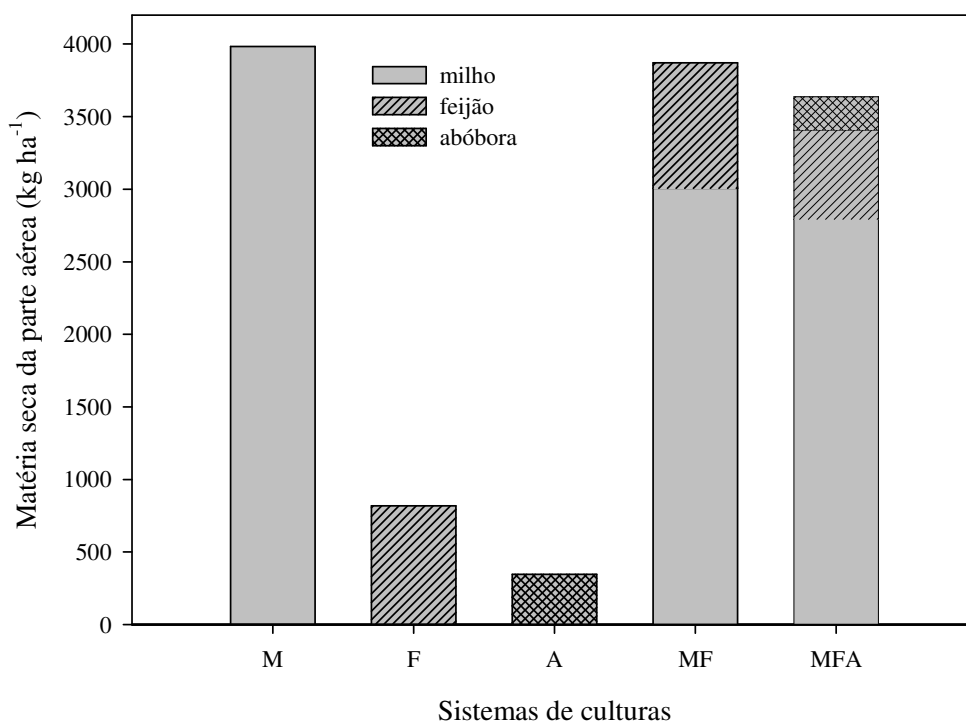


Figura 3. Matéria seca da parte aérea de milho (M), feijão (F) e abóbora (A) em monocultivo e policultivo com duas espécies (MF) e com três espécies (MFA), em Gleissolo Melânico. Dados são médias de três repetições. Coeficiente de variação (CV) e diferença mínima significativa (DMS) para o milho: 20,27%, 1120,24 kg ha⁻¹; CV e DMS para o feijão: 55,42%, 342,77 kg ha⁻¹; CV e DMS para abóbora: 47,9%, 411,34 kg ha⁻¹.

Em sistemas com preparo convencional do solo, a estabilização dos agregados formados depende do contínuo fornecimento de matéria orgânica por meio das plantas, de maneira suficiente para compensar a perda de carbono orgânico do solo ocasionada pelo

revolvimento (Bayer et al., 2006; Loss et al., 2009). A maior riqueza de plantas nos sistemas policultivados deste estudo, pode não ter oferecido maior aporte de carbono de maneira quantitativa, mas certamente aumentou a diversidade do material orgânico depositado, trazendo benefícios para o sistema, além do aporte de energia e carbono. O aumento da diversidade da comunidade vegetal promovido pelo policultivo MF e MFA pode estimular as complexas interações entre os agentes ligantes em seus diversos níveis hierárquicos, conferindo ao sistema maior resistência às perturbações e conseqüente aumento da resiliência do sistema (Beare et al., 1995; Vezzani & Mielniczuk, 2009).

A determinação do COT nos sistemas confirmou que eles estão em condição equivalente. Segundo Silva & Mielniczuk (1997b) e Palmeira et al. (1999) existe uma alta correlação entre COT e o DMPu em sistema agrícolas. Esta correlação não foi observada nos sistemas mono e policultivados do presente estudo, pois estes sistemas não diferiram em teor de COT, nem de nitrogênio total do solo (NT) e, conseqüentemente, a relação C/N do solo foi igual entre os sistemas de culturas, como pode ser observado nos dados apresentados no Quadro 3.

O teor de COT é resultado do balanço entre as adições e as perdas de material orgânico no sistema solo-planta. Estudos realizados por Bayer et al. (2006) revelam que o preparo convencional do solo aumenta a perda anual de carbono em torno de 100 % em relação ao plantio direto em região subtropical, demonstrando o grande impacto desta técnica sobre os teores de COT do solo.

Quadro 3. Carbono orgânico total (COT), nitrogênio total (NT) e relação C/N do solo sob de feijão (F), milho (M) e abóbora (A) em monocultivo e policultivo com duas espécies (MF) e com três espécies (MFA), e Campo Nativo (CN) como sistema referência em Gleissolo Melânico. Média de dois tempos e três repetições. Coeficiente de variação (CV) e diferença mínima significativa (DMS) para o COT: 1,4%, 0,63%; CV e DMS para NT: 0,3 %, 0,06%.

	Sistemas de culturas					
	M	F	A	MF	MFA	CN
COT (g dm ⁻³)*	48,80	48,10	47,70	47,80	47,10	52,00
NT (g dm ⁻³)*	3,40	3,40	3,40	3,30	3,30	3,80
C/N*	14,47	14,40	14,28	14,37	14,43	13,76

* não significativo pelo Teste F (ANOVA)

O preparo convencional rompe as estruturas de solo, liberando a matéria orgânica anteriormente retida nos agregados (Six et al., 1998; Bhattacharyya et al., 2009). Por consequência, a atividade microbiana é estimulada, causando a mineralização do C orgânico à CO₂ e a ciclagem do nitrogênio, reduzindo os teores de COT e NT (Haynes & Beare, 1996; Silva et al., 2006; Bayer et al., 2006).

Os resultados apresentados no Quadro 3 apontam a diminuição nos teores de COT e NT comparados ao sistema referência campo nativo, indicando que o balanço entre as adições e as perdas de material orgânico nos sistemas de culturas estudados é negativo, ou seja, a adição de material orgânico proveniente dos sistemas de culturas foi inferior a perda de COT promovida pelo preparo do solo, reafirmando o impacto desta técnica de manejo sobre as propriedades do solo. Para Silva et al. (2000), sistemas de manejo que empregam operações com intenso revolvimento revelam taxa de perda de carbono normalmente maior que a taxa de adição, resultando em decréscimo dos teores de matéria orgânica com o tempo.

Vale ressaltar que a área experimental vinha sendo utilizada em preparo convencional do solo por no mínimo nove anos, antes do início do experimento. A perda de COT deve ter sido anterior aos sistemas avaliados. Porém, mesmo com a diminuição nos teores de COT e NT dos sistemas cultivados em relação ao campo nativo, observa-se que, em magnitude, a diferença é de apenas 8% para o COT e 12% para o NT (Quadro 2). Este fato pode ser explicado pela textura muito argilosa do solo (612,5 g kg⁻¹ de argila). Os minerais da fração argila possuem grande superfície específica, com predomínio de cargas variáveis e alta interação com o carbono (Haynes & Beare, 1996; Bayer et al., 2000; Mielniczuk et al., 2003). Além disso, os minerais da fração argila possuem alto poder de estabilização da matéria orgânica, conferindo proteção física, pela menor acessibilidade dos microrganismos aos compostos orgânicos no interior dos agregados; e estabilidade química, pela formação de complexos altamente estáveis entre grupos funcionais orgânicos e minerais (Jastrow & Miller, 1998; Zotarelli et al., 2007; Nascimento et al., 2009) Neste estudo, a estabilidade da interação do COT com os minerais da fração argila pode ter sido tão alta que as diferenças entre as espécies cultivadas e a riqueza vegetal por seis anos, não foi capaz de alterar os teores de COT nos sistemas. Ao contrário do que foi observado por Bayer et al. (2006), em Argissolo com textura média, onde os sistemas de culturas influenciaram na variação do COT já nos primeiros cinco anos. Este fato demonstra a resistência do solo em estudo, um Gleissolo Melânico de textura muito argilosa, às perturbações causadas pelo manejo do solo e culturas.

Outro aspecto do COT refere-se a ele ser considerado o melhor indicador de Qualidade do Solo (USDA-NRCS, 2011), pois reflete a eficiência das práticas de manejo. Perdas acentuadas de COT implicam na depreciação da Qualidade do Solo (Conceição et al., 2005), refletindo na sustentabilidade dos ecossistemas. O menor valor do COT nos sistemas cultivados, sob preparo convencional do solo, comparados ao sistema referência campo nativo, demonstra que o manejo utilizado promoveu decréscimos no estoque de COT, reduzindo sua qualidade, como também observado por Vezzani & Mielniczuk (2011a). Sendo assim, o preparo convencional do solo empregado nos sistemas orgânicos pode comprometer a Qualidade do Solo.

CONCLUSÕES

A dinâmica de agregação do solo em sistema orgânico de produção agrícola evidenciou que o preparo convencional do solo foi determinante para conduzir a massa de agregados para as classes de diâmetro menor.

As raízes das plantas durante um ciclo de 94 dias auxiliaram na recuperação dos macroagregados do solo após preparo convencional, independente da riqueza de espécies vegetais cultivadas.

LITERATURA CITADA

- BAYER, C.; LOVATO, T.; DIECKOW, J.; ZANATTA, J.A. & MIELNICZUK, J. A method for estimating coefficients of soil organic matter dynamics based on long-term experiments. *Soil Tillage Research*, 91:217-226, 2006.
- BAYER, C.; MIELNICZUK, J. & MARTIN-NETO, L. Efeitos de sistemas de preparo e de cultura na dinâmica da matéria orgânica e na mitigação das emissões de CO₂. *Revista Brasileira de Ciência de Solo*, 24:599-607, 2000.
- BEARE, M.H.; COLEMAN, D.C.; CROSSLEY Jr, D.A.; HENDRIX, P.F. & ODUM, E.P. A hierarchical approach to evaluating the significance of soil biodiversity to biogeochemical cycling. *Plant and Soil*, 170:5-22, 1995.
- BERTOL, I.; ALBUQUERQUE, J.S.; LEITE, D.; AMARAL, A. & ZOLDAN JUNIOR, W.A. Propriedades físicas do solo sob preparo convencional e semeadura direta em rotação e sucessão de culturas comparadas às do campo nativo. *Revista Brasileira de Ciência de Solo*, 28:155-163, 2004.
- BHATTACHARYYA, R.; PRAKASH, V.; KUNDU, S.; SRIVASTVA, A.K. & GUPTA, H.S. Soil aggregation and organic matter in a sandy clay loam soil of the Indian Himalayas under different tillage and crop regimes. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 132:126-134, 2009.
- BÖHM, W. *Methods of studying root systems*. Berlin: Springer, 1979. 188p.

- BRONICK, C.J & LAL, R. Soil structure and management: a review. *Geoderma*, 124:3–22, 2005.
- CAMPOS, B.C.; REINERT, D.J.; NICOLODI, R.; RUEDELL, J. & PETRERE, C. Estabilidade estrutural de um Latossolo Vermelho-Escuro distrófico após sete anos de rotação de culturas e sistemas de manejo de solo. *Revista Brasileira de Ciência de Solo*, 19:121-126, 1995.
- CARPENEDO, V. & MIELNICZUK, J. Estado de agregação e qualidade de agregados de Latossolos Roxos, submetidos a diferentes sistemas de manejo. *Revista Brasileira de Ciência de Solo*, 14:99-105, 1990.
- CASTRO FILHO, C.; LOURENÇO, A. de F.; GUIMARÃES, M. & FONSECA, I. C.B. Aggregate stability under different soil management systems in a red latosol in the state of Parana, Brazil. *Soil and Tillage Research*, 65:45-51, 2002.
- CONCEIÇÃO, P.C.; AMADO, T. J. C.; MIELNICZUK, J. & SPAGNOLLO, E. Qualidade do solo em sistemas de manejo avaliada pela dinâmica da matéria orgânica e atributos relacionados. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, 29:777-788, 2005.
- CRUZ, A.C.R.; PAULETTO, E.A.; FLORES, C.A. & SILVA, J.B. Atributos físicos e carbono orgânico de um Argissolo Vermelho sob sistemas de manejo. *Revista Brasileira de Ciência de Solo*, 27:1105-1112, 2003.
- EDWARDS, A.P. & BREMNER, J.M. Microaggregates in soils. *Journal of Soil Science*, 18:64-73, 1967.
- HAYNES, R.J. & BEARE, M.H. Aggregation and organic matter storage in Meso-thermal Humid soils. In: CARTER, M.R. & STUART, B.A. *Structure and organic matter storage in agricultural soils*. Boca Raton: Lewis Publishers, 1996. p.213-262.
- JASTROW, J.D. & MILLER, R.M. Soil aggregate stabilization and carbon sequestration: feedbacks through organomineral associations. In: LAL, R., KIMBLE, J.M., FOLLET, R.F. & STEWART, B.A. *Soil processes and the carbon cycle*. Boca Raton: CRC Press, 1998. p. 207-223.
- JASTROW, J.D. Soil aggregate formation and the accrual of particulate and mineral-associated organic matter. *Soil Biology and Biochemistry*, 28:665-676, 1996.
- JASTROW, J.D.; MILLER, R.M. & LUSSENHOP, J. Contributions of interacting biological mechanisms to soil aggregate stabilization in restored prairie. *Soil Biology and Biochemistry*, 30:905-916, 1998.
- KARLEN, D.L.; MAUSBACH, M.J.; DORAN, J.W.; CLINE, R.G.; HARRIS, R.F.; SCHUMAN, G.E. Soil quality: a concept, definition, and framework for evaluation (a guest editorial). *Soil Science Society of America Journal*, 61: 4-10, 1997.
- LI, L.; SUN, J.; ZHANG, F. & GUO, T. Root distribution and interactions between intercropped species. *Oecologia*, 147:280-290, 2005.
- LIMA, C.L.R.; PAULETTO, E.A.; GOMES, A.S. & SILVA, J.B. Estabilidade de agregados de um Planossolo sob diferentes sistemas de manejo. *Revista Brasileira de Ciência de Solo*, 27:199-205, 2003.
- LIMA, C.L.R.; PILLON, C.N.; SUZUKI, L.E.A.S. & CRUZ, L.E.C. Atributos físicos de um Planossolo háplico sob sistemas de manejo comparados aos do campo nativo. *Revista Brasileira de Ciência de Solo*, 32:55-65, 2008.

- LOSS, A.; PEREIRA, M.G.; SHULTZ, N.; FERREIRA, E.P.; SILVA, E.M.R. & BEUTLER, S.J. Distribuição dos agregados e carbono orgânico influenciados por manejos agroecológicos. *Acta Scientiarum Agronomy*, 31:523-528, 2009.
- MAINA, G.G.; BROWN, J.S. & GERSANI, M. Intra-plant versus inter-plant root competition in beans: avoidance, resource matching or tragedy of the commons. *Plant Ecology*, 160: 235-247, 2002.
- MIELNICZUK, J.; BAYER, C.; VEZZANI, F.M.; LOVATO, T.; FERNANDES, F.F. & DEBARBA, L. Manejo de solo e culturas e sua relação com estoques de carbono e nitrogênio do solo. In: CURTI, N.; MARQUES, J.J.; GUILHERME, L.R.G.; LIMA, J.M.; LOPES, A.S.S. & ALVAREZ V., V.H., eds. *Tópicos em ciência do solo*. Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2003. p. 209-248.
- MILLER, R.M. & JASTROW, J.D. Hierarchy of root and mycorrhizal fungal interactions with soil aggregation. *Soil Biology and Biochemistry*, 22:579-584, 1990.
- MILLER, R.M. & JASTROW, J.D. The role of mycorrhizal fungi in soil conservation. In: BETHLENFALVAY, G.J.; LINDERMAN, R.G. (Eds.) *Mycorrhizae in sustainable agriculture*. Madison: American Society of Agronomy, 1992. p.29-44. (Special Publications, 54)
- MUNEER, M. & OADES, J.M. The role of C-organic interactions in soil aggregate stability. III. mechanisms and models. *Australian Journal Soil Science*, 27:411-423, 1989.
- NASCIMENTO, P.C.; BAYER, C.; NETTO, L.F.S.; VIAN, A.C.; VIEIRA, F.; MACEDO, V.C.M. & MARCOLIN, E. Sistemas de manejo e a matéria orgânica de solo de várzea com cultivo de arroz. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, 33:1821-1827, 2009.
- OADES, J.M. & WATERS, A.G. Aggregate hierarchy in soils. *Australian Journal Soil Science*, 29:815- 828, 1991.
- OADES, J.M. Mucilages at the root surface. *Journal Soil Science*, 29:1-16, 1978.
- PALADINI, F.L.S. & MIELNICZUK, J. Distribuição de tamanho de agregados de um solo Podzólico Vermelho-Escuro afetado por sistemas de culturas. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, 15:135-140, 1991.
- PALMEIRA, P.R.T.; PAULETTO, E.A. & TEIXEIRA C.F.A. Agregação de um Planossolo submetido a diferentes sistemas de cultivo. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, 23:189-195, 1999.
- PEREIRA, W. & MELO, W. F. Manejo de plantas espontâneas no sistema de produção orgânica de hortaliça/EMBRAPA – Circular Técnica 62. Brasília, 2008. 8p.
- PINHEIRO, E. F. M.; PEREIRA, M. G. & ANJOS, L. H.C. Aggregates distribution and soil organic matter under different tillage system for vegetable crops in a Red Latosol from Brasil. *Soil and Tillage Research*, 77:79-84, 2004.
- SAMMUL, M.; KULL, K.; OKSANEM, L. & VEROMANN, P. Competition intensity and its importance: results of field experiments with *Anthoxanthum odoratum*. *Oecologia*, 125:18-25, 2000.
- SILVA, I.F. & MIELNICZUK, J. Ação do sistema radicular de plantas na formação e estabilização de agregados do solo. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, 20:113-117, 1997a.

- SILVA, I.F. & MIELNICZUK, J. Avaliação do estado de agregação do solo afetado pelo uso agrícola. *Revista Brasileira de Ciência de Solo*, v.21, p.313-319, 1997b.
- SILVA, I.F. & MIELNICZUK, J. Sistemas de cultivo e características do solo afetando a estabilidade de agregados. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, 22:311-317, 1998.
- SILVA, M.; NAVES, L.; CURI, N. & BLANCANEUX, P. Sistemas de manejo e qualidade estrutural de Latossolo Roxo. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 35:2485-2492, 2000.
- SILVA, M.A.S.; MAFRA, A.L.; ALBUQUERQUE, J.A.; ROSA, J.D.; BAYER, C. & MIELNICZUK, J. Propriedades físicas e teor de carbono orgânico de um Argissolo Vermelho sob distintos sistemas de uso e manejo. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, 30:329-337, 2006.
- SIX, J.; ELLIOT, E.T.; PAUSTIAN, K. & DORAN, J.W. Aggregation and soil organic matter accumulation in cultivated and native grassland soils. *Soil Science Society of America Journal*, 62:1367-1377, 1998.
- SIX, J.; ELLIOT, E.T. & PAUSTIAN, K. Aggregate and soil organic matter dynamics under conventional and no-tillage systems. *Soil Science Society of America Journal*, 63:1350-1358, 1999.
- SIX, J.; PAUSTIAN, K.; ELLIOT, E.T. & COMBRICK, C. Soil structure and soil organic matter: I. Distribution of aggregate size classes and aggregate associated carbon. *Soil Science Society of America Journal*, 64:681-689, 2000.
- SOUSA NETO, E.L.; FIGUEIREDO, L.H.A. & BEUTLER, A.N. Dispersão da fração argila de um Latossolo sob diferentes sistemas de uso de dispersantes. *Revista Brasileira de Ciência de Solo*, 33:723-728, 2009.
- TERUEL, D.A.; DOURADO NETO, D.; HOPMANS, J.W. & REICHARDT, K. Modelagem matemática como metodologia de análise do crescimento e arquitetura de sistemas radiculares. *Scientia Agricola*, 57:683-691, 2000.
- TISDALL, J. M. & OADES, J. M. Organic matter and water-stable aggregates in soils. *Journal of Soil Science*, 33:141-146, 1982.
- TISDALL, J.M. Formation of soil aggregates and accumulation of soil organic matter. In: CARTER, M.R. & STEWART, B. *Structure and organic matter storage in agricultural soils*. Boca Raton: CRC Press, 1996. p.57-96.
- TISDALL, J.M. Formation of soil aggregates and accumulation of soil organic matter. In: CARTER, M.R.; STEWART, B.A. (Eds.) **Structure and organic matter storage in agricultural soils**. 1996. p.57-96.
- USDA-NRCS. Soil Quality Institute, Ames, IA. Disponível em: <http://soils.usda.gov/sqi/>
Acesso em: 20 de fev. 2011.
- VEIGA SILVA, J.C.B. Avaliação do desempenho de mono e policultivos orgânicos no rendimento das culturas e nos aspectos operacional e econômico. Florianópolis: Universidade Federal de Santa Catarina. 2008, 98p. (Dissertação de Mestrado)
- VEZZANI, F.M. & MIELNICZUK, J. Uma visão sobre qualidade do solo. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, 33:330-337, 2009.
- VEZZANI, F.M. & MIELNICZUK, J. Agregação e estoque de carbono em Argissolo submetido a diferentes práticas de manejo agrícola. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, 35:213-223, 2011a.

- VEZZANI, F.M. & MIELNICZUK, J. O solo como sistema. Curitiba: Fabiane Machado Vezzani & João Mielniczuk, 2011b. 104p.
- WOHLENBERG, E.V.; REICHERT, J.M.; REINERT, D.J. & BLUME, E. Dinâmica da agregação de um solo franco-arenoso em cinco sistemas de culturas em rotação e em sucessão. Revista Brasileira de Ciência do Solo, 28:891-900, 2004.
- ZOTARELLI, L.; ALVES, B.J.R.; URQUIAGA, S.; BODDEY, R.M. & SIX, J. Impact of tillage and crop rotation on light fraction and intra-aggregate soil organic matter in two oxisols. Soil Tillage Research, 95:196-206, 2007.

APÊNDICES

Apêndice 1. Detalhamento do delineamento experimental e tratamentos.

O experimento iniciou no ano de 2006, no qual as culturas de verão: milho (*Zea mays* L.), feijão (*Phaseolus vulgaris* L.) e abóbora (*Cucurbita maxima*) estiveram em alternância no inverno com aveia em 2007, e pousio em 2008 e 2009. A biomassa da parte aérea do pousio do ano de 2009 foi roçada e retirada da área, não restando matéria seca destes materiais antes das avaliações para este experimento.

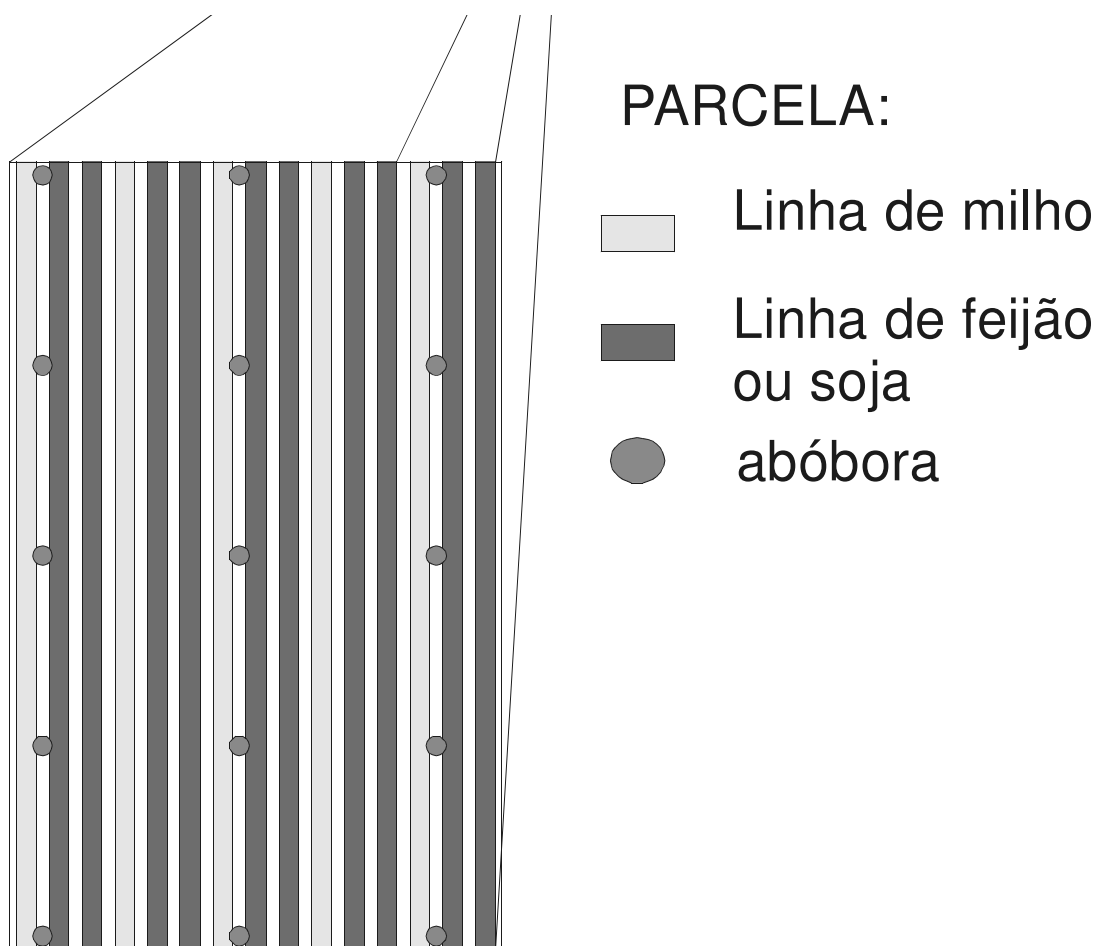
O preparo do solo consistiu em uma aração e três gradagens antes da semeadura das culturas de verão no intuito de controlar a brotação de plantas espontâneas, sendo que a última operação de gradagem foi realizada no dia 22 de outubro de 2009.

A semeadura das culturas de milho e feijão foi realizada no dia 30 de outubro de 2009 com o auxílio de plantadeira de arrasto com tração humana, a abóbora foi plantada no dia 31 de outubro de 2009 manualmente.

O experimento dispõe de cinco tratamentos, sendo as culturas em consórcio (sistemas policultivados) os tratamentos 1 – milho+feijão+abóbora (MFA) e tratamento 2 – milho+feijão (MF) e as mesmas culturas solteiras (sistemas monocultivados), sendo os tratamentos 3 – milho (M), 4 – feijão (F) e 5 – abóbora (A).

Para o plantio de feijão, foram utilizadas sementes do cv. Iapar 31; para o milho as sementes cv. IPR 144; para abóbora cv. moranga exposição e cv. moranga pataca. A densidade de semeadura foi baseada nos melhores resultados obtidos nos trabalhos conduzidos com consórcios de milho e feijão no Paraná pelo IAPAR (Gerage & Kranz, 1989). Para a semeadura simultânea (MFA e MF) escolheu-se a combinação de duas linhas de feijão para uma linha de milho - 2:1, com as linhas de milho em espaçamento de 1,35 m e entre elas duas linhas de feijão espaçadas de 0,45 m. O feijão foi semeado numa densidade de doze plantas por metro linear, totalizando uma população de 178.667 plantas ha⁻¹. O milho foi semeado na densidade de cinco plantas por metro linear, o que proporciona uma população final de 37.037 plantas ha⁻¹. A abóbora (MFA) foi inserida com espaçamento de 3,0 x 3,0 m, coincidindo alternadamente com as linhas de milho para proporcionar uma população de 1.111 plantas ha⁻¹ (Veiga Silva, 2008). Nos cultivos solteiros, foram aplicados os espaçamentos entre linhas de 0,90 m para o milho (M), 0,45 m para o feijão (F) e 3,0 x 3,0 m para a abóbora (A), ficando com as respectivas populações de 55.555 plantas ha⁻¹ de milho, 266.666 plantas ha⁻¹ de feijão e 1.111 plantas ha⁻¹ de abóbora (Veiga Silva, 2008).

Apêndice 2. Croqui das parcelas policultivadas, representando a disposição das culturas de milho, feijão e abóbora em policultivo (MFA).



Apêndice 3. Agregados da classe <0,25 mm de diâmetro das duas amostras por parcela, por bloco em cada tratamento nos três tempos: (t1) antes do preparo convencional do solo; (t2) logo após o preparo convencional do solo; (t3) final do ciclo das culturas. Tratamentos 1= milho + feijão + abóbora (MFA); 2= milho + feijão (MF); 3= milho (M); 4= feijão (F); 5= abóbora (A).

tratamento	bloco	subamostra	t1	média	t2	média	t3	média
..... g kg ⁻¹								
1	1	1	125,9	254,0	259,0	237,9	288,2	265,2
1	1	2	382,0		216,7		242,2	
1	2	1	180,2	222,9	177,1	203,8	212,1	217,3
1	2	2	265,6		230,5		222,5	
1	3	1	157,5	170,2	204,0	222,6	210,0	213,9
1	3	2	182,9		241,1		217,8	
2	1	1	171,4	144,8	288,2	274,1	210,3	225,6
2	1	2	118,2		260,0		240,8	
2	2	1	144,6	127,4	221,1	195,3	263,4	255,9
2	2	2	110,2		169,6		248,5	
2	3	1	260,6	189,4	204,5	221,8	337,6	280,1
2	3	2	118,1		239,0		222,7	
3	1	1	162,8	202,4	271,2	263,0	225,2	231,1
3	1	2	242,0		254,8		237,0	
3	2	1	226,7	246,6	257,0	264,1	251,6	232,6
3	2	2	266,4		271,1		213,6	
3	3	1	254,9	237,8	195,0	256,7	254,0	229,5
3	3	2	220,6		318,5		205,0	
4	1	1	203,7	183,3	214,6	258,6	214,6	239,2
4	1	2	162,9		302,5		263,8	
4	2	1	205,7	251,2	196,4	220,4	221,1	216,2
4	2	2	296,8		244,3		211,4	
4	3	1	176,4	203,3	208,3	254,0	176,1	202,8
4	3	2	230,2		299,7		229,4	
5	1	1	197,6	188,5	232,8	217,0	291,6	278,9
5	1	2	179,4		201,2		266,2	
5	2	1	169,9	174,6	247,8	233,2	236,7	220,3
5	2	2	179,3		218,5		203,9	
5	3	1	285,9	221,7	233,7	251,2	233,9	222,0
5	3	2	157,5		268,6		210,0	

Apêndice 4. Agregados da classe 0,5-0,25mm de diâmetro das duas amostras por parcela, por bloco em cada tratamento nos três tempos: (t1) antes do preparo convencional do solo; (t2) logo após o preparo convencional do solo; (t3) final do ciclo das culturas. Tratamentos 1= milho + feijão + abóbora (MFA); 2= milho + feijão (MF); 3= milho (M); 4= feijão (F); 5= abóbora (A).

tratamento	bloco	repetição	t1	média	t2	média	t3	média
..... g kg ⁻¹								
1	1	1	139,0	78,0	114,8	106,7	74,4	86,5
1	1	2	17,0		98,6		98,5	
1	2	1	86,9	49,9	108,8	113,7	79,6	92,6
1	2	2	12,9		118,6		105,5	
1	3	1	73,6	59,3	70,7	85,3	88,3	82,8
1	3	2	45,1		100,0		77,2	
2	1	1	71,1	74,9	138,4	140,9	95,8	85,9
2	1	2	78,7		143,4		75,9	
2	2	1	108,3	105,9	38,2	50,4	120,2	103,7
2	2	2	103,6		62,7		87,1	
2	3	1	85,7	80,8	118,1	103,3	64,6	81,3
2	3	2	75,8		88,4		97,9	
3	1	1	149,7	114,3	77,2	79,0	94,4	93,8
3	1	2	78,9		80,8		93,1	
3	2	1	72,8	66,2	101,2	98,1	86,7	104,8
3	2	2	59,6		95,0		122,9	
3	3	1	100,3	104,9	75,6	63,4	54,5	78,3
3	3	2	109,5		51,1		102,0	
4	1	1	78,2	77,5	93,2	96,0	52,4	69,7
4	1	2	76,8		98,8		87,0	
4	2	1	117,9	115,3	95,2	80,8	81,7	92,0
4	2	2	112,7		66,4		102,2	
4	3	1	92,2	72,0	97,4	74,5	76,5	64,3
4	3	2	51,8		51,6		52,1	
5	1	1	65,8	53,1	111,6	104,1	73,6	70,8
5	1	2	40,5		96,7		68,0	
5	2	1	98,4	75,9	106,2	97,6	134,9	114,6
5	2	2	53,3		89,0		94,4	
5	3	1	55,0	67,2	118,9	102,8	81,4	84,0
5	3	2	79,3		86,6		86,6	

Apêndice 5. Agregados da classe 1-0,50 mm de diâmetro das duas amostras por parcela, por bloco em cada tratamento nos três tempos: (t1) antes do preparo convencional do solo; (t2) logo após o preparo convencional do solo; (t3) final do ciclo das culturas. Tratamentos 1= milho + feijão + abóbora (MFA); 2= milho + feijão (MF); 3= milho (M); 4= feijão (F); 5= abóbora (A).

tratamento	bloco	subamostra	t1	média	t2	média	t3	média
..... g kg ⁻¹								
1	1	1	155,9	125,8	162,3	154,8	154,0	146,1
1	1	2	95,7		147,3		138,2	
1	2	1	124,9	118,8	146,9	143,1	109,6	105,1
1	2	2	112,6		139,3		100,6	
1	3	1	108,0	90,6	121,0	147,8	115,9	119,9
1	3	2	73,1		174,6		123,9	
2	1	1	96,7	101,0	122,7	135,1	135,8	126,5
2	1	2	105,2		147,5		117,2	
2	2	1	163,2	145,7	132,2	125,1	127,2	122,1
2	2	2	128,2		118,0		116,9	
2	3	1	171,2	140,2	159,1	154,5	158,3	151,8
2	3	2	109,2		149,8		145,3	
3	1	1	112,9	105,6	125,9	129,6	136,3	130,5
3	1	2	98,3		133,3		124,8	
3	2	1	129,4	133,0	132,4	141,7	118,5	117,0
3	2	2	136,6		151,1		115,5	
3	3	1	157,2	153,7	139,7	139,7	143,5	141,4
3	3	2	150,1		139,8		139,3	
4	1	1	132,0	136,0	131,9	117,3	121,8	126,7
4	1	2	139,9		102,6		131,6	
4	2	1	132,4	132,9	140,4	139,6	117,2	117,1
4	2	2	133,4		138,7		117,0	
4	3	1	142,4	134,9	128,8	132,3	113,3	113,3
4	3	2	127,4		135,8		113,2	
5	1	1	124,8	114,9	139,4	134,1	129,9	125,6
5	1	2	104,9		128,8		121,2	
5	2	1	110,8	100,8	127,6	127,5	115,6	103,7
5	2	2	90,8		127,3		91,8	
5	3	1	128,1	126,4	157,4	143,8	117,7	118,7
5	3	2	124,7		130,2		119,6	

Apêndice 6. Agregados da classe 2-1 mm de diâmetro das duas amostras por parcela, por bloco em cada tratamento nos três tempos: (t1) antes do preparo convencional do solo; (t2) logo após o preparo convencional do solo; (t3) final do ciclo das culturas. Tratamentos 1= milho + feijão + abóbora (MFA); 2= milho + feijão (MF); 3= milho (M); 4= feijão (F); 5= abóbora (A).

tratamento	bloco	subamostra	t1	média	t2	média	t3	média
1	1	1	166,9	144,4	142,7	134,3	123,5	114,3
1	1	2	121,9		126,0		105,0	
1	2	1	135,3	150,0	155,3	152,3	128,7	122,4
1	2	2	164,6		149,3		116,1	
1	3	1	136,6	128,7	146,2	136,7	98,6	97,0
1	3	2	120,8		127,2		95,3	
2	1	1	113,1	115,5	129,7	126,7	92,0	100,9
2	1	2	118,0		123,6		109,8	
2	2	1	164,4	172,2	144,3	142,0	104,1	104,6
2	2	2	180,1		139,8		105,1	
2	3	1	127,9	130,6	150,8	154,0	123,2	117,8
2	3	2	133,3		157,2		112,5	
3	1	1	122,9	147,6	116,2	121,8	106,4	105,9
3	1	2	172,4		127,4		105,3	
3	2	1	115,4	123,1	149,9	126,7	104,4	96,1
3	2	2	130,9		103,5		87,7	
3	3	1	129,6	124,2	148,6	149,9	111,0	115,8
3	3	2	118,8		151,2		120,5	
4	1	1	160,0	149,9	128,1	120,8	109,2	111,4
4	1	2	139,9		113,5		113,6	
4	2	1	168,6	162,0	150,4	149,8	106,8	101,7
4	2	2	155,5		149,2		96,6	
4	3	1	135,8	133,6	122,3	141,2	92,9	98,6
4	3	2	131,4		160,1		104,2	
5	1	1	144,4	134,7	126,5	135,0	95,4	95,6
5	1	2	124,9		143,6		95,8	
5	2	1	76,2	96,0	131,7	125,1	95,2	85,3
5	2	2	115,7		118,5		75,5	
5	3	1	117,3	130,2	134,9	126,7	107,5	106,2
5	3	2	143,1		118,5		104,9	

Apêndice 7. Agregados da classe 4-2 mm de diâmetro das duas amostras por parcela, por bloco em cada tratamento nos três tempos: (t1) antes do preparo convencional do solo; (t2) logo após o preparo convencional do solo; (t3) final do ciclo das culturas. Tratamentos 1= milho + feijão + abóbora (MFA); 2= milho + feijão (MF); 3= milho (M); 4= feijão (F); 5= abóbora (A).

tratamento	bloco	subamostra	t1	média	t2	média	t3	média
..... g kg ⁻¹								
1	1	1	213,68	200,89	128,9	163,68	170,32	171,38
1	1	2	188,10		198,45		172,44	
1	2	1	243,96	217,92	223,2	216,67	196,82	187,18
1	2	2	191,88		210,14		177,54	
1	3	1	264,9	253,63	230,54	199,87	179,2	169,08
1	3	2	242,36		169,2		158,96	
2	1	1	240,7	240,32	144,56	160,59	184,22	199,74
2	1	2	239,94		176,62		215,26	
2	2	1	259,98	272,31	231,82	229,29	150,56	155,69
2	2	2	284,64		226,76		160,82	
2	3	1	184,6	198,4	209,56	186,17	141,72	170,24
2	3	2	212,2		162,78		198,76	
3	1	1	212,98	205,25	200,78	195,38	185,3	179,64
3	1	2	197,52		189,98		173,98	
3	2	1	152,28	171,74	216,02	207,47	176,76	158,12
3	2	2	191,2		198,92		139,48	
3	3	1	187,42	180,1	242,3	223,05	199,36	180,27
3	3	2	172,78		203,8		161,18	
4	1	1	210,88	232,96	167,2	207,98	223,76	210,2
4	1	2	255,04		248,76		196,64	
4	2	1	208,52	193,61	264,32	245,17	167,72	176,44
4	2	2	178,69		226,02		185,16	
4	3	1	187,36	217,93	205,24	193,25	171,06	178,76
4	3	2	248,5		181,26		186,46	
5	1	1	201,5	227,49	184,06	201,34	182,34	178,25
5	1	2	253,48		218,62		174,16	
5	2	1	243,56	283,62	213,78	217,29	127,82	134,22
5	2	2	323,68		220,8		140,62	
5	3	1	172,62	220,34	198,1	193,77	193,58	174,93
5	3	2	268,06		189,44		156,28	

Apêndice 8. Agregados da classe 8-4 mm de diâmetro das duas amostras por parcela, por bloco em cada tratamento nos três tempos: (t1) antes do preparo convencional do solo; (t2) logo após o preparo convencional do solo; (t3) final do ciclo das culturas. Tratamentos 1= milho + feijão + abóbora (MFA); 2= milho + feijão (MF); 3= milho (M); 4= feijão (F); 5= abóbora (A).

tratamento	bloco	subamostra	t1	média	t2	média	t3	média
1	1	1	198,6	197,0	192,3	202,6	189,6	216,6
1	1	2	195,3		212,9		243,6	
1	2	1	228,7	240,6	188,8	170,5	273,2	275,4
1	2	2	252,4		152,2		277,7	
1	3	1	259,4	297,6	227,7	207,8	307,9	317,4
1	3	2	335,8		187,9		326,8	
2	1	1	307,0	323,4	176,5	162,7	281,9	261,5
2	1	2	339,9		148,9		241,0	
2	2	1	159,7	176,5	232,5	257,9	234,6	258,1
2	2	2	193,3		283,2		281,6	
2	3	1	169,9	260,7	158,0	180,4	174,6	198,7
2	3	2	351,4		202,8		222,9	
3	1	1	238,8	224,8	208,8	211,3	252,4	259,1
3	1	2	210,9		213,7		265,9	
3	2	1	303,4	259,4	143,5	161,9	262,1	291,5
3	2	2	215,3		180,4		320,8	
3	3	1	170,6	199,4	198,8	167,2	237,6	254,8
3	3	2	228,1		135,7		272,0	
4	1	1	215,2	220,4	265,0	248,8	278,2	242,8
4	1	2	225,5		232,6		207,4	
4	2	1	166,9	144,9	153,3	164,3	305,5	296,6
4	2	2	122,9		175,3		287,6	
4	3	1	265,9	238,3	237,9	204,7	370,1	342,3
4	3	2	210,6		171,6		314,5	
5	1	1	265,9	281,4	205,7	208,4	227,1	250,8
5	1	2	296,9		211,2		274,6	
5	2	1	301,2	269,2	172,9	199,3	289,7	341,8
5	2	2	237,2		225,8		393,8	
5	3	1	241,0	234,2	157,0	181,8	266,0	294,3
5	3	2	227,3		206,6		322,6	

Apêndice 9. Diâmetro Médio Ponderado úmido (DMPu) das duas amostras por parcela, por bloco em cada tratamento nos três tempos: (t1) antes do preparo convencional do solo; (t2) logo após o preparo convencional do solo; (t3) final do ciclo das culturas. Tratamentos 1= milho + feijão + abóbora (MFA); 2= milho + feijão (MF); 3= milho (M); 4= feijão (F); 5= abóbora (A).

tratamento	bloco	subamostra	t1	t2	t3
		 g kg ⁻¹		
1	1	1	2,27	1,95	2,01
1	1	2	2,04	2,24	2,31
1	2	1	2,46	2,21	2,56
1	2	2	2,46	1,95	2,52
1	3	1	2,68	2,42	2,68
1	3	2	3,02	2,02	2,73
2	1	1	2,85	1,87	2,55
2	1	2	3,06	1,81	2,40
2	2	1	2,17	2,45	2,19
2	2	2	2,43	2,72	2,48
2	3	1	1,96	1,99	1,84
2	3	2	3,07	2,12	2,28
3	1	1	2,42	2,19	2,40
3	1	2	2,25	2,21	2,43
3	2	1	2,60	1,90	2,41
3	2	2	2,22	2,02	2,63
3	3	1	1,97	2,30	2,35
3	3	2	2,25	1,82	2,46
4	1	1	2,32	2,44	2,64
4	1	2	2,48	2,24	2,17
4	2	1	2,05	2,10	2,64
4	2	2	1,69	2,11	2,58
4	3	1	2,52	2,39	3,01
4	3	2	2,35	1,97	2,74
5	1	1	2,56	2,15	2,21
5	1	2	2,85	2,30	2,46
5	2	1	2,79	2,04	2,43
5	2	2	2,68	2,35	3,03
5	3	1	2,29	1,93	2,49
5	3	2	2,53	2,15	2,71

Apêndice 10. Carbono Orgânico Total (COT) do solo das duas amostras por parcela, por bloco em cada tratamento nos dois tempos: (t2) logo após o preparo convencional do solo; (t3) final do ciclo das culturas. Tratamentos 1= milho + feijão + abóbora (MFA); 2= milho + feijão (MF); 3= milho (M); 4= feijão (F); 5= abóbora (A).

trat	bloco	subamostra	t2 %	t3
1	1	1	4,53	4,75
1	1	2	4,56	4,70
1	2	1	4,96	4,88
1	2	2	4,76	5,13
1	3	1	4,67	4,59
1	3	2	4,62	4,37
2	1	1	4,68	4,43
2	1	2	4,59	4,55
2	2	1	4,62	5,04
2	2	2	4,85	5,02
2	3	1	5,08	4,83
2	3	2	4,66	5,05
3	1	1	4,94	4,98
3	1	2	4,91	5,04
3	2	1	4,95	4,82
3	2	2	4,76	5,07
3	3	1	4,62	5,38
3	3	2	4,45	4,62
4	1	1	4,57	4,07
4	1	2	4,42	4,28
4	2	1	4,67	4,89
4	2	2	4,65	4,73
4	3	1	5,44	5,38
4	3	2	5,29	5,38
5	1	1	4,67	4,76
5	1	2	4,77	4,67
5	2	1	4,82	4,43
5	2	2	4,94	4,87
5	3	1	4,93	4,79
5	3	2	4,85	4,75

Apêndice 11. Agregados da classe <0,25 mm de diâmetro Nitrogênio Total (NT) do solo das duas amostras por parcela, por bloco em cada tratamento nos dois tempos: (t2) logo após o preparo convencional do solo; (t3) final do ciclo das culturas. Tratamentos 1= milho + feijão + abóbora (MFA); 2= milho + feijão (MF); 3= milho (M); 4= feijão (F); 5= abóbora (A).

trat	bloco	subamostra	t2 %	t3
1	1	1	0,33	0,34
1	1	2	0,33	0,34
1	2	1	0,33	0,34
1	2	2	0,32	0,34
1	3	1	0,33	0,32
1	3	2	0,32	0,30
2	1	1	0,31	0,29
2	1	2	0,32	0,29
2	2	1	0,32	0,37
2	2	2	0,36	0,36
2	3	1	0,37	0,34
2	3	2	0,33	0,35
3	1	1	0,35	0,34
3	1	2	0,33	0,35
3	2	1	0,33	0,31
3	2	2	0,33	0,34
3	3	1	0,33	0,40
3	3	2	0,31	0,33
4	1	1	0,31	0,27
4	1	2	0,29	0,29
4	2	1	0,32	0,35
4	2	2	0,33	0,33
4	3	1	0,42	0,39
4	3	2	0,39	0,36
5	1	1	0,33	0,32
5	1	2	0,34	0,33
5	2	1	0,33	0,30
5	2	2	0,36	0,33
5	3	1	0,33	0,35
5	3	2	0,37	0,34

Apêndice 12. Relação C/N do solo das duas amostras por parcela, por bloco em cada tratamento nos dois tempos: (t2) logo após o preparo convencional do solo; (t3) final do ciclo das culturas. Tratamentos 1= milho + feijão + abóbora (MFA); 2= milho + feijão (MF); 3= milho (M); 4= feijão (F); 5= abóbora (A).

trat	bloco	rep	t2	t3
1	1	1	13,85	14,13
1	1	2	13,95	13,96
1	2	1	14,86	14,42
1	2	2	15,13	14,98
1	3	1	14,36	14,17
1	3	2	14,53	14,82
2	1	1	15,33	15,23
2	1	2	14,48	15,63
2	2	1	14,28	13,63
2	2	2	13,44	14,00
2	3	1	13,78	14,21
2	3	2	14,03	14,36
3	1	1	14,20	14,55
3	1	2	14,97	14,35
3	2	1	14,94	15,44
3	2	2	14,24	15,09
3	3	1	13,86	13,62
3	3	2	14,23	14,15
4	1	1	14,67	15,19
4	1	2	15,13	14,84
4	2	1	14,57	14,16
4	2	2	14,09	14,55
4	3	1	13,11	13,76
4	3	2	13,67	15,06
5	1	1	14,35	14,72
5	1	2	14,24	14,36
5	2	1	14,60	14,88
5	2	2	13,91	14,92
5	3	1	14,76	13,76
5	3	2	13,01	13,84

Apêndice 13. Densidade de raízes (DR) do feijão das duas amostras por parcela, por bloco em cada tratamento, amostrada em no dia 28 de dezembro de 2009 nos tratamentos 1= milho + feijão + abóbora (MFA); 2= milho + feijão (MF) e 4= feijão (F).

tratamento	bloco	subamostra	Raízes g cm ⁻³
1	1	1	0,53
1	1	2	0,54
1	2	1	0,89
1	2	2	0,58
1	3	1	0,51
1	3	2	0,17
2	1	1	1,52
2	1	2	0,24
2	2	1	0,33
2	2	2	1,04
2	3	1	0,23
2	3	2	0,52
4	1	1	0,66
4	1	2	0,81
4	2	1	0,34
4	2	2	0,36
4	3	1	0,16
4	3	2	0,29

Apêndice 14. Densidade de raízes (DR) do milho das duas amostras por parcela, por bloco em cada tratamento, amostrada em no dia 20 de janeiro de 2010 nos tratamentos 1= milho + feijão + abóbora (MFA); 2= milho + feijão (MF) e 3= milho (M).

tratamento	bloco	subamostra	Raízes g cm ⁻³
1	1	1	0,27
1	1	2	0,45
1	2	1	0,21
1	2	2	0,65
1	3	1	0,43
1	3	2	0,77
2	1	1	1,61
2	1	2	0,57
2	2	1	0,49
2	2	2	0,43
2	3	1	0,48
2	3	2	0,36
3	1	1	0,58
3	1	2	0,94
3	2	1	0,52
3	2	2	1,03
3	3	1	1,57
3	3	2	0,48

Apêndice 15. Densidade de raízes (DR) da abóbora das duas amostras por parcela, por bloco em cada tratamento, amostrada em no dia 8 de fevereiro de 2010 nos tratamentos 1= milho + feijão + abóbora (MFA) e 5= abóbora (A).

tratamento	bloco	subamostra	Raízes g cm ⁻³
1	1	1	0,30
1	1	2	1,16
1	2	1	0,34
1	2	2	0,99
1	3	1	0,35
1	3	2	0,23
5	1	1	0,68
5	1	2	0,70
5	2	1	0,84
5	2	2	0,66
5	3	1	0,47
5	3	2	0,37

Apêndice 16. Matéria seca (MS) da parte aérea das culturas milho (M), feijão (F) e abóbora em monocultivo e em policultivo com duas espécies (MF) e três espécies (MFA), por bloco em cada tratamento: 1 = milho + feijão + abóbora (MFA); 2 = milho + feijão (MF); 3 = milho (M); 4 = feijão (F); 5 = abóbora (A).

Tratamento	Cultura	Bloco	Matéria Seca kg ha ⁻¹
1	M	1	2.562,54
1		2	2.644,46
1		3	3.170,37
1	F	1	312,89
1		2	636,89
1		3	891,92
1	A	1	126,29
1		2	195,76
1		3	371,14
2	M	1	2.031,88
2		2	1.530,82
2		3	5.454,27
2	F	1	591,84
2		2	946,22
2		3	1.056,48
3	M	1	5.572,04
3		2	2.179,11
3		3	4.198,13
4	F	1	493,78
4		2	838,26
4		3	1.119,89
5	A	1	269,87
5		2	167,78
5		3	601,44

Apêndice 17. Análises estatísticas, ANOVA e teste de comparação de médias. As análises foram realizadas com o auxílio do software R de análises estatísticas com delineamento em blocos ao acaso composto por três blocos e duas subamostras por parcela.

Diâmetro 0 a 0,25mm

	Df	Sum Sq	Mean Sq	F value	Pr(>F)	
bloco	2	1101.7	550.86	0.6796	0.5338358.95	ns
trat	4	3568.7	892.18	1.1007	0.41894	ns
Residuals	8	6484.4	810.55			

	Df	Sum Sq	Mean Sq	F value	Pr(>F)	
tempo	2	12732	6365.9	9.0440	0.001594	**
tempo:trat	8	11349	1418.6	2.0154	0.097392	ns
Residuals	20	14078	703.9			

Signif. codes: 0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

Tratamentos no tempo

Diferença Mínima significativa: 14.90676 g CV = 22,30%

Comparação de medias:

	tempo:	média
a	3	230.8403
a	2	227.2323
a	1	216.73

Diâmetro 0,25 a 0,50mm

	Df	Sum Sq	Mean Sq	F value	Pr(>F)	
bloco	2	929.95	464.98	2.2928	0.16331101.7	ns
trat	4	543.74	135.94	0.6703	0.6307	ns
Residuals	8	1622.41	202.806			

	Df	Sum Sq	Mean Sq	F value	Pr(>F)	
tempo	2	1353.5	676.75	1.5684	0.233	ns
tempo:trat	8	3903.6	487.95	1.1308	0.3855	ns
Residuals	20	8629.9	431.49			

Signif. codes: 0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

Tratamentos no tempo

Diferença Mínima significativa: 11.67137 g CV = 38,60%

Comparação de medias:

	tempo:	média
a	3	90.996
a	1	84.41233
a	2	84.354

Diâmetro 0,50 a 1mm

	Df	Sum Sq	Mean Sq	F value	Pr(>F)	
bloco	2	659.31	329.65	0.9138	0.4391	ns
trat	4	792.27	198.07	0.5490	0.7055	ns
Residuals	8	2886.	12 360.77			

	Df	Sum Sq	Mean Sq	F value	Pr(>F)	
tempo	2	1834.8	917.42	6.4254	0.006996	**
tempo:trat	8	1705.7	213.21	1.4933	0.221382	ns
Residuals	20	2855.6	142.78			

Signif. codes: 0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

Tratamentos no tempo

Diferença Mínima significativa: 6.713809 g CV = 19,93%

Comparação de medias:

	tempo:	média
a	3	130.6883
a	2	128.601
a	1	126.798

Diâmetro 1 a 2mm

	Df	Sum Sq	Mean Sq	F value	Pr(>F)	
bloco	2	87.59	43.80	0.1171	0.8910	ns
trat	4	1622.23	405.56	1.0848	0.42521	ns
Residuals	8	2990.84	373.86			

	Df	Sum Sq	Mean Sq	F value	Pr(>F)	
tempo	2	9793.	0 4896.5	31.7039	6.284e-07	***
tempo:trat	8	494.8	61.8	0.4004	0.9072	ns
Residuals	20	3088.9	154.4			

Signif. codes: 0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

Tratamentos no tempo

Diferença Mínima significativa: 6.982677 g CV = 25,72%

Comparação de medias:

	tempo:	média
a	1	136.4677
b	2	120.7377
b	3	120.0713

Diâmetro 2 a 4mm

	Df	Sum Sq	Mean Sq	F value	Pr(>F)	
bloco	2	572.5	286.23	0.5364	0.6045	ns
trat	4	1602.9	400.72	0.7509	0.5844	ns
Residuals	8	4269.0	533.63			
	Df	Sum Sq	Mean Sq	F value	Pr(>F)	
tempo	2	16200.8	8100.4	12.8876	0.0002535	***
tempo:trat	8	6846.8	855.8	1.3616	0.2716975	ns
Residuals	20	12570.8	628.5			

Signif. codes: 0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

Tratamentos no tempo

Diferença Mínima significativa: 14.08643 g CV = 30,09%

Comparação de medias:

	tempo.:	média
a	1	216.4113
b	2	198.1983
b	3	184.1643

Diâmetro 4 a 8mm

	Df	Sum Sq	Mean Sq	F value	Pr(>F)	
bloco	2	217.1	108.54	0.0487	0.9527	ns
trat	4	3343.7	835.92	0.3752	0.8204	ns
Residuals	8	17823.0	2227.88			
	Df	Sum Sq	Mean Sq	F value	Pr(>F)	
tempo	2	45899	22949.3	13.2227	0.0002192	***
tempo:trat	8	11004	1375.5	0.7925	0.6154266	ns
Residuals	20	34712	1735.6			

Signif. codes: 0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

Tratamentos no tempo

Diferença Mínima significativa: 23.40776 g CV = 43,23%

Comparação de medias:

	tempo:	média
a	3	243.2397
a	2	240.8767
a	1	222.4727

Diâmetro Médio Ponderado umido (DMPu)

	Df	Sum Sq	Mean Sq	F value	Pr(>F)	
bloco	2	.00875	0.004374	0.0568	0.945217.1	ns
trat	4	0.13643	0.034107	0.4428	0.77513343.7	ns
Residuals	8	0.61623	0.077029			
	Df	Sum Sq	Mean Sq	F value	Pr(>F)	
tempo	2	1.00249	0.50124	10.1935	0.0008869	***
tempo:trat	8	0.45494	0.05687	1.1565	0.3711387	ns
Residuals	20	.98346 0.	04917			

Signif. codes: 0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

Tratamentos no tempo

Diferença Mínima significativa: 0.1114408 g CV= 28%

Comparação de médias:

	tempo:	média
a	3	1.125865
a	1	1.101872
b	2	0.9139552

Densidade de Raízes (DR)

Feijão

	Df	Sum Sq	Mean Sq	F value	Pr(>F)	
bloco	2	0.51737	0.258685	2.3749	0.13212	ns
trat	2	0.13185	0.065924	0.6052	0.56064	ns
Residuals	13	1.41604	0.1089268			

Signif. codes: 0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

DMS= 0,60 g dm⁻³; CV 69%

Milho

	Df	Sum Sq	Mean Sq	F value	Pr(>F)	
bloco	2	0.10120	0.05060	0.3108	0.7382	ns
trat	2	0.45292	0.22646	1.3908	0.2836	ns
Residuals	13	2.11668	0.16282			

Signif. codes: 0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

DMS= 0,66 g dm⁻³; CV=54%

Abóbora

	Df	Sum Sq	Mean Sq	F value	Pr(>F)	
bloco	2	0.32907	0.164535	2.1303	0.1813	ns
trat	2	0.00993	0.009932	0.1286	0.7292	ns
Residuals	8	0.61789	0.077236			

Signif. codes: 0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

DMS= 0,45 g dm⁻³; CV=67%

Fitomassa da parte aérea

Feijão

	Df	Sum Sq	Mean Sq	F value	Pr(>F)	
trat	2	48574	24287	0.6622	0.5497	ns
Residuals	6	220056	36676			

Signif. codes: 0 '****' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

DMS= 342,77 kg ha⁻¹; CV= 55,42%

Fitomassa da parte aérea

Milho

	Df	Sum Sq	Mean Sq	F value	Pr(>F)	
trat	2	2475359	1237679	6.1899	0.34791	ns
Residuals	6	1199706	1999514			

Signif. codes: 0 '****' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

DMS=1120,238 kg ha⁻¹; CV= 20,27%

Fitomassa da parte aérea

Abóbora

	Df	Sum Sq	Mean Sq	F value	Pr(>F)	
trat	1	98476	98476	0.5924	0.4844	ns
Residuals	4	664982	1662458			

Signif. codes: 0 '****' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

DMS= 411,34 kg ha⁻¹; CV= 47,9%

Carbono Orgânico Total (COT)

	Df	Sum Sq	Mean Sq	F value	Pr(>F)	
bloco	2	0.33772	0.168861	1.2146	0.3462 00875	ns
trat	4	0.09114	0.022785	0.1639	0.9508	ns
Residuals	8	1.11224	0.139030			
	Df	Sum Sq	Mean Sq	F value	Pr(>F)	
tempo	1	0.008670	0.008670	0.4267	0.5283	ns
tempo:trat	4	0.096938	0.024235	1.1927	0.3719	ns
Residuals	10	0.203192	0.020319			

Signif. codes: 0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

DMS= 0,6345 %; CV= 1,39%

Nitrogênio Total (NT)

	Df	Sum Sq	Mean Sq	F value	Pr(>F)	
bloco	2	0.0042067	0.00210333	1.6880	0.2446	ns
trat	4	0.0003467	0.00008667	0.0696	0.9894	ns
Residuals	8	0.0099683	0.00124604			
	Df	Sum Sq	Mean Sq	F value	Pr(>F)	
tempo	1	0.000030	0.0000300	0.1290	0.7269	ns
tempo:trat	4	0.000870	0.0002175	0.9355	0.4819	ns
Residuals	10	0.002325	0.0002325			

Signif. codes: 0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

DMS= 0,061 %; CV= 0,3%

Relação C/N

	Df	Sum Sq	Mean Sq	F value	Pr(>F)	
bloco	2	1.7312	0.86560	1.8801	0.2141	
ns						
trat	4	0.1253	0.03133	0.0681	0.9899	
ns						
Residuals	8	3.6833	0.460418			
	Df	Sum Sq	Mean Sq	F value	Pr(>F)	
tempo	1	0.32240	0.32240	4.0207	0.07276	ns
tempo:trat	4	0.16030	0.04008	0.4998	0.73692	ns
Residuals	10	0.80187	0.08019			

Signif. codes: 0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

DMS= 1,155%; CV= 1,9%