

PERDAS DE ÁGUA E SOLO NO CULTIVO DE MILHO COM DIFERENTES FORMAS DE CULTIVO EM AGRICULTURA FAMILIAR NA REGIÃO CENTRO - SUL DO PARANÁ

Valdemir Antoneli

Prof. Dr. Departamento de Geografia – UNICENTRO - Irati – PR
vdantoneli@gmail.com

Fátima Furmanowicz Brandalize

Mestranda em Geografia – UNICENTRO – Guarapuava – PR
fatimabrandalize@yahoo.com.br

RESUMO

A agricultura Familiar se caracteriza pela pequena e média propriedade rural, que na Região Centro-Sul do Paraná é constituída em sua maioria, por áreas que apresentam algumas restrições morfopedológicas, como solos rasos e vertentes declivosas. Sendo este um fator limitante para a mecanização das áreas disponíveis para o cultivo. O desafio maior da agricultura familiar é adaptar e organizar seu sistema de produção, a partir das novas técnicas e métodos disponíveis. A forma como o cultivo é realizado, está diretamente associada às características locais. Neste sentido, em algumas áreas utiliza-se de práticas conservacionistas e outras não, promovendo variação na perda de água e solo ao longo do cultivo. O objetivo deste trabalho foi avaliar as perdas de água e solo no cultivo de milho, desenvolvido em Sistemas de Plantio Convencional e Plantio Direto, na safra 2010/2011, em uma pequena propriedade rural do Município de Irati – PR. Para a coleta de dados foram utilizadas calhas de Gerlach. O sistema de Cultivo Convencional apresentou uma perda de solo de 1,33 t/ha, e uma perda de água de 1,41% durante o período de monitoramento (dezembro/ abril), enquanto, o Plantio Direto resultou em apenas 0,1 t/ha de perdas de solo e 0,55% de perda de água. Demonstrando que adoção do Sistema de Cultivo com Plantio Direto reduziu significativamente as perdas de solo em relação ao Sistema de Cultivo Convencional.

Palavras-chave: Perda de água e solo. Plantio Convencional. Plantio Direto. Cultivo de milho. Agricultura familiar.

WATER AND SOIL LEAK IN THE GROWTH OF CORN WITH DIFFERENT TYPES OF GROWTH IN FAMILY FARMING IN THE SOUTH- CENTRAL REGION OF PARANA

ABSTRACT

Family farming is characterized by small and medium sized rural property, which, in south-central region of Parana consists mostly of areas that have some morphopedological restrictions such as rare soils and steep strands. This is a limiting factor for the mechanization of available areas for cultivation. The biggest challenge for family farming is to adapt and organize its production system from available new techniques and methods. The way the cultivation is carried out is directly related to local characteristics. In this sense, in some areas people make use of conservational practices and in other areas they don't, making changes in water and soil loss during the crop. The objective of this study was to evaluate water and soil losses in the cultivation of corn developed in Conventional and Direct Plantation Systems, in 2010/2011 harvests, in a small farm in Irati county - PR. For data gathering Gerlach rails were used. The conventional farming system showed a soil loss of 1.33 t / ha and a water loss of 1.41% during the monitoring period (December / April), while

Recebido em 26/06/2012
Aprovado para publicação em 22/08/2013

direct plantation resulted in only 0.1 t / ha of soil loss and 0.55% water loss. Demonstrating that the adoption of Direct Plantation Cultivation System reduced soil loss significantly compared to Conventional Plantation System.

Keywords: Water and soil loss. Conventional Plantation. Direct Plantation. Corn growth. Family farming.

INTRODUÇÃO

Com a expansão do sistema capitalista na agricultura brasileira, a partir de meados da década de 1960 e, conseqüentemente, com o processo de modernização, as áreas, ditas impróprias para a aplicabilidade da tecnologia (pequenas propriedades com restrições ao uso) foram relegadas a utilização de práticas e técnicas agrícolas rudimentares características da agricultura familiar.

Neste contexto, é que se enquadram as áreas rurais da Região Centro-Sul do Estado do Paraná, que em sua maioria são caracterizadas pela agricultura familiar, com cultivo de produtos como feijão milho, batata, arroz e tabaco. Esta forma de agricultura é reflexo de alguns condicionantes tais como: processo de colonização, onde as propriedades foram divididas em pequenas glebas de terra (30 hectare), condições climáticas amenas, solos rasos com relevo declivoso (ANTONELLI, 2011).

Estas características dificultam a mecanização das propriedades e, os agricultores acabam utilizando áreas de solos rasos com declives acentuados para a prática da agricultura, principalmente por utilizarem a tração animal para as atividades diárias nestes locais.

Destaca-se, que a agricultura familiar tem um papel importante na economia de uma determinada região, envolvendo boa parte dos produtores rurais. Estes produtores, e seus familiares são responsáveis por inúmeros empregos no comércio e nos serviços prestados nas pequenas e médias cidades.

Para Abramovay (1992), a agricultura familiar é altamente integrada ao mercado, capaz de incorporar os principais avanços técnicos e de responder as políticas governamentais. Neste contexto, as pequenas propriedades são incorporadas as novas técnicas de cultivo como o Plantio Direto, que tem por objetivo, reduzir o impacto dos efeitos pluvioerosivos e auxiliar na melhoria das condições edáficas do solo auxiliando no aumento da produtividade.

Dentre as práticas conservacionistas, os sistemas de manejo do solo, assumem um papel fundamental no controle das perdas de água e solo, conseqüentemente, auxiliam na manutenção da fertilidade e na redução dos custos das operações (BERTONI e LOMBARDI NETO, 2005). Cabe destacar que o SPD (Sistema de Plantio Direto), passou a ser estudado e incorporado as técnicas agrícolas a partir do início dos anos 1970. Segundo Vilas Boas (2007), foi nos Estados do Paraná e Rio Grande do Sul que surgiram os primeiros estudos comparativos entre os SPC (Sistemas de Plantio Convencional) e SPD (Sistema de Plantio Direto).

Os efeitos do SPD na agricultura vêm sendo o objeto de estudos de diversas pesquisas, com diferentes abordagens tais como: perda de solo e água (BERTOL et al., 1989; COGO et al., 2003; CASSOL e LIMA, 2003; ANTONELLI, 2011), efeito da camada morta na redução da energia cinética da chuva (DENARDIN et al., 2003), compactação do solo (MEEK et al., 1988; BLACKWELL et al., 1989); efeito do tráfego na preparação do solo, (VOORHEES e LINDSTROM, 1983), estabilidade dos agregados (CAMPOS et al., 1995; SILVA e MIELNICZUK, 1997), umidade (SALTON e MIELNICZUK, 1995), temperatura do solo (BRAGAGNOLLO e MIELNICZUK, 1990), fertilidade (DALAL e MAYER, 1986), matéria orgânica (BAYER et al., 2000), atividade biológica do solo (GUPTA et al., 1989), produtividade (CARVALHO et al., 2004), dentre outros.

No entanto, tem-se dado pouca ênfase a variação de perda de água e solo em Sistema de Plantio Convencional e Plantio Direto em uma mesma vertente. Dentre as pesquisas que se propuseram a avaliar esta variação de perda, destaca-se: Cogo (1981); West et al. (1991); Braida e Bassol

(1999); Cassol e Lima (2003); Bertol et al. (1997); Leite et al. (2004). Estas pesquisas se tornam mais restritas quando se trata de avaliar essas perdas em agricultura familiar.

Diante do exposto, esta pesquisa tem por objetivo identificar a perda de água e solos em cultivo de milho com sistema de Plantio Direto e Sistema de Plantio Convencional em uma pequena propriedade rural no município de Irati- PR. As perdas de água e solo foram monitoradas através da instalação de 10 (dez) calhas de Gerlach, sendo 5 (cinco) calhas em cada tipo de manejo.

Na sequência, foram discutidas e caracterizadas as duas formas de manejo do solo (Plantio Convencional e Plantio Direto), bem como sua importância para a redução das perdas de água e solo.

CARACTERÍSTICAS DO PLANTIO CONVENCIONAL E PLANTIO DIRETO NA AGRICULTURA FAMILIAR

Boa parte das áreas agrícolas da Região Centro-Sul do Estado do Paraná, não apresenta condições de desenvolver técnicas conservacionistas, sendo realizado o cultivo no Sistema Convencional, podendo potencializar os processos erosivos.

O plantio convencional se caracteriza pelo constante revolvimento do solo, desde a preparação do mesmo para o cultivo, até a colheita. Neste tipo de cultivo, não são adotadas práticas conservacionistas do solo, potencializando as perdas de água e solo ao longo do cultivo.

Destaca-se que no Plantio Convencional, o preparo do solo consiste de uma aração com arado de discos a uma profundidade aproximada de 30 cm, seguida de duas gradagens niveladoras, os quais proporcionam um aumento na rugosidade superficial, a qual causa aprisionamento (retenção) dos sedimentos.

A rugosidade superficial, como resultado do preparo do solo para o plantio, é de grande importância para a redução ou aumento das perdas de solos, principalmente nas primeiras chuvas após o plantio. Para Levien et al.(1990) e Vazquez e Maria (2003), a criação de um microrelevo na superfície do solo, em função das operações de preparo, afeta o escoamento superficial da água, sendo o índice de rugosidade superficial do solo, o parâmetro mais utilizado para a quantificação da perda de solo e água. No entanto, ao longo do cultivo, a camada superficial é revolvida para eliminação das ervas daninhas, promovendo uma redução da rugosidade superficial, potencializando as perdas.

Uma prática comum nas pequenas propriedades onde se desenvolve o Plantio Convencional é a utilização de implementos agrícolas rudimentares de tração animal, como a carpideira o cultivador e terraceador. Esses implementos têm por objetivo, eliminar as ervas daninha e aumentar a aeração do solo. No caso do terraceador de tração animal, vulgarmente chamado de búfalo, tem por objetivo construir um camalhão (murundus) ao redor das plantas, dando origem ao sulco na entrelinha, onde a água da chuva passa a se concentrar, potencializando as perdas de solo.

Esta questão foi evidenciada por Antoneli (2011), que ao avaliar as perdas de solo em áreas de cultivo do tabaco em Plantio Convencional, no Município de Guamiranga-Pr. concluiu que após a utilização do terraceador, ocorreu aumento significativo nas perdas de água e solo nas entrelinhas.

Portanto, no Plantio Convencional, o revolvimento constante e a exposição do solo, contribuem para as perdas de água e solo, principalmente através do efeito *splash*, que passa a atuar com mais intensidade, promovendo uma desagregação maior da camada superficial do solo, influenciado no selamento superficial que, reduz substancialmente a infiltração da água devido à sua baixa condutividade hidráulica (ZHANG et al., 1998).

Com a redução da infiltração, há disponibilidade maior de água para escoamento superficial, que ao se deslocar para as partes mais baixas da vertente, vai aumentando seu poder de transporte.

Já no Plantio Direto, o solo não é revolvido ao longo do cultivo, apenas revolve-se durante o preparo do mesmo para sementeira da cobertura vegetal de inverno (aveia preta, ervilhaca ou tremoço). No período de maturação da cobertura de inverno, realiza-se a dessecação através

da utilização de herbicida, formando-se uma camada morta na superfície do solo, onde será realizado o plantio.

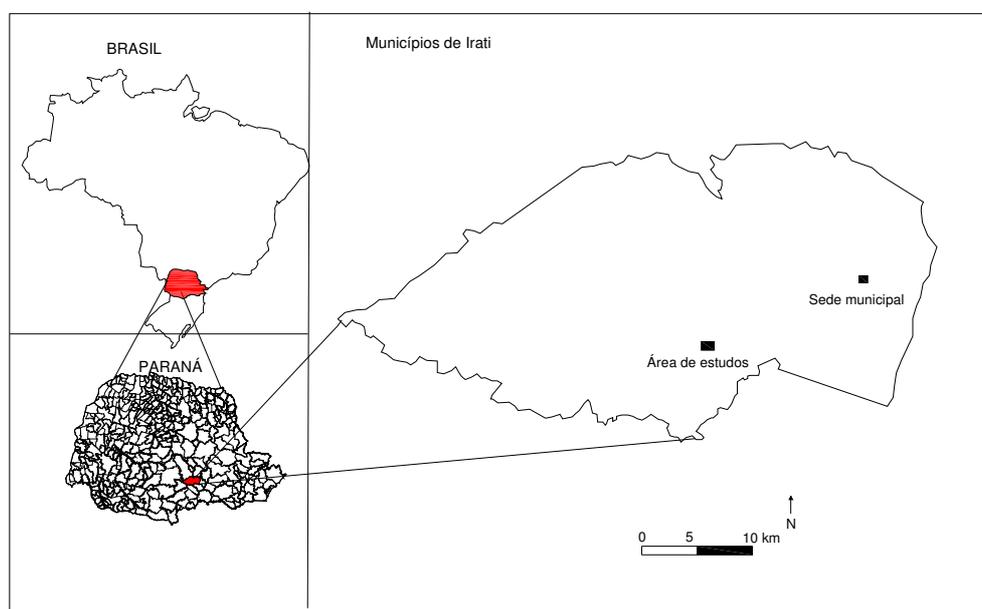
A cobertura morta exerce uma função importante na proteção da camada superficial do solo contra os feitos pluvioerosivos. Segundo Bertol et al. (1989) a cobertura (viva ou morta) do solo, pode promover redução nas perdas de solo de até 90% e de até 62%, na velocidade da enxurrada. Uma vez, reduzido o efeito do impacto direto das gotas de chuva sobre a superfície, o tamanho dos agregados transportados pela enxurrada passa a ser em função do método de preparo do solo e/ou tipo de equipamento utilizado. Bertoni e Lombardi Neto (2008) relatam que como não há revolvimento do solo, o Plantio Direto possui efeitos significativos no controle de perdas de solo, podendo chegar a uma redução de 99% das perdas.

A cobertura morta aumenta a infiltração e diminui a taxa de evaporação, sendo responsável pelo aumento da taxa de matéria orgânica no solo. Assim, a umidade conservada é de relativa importância, quando da ocorrência de períodos secos (TROEH e THOMPSON, 2007). Segundo Bertoni e Lombardi Neto (2005), a quantidade de matéria orgânica presente no solo ajuda no controle de erosão melhorando a aeração e a retenção de água em solos argilosos. Já em solos arenosos auxilia na agregação das partículas, aumentando a capacidade de retenção de água.

CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDOS

A área de estudo se localiza na zona rural do município de Irati-Pr, mais precisamente, na localidade (distrito) de Rio Preto. Possui uma área de 6,1 ha, com predominância de Argissolos e uma declividade média de 10%, onde é praticada agricultura mecanizada com cultivo de milho para a comercialização. Em determinados locais onde há algumas restrições, efetua-se o cultivo de milho de forma convencional (Figura 1).

Figura 1. Mapa de localização da área de estudo



Org.: Brandalize, F. F., (2011).

Segundo o sistema de classificação climática de Köppen, o clima da região é do tipo Cfb, ou seja, Subtropical úmido sem estação seca, sendo a temperatura média do mês mais quente, inferior a 22°C, e a do mês mais frio, superior a 10°C, com mais de cinco geadas por ano. (Maack, 1968).

Quanto à geologia, a área de estudos, há predominância da Formação Teresina, a qual é constituída por argilitos, folhelhos e siltitos cinza-escuros e esverdeados, ritmicamente intercalados

com arenitos muito finos, cinza-claros, (MINEROPAR, 2001). As características geológicas da área de estudos contribuem para a formação de solo raso com declividades entre 8% a 25%, como aparecimento de áreas com declividades superiores a 45%. As características físicas da área de estudo, bem como boa parte da região Centro-Sul do Paraná contribuem para o desenvolvimento de apenas uma safra ao longo do ano.

A área destinada ao Plantio Convencional onde a pesquisa foi realizada sofreu as seguintes operações de preparo do solo para semeadura: realizou-se inicialmente o revolvimento do solo com um escarificador de hastes², cuja profundidade de remoção foi regulada em cerca de 40 cm, deixando o solo exposto desde o início do plantio até a colheita.

Na área destinada ao Plantio Direto (SPD) foi semeada uma cobertura vegetal de inverno no mês de julho sendo dessecada com herbicida em novembro para início do plantio. As espécies utilizadas como cobertura vegetal, foram: aveia preta (*Avena strigosa*) e o azevem (*Lolium multiflorum*). A adoção destas plantas se deve ao fato de que o azevem pode ser muito útil em regiões onde o plantio de milho ou soja ocorre tardiamente (novembro e dezembro) por apresentar ressemeadura espontânea fácil, desde que haja bom controle de ervas daninhas (FERREIRA et al., 2000). Já, segundo Floss (2002); Antoneli (2011), a aveia preta se destaca dentre as culturas de inverno, em produção de matéria seca para formação de palhada (camada morta na superfície do solo), ou seja, dentre algumas espécies utilizadas para a cobertura de inverno nas áreas de Plantio Direto, a aveia preta apresenta maior volume de biomassa.

METODOLOGIA

Para monitorar as perdas de água e de solo ao longo do período de cultivo, foram escolhidos dez pontos para coleta (parcelas), sendo cinco na área de Plantio Convencional e cinco na área de Plantio Direto. Nestas parcelas foram instaladas as calhas coletoras de Gerlach para coletar o escoamento superficial (ANTONELI, 2011). As calhas instaladas possuem uma largura de 50 cm. Destaca-se, que as áreas com diferentes formas de cultivo monitoradas se encontram na mesma vertente, a qual indica uma declividade média em torno de 10%.

A precipitação da área de estudos foi monitorada através de um pluviômetro manual instalado na área.

O monitoramento da perda de água e solo iniciou-se em dezembro de 2010, e término em abril de 2011, períodos de plantio e colheita, respectivamente. Após a precipitação, foram coletados água e sedimentos armazenados nas calhas, os quais foram levados ao laboratório para a filtragem e pesagem.

Foi calculada a área de contribuição de cada parcela em m², para avaliar a perda de água e solo. Os resultados foram convertidos em litros por metro quadrado (l/m²) e gramas por metro quadrado (g/m²) e, posteriormente convertidos em toneladas por hectare (t/ha).

Foi estimada a quantidade de cobertura morta do Plantio Direto, através da coleta de 10 pontos. Para as coletas, procedeu-se da seguinte forma: foi recolhido todo o material que compõe a camada morta em m², ao longo do plantio. Este material foi secado e pesado, sendo extraída uma média em kg/m², sendo extrapolado na sequência para um hectare.

RESULTADOS E DISCUSSÕES

A safra 2010/2011, corresponde ao período de dezembro de 2010 a abril de 2011, plantio e colheita, respectivamente. O cultivo de milho foi realizado com Sistema de Plantio Convencional (SPC) e Sistema de Plantio Direto (SPD). Sendo que no mês de novembro de 2010, iniciou-se a preparação do solo para o plantio, este ocorrido no início de dezembro. Em ambas as parcelas de cultivo, o plantio foi realizado na mesma data, para que não houvesse diferenças quanto ao desenvolvimento das plantas.

² O equipamento agrícola é conhecido, popularmente, na região como pé-de-pato.

A média da camada morta (aveia e azevem dessecada) foi de $1,05 \text{ kg/m}^2$, $\pm 35,5$, variando de $0,76 \text{ kg/m}^2$ a $1,48 \text{ kg/m}^2$. Quando extrapolada a média, tem-se um valor em torno de 10 toneladas por hectare de biomassa na superfície do solo. Os valores encontrados por esta pesquisa estão acima daqueles estimados por Antoneli (2011) que, ao avaliar a quantidade de biomassa em Plantio Direto com cultivo de tabaco no Município de Guamiranga – PR, encontrou uma média de 4,1 t/ha.

Lopes et al. (1987), vem corroborar com esta questão, ao afirmar que 1, 2 e 4 t/ha de matéria seca de resíduo vegetal, cobrem cerca de 20- 40% e 60-70% da superfície do solo, respectivamente. Segundo os mesmos autores é necessário, pelo menos, 7 t/ha de matéria seca de palhada, uniformemente distribuída, para a cobertura plena da superfície do solo (100%). Neste caso pode-se afirmar que a biomassa encontrada por esta pesquisa no plantio direto indica uma cobertura plena do solo, apesar de serem observadas algumas manchas de exposição do solo.

Na sequência foram avaliadas as perdas de água e solo nos dois tipos de cultivos (Sistema de Plantio Convencional e Sistema de Plantio Direto), associado à pluviosidade mensal (Tabelas 1 e 2).

Tabela 1. Avaliação da pluviosidade, perdas de solo e água no período de monitoramento no Sistema de Plantio Convencional (SPC)

Meses	Precipitação (mm)	Precipitação (%)	Perdas de água (l/m ²)	Perda de água (%)	Perda de solos (g/m ²)	Perda de solos (%)
Dez/2010	229	24,0	2,89±0,54	1,23	42,74±13,6	32,0
Jan/2011	136,5	14,0	0,73±0,13	0,51	20,38±4,74	15,0
Fev/2011	322,5	34,0	4,01±1,21	1,26	14,03±2,68	11,0
Mar/2011*	6,0	1,0	-	-	-	-
Abr/2011	255	27,0	5,76±0,52	2,25	54,6±7,01	42,0
Total	946	100	13,39±0,16	1,41	131,85±50,5	100

Tabela 2. Avaliação da pluviosidade, perdas de solo e água no período de monitoramento no SPD

Meses	Precipitação (mm)	Precipitação (%)	Perdas de água (l/m ²)	Perda de água (%)	Perda de solos (g/m ²)	Perda de solos (%)
Dezembro	229,0	24,0	1,29±0,24	0,56	1,91±0,27	19,0
Janeiro	136,5	14,4	0,41±0,06	0,31	1,01±0,14	10,0
Fevereiro	322,5	34,0	1,92±0,46	0,59	1,38±0,21	13,0
Março*	6,0	0,6	-	-	-	-
Abril	255,0	27,0	1,61±0,22	0,63	5,94±0,98	58,0
Total	946,0	100,0	5,23±0,10	0,55	10,23±1,98	100,0

* Nota- o mês de março a precipitação foi de apenas 6 mm, o qual não causou acúmulo de água e solo nas calhas.

Por meio da tabela 1, nota-se que a perda de água no mês de dezembro foi de 1,23%, no entanto, a perda de solo no referido mês foi de 32% do total. Este aumento pode ser atribuído a erosão por salpico, por o solo estar totalmente exposto. A redução nas perdas de água neste mês pode ser atribuída à rugosidade superficial, que no início do plantio tendem a serem maiores, devido ao revolvimento do solo para o início do plantio.

A perda de água e solo no referido mês (dezembro), no plantio direto (tabela 2), também indicou uma perda parecida com o plantio convencional. Estas perdas podem estar atreladas a algumas manchas de exposição do solo que foram encontradas dentro das parcelas. Observou-se também que no início do plantio, a cobertura de inverno não estava totalmente “acamada”. Esta questão implica em uma maior quantidade de água que atinge o solo.

O mês de janeiro teve uma redução significativa da precipitação em relação ao mês de dezembro, que juntamente com o aumento da cobertura do solo por parte das plantas, permitiu uma diminuição das perdas em ambos os sistemas de cultivo.

No mês de fevereiro, obteve-se a maior pluviosidade do período, 322,5 mm, (34%). Porém, este mês foi responsável pela menor taxa de perdas total de solo no Sistema de Plantio Convencional, (11%). No entanto, as perdas de água aumentaram em relação aos meses anteriores, apresentando uma perda de 29,9% do volume total (1,26%). No Sistema de Plantio Direto, quando

comparado o volume de precipitação com a perda de água e solo dos meses anteriores (dezembro e janeiro), nota-se que estas foram inferiores.

Através dos valores encontrados de perdas de água e solo no mês de fevereiro, no Sistema de Plantio Direto, fica evidente a influência da cobertura morta e da cobertura da própria planta que auxiliam na redução das perdas de água e solo mesmo com o aumento da pluviosidade.

O mês de abril indicou uma precipitação de 255 mm, 26% do total de precipitação acumulada. O Sistema de Plantio Convencional apresentou 42% das perdas de solo e, 43% do volume total de perda de água (2,25%). Neste mesmo mês, (abril) no Sistema de Plantio Direto, a perda de solos foi responsável por 58% do total. Já a perda de água foi responsável por 30% (com uma perda de 0,63%).

Após caminhamentos pela área, observou-se que, devido à decomposição da cobertura morta, foram verificados locais de exposição do solo. Esta questão já havia sido evidenciada por Antoneli (2011), ao verificar que ao longo do cultivo, a camada morta vai se decompondo, promovendo "manchas" de exposição do solo, potencializando as perdas de água e solo.

Ao término do monitoramento, verificou-se que a perda de água no Sistema de Plantio Convencional foi de 1,14%, com uma perda de solo em torno de 1,33 t/ha. Já o Sistema de Plantio Direto indicou uma perda de água em torno de 0,55%, enquanto que a perda de solo neste sistema foi de 0,10 t/ha.

Os valores apresentados por esta pesquisa, encontram-se abaixo daqueles indicados por Pugliesi et al. (2011), em que obteve-se, na safra 2004/2005 uma perda de solos de 4,35 t/ha/ano no Sistema de Plantio Convencional e, perdas de 0,31 t/ha/ano no Sistema de Plantio Direto. Inferiores também a aqueles estimados por Wendling et al. (2000), que na sucessão de aveia preta/ milho/ nabo forrageiro/ milho, mensuradas por 9 anos apresentou uma média anual de perda de solo em torno de 0,34 t/ha e perdas média de água de 1,5%. Cabe destacar que as pesquisas citadas levaram em consideração o ano todo (12 meses), no caso desta pesquisa foram apenas 5 meses.

Diversos trabalhos demonstraram que a utilização de sistemas de cultivo conservacionistas, como os que prezam a redução do revolvimento do solo e, a manutenção de resíduos vegetais na superfície, como o plantio direto, diminui, significativamente, as perdas de solo por erosão em relação aos sistemas de cultivo que promovem o revolvimento do solo (DEBARBA e AMADO, 1997; LEVIEN e COGO, 2001; TROEH e THOMPSON, 2007; BERTONI e LOMBARDI NETO, 2005; ANTONELI, 2011).

Na sequência foram correlacionadas as perdas de água, solo e chuva, em cada um dos respectivos sistemas de cultivo, para identificação de alguns fatores que interferem nestas correlações (Tabela 3).

Tabela 3. Correlação entre a chuva, perdas de água e perda de solos no SPC e no SPD

Variáveis	Sistema de Plantio Convencional (SPC)	Sistema de Plantio Direto (SPD)
Chuva/escoamento	r = 0,801	r = 0,713
Chuva/erosão	r = 0,662	r = 0,571
Escoamento/erosão	r = 0,692	r = 0,544

Por meio da tabela 3, observa-se uma alta correlação entre a chuva e a perda de solo no SPC ($r = 0,662$), ou seja cerca de 66% das perdas de solos são influenciadas pela precipitação. Já a correlação entre a chuva e a perda de água foi maior em relação a chuva e perda de solos ($r = 0,807$), a qual pode ser atribuída a alguns fatores como: a maior taxa de exposição do solo, já que não possui cobertura morta; a diminuição da rugosidade do solo durante o cultivo e, da cobertura do solo através das plantas cultivadas. Assim, percebe-se que a precipitação influencia significativamente nas perdas de água.

A correlação entre a perda de água e a perda de solo, também se portou de forma parecida ($r = 0,692$), ou seja, cerca de 69% da perda de solo é influenciada pela perda de água.

No Sistema de Plantio Direto, também houve uma alta correlação entre a chuva e a perda de água ($r = 0,713$), a qual, pode ser atribuída a diminuição da cobertura morta e da cobertura vegetal das plantas, além da baixa rugosidade do terreno. Já a correlação entre a chuva e a perda de solo foi menor em relação ao valor encontrado no SPC. O valor encontrado neste tipo de uso foi de $r = 0,571$ e, a correlação entre o escoamento e a perda de solo foi de $r = 0,544$, ou seja o escoamento influencia em torno de 54% nas perdas de solo. Antoneli (2011), ao avaliar a correlação entre a perda de água e solo em cultivo de tabaco, observou ao longo do monitoramento, que a camada morta (aveia dessecada), além de auxiliar na redução da erosão por salpico, acaba formando também pequenas barragens na superfície do solo (debaixo da camada morta). Segundo ao mesmo autor, a própria palhada (cobertura morta) acaba formando pequenos bancos de sedimentos, o que facilita a retenção dos sedimentos.

Em caminhamentos realizados em ambos os cultivos, observou-se que no Sistema de Plantio Direto, o escoamento ocorreu uniformemente, devido à baixa rugosidade superficial e, a homogeneidade da cobertura vegetal, não havendo a formação de sulcos. O Sistema de Plantio Convencional apresentou ao final do período, uma baixa rugosidade superficial em relação às suas características iniciais no período de plantio, além de ser visível a formação de pequenos sulcos. A proximidade das plantas cultivadas em linha e o desenvolvimento do sistema radicular do milho, possivelmente, contribuíram para a formação de uma barreira que minimizou a velocidade do escoamento, reduzindo o transporte de material, visto que o plantio em linha foi realizado transversalmente à declividade da área, em ambos os sistemas de cultivo.

CONCLUSÃO

Conclui-se que o Sistema de Plantio Direto, adotado como uma forma de manejo conservacionista reduziu, significativamente, as perdas de solos e água em relação à prática do Sistema de Plantio Convencional.

Ao longo do período de monitoramento no Plantio Convencional, observou-se que houve um aumento nas perdas de água e solo, o qual pode ser atribuído a diminuição da rugosidade superficial do solo observada ao final do período de monitoramento, bem como o selamento dos poros do solo que contribui para a diminuição da infiltração da água no solo. Outro fator que pode ter influenciado é a diminuição da cobertura vegetal que permite a maior incidência do impacto das gotas da água da chuva no solo, aumentando a ação do efeito *splash*, contribuído com a desagregação do mesmo.

Quando confrontados os resultados com aqueles encontrados na literatura, observa-se que estes foram inferiores. Neste caso, atribui-se a inexistência da remobilização do solo para eliminação das ervas daninhas e ao índice muito baixo de precipitação do mês de março, que apesar de não ser levado em consideração a pluviosidade histórica da área, conclui-se que este mês foi um mês atípico. Cabe considerar, que neste mês o solo com Plantio Direto, já apresentava manchas de exposição pois boa parte da camada morta já havia sido decomposta.

REFERÊNCIAS

ABRAMOVAY, R. **Paradigmas do capitalismo agrário em questão**. São Paulo: HUCITEC/UNICAMP, 1992, 275 p.

ANTONELI, V. Dinâmica do uso da terra e a produção de sedimentos em diferentes áreas fontes na bacia hidrográfica do Arroio Boa Vista- Guamiranga-PR. **Tese** (Doutorado), Universidade Federal do Paraná, 2011. 345 p.

BAYER, C.; MARTIN-NETO, L.; MIELNICZUK, J. & CERETTA, C.A. Effect of no-till cropping systems on soil organic matter in a sandy clay loam Acrisol from southern Brazil monitored by electron spin resonance and nuclear magnetic resonance. **Soil Till. Res.**, 53:95-104, 2000

- BERTOL, I.; ROGO, N.P.; LEVIEN, R. Cobertura morta e métodos de preparo do solo na erosão hídrica em solo com crosta superficial. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v.13, n.3, p.373-9, 1989.
- BERTOL, I.; COGO, N.P. LEVIEN, R. Erosão hídrica em diferentes preparos do solo logo após as colheitas de milho e trigo, na presença e na ausência dos resíduos culturais. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, 21:409-418, 1997.
- BERTONI, J; LOMBARDI NETO, F. **Conservação do Solo**. São Paulo: Ícone. 2ª Ed. 2005.
- BLACKWELL, P.S.; JAYAWARDANE, N.S.; BLACKWELL, J.; WHITE, R. & HORN, R. Evaluation of soil compaction by transverse wheeling of tillage slots. **Soil Sci. Soc. Am. J.**, 53:11-15, 1989.
- BRAIDA, J. A.; CASSOL, E. A. Relações da erosão em entressulcos com o tipo e com a quantidade de resíduo vegetal na superfície do solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, MG, v. 23, n. 3, p. 699-709, jul./ set. 1999.
- BRAGAGNOLO, N. & MIELNICZUK, J. Cobertura do solo por palha de trigo s seu relacionamento com a temperatura e umidade do solo. **R. Bras. Ci. Solo**, 14:369-374, 1990.
- CAMPOS, R.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 do solo. **R. Bras. Ci. Solo**, 19:121-126, 1995.
- CARVALHO, M. A. C de; SORATTO, R. P; ATHAYDE, M. L. F; Arf, O; Eustáquio de Sá, M. Produtividade do milho em sucessão a adubos verdes no sistema de plantio direto e convencional. **Pesq. agropec. bras.**, Brasília, v.39, n.1, p.47-53, jan. 2004
- COGO, N.P. Effect of residue cover, tillage induced-roughness, and slope lenght on erosion and related parameters. **Tese** (Doutorado). West Lafayette, Purdue University, 1981. 346p.
- COGO, N. P.; LEVIEN R.; SCHWARZ, R. A. Perdas de solo e água por erosão hídrica influenciadas por métodos de preparo, classes de declive e níveis de fertilidade do solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.27, n.4, p.743-753, 2003.
- CASSOL, E. A. e LIMA V. S de. Erosão em entressulcos sob diferentes tipos de preparo e manejo do solo. **Revista Pesquisa Agropecuária Brasileira**. Brasília, v. 38, n. 1, p. 117-124, jan. 2003.
- DALAL, R.C.; MAYER, R.J. Long-term trends in fertility of soils under continuous cultivation and cereal cropping in southern Queensland. II. Total organic carbon and its rate of loss from the soil profile. **Aust. J. Soil Res.**, v. 24, p. 281-292, 1986.
- DEBARBA, L; AMADO, T. J. C. Desenvolvimento de sistemas de produção de milho no Sul do Brasil com características de sustentabilidade. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**: Viçosa, v. 21, n.1, p.473-480, 1997.
- DENARDIN, J.E.; KOCHHANN, R.A.; FAGANELLO, A.; SATTTLER, A.; BERTON, A.L. Sistema plantio direto: com ou sem práticas conservacionistas complementares de manejo da enxurrada. In: Congresso Mundial Sobre Agricultura Conservacionista, II., 2003, Foz do Iguaçu. **ANAIS**. Federação Brasileira de Plantio Direto na Palha; Confederación de Asociaciones Americanas para la Agricultura Sustentavel, 2003. v. 2, p. 310-313.
- FERREIRA, T. N.; SCHWARZ, R. A.; STRECK, E. V. (Coord.) **Solos: manejo integrado e ecológico - elementos básicos**. Porto Alegre: EMATER/RS, 2000.
- FLOSS, E. L. Aveia, um sustentáculo do sistema de semeadura direta. **Revista Plantio Direto**, Passos Fundo, v. 72, p. 14-18, 2002.
- GUPTA, S.C.; SHARMA, P.P.; DEFRANCHI, S.A. Compaction effects on soil structure. **Adv. Agron.**, 42:311-338, 1989.

- LEITE, D.; BERTOL, I.; GUADAGNIN, J. C.; SANTOS, E. J.; RITTER, S. R. Erosão hídrica em um Nitossolo Háptico submetido a diferentes sistemas de manejo sob chuva simulada. I Perdas de solo e água. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**. vol.28 nº.6 Viçosa Nov./Dec. 2004
- LEVIEN, R.; COGO, N.P. e ROCKENBACH, C.A. Erosão na cultura do milho em diferentes sistemas de cultivo anterior e métodos de preparo do solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, 14:p73-80. 1990.
- LEVIEN, R; COGO, N. P. Erosão na cultura do milho em sucessão à aveia preta e pousio descoberto, em preparo convencional e plantio direto, com tração animal e tratorizada. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**: Viçosa, v. 25, n.3, p.683-692, 2001.
- LOPES, P. R. C.; COGO, N. P.; LEVIEN, R. Eficácia relativa de tipo e quantidade de resíduos culturais espalhados uniformemente sobre o solo na redução da erosão hídrica. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v. 11, n. 1, p. 71-75, 1987.
- MAACK, R. **Geografia física do Paraná**. Rio de Janeiro: José Olympio, 1968.
- MEEK, B.D.; RECHEL, E.A.; CARTER, L.M. & DETAR, W.R. Soil compaction and its effects on alfalfa in zone productions systems. **Soil Sci. Soc. Am. J.**, 52:233-236, 1988.
- MINEROPAR. **Atlas geológico do Estado do Paraná**. 2001. www.mineropar.org.br. Acesso 10 de julho de 2010.
- PUGLIESI, A. C. V; MARINHO, M. A; MARQUES, J. F; LUCARELLI, J. R. F. Valoração econômica do efeito da erosão em sistemas de manejo do solo empregando o método custo de reposição. **Bragantia**, v. 70, n. 01, 2011.
- SALTON, J.C.; MIELNICZUK, J. Relações entre sistemas de preparo, temperatura e umidade de um Podzólico Vermelho-Escuro de Eldorado do Sul (RS). **R. Bras. Ci. Solo**, 19:313-319, 1995.
- SILVA, I.F.; MIELNICZUK, J. Ação do sistema radicular de plantas na formação e estabilização de agregados do solo. **R. Bras. Ci. Solo**, 21:113-117, 1997.
- TROEH, F. R; THOMPSON, L. M. **Solos e Fertilidade do Solo**. 6ª Ed. São Paulo: Andrei, 2007.
- VASQUEZ, E. V.; MARIA, I. C. de. Influencia del Laboreo sobre la rugosidad Del suelo y la retención de agua en un Ferrasol. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 29, Ribeirão Preto, 2003. **Resumo expandido**. Ribeirão Preto: SBCS, 2003. CDROM.
- VILAS BOAS, A. A; GARCIA, D. F. B. Plantio direto nas culturas de milho e soja no Município do Chapadão do Céu- GO e os impactos para o meio ambiente. In: **Anais do XLV Congresso da Sociedade Brasileira de Economia, Administração e Sociologia Rural**. Londrina: UEL, 2007.
- VOORHEES, W.B.; LINDSTROM, M. J. Soil compaction constraints on conservation tillage in the northern corn belt. **J. Soil Water Conserv.**, 38:307-311, 1983.
- WENDLING, A.; PROCHNOW, D.; AMADO, T.J.C.; ELTZ, F.L.F.; BRUM, A.C.R.; STRECK, C.A. Sistemas de produção agrícola visando o controle da erosão hídrica - resultados de 9 anos. In: REUNIÃO BRASILEIRA DE MANEJO E CONSERVAÇÃO DO SOLO E DA ÁGUA, 13., Ilhéus, 2000. **Anais**. Ilhéus, Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2000. CD-ROM.
- WEST, L. T.; MILLER, W. P.; LANGDALE, G. W.; BRUCE, R. R.; LAFLEN, J. M.; THOMAS, A. W. Cropping system effects on interrill soil loss in the Georgia Piedmont. **Soil Science Society of America Journal**, Madison, v. 55, n. 2, p. 460-466, Mar./Apr. 1991.
- ZHANG, X.C., MILLER, W.P., NEARING, M.A., NORTON, L.D. Effects of surface treatment on surface sealing, runoff and interrill erosion. **Transactions of the ASAE**, v.41, n.4, p.989-994, 1998.