ISSN 2175-2214
Volume 13 - n° 1, p. 30 a 44.
Janeiro a março de 2020.

Mapeamento do manejo do solo e da água em uma propriedade na Região Oeste do Paraná

Esmael Lopes dos Santos[1]; Luiz Felipe Antunes de Almeida[2] Gabriel Gazoni Da Penha[1] Eric Martins Giovanelli[1] Nicolas Bastos Almeida[1] Ederson Matheus de Almeida[1] Roney Cardoso da Silva[1]

Centro Universitário FAG, departamento de Agronomia, Avenida das Torres, 500 - Bairro FAG, CEP: 86806-095, Cascavel – Paraná, Brasil. elsantos@fag.edu.br
[2] Universidade Estadual de Maringá, DAG, Departamento de Agronomia, Av. Colombo, 5790 - Vila Esperanca, CEP: 87020-270, Maringá – Paraná, Brasil.

Resumo: As práticas de manejo do solo tornaram-se atividades de grande importância nos sistemas de cultivos, determinando a sustentabilidade produtiva dos ambientes. O objetivo do trabalho foi avaliar os atributos físicos para o mapeamento do manejo do solo e da água em uma propriedade na Região Oeste do Paraná. Foi gerado uma grade amostral com 29 pontos equidistantes no talhão, e utilizando o método IDW (ponderação pelo inverso da distância) de interpolação, a partir de uma camada raster (linhas e colunas de pixels) foram gerados os mapas. As varáveis avaliadas foram: a taxa de cobertura do solo, resíduo vegetal disposto na superfície do solo, Índice de Qualidade Estrutural do solo (IQES) determinada pelo Diagnóstico Rápido das Estruturas do Solo (DRES), resistência à penetração (RP), a velocidade de infiltração básica (VIB). Todas as análises estatísticas foram realizadas por meio do programa Sisvar 5.3. Foram estimados coeficientes de correlação de Pearson por meio do programa SigmaPlot®10.0 (Systat software, Inc.). O mapeamento do manejo do solo apresentou variabilidade espacial entre os atributos do talhão, e o método IDW foi capaz de identificar a faixa de variação local. Houve resposta significativa na correlação entre os atributos físicos do solo, demonstrando que o sistema de manejo do solo influencia diretamente nos atributos físicos.

Palavras-chave: VANTs; Drone; Qgis; Palhada; Plantio direto.

Mapping of soil and water management in a property in Western Paraná

Abstract: As soil management practices, use activities of great importance in cultivation systems, determining the productive sustainability of the environments. The objective of this work was to evaluate the physical attributes for soil and water mapping in a property in Western Paraná. A sample with 29 equidistant points in the field was created, and using the IDW (distance inversion weighting) method of interpolation, from a raster layer (rows and columns of pixels) were generated by the maps. The evaluated variables were: soil cover rate, soil surface surface residue, DRES-specified Structural Soil Quality Index (IQES), penetration resistance (PR), basic infiltration rate (VIB). All statistical statistics were performed using the Sisvar 5.3 program. Pearson correlation coefficients were estimated using the SigmaPlot®10.0 program (Systat software, Inc.). The soil management mapping shows the spatial variability between field attributes and the IDW method was able to identify a local variation range. There was a significant response in the correlation between the physical attributes of the soil, demonstrating that the soil management system directly influences the physical attributes.

Keywords: VANTs; Drone; Qgis; Straw; No-till.

Introdução

As práticas de manejo do solo tornaram-se atividades de grande importância nos sistemas de cultivos, determinando a sustentabilidade produtiva dos ambientes. O manejo do solo pode ser compreendido como sendo um conjunto de práticas que, usado racionalmente, pode permitir elevada produtividade das culturas (DEBIASI *et al*., 2010). Entre as práticas de manejo, destaca-se o sistema plantio direto (SPD), esse sistema pode ser considerado conservacionista, desde que seja planejado para atender os fundamentos: mínimo revolvimento, manutenção de plantas vivas o maior período possível na área, cobertura morta permanente e diversificação de culturas (MARTINS e SANTOS, 2017).

O manejo conservacionista promove aumento de matéria orgânica na superfície do solo, o que aumenta a estabilidade dos agregados e a sua resistência mecânica. Com isso, há melhora na infiltração, percolação e armazenamento de água, sendo este o principal para o bom desenvolvimento das plantas (TRUMAN *et al.,* 2005). A conservação do solo e da água na propriedade rural são princípios básicos para a sustentabilidade ambiental e da produção agrícola. O conhecimento da dinâmica da água no solo é uma ferramenta importante para avaliar o sistema de manejo executado em uma área, pois está diretamente relacionado com a produção vegetal, tornando-se fundamental para decisões sobre o uso e manejo dos solos (CALHEIROS *et al*., 2009). A taxa de infiltração de água no solo (TI) é um importante indicador para avaliar a qualidade física do solo, devido à integralização de características como estabilidade de agregados, selamento superficial, distribuição e tamanho de poros (REICHERT *et al*., 2009).

A cobertura vegetal pode ser considerada como a melhor defesa natural de um solo contra a erosão, pois é o fator isolado de maior influência no processo erosivo, evitando o impacto direto das gotas de chuva sobre o solo desnudo e desagregação das partículas, além de aumentar a umidade na zona radicular, mantém a microflora, além de limitar a passagem de luz inibindo a germinação de sementes e dificultando o crescimento inicial das plantas daninhas (PIRES *et al*., 2008, LEITE *et al*., 2009). Existem diversos métodos para se estimar a cobertura morta do solo, entre eles: a determinação da porcentagem do solo ocupado por restos vegetais oriundos da colheita por meio do método de transeção linear (SLONEKER e MOLDENHAUER, 1977; ALVES *et al.,* 1998) e utilização de quadros com áreas conhecidas e determinação da porcentagem de cobertura do solo pelos restos culturais através de imagens fotografias (Jorge e Silva, 2009).

Solos manejados de maneira inadequada, tem causado o adensamento de camadas do solo, originando a compactação do solo, localizada na camada entre 0,1 e 0,2 m de profundidade (FRANCHINI *et al*., 2011). A compactação do solo é um dos principais efeitos negativos do uso intensivo do solo para a produção de alimentos. Isso ocorre devido à redução dos teores de matéria orgânica do solo e ao aumento das pressões exercidas sobre o solo pelas maquinas agrícolas nas diferentes operações desenvolvidas durante o ciclo das culturas de interesse econômico. A compactação pode aumentar a resistência do solo ao crescimento das raízes e reduzir a porosidade total, a macroporosidade, a capacidade de infiltração de água, a aeração e a condutividade hidráulica do solo a valores capazes de limitar a produtividade das culturas (TORRES e SARAIVA, 1999). Conforme Cunha *et al*. (2002), para a detecção de camadas compactadas no solo, pode ser utilizada a resistência do solo à penetração (RP).

Adicionalmente, métodos visuais de avaliação da qualidade estrutural do solo, como o DRES (diagnóstico rápido da estrutura do solo), são rápidos e de fácil reconhecimento dos efeitos dos diferentes sistemas de manejo nas condições estruturais do solo. Auxilia no processo de tomada de decisão em relação às ações de correção ou melhoria da qualidade do manejo do solo de áreas agrícolas, com ênfase para aquelas cultivadas em SPD (RALISCH *et al.*, 2016).

Com as mudanças ocorridas na agricultura, o sistema de manejo do solo e da água não pode não pode ser tratado de maneira homogênea no que diz respeito à medição de variáveis nas áreas agrícolas. Neste sentido, a agricultura de precisão busca avaliar a variação espacial e temporal para que se possa ter melhor aplicação das práticas agrícolas e aproveitamento dos insumos, podendo assim melhorar a produtividade, reduzir o custo de produção e o impacto ambiental (JORGE e INAMASU, 2014).

Diante do exposto o objetivo do trabalho foi avaliar os atributos físicos para o mapeamento do manejo do solo e da água em uma propriedade na Região Oeste do Paraná.

Material e Métodos

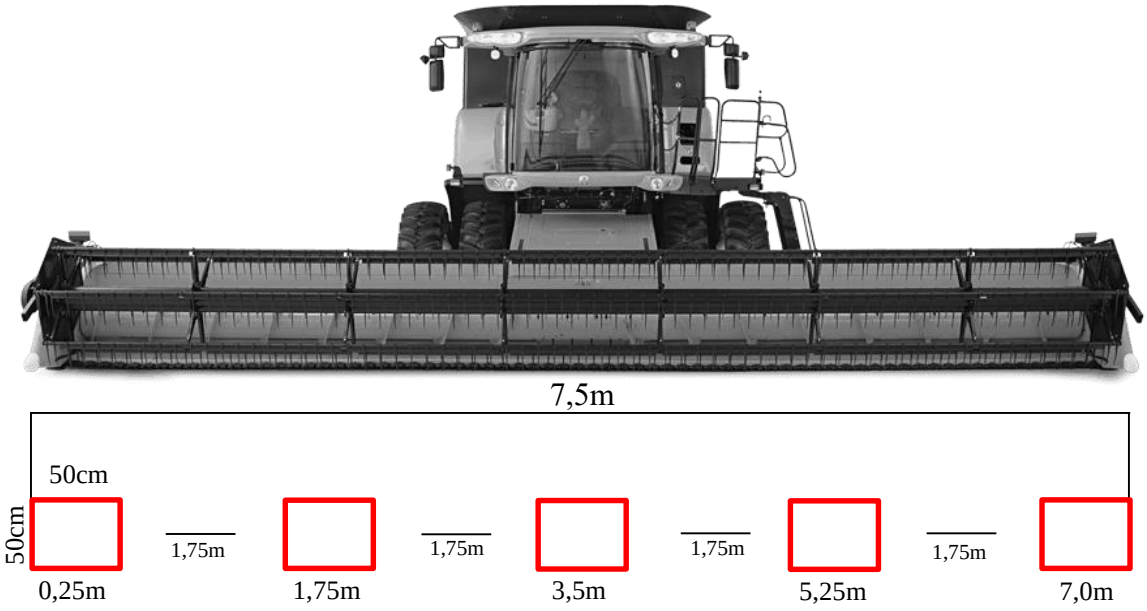
O trabalho foi realizado em Cascavel, PR., nas seguintes coordenadas 24°56'17.10"S e 53°30'27.76"O, clima subtropical úmido com temperatura média anual em torno de 19 °C, com verão quente e temperaturas superiores a 22ºC nesta estação, com mais de 30 mm de chuva no mês mais seco (Köppen-Geiger). O solo foi classificado como um Latossolo Vermelho Distroférrico (EMBRAPA, 2006). A unidade experimental foi composta por um talhão de 21 ha.

A área foi cultivada com a cultura do trigo no inverno de 2018, e as avaliações dos atributos físicos do solo, foram realizadas após a colheita da soja em 25 de fevereiro de 2019.

ISSN 2175-2214
Volume 13 - n° 1, p. 30 a 44.
Janeiro a março de 2020.

A taxa de cobertura do solo foi estimada, utilizando cinco quadros de madeira com dimensões de 0,5 x 0,5m (0,25m²), distribuídos equidistantes a 1,75m entre eles (formando uma transecta de 7,5m), transversalmente ao sentido da colheita da soja (Figura 1). O primeiro quadro foi liberado no local de maior concentração de palha, sendo dois distribuídos para a direita e dois para a esquerda. Os quadros foram fotografados, e, posteriormente as imagens recortadas e processadas através do software Siscob (JORGE e SILVA, 2009), para a obtenção da estimativa da taxa de cobertura do solo em cada ponto da grade amostral. A palhada retirada na área dos quadros foi acondicionada em sacos de papel e submetida à secagem em estufa de circulação forçada de ar a 60°C, por 72 horas, para a determinação da massa seca do resíduo vegetal disposto na superfície do solo.

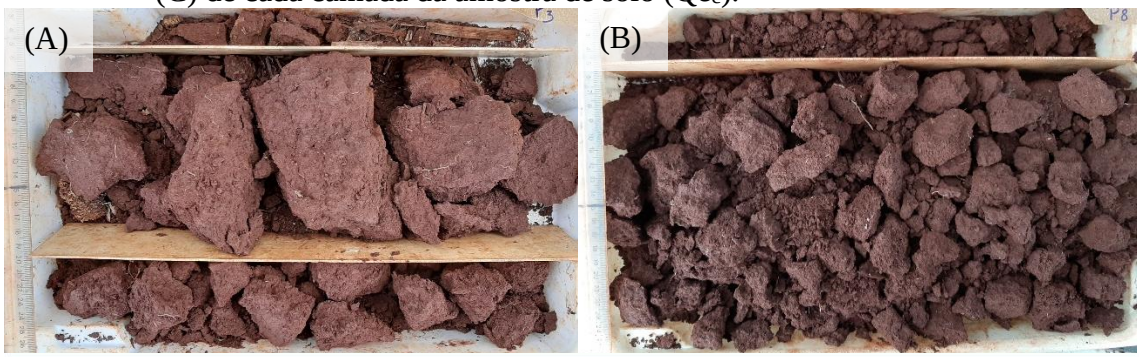
Figura 1 - Transecta horizontal de coleta de palhada e imagem para determinação de cobertura do solo.



O DRES foi realizado através da coleta de amostras de solo (camada de 0,0-0,25 m de profundidade) em cada ponto da grade amostral (Figuras 2A e 2B). As camadas foram identificadas, obtidas suas espessuras e atribuído notas de qualidade estrutural para cada camada (Qe_c), conforme Ralisch et al. (2017) conforme figura 2C. A partir dessas informações, foi determinado o Índice de Qualidade Estrutural do solo da Amostra (IQEA) e, através da média dos IQEAs, foi calculado o Índice de Qualidade Estrutural do solo (IQES).

ISSN 2175-2214
Volume 13 - n° 1, p. 30 a 44.
Janeiro a março de 2020.

Figura 2 - Amostras do solo (camada de 0,0-0,25 m de profundidade) com diferenças na qualidade estrutural (A e B); Chave para atribuição das notas de qualidade estrutural (C) de cada camada da amostra de solo (Qe_c).



Condição inicial	(C) Camadas da amostra com evidências de conservação/recuperação			Camadas da amostra com evidências de degradação		
Qe_c	$Qe_c = 6$	$Qe_c = 5$	$Qe_c = 4$	$Qe_c = 3$	$Qe_c = 2$	$Qe_c = 1$
Tamanho do agregado e % na amostra	Mais de 70% de agregados com 1 a 4 cm	50 a 70% de agregados de 1 a 4 cm	Menos de 50% de agregados de 1 a 4 cm	Menos de 50% de agregados menores que 1 cm e maiores que 7 cm	50 a 70 % de agregados menores que 1 cm e maiores que 7 cm	Mais de 70% de agregados menores que 1 cm e maiores que 7 cm
Características da estrutura	Estrutura friável, agregados muito grumosos e porosos, com atividade biológica alta. Raízes abundantes e bem distribuídas na camada avaliada, sem deformações ocasionadas por impedimentos físicos, crescendo através dos agregados.	Estrutura friável, agregados grumosos e porosos, com mediana atividade biológica. Raízes bem distribuídas na camada avaliada, podendo apresentar poucos sinais de restrição ao crescimento. As raízes crescem predominantemente através dos agregados.	Estrutura friável, pouco grumosa, pouco poros e fraca atividade biológica. Raízes podem apresentar algum impedimento ao desenvolvimento.	Estrutura coesa nos agregados grandes, e muito solta entre os agregados menores que 1 cm. Predomínio de agregados com faces planas, com poucos poros e atividade biológica. Pode apresentar raízes achatadas com dificuldade para desenvolvimento pleno na camada avaliada.	Estrutura coesa nos agregados grandes, e muito solta entre os agregados menores que 1 cm. Predomínio de agregados com faces planas, com alguns poros e pouca atividade biológica. Desenvolvimento radicular limitado, com predomínio de raízes achatadas com dificuldade para penetração no interior dos agregados.	Estrutura coesa nos agregados grandes, e muito solta entre os agregados menores que 1 cm. Predomínio de agregados com faces planas, sem poros visíveis e atividade biológica. Forte restrição ao desenvolvimento radicular, com predomínio de raízes achatadas, crescendo preferencialmente nas fissuras entre os agregados.

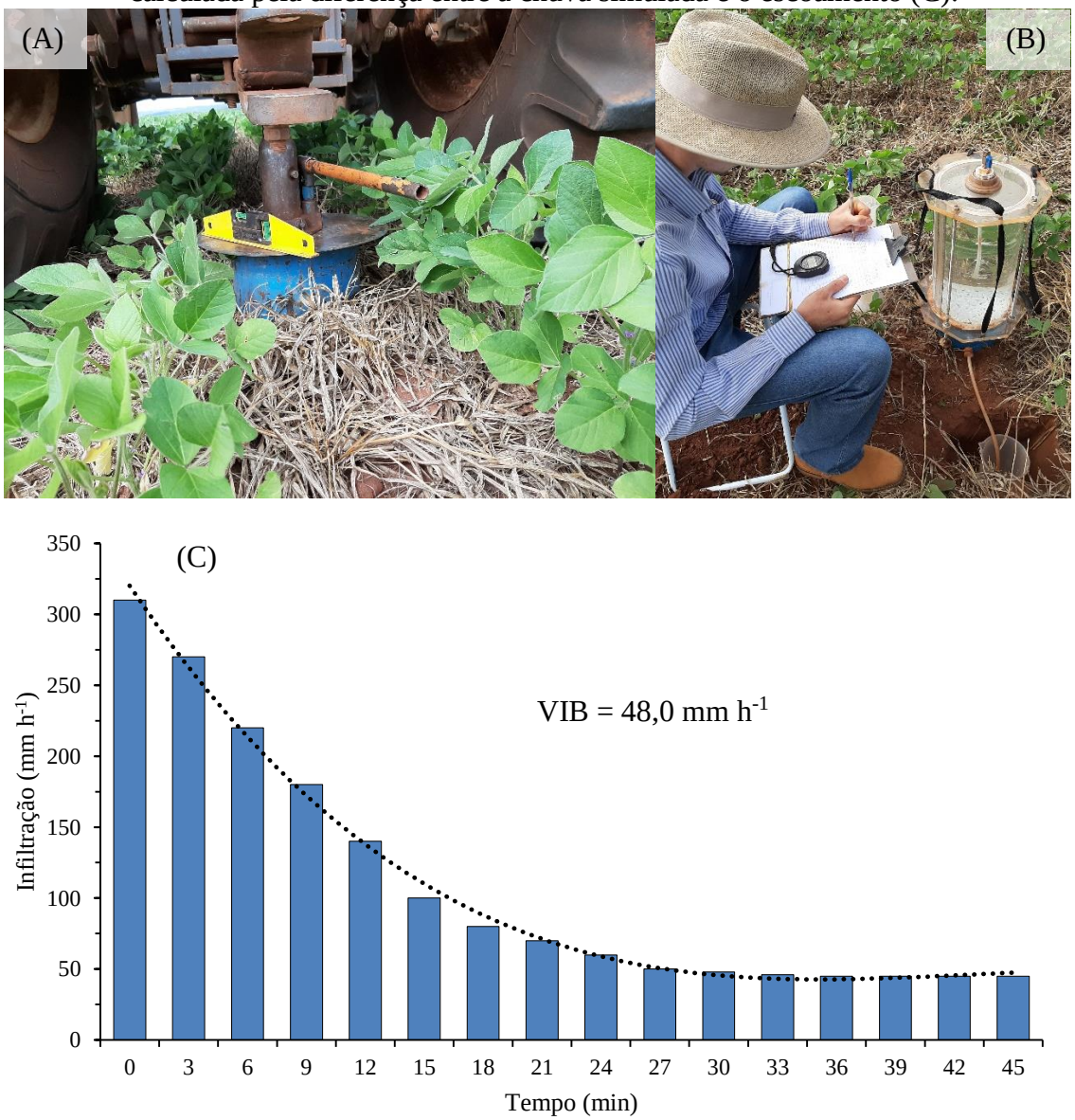
A resistência à penetração (RP) foi realizada conforme metodologia proposta por Santos *et al*., (2019) em cada ponto amostral, em nove leituras distanciadas de 0,11m entre si, em um transecto de 0,9m, transversalmente ao sentido das linhas de semeadura, para maior representação da área em relação a linha e entrelinha de semeadura. Foi utilizado um medidor de RP (Penetrologger art. nr.06.15.01 - EIJQELKAMP) equipado com cone de 12,83mm de diâmetro da base e ângulo de 30º. Juntamente com a RP foram coletadas amostras (0,0-0,1 e 0,1-0,2 m de profundidade) para determinação de umidade do solo. Para comparar a RP do talhão das avaliações realizadas, as umidades foram corrigidas conforme Santos et al., (2019).

A VIB (velocidade de infiltração básica do solo) foi determinada pelo infiltrômetro de Cornell (Figura 3B), que possui um sistema de regulagem de entrada de ar, o qual permite simular diferentes intensidades de chuva, sendo, o mesmo fixado sobre um anel de 0,24 m de diâmetro (Figura 3A), conforme descrito por Martins e Santos (2017). Para a determinação do escoamento superficial com este equipamento foi utilizado uma intensidade média de chuva em torno de 300 mm h^{-1}. A leitura do volume de escoamento superficial foi realizada a cada 3 min. A intensidade da chuva foi controlada através das diferenças de leituras, a cada 3 min, do

ISSN 2175-2214
Volume 13 - n° 1, p. 30 a 44.
Janeiro a março de 2020.

volume de água no reservatório. As leituras da intensidade da chuva e escoamento superficial foram realizadas simultaneamente. A taxa de infiltração foi calculada pela diferença entre a chuva aplicada e o escoamento superficial (Figura 3C), conforme a metodologia descrita por Van Es e Schindelbeck (2003).

Figura 3 - Fixação de anel metálico (limitador da área de captação da chuva simulada), com auxílio de trator e macaco hidráulico (A); realização da leitura do Infiltrômetro de Cornell conforme tempo estipulado (B); curva de infiltração de água no solo calculada pela diferença entre a chuva simulada e o escoamento (C).



Foram geradas imagens digitais da área obtidas por VANT do tipo quadricóptero (Phantom 4 pro®) com câmera RGB (azul, verde e vermelho), da marca DJI® (Figura 4A). Os planos de vôo foram elaborados no software Pix4D®, realizados a uma altitude de 25 m e

ISSN 2175-2214
Volume 13 - n° 1, p. 30 a 44.
Janeiro a março de 2020.

sobreposição de imagem de 72% (Figura 4B). Através do software Agisoft Metashape (64 bit 1.5.5) utilizando as imagens obtidas, foi gerado a nuvem de pontos (banco de dados com valores de altitude) para a geração do modelo digital de elevação (DEM) pela aerotriangulação tendo o sistema de coordenadas em SIRGAS 2000. A partir do DEM, foi elaborado o mapa hipsométrico do talhão, utilizando o software QGis (64 bit 3.8.2), considerando os valores de altitude da nuvem de pontos.

Foi gerado uma grade amostral com 29 pontos distribuídos equidistantes no talhão buscando representatividade, e utilizando o método IDW (ponderação pelo inverso da distância), com valor do coeficiente de ponderação de 3,5 para os atributos avaliados, e interpolação a partir de uma camada raster (linhas e colunas de pixels) foram gerados os mapas temático das variáveis avaliadas.

Figura 4 - Quadricóptero (Phantom 4 pro®) marca DJI® (A) utilizado para obtenção das imagens; plano de vôo elaborados no software Pix4D® (B).

Conforme Cecílio e Pruski (2003) a Ponderação do Inverso das Distâncias (Inverse Distance Weighting) implementa explicitamente o pressuposto de que as coisas mais próximas entre si são mais parecidas do que as mais distantes. Para predizer um valor para algum local não medido, o IDW usará os valores amostrados à sua volta, que terão um maior peso do que os valores mais distantes, ou seja, cada ponto possui uma influência no novo ponto, que diminui na medida em que a distância aumenta, daí seu nome.

As taxas de cobertura do solo gerada pelo Sofware Siscob das transectas foram submetidas à análise de variância (Teste F, $p<0,05$). Havendo interação significativa entre os fatores estudados, a comparação entre as médias nos desdobramentos foram feitas por meio do teste de Tukey ($p<0,05$). Todas as análises estatísticas foram realizadas por meio do programa Sisvar 5.3 (FERREIRA, 2008). Foram calculados coeficientes de correlação de Pearson

(STEEL et al., 1997) entre as variáveis, e o grau de significância calculado pelo programa SigmaPlot®10.0 (Systat software, Inc.).

Resultados e Discussão

Conforme a figura 5(a) que mostra a altimetria do talhão, o mesmo apresenta uma declividade média de 6,5% o que classifica o relevo como suave ondulado, de acordo com Embrapa (1979).

Os mapas dispostos nas figuras 5(b) a (g) demonstram a variabilidade espacial entre os atributos estudados dentro do talhão. O método IDW foi capaz de identificar a faixa de variação local, no entanto, a separação das categoria teriam uma maior precisão se houvesse um maior número de pontos amostrais, salientando que, os dados não apresentaram uma distribuição normal, isto é, há valores extremos em determinados atributos avaliados. Este fato, não permitiu a utilização do método de interpolação por Krigagem, devido a não apresentar um bom ajuste do semivariograma. Portanto, os mapas interpolados podem sofrer influência do efeito "bulls eyes" ao redor de cada ponto de coleta. Essa tendência é elucidada pois cada ponto tende a ter um raio de ação definido de forma igual em todas as direções o que possibilita a formação de círculo (ANDRIOTTI, 2009).

A VIB mostrada na figura 1(b), apresenta variação entre 8,5 a 57,71 mm h^{-1}, sendo que os menores valores de infiltração estão na extremidade onde o talhão apresenta maior altitude. Conforme Silva *et al.* (2018), a infiltração pode ser classificada como baixa (< 30 mm h^{-1}), média (30-60 mm h^{-1}), alta (60-90 mm h^{-1}) e muito alta (>90 mm h^{-1}), desta forma a classificação do talhão está entre média e baixa.

O Índice de Qualidade Estrutural do solo (IQES) conforme o manejo do talhão, determinado pela aplicação do DRES mostrado na Figura 5 (c) apresenta uma variação entre 2,20 a 4,79, com os menores valores médios na extremidade onde o talhão apresenta maior altitude. Ralisch *et al*., (2017), sugere a classificação do IQES como muito ruim (1,0-1,9), ruim (2,0-2,9), regular (3,0-3,9), boa (4,0-4,9) e muito boa (5,0-6,0), portanto, o talhão pode ser classificado entre ruim e boa. Os autores sugerem recomendações de melhoria para estas classes, na realização diagnóstico da área, incluindo as condições químicas e físicas no perfil, revisando as práticas conservacionistas do solo (ex. terraceamento, alocação de estradas e operações em nível). Rever e aprimorar o sistema de produção utilizado, aumentando a diversidade de espécies vegetais e priorizando culturas com alta capacidade de aporte de fitomassa aérea e raízes (ex. gramíneas). Na recuperação do solo, preferir o uso de plantas

recuperadoras, em relação ao emprego de práticas mecânicas. Evitar operações de preparo de solo, mesmo as realizadas esporadicamente. Racionalizar o tráfego de máquinas agrícolas.

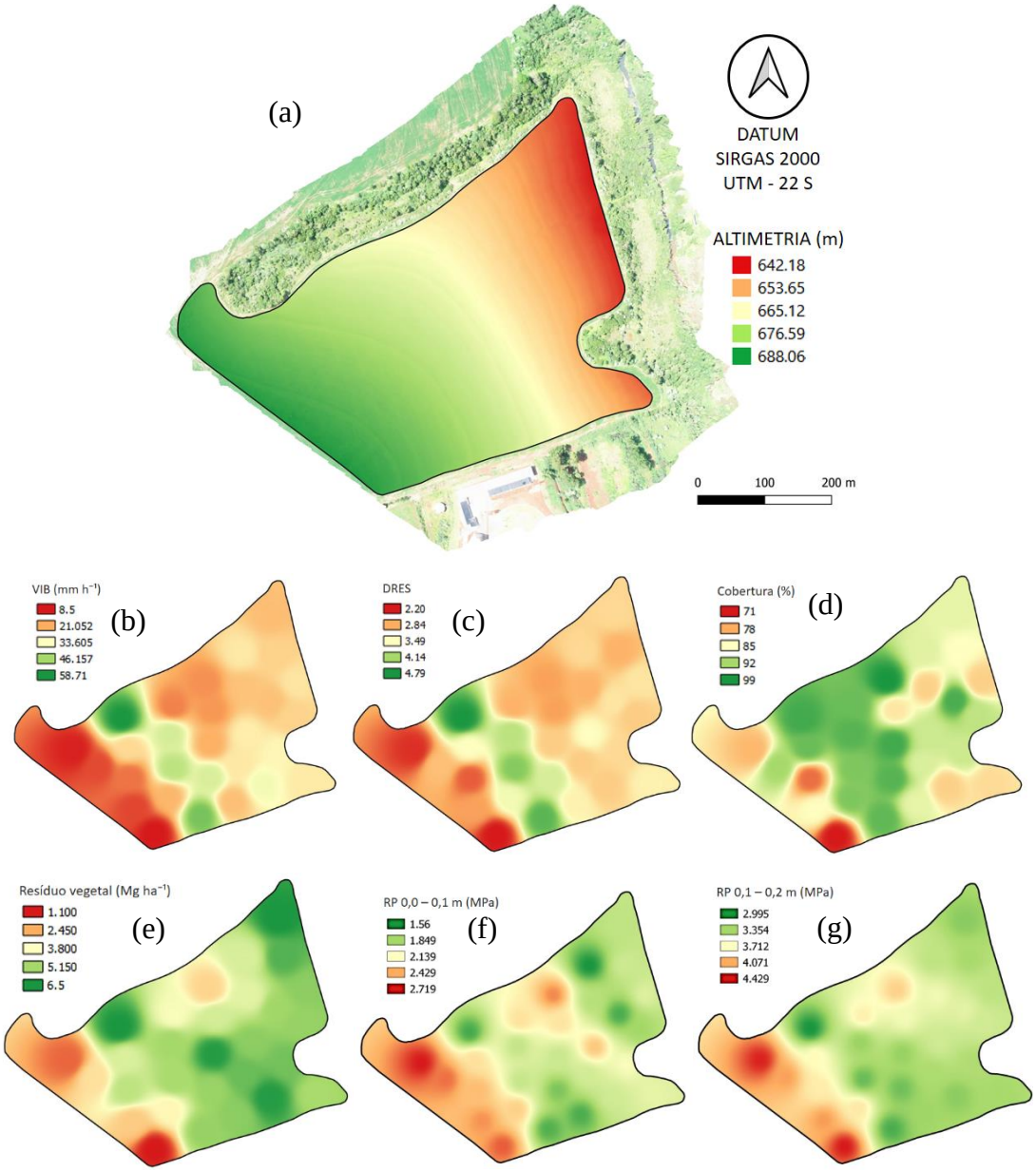
A cobertura do solo mostrada na Figura 5 (d) apresenta uma variação entre 71 e 99%, sendo que a maior parte do talhão apresenta médias acima de 80%, este fato pode ser atribuído a utilização do trigo no inverno de 2018. Os valores de cobertura apresentados no talhão estão dentro do ideal, pois conforme Toledo *et al*. (2008) a cobertura deve ser maior que 80%. Para Debiasi *et al.* (2017) os benefícios diretos da cobertura do solo sobre a produtividade das culturas são bem conhecidos, e envolvem a redução da amplitude térmica e maior conservação da água no solo; diminuição das perdas de solo, água e nutrientes por erosão; formação de um ambiente edáfico mais favorável aos microrganismos, aumentando assim a atividade biológica do solo; redução da infestação de plantas daninhas, especialmente a buva (*Conyza* spp.) e o capim amargoso (*Digitaria insularis*) e o capim amargoso.

O resíduo vegetal disposto na superfície do solo apresenta uma variação de 1,1 a 6,5 Mg ha^{-1}, conforme a figura 5 (e). Segundo Cruz *et al*. (2002), o ideal é que os sistemas de produção insiram, em média, 6,0 Mg ha^{-1} ano ou mais de fitomassa seca.

A RP na camada 0,0-0,1m, apresenta uma variação de 1,56 a 2,719 MPa, enquanto a RP na camada 0,1-0,2m, a variação foi de 2,995 4,429 MPa, conforme as figuras 5 (f) e (g). Os valores inferiores na camada superior, são devido a maior quantidade de resíduo vegetal oriundo da palhada e raiz em decomposição, aliado à movimentação do solo ocasionada pela linha de semeadura em SPD. Os maiores valores apresentados na camada 0,1-0,2m são devido ao efeito cumulativo das pressões exercidas pelo tráfego de máquinas no solo, além da acomodação natural das partículas (MARTINS e SANTOS, 2017). Conforme Suzuki *et al*. (2007) em Latossolos e Argissolos, valores de RP na faixa de 2,0 a 4,0 Mpa têm sido propostos como críticos ao crescimento radicular de culturas anuais, sendo seu efeito mais prejudicial quando o solo encontra-se com baixa umidade.

ISSN 2175-2214
Volume 13 - n° 1, p. 30 a 44.
Janeiro a março de 2020.

Figura 5 - Mapeamento do talhão, (a) altimetria (m), (b) velocidade de infiltração básica – VIB, (c) diagnóstico rápido da estrutura do solo – DRES, (d) cobertura do solo (%), (e) resíduo vegetal (Mg ha^{-1}), (f) resistência a penetração (RP) na camada 0,0-0,1m, (g) resistência a penetração (RP) na camada 0,1-0,2m. Cascavel – Pr., 2019.



Na matriz da correlação entre os atributos do solo (Tabela 1), houve um resposta significativa entre os mesmo, demonstrando que o sistema de manejo do solo influencia diretamente nos atributos físicos. A maior correlação expressada foi entre os atributos DRES e VIB com 0,91 positiva, ou seja à medida que o solo esteve mais estruturado também houve uma maior infiltração. Segundo Santana et al. (2018) o índice de qualidade estrutural do solo (IQES),

ISSN 2175-2214
Volume 13 - n° 1, p. 30 a 44.
Janeiro a março de 2020.

determinado pelo DRES é um bom indicativo que uma boa estruturação do solo é essencial para que haja uma maior infiltração de água no solo.

A RP nas camada 0,0-0,1m e 0,1-0,2m correlacionaram negativamente com os outros atributos, ou seja, para um solo com maior RP a resposta foi negativa nos outros atributos. No entanto, entre a RP nas duas camadas (0,0-0,1m e 0,1-0,2m) a correlação foi positiva. Martins e Santos (2017) encontraram também correlação inversa entre a infiltração e a RP, indicando que a uma maior infiltração é sempre acompanhada de uma menor RP.

Tabela 1 - Matriz de correlação simples de Pearson entre ao atributos do solo, (DRES) diagnostico rápido da estrutura do solo, cobertura (%), (VIB) velocidade de infiltração básica (mm h^{-1}), (RV) resíduo vegetal (Mg ha^{-1}), (RP) resistência à penetração (MPa) na camada 0,0-0,1m, (RP) resistência a penetração (MPa) na camada 0,1-0,2m. Cascavel – Pr., 2019.

Variáveis	DRES	Cobertura	VIB	Rv	RP 0,0-0,1m	RP 0,1-0,2m
DRES	1	0,63*	0,91*	0,54*	-0,62*	-0,75*
Cobertura		1	0,45*	0,31*	-0,35*	-0,41*
TIE			1	0,67*	-0,70*	-0,85*
Rv				1	-0,72*	-0,92*
RP 0,0-0,1m					1	0,84*
RP 0,1-0,2m						1

*Significativo a 0,05% de probabilidade de erro, pelo teste t.

A Figura 6 apresenta a quantidade de resíduo vegetal (Mg ha^{-1}) disposto na superfície do solo em relação à distância horizontal (m) coletada, correspondente à largura de corte da colhedora. Houve uma heterogeneidade na distribuição dos resíduos, concentrando-se nas distâncias 1,75 e 3,5 m, diferindo estatisticamente das demais distâncias. A heterogeneidade, pode ter sido causada pela distribuição desuniforme por parte da colhedora, concentrando os resíduos vegetais da soja na parte central da área amostrada. A irregularidade na distribuição dos resíduos vegetais oriundos da colheita, ocasiona disponibilidade desuniforme de nutrientes e compromete a plantabilidade da cultura sucessora (CYRINO *et al*., 2019).

A média do talhão foi de 4,7 Mg ha^{-1}, portanto, o sistema produtivo avaliado, soja seguida pela cultura do trigo, não foi capaz de suprir a necessidade do sistema em produção de fitomassa, pois segundo Cruz *et al*. (2002), o ideal é que os sistemas de produção insiram, em média, 6,0 Mg ha^{-1} ano ou mais de fitomassa seca.

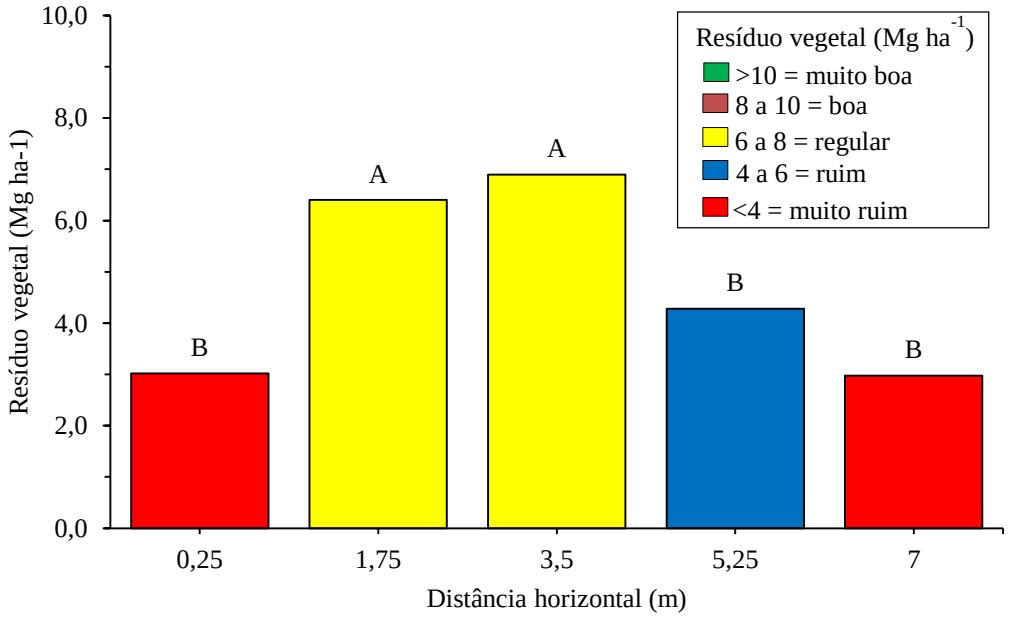
Baseado em Cruz *et al.* (2002) foi proposto classes considerando a quantidade de resíduos vegetais: muito ruim (< 4 Mg ha^{-1}), ruim (4 a 6 Mg ha^{-1}), regular (6-9 Mg ha^{-1}), boa (8-10 Mg ha^{-1}) e muito boa (> 10 Mg ha^{-1}). Conforme a classificação proposta, 40% do talhão

ISSN 2175-2214
Volume 13 - n° 1, p. 30 a 44.
Janeiro a março de 2020.

apresenta uma quantidade regular, 20% ruim e 40% muito ruim quanto a quantidade de resíduo vegetal na superfície do solo.

Alguns autores (NICOLODI, ANGHINONI e GIANELLO, 2008; COSTA *et al*., 2014), relatam aumentos significativos de produtividade das culturas como soja e milho, quando há a adição de matéria orgânica no solo (MOS). Debiasi *et al*. (2015) consideram que o aumento de 1% no teor da MOS na camada de 0,0-0,10 m de profundidade, proporciona um incremento médio de 15 sacas por hectare na produtividade da soja. No entanto, para o aumento dos níveis de MOS, é necessário o aporte de material orgânico, que contém em sua matéria seca 40% de carbono. Somente uma fração de 20% do C presente no resíduo vegetal permanece como MOS (PILLON *et al*., 2004). Portanto, para elevar 1% de MOS na camada de 0,0-0,10m teria que adicionar cerca de 10 Mg de MOS por hectare. Considerando a adição média do talhão que foi de 4,7 Mg ha^{-1} de resíduo vegetal, a adição de MOS seria de 0,376 Mg ha^{-1} ano^{-1}, ou seja para elevar em 1% levaria cerca de 26 anos. Para haver redução neste tempo de 26 anos, é necessário adotar estratégias com sistemas de cultura com maior aporte de biomassa, aliado ao menor revolvimento do solo, aumentando o carbono e diminuindo a sua perda para a atmosfera.

Figura 2 - Resíduo vegetal na superfície do solo em relação à distância horizontal (m). Cascavel-PR., 2019. [1]Médias seguidas da mesma letra, não diferem entre si a 5% de probabilidade pelo teste de Tukey.



Conclusões

O mapeamento do manejo do solo apresentou variabilidade espacial entre os atributos do talhão, e o método IDW foi capaz de identificar a faixa de variação local.

Houve resposta significativa na correlação entre os atributos físicos do solo, demonstrando que o sistema de manejo do solo influencia diretamente nos atributos físicos.

Referências

ALVES, A. G. C.; COGO, N. P.; LEVIEN, R. Comparação entre os métodos da transeção linear e fotográfico na avaliação de cobertura vegetal morta, sob dois métodos de preparo, após a colheita da soja. **Revista Brasileira Ciência Solo**, 22:491-496, 1998.

ANDRIOTTI, J. L. S. **Fundamentos de estatística e geoestatística**. 2. ed. São Leopoldo: Unisinos, 2009.

CALHEIROS, C. B. M.; TENÓRIO, F. J. C.; CUNHA, J. L. X. L.; SILVA, E. T.; SILVA, D. F.; SILVA, J. A. C. Definição da taxa de infiltração para dimensionamento de sistemas de irrigação por aspersão. **Revista Brasileira Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 13, n. 6, p. 665-670, 2009.

CECÍLIO, R.A.; PRUSKI, F.F. Interpolação dos parâmetros da equação de chuvas intensas com uso do inverso de potências da distância. **Revista Brasileira Engenharia Agrícola e Ambiental.** pg. 501-504, 2003.

CRUZ, J. C.; ALVARENGA, R. C.; NOVOTNY, E. H.; PERREIRA, F. S.; PERREIRA, F. T. F.; HERNANI, L. C. **Cultivo do milho: sistema de plantio direto**. Embrapa-CNPMS (Comunicado técnico 51), Sete Lagoas, 2002.

CUNHA, J.P.A.R. da; VIEIRA, L.B.; MAGALHÃES, A.C. Resistência mecânica do solo à penetração sob diferentes densidades e teores de água. **Engenharia na Agricultura**, Viçosa, v.10, n.1-4, p.1-7, 2002.

CYRINO, T. C.; SANTOS, E.L.; CECCATTO, S. E. K.; SORIANI, R.; CONTE, O.; BALBINOT, A. A. FRANCHINI, J. C.; DEBIASI, H. **Distribuição de resíduos vegetais na colheita da soja**. DOCUMENTOS 415, XIV Jornada Acadêmica da Embrapa Soja. pg. 138 – 145, 2019.

DEBIASI, H.; FRANCHINI, J. C.; BALBINOT JÚNIOR, A. A.; CONTE, O. **Diversificação de espécies vegetais como fundamento para a sustentabilidade da cultura da soja**. Londrina: EMBRAPA SOJA, 2015. 62 p. (Embrapa Soja. Documentos, 366).

DEBIASI, H.; LEVIEN, R.; TREIN, C. R.; CONTE, O.; KAMIMURA, K. M. Produtividade de soja e milho após coberturas de inverno e descompactação mecânica do solo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 45, p. 603-612, 2010.

DEBIASI, H.; FRANCHINI, J. C.; BALBINOT JUNIOR, A. A.; BETIOLI JUNIOR, E.; NUNES, E. da S.; FURLANETTO, R. H.; MENDES, M. R. P. **Alternativas para**

diversificação de sistemas de produção envolvendo a soja no norte do Paraná. Londrina: Embrapa Soja, 2017. 55p. (Embrapa Soja. Documentos, 398).

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA. **Serviço Nacional de Levantamento e Conservação de Solos (Rio de Janeiro, RJ)**. Súmula da 10. Reunião Técnica de Levantamento de Solos. Rio de Janeiro, 1979. 83p. (EMBRAPA-SNLCS. Micelânea, 1).

FRANCHINI, J. C.; COSTA, J. M.; DEBIASI, H.; TORRES, E. **Importância da rotação de culturas para a produção agrícola sustentável no Paraná.** Londrina: Embrapa Soja, 2011. 52p. (Embrapa Soja. Documentos, 327).

JORGE, L. A. C.; SILVA, D. J. C. B. **SisCob: manual de utilização.** São Carlos: Embrapa Instrumentação Agropecuária, 2009. 18 p.

JORGE, L. A. de C.; INAMASU, R. Y. Uso de veículos aéreos não tripulados (VANT) em agricultura de precisão. In: BERNARDI, A. C. de C.; NAIME, J. de M.; RESENDE, A. V. de; BASSOI, L. H.; INAMASU, R. Y. (Ed.). **Agricultura de precisão: resultados de um novo olhar**. Brasília, DF: Embrapa, 2014. p. 109-134.

LEITE, M. H. S.; COUTO, E. G.; AMORIM, R. S. S.; COSTA, E. L.; MARASCHIN, L. Perdas de solo e nutrientes num Latossolo Vermelho-Amarelo ácrico típico, com diferentes sistemas de preparo e sob chuva natural. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.33, p.689-699, 2009.

MARTINS, F. P.; SANTOS, E. L. Taxa de infiltração da água e a resistência do solo a penetração sob sistemas de uso e manejo. **Acta Igrazu**, Cascavel, v.6, n.4, p. 28-40, 2017.

NICOLODI, M.; ANGHINONI, I.; GIANELLO, C. Indicadores da acidez do solo para recomendação de calagem no sistema plantio direto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 32, n.1, p. 237-248, 2008.

PILLON, C. N.; MIELNICZUK, J.; MARTIN NETO, L. Ciclagem da matéria orgânica em sistemas agrícolas. Pelotas. Embrapa Clima Temperado, p. 27. 2004.

PIRES, F. R.; PROCÓPIO, S. O.; SANTOS, J. B.; SOUZA, C. M.; DIAS, R. R. Avaliação da fitorremediação de tebuthiuron utilizando *Crotalaria juncea* como planta indicadora. **Revista Ciência Agronômica**, v. 39, n. 2, p. 245-250, 2008.

RALISCH, R.; DEBIASI, H.; FRANCHINI, J.C; TOMAZI, M.; HERNANI, L.C.; MELO, A.S.; SANTI, A.; MARTINS, A.L.S.; BONA, F.D. **Diagnóstico Rápido da Estrutura do Solo – DRES.** Documentos 390, Embrapa soja, Londrina, 2017.

REICHERT, J. M.; SUZUKI, L.; REINERT, D. J.; HORN, R.; HAKANSSON, I. Reference bulk density and critical degree-ofcompactness for no-till crop production in subtropical highly weathered soils. **Soil and Tillage Research**, Amsterdam, v. 102, n. 2, p. 242-254, 2009.

SANTANA, P. S.; SANTOS, E. L.; VENDRAME, R.; CONTE, O.; BALBINOT JUNIOR, A. A.; DEBIASI, H.; FRANCHINI, J. C. **Infiltração de água do solo afetada pelo sentido de semeadura e compactação sob chuva simulada.** DOCUMENTOS 401, XIII Jornada Acadêmica da Embrapa Soja. pg. 166 – 173, 2018.

SANTOS, E.L.; DEBIASI, H.; FRANCHINI, J.C.; VIEIRA, M.J.; BALBINOT JR, A.A. Chiseling and gypsum application affecting soil physical attributes, root growth and soybean yield. **Revista Ciência Agronômica**, v.50, n.4, p.536-542, 2019.

SILVA, R. V.; SANTOS, E. L.; PEREIRA, G. S.; HASS, I. J.; FURLANETTO, R. H.; BALBINOT JUNIOR, A. A.; DEBIASI, H.; FRANCHINI, J. C. **Infiltração de água no solo em diferentes sistemas de manejo na região norte do Paraná.** DOCUMENTOS 401, XIII Jornada Acadêmica da Embrapa Soja. pg. 188 – 194, 2018.

SLONEKER, L.L.; MOLDENHAUER, W.C. Measuring the a mount sof crop residue remaining after tillage**. Journal of Soil and Water Conservation**, v. 32, p.231-236, 1977.

STEEL, R.G.D.; TORRIE, J.H.; DICKEY, D.A **Principles and procedures of statistics: a biometrical approach.** New York: McGraw-Hill Book, 1997. 666p.

SUZUKI, L. E. A. S.; REICHERT, J. M.; REINERT, D. J.; LIMA, C. L. R. Grau de compactação, propriedades físicas e rendimento de culturas em Latossolo e Argissolo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, 42:1159-1167, 2007.

TORRES, E.; SARAIVA, O.F. **Camadas de impedimento do solo em sistemas agrícolas com a soja**. Londrina: Embrapa Soja, 1999. 58 p. (Circular Técnica, 23).

TRUMAN, C. C.; SHAW, J. N.; REEVES, D. W. Tillage effects on rainfall partitioning and sediment yield from on ultisol in central Alabama. **Journal of Soil and Water Conservation**, Ankeny, v. 60, n. 2, p. 89-98, 2005.

VAN, E. S. H.; SCHINDELBECK, R. **Field procedures and data analysis for the Cornell Sprinkle Infiltrometer**. Cornell University, Department of Crop and Soil Sciences. Extension publication R 03-01. 8 pages. 2003.